



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

Facultad de Ingeniería

Carrera de Ingeniería Civil

**“DRENAJE SOSTENIBLE APLICADO A LA EDIFICACIÓN DEL AULARIO DE  
CIENCIAS BÁSICAS EN EL CAMPUS BALZAY”**

Trabajo de titulación previo  
a la obtención del título de  
Ingeniero Civil

**Autores:**

Edisson Gabriel Romero Tigmasa

**CI:** 010605778-9

Correo electrónico: edison350r@gmail.com

Edisson Xavier Vega Méndez

**CI:** 010696871-2

Correo electrónico: xavi.vega@hotmail.com

**Tutor:**

Ing. Diego Benjamín Idrovo Murillo

**CI:** 010150038-7

**Cuenca - Ecuador**

15-marzo-2022



## **Resumen.**

El presente proyecto tiene por objeto realizar el diseño de un sistema de drenaje sostenible en el Aulario de Ciencias Básicas en el Campus Balzay de la Universidad de Cuenca, que permita hacer un uso eficiente del agua lluvia de una manera técnica e innovadora. La propuesta de diseño se presenta como alternativa de ahorro de agua potable en uso como descargas de inodoros y urinarios, en donde se realizará usos de los conceptos de ingeniería para dar solución a los distintos componentes del sistema. El drenaje estará conformado por el sistema de recolección, transporte, almacenamiento y distribución de aguas lluvia para su respectiva aplicación. Además, se realizará el dimensionamiento de todos los componentes del sistema de acuerdo con las normas ecuatorianas y guías de diseño implementados.

En este proyecto se tomaron en cuenta distintos escenarios que pueden darse a la hora de realizar el diseño como; el análisis de precipitación de los últimos 10 años, el análisis de temporada más seca y el análisis de mitad de área de captación, tomando la mejor opción, para que el abastecimiento de agua garantice el funcionamiento adecuado de los aparatos sanitarios.

Finalmente, la implementación del proyecto es técnicamente viable, pero los resultados muestran que se requiere de una inversión de 44278.50 dólares, la cual es inicialmente elevada, por lo tanto, puede llegar a ser un problema, si no se cuenta con la inversión para su construcción. Además, este proyecto busca tomar conciencia para mitigar el impacto producido por el uso inadecuado del agua potable, mediante la alternativa de captación de agua lluvia planteada en el proyecto.

**Palabras clave:** Aguas lluvia. Drenaje sostenible. Captación de agua lluvia. Abastecimiento de agua. Componentes del sistema. Análisis de precipitación.



## **Abstract.**

The purpose of this project is to carry out the design of a sustainable drainage system in the Basic Sciences Classroom at the Balzay Campus of the University of Cuenca, which allows efficient use of rainwater in a technical and innovative way. The design proposal is presented as an alternative for saving drinking water in use as flush toilets and urinals, where engineering concepts will be used to provide solutions to the different components of the system. The drainage will be made up of the rainwater collection, transport, storage and distribution system for its respective application. In addition, the sizing of all system components will be carried out in accordance with Ecuadorian standards and implemented design guidelines.

In this project, different scenarios were taken into account that may occur when carrying out the design, such as; the precipitation analysis of the last 10 years, the analysis of the driest season and the analysis of half of the catchment area, taking the best option, so that the water supply guarantees the adequate functioning of the sanitary devices.

Finally, the implementation of the project is technically feasible, but the results show that an investment of 44278.50 dollars is required, which is initially high, therefore, it can become a problem, if the investment for its implementation is not available. building. In addition, this project seeks to raise awareness to mitigate the impact caused by the inappropriate use of drinking water, through the rainwater collection alternative proposed in the project.

**Keywords:** Rainwater. Sustainable drainage. Rainwater harvesting. Water supply. System components. Precipitation analysis.



## ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I.....	15
1.1 Introducción.....	15
1.2 Antecedentes.....	16
1.3 Justificación.....	18
1.4 Objetivo general .....	18
1.5 Objetivos específicos:.....	18
1.6 Metodología aplicada en el diseño.....	18
CAPITULO II.....	20
2 MARCO TEÓRICO .....	20
2.1 EL AGUA.....	20
2.1.1 El agua en el mundo.....	20
2.1.2 El uso del agua en el mundo .....	21
2.2 El Drenaje y la Urbanización.....	22
2.2.1 ¿Porque el Agua Genera Problemas? .....	22
2.2.2 Calidad del Agua debido a la Urbanización .....	23
2.2.3 Drenaje.....	24
2.2.3.1 Tipos de Drenaje:.....	24
2.2.4 Sistemas Convencionales de Drenaje .....	24
2.2.5 Problemas en la gestión del drenaje.....	28
2.2.6 Sistemas de drenaje no convencionales.....	29
2.3 Hidrología .....	37
2.3.1 Ciclo hidrológico .....	37
2.4 Generalidades de las aguas lluvia .....	41
2.4.1 Calidad de las aguas lluvia .....	43
2.4.2 Ventajas del agua lluvia.....	44
2.4.3 Desventaja del agua lluvia.....	45
2.4.4 Propiedades físicas-químicas del agua lluvia.....	45
2.4.5 Técnicas de captación de agua lluvia .....	49
2.4.6 Aprovechamiento de las aguas lluvia.....	50
2.4.7 Usos de agua lluvia .....	54
2.4.8 Requerimiento de agua para usos sanitarios.....	55
CAPITULO III.....	57
3 DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE SOSTENIBLE APLICADO AL AULARIO DE CIENCIAS BÁSICAS DEL CAMPUS BALZAY DE LA UNIVERSIDAD DE CUENCA-ECUADOR.....	57
3.1 Ubicación.....	57
3.2 Área de estudio .....	58



3.3	Descripción de la edificación .....	58
3.4	Hidrología del lugar.....	61
3.5	Análisis y Caracterización de las aguas lluvia.....	62
3.6	Consideraciones para el diseño.....	65
3.6.1	Captación .....	66
3.6.2	Tanque interceptor de primeras aguas lluvia .....	66
3.6.3	Tanque de almacenamiento .....	66
3.6.4	Sistema hidroneumático y distribución.....	67
3.6.5	Análisis de precipitación .....	67
3.7	Diseño de los componentes del sistema.....	68
3.7.1	Tanque Interceptor de las primeras aguas lluvia.....	68
3.7.2	Volumen de almacenamiento .....	69
3.7.3	Sistema de Conducción.....	82
3.7.4	Sistema de distribución.....	83
3.7.5	Sistema hidroneumático .....	90
4	CAPITULO IV .....	100
4.1	Elaboración de presupuesto del proyecto .....	100
4.2	ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	103
4.3	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	105
5	BIBLIOGRAFÍA.....	107
6	ANEXOS .....	112
6.1	Análisis de escenarios .....	112
6.1.1	Análisis del año más seco .....	112
6.1.2	Mitad de área (Área: 1155.29 m <sup>2</sup> ) .....	114
6.1.3	Cálculo de las longitudes equivalentes de cada tramo de tubería.....	115
6.1.4	Isometría de la red de distribución (Planta Baja y Plata Alta).....	118
6.1.5	Detallamiento del sistema hidroneumático.....	120



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Porcentajes de distribución de escorrentía e infiltración en diferentes zonas.	39
Tabla 2. Conductividad eléctrica de diferentes fuentes.	47
Tabla 3. Demandas de caudales, presiones y diámetros en aparatos de consumo.	56
Tabla 4. Conformación del Aulario de Ciencias Básicas II.	58
Tabla 5. Resultados del Análisis Físico-Químico del agua lluvia recolectada en el Campus Balzay.	63
Tabla 6. Comparación de los resultados obtenidos con los requisitos recomendados por la norma INEN-1108 y la OMS (Organización Mundial de la Salud).	65
Tabla 7. Precipitación promedio mensual y la precipitación anual de la Estación Pluviográfica “Matadero en Sayausí”.	68
Tabla 8. Dimensionamiento del tanque interceptor.	69
Tabla 9. Intensidad promedio mensual de un periodo de 10 años.	70
Tabla 10. Dotación de agua según el tipo de edificación.	71
Tabla 11. Coeficiente de escorrentía para diferentes tipos de superficies.	72
Tabla 12. Demanda de Agua vs Volumen de Captación.	73
Tabla 13. Volumen captado y almacenamiento de la precipitación durante todo el año.	74
Tabla 14. Potencial de ahorro de agua potable.	75
Tabla 15. Datos de la estación pluviométrica (Matadero en Sayausí).	77
Tabla 16. Dimensiones del Tanque de Almacenamiento de aguas lluvia.	80
Tabla 17. Parámetros de diseño hidrosanitario.	83
Tabla 18. Parámetros de diseño en los aparatos sanitarios.	83
Tabla 19. Caudal máximo probable.	85
Tabla 20. Factores A y B de diferentes accesorios para el cálculo de longitudes equivalentes.	87
Tabla 21. Cálculo de presiones, velocidades y diámetros de la red de tuberías de distribución.	88
Tabla 22. Altura de los aparatos sanitarios.	89
Tabla 23. Caudal de diseño	91
Tabla 24. Tiempos de encendido y apagado en base al número de ciclos de bombeo y potencia de la bomba.	91
Tabla 25. Tiempo de encendido y apagado de la bomba.	92
Tabla 26. Cálculo de la altura dinámica total.	94
Tabla 27. Cálculo de la potencia requerida de la bomba.	95
Tabla 28. Cálculo del volumen del tanque hidroneumático.	97



Tabla 29. Costos del sistema hidroneumático y de operación.....	98
Tabla 30. Costos de construcción de cada elemento del diseño.....	100
Tabla 31. Costo total de construcción del proyecto.....	102
Tabla 32. Costo del agua potable.....	103
Tabla 33. Análisis de costos (Ingreso).....	103
Tabla 34. Costo de mantenimiento y operación (Egresos).....	104
Tabla 35. Análisis de ingresos y egresos.....	104

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Inundación por el colapso del sistema de drenaje.....	26
Figura 2. Zanjas de infiltración.....	31
Figura 3. Superficies permeables.....	32
Figura 4. Cunetas verdes.....	33
Figura 5. Drenes filtrantes.....	34
Figura 6. Zonas de bioretención o Jardines de lluvia.....	34
Figura 7. Tanques de almacenamiento de aguas lluvias (Recolección de aguas lluvia).....	35
Figura 8. Techos verdes.....	36
Figura 9. Humedales artificiales.....	37
Figura 10. Ciclo Hidrológico del agua.....	38
Figura 11. Infiltración y escorrentía urbana.....	38
Figura 12. Captación de aguas lluvia.....	41
Figura 13. Captación de aguas lluvia en cubiertas de viviendas.....	51
Figura 14. Sistema de captación de aguas lluvia por cubierta.....	52
Figura 15. Canaletas, acoples y tubería de conducción.....	53
Figura 16. Mapa de ubicación del Campus Balzay (Aulario II - Bloque E).....	57
Figura 17. Levantamiento topográfico del bloque.....	58
Figura 18. Cubierta de recolección de aguas lluvia del Aulario II.....	59
Figura 19. Ubicación de las trampillas y bajantes del Aulario II.....	60
Figura 20. Red de Saneamiento bajo la Losa de la Edificación.....	60
Figura 21. Red de tuberías para el agua pluvial de la Edificación.....	61
Figura 22. Recipientes para la recolección del agua lluvia.....	63
Figura 23. Vistas del tanque interceptor.....	69
Figura 24. Diseño del tanque de almacenamiento.....	80
Figura 25. Trazado de la red de captación de aguas lluvia.....	82
Figura 26. Isometría del sistema de distribución de agua.....	89



Figura 27. Diseño de la red de distribución de agua en la edificación. ....	90
Figura 28. Diseño de la red de distribución de agua en la edificación. ....	90
Figura 29. Selección del grupo hidroneumático. ....	98
Figura 30. Detallamiento de los niveles del sistema de bombeo. ....	99

### ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Histograma. ....	70
Gráfica 2. Demanda vs Volumen ofertado. ....	73
Gráfica 3. Volumen de agua para el diseño. ....	75
Gráfica 4. Potencial de Ahorro de agua potable. ....	76
Gráfica 5. Potencial de ahorro de agua lluvia con y sin agua potable en época seca. ....	78
Gráfica 6. Potencial de ahorro de agua lluvia con y sin agua potable para la mitad de área de captación. ....	79





### Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

---

Edisson Gabriel Romero Tigmasa en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "Drenaje Sostenible Aplicado a la Edificación del Aulario de Ciencias Básicas en el Campus Balzay", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio Institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 15-03-2022

---

Edisson Gabriel Romero Tigmasa

C.I: 010605778-9



### Cláusula de Propiedad Intelectual

---

Yo Edison Gabriel Romero Tigmasa, autor del trabajo de titulación "Drenaje Sostenible Aplicado a la Edificación del Aulario de Ciencias Básicas en el Campus Balzay" certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 15-03-2022

Edison Gabriel Romero Tigmasa

C.I: 010605778-9



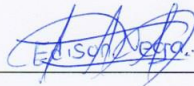
### Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

---

Edisson Xavier Vega Méndez en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "Drenaje Sostenible Aplicado a la Edificación del Aulario de Ciencias Básicas en el Campus Balzay", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 15-03-2022



---

Edisson Xavier Vega Méndez

C.I: 010696871-2



### Cláusula de Propiedad Intelectual

---

Yo Edison Xavier Vega Méndez, autor del trabajo de titulación “Drenaje Sostenible Aplicado a la Edificación del Aulario de Ciencias Básicas en el Campus Balzay” certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 15-03-2022

---

Edisson Xavier Vega Méndez

C.I: 010696871-2



## **Dedicatoria**

Esta tesis la dedico con todo mi amor y cariño a mis Padres Segundo y Cecilia, que, con su amor, paciencia y esfuerzo, me apoyaron y estuvieron a mi lado en cada momento, gracias por enseñarme lo que es el verdadero esfuerzo y sacrificio para enfrentar cualquier obstáculo que se me interponga en el camino.

A mi amada esposa Priscila, que, con su amor y su apoyo, ha estado siempre conmigo en cada momento, dándolo todo por nuestra familia, a nuestros amados hijos Jesús y David, que son la mayor motivación para seguir adelante y esforzarme cada día más.

A mis hermanos, Wendy y Fabricio por su apoyo incondicional que supieron enseñarme que, a pesar de las adversidades, siempre podemos seguir adelante, con mucha valentía dando lo mejor de nosotros mismo.

A Dios por guiarme y bendecirme en cada momento con mi hermosa familia, por brindarme salud y darme fuerzas para siempre esforzar cada día más y cumplir mis metas con éxito.

**EDISSON GABRIEL ROMERO TIGMASA**



## **Dedicatoria**

A Dios por haberme dado salud y fortaleza para llegar hasta este momento y poder lograr mis objetivos, además de darme su infinita bondad y amor. También quiero darle las gracias por darme una familia admirable permitiéndonos estar juntos en los buenos y malos momentos de mi vida. Doy gracias a Dios porque sin el nada soy y le pido que no me desampare.

A mi madre Rosario por haberme apoyado en cada paso que doy, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor incondicional.

A mi padre José por ser un ejemplo de persona que me ha inculcado el respeto, la humildad, el amor y sobre todas las ganas de salir adelante. También por su apoyo y motivación para que finalice mis estudios.

A mi hermana Mariela por ser un ejemplo a seguir y espero que desde allá arriba desde el cielo me cuide y nos cuides a toda su familia. De mi hermana aprendí muchas cosas sobre todo el de dar la vida por un ser querido. A mi hermano Edgar por ser una persona trabajadora y sobre todo por no darse por vencido, también por su apoyo y motivación. A mis hermanos Wilmer, Verónica, Juan y Ximena por su apoyo incondicional y motivación para la culminación de mis estudios y finalización de mi tesis. A mi sobrino Jhosue Alexander por ser mi mayor motivación para seguir adelante.

**EDISSON XAVIER VEGA MÉNDEZ**



## **Agradecimientos**

Agradecemos a Dios por habernos dado salud y fuerza para la culminación esta etapa académica, a cada una de nuestras familias por ser el pilar fundamental. A nuestro tutor Ing. Diego Idrovo M, por ser nuestra guía en cada momento que, con su conocimiento ha sido parte fundamental, para la culminación con éxito de esta tesis. A las Dra. Guillermina Pauta y Dra. Gabriela Vázquez por el gran apoyo realizando las pruebas de laboratorio. Al Ingeniero Lenin Álvarez de la Red Hidrometeorológica por facilitarnos los datos requeridos para lograr la elaboración de esta tesis. A todas las personas que supieron brindarnos su apoyo en la culminación de nuestros estudios.



## **“DRENAJE SOSTENIBLE APLICADO A LA EDIFICACIÓN DEL AULARIO DE CIENCIAS BÁSICAS EN EL CAMPUS BALZAY”.**

### **CAPÍTULO I**

#### **1.1 Introducción**

El agua lluvia, en la actualidad en la mayoría de las edificaciones, se dispone directamente hacia el sistema de alcantarillado público y más tarde se descargan en ríos, sin darle ningún aprovechamiento o uso. La posibilidad de uso de agua lluvia para distintas actividades como, descargas sanitarias y labores de limpieza, permite de alguna manera disminuir el consumo de agua potable y contribuir con el medio ambiente (Rodríguez, 2017). Unas de las técnicas consideradas, para el buen manejo del agua lluvia o aguas pluviales son los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (S.U.D.S.), que sirven para suplir demandas de agua utilizadas en procesos y actividades que no requieren de agua tratada o purificada, mediante la aplicación de elementos que, por sus características constructivas, ayudan a filtrar, acumular, reciclar, drenar o retardar la llegada directa del agua al sistema de desagüe de las ciudades (National SUDS Working Group, 2003). Un drenaje sostenible permite transportar, reutilizar y evacuar el agua lluvia de una manera adecuada, ya que el agua colectada podría sustituir al agua potable en diferentes actividades, aprovechando que este recurso se puede adquirir de una manera sencilla y gratuita.

En la actualidad se enfrentan problemas difíciles en materia ambiental y gran parte relacionados con el agua (CEPAL-IAI, 2013). Por ello la escasez de este recurso, la insuficiente gestión y la falta de saneamiento eficiente es una problemática que va creciendo cada día más a nivel mundial. Por lo que el presente proyecto tiene por objetivo realizar el diseño de un sistema de drenaje sostenible aplicado a una edificación, que permita hacer un uso eficiente del agua lluvia de una manera técnica e innovadora, además, se busca que el proyecto sirva como una propuesta para el abastecimiento parcial de agua en zonas donde sea factible su aplicación.





En el presente trabajo se mostrarán y organizarán los datos acerca de la temática del sistema de recolección y aprovechamiento de aguas lluvias aplicado en la edificación, se identificarán los elementos más importantes de este tipo de sistema como es el dimensionamiento del tanque de almacenamiento y distribución de aguas lluvias.

## **1.2 Antecedentes**

El hombre, desde la antigüedad, ha sido ingenioso en resolver problemas y satisfacer necesidades, utilizando como primer recurso vital el agua superficial, razón por la cual las primeras civilizaciones se establecieron en las orillas de los ríos para su mejor aprovechamiento y consumo diario (García, 2012). Con el paso del tiempo y con el aumento poblacional, la captación de aguas provenientes de la lluvia se convirtió en una práctica común en la antigüedad para sustituir a otras necesidades, sin desaprovechar este recurso (Ortiz et al, 2017).

Se ha demostrado que la problemática de escases de agua potable se ha venido desarrollando a través de la evolución de los seres humanos debido a la industrialización. Esto ha provocado el cambio climático en varias partes del planeta, obligando al racionamiento del agua dulce ocasionado por la falta de precipitación hídrica natural (Murillo, 2011).

Durante los últimos años, el crecimiento poblacional, viene representando una de las mayores problemáticas de escases de agua en varios países, razón por la cual se ha planteado la utilización del agua lluvia en procesos que no se requieran de agua tratada, reconsiderándola como un recurso capaz de satisfacer algunas de las actividades diarias (Ortiz & Velandia, 2017).

En la actualidad, ya existen varias técnicas de recolección de aguas lluvia, que son utilizadas tanto como para el uso en domicilios como en actividades agrícolas. Estas técnicas se presentan en zonas urbanas y rurales.

Una alternativa que se ha planteado en muchas edificaciones es el aprovechamiento de las aguas lluvias que se recogen en las cubiertas, llegando a ser cada vez más común en edificaciones de gran tamaño, incluso de usos institucionales, comerciales o



industriales, con consumos a gran escala. Estas edificaciones, además de reducir sus costos en materia de consumo, hacen un aporte al medio ambiente reduciendo el uso de agua de la fuente de abastecimiento de los sistemas convencionales, es por eso que muchos de ellos reciben el nombre de edificaciones sostenibles (Reyes & Rubio, 2014).

En Brasil muchas organizaciones ecologistas se centraron en diseñar y construir obras para suministro de agua para consumo humano usando sistemas de aprovechamiento de agua lluvia. Las comunidades nativas de este país se han ingeniado en captar el agua lluvia en pozos excavados a mano, pero esta no ha logrado satisfacer las necesidades de la población; por ello, las organizaciones ambientalistas y el gobierno de Brasil, iniciaron un proyecto para construir un millón de tanques, para la recolección de agua lluvia en un periodo de 5 años, para beneficiar a 5 millones de personas (Ballen, et al., 2006).

En Colombia ya existen algunas edificaciones de tipo institucional y comercial, donde se realizaron diseños de instalaciones hidráulicas para el aprovechamiento de aguas lluvia, cubriendo el total de la demanda o parte de ella, entre las que se pueden mencionar: El almacén Alkosto Venecia en Bogotá, donde se capta con una superficie de 6.000 m<sup>2</sup>, un volumen de 4.820 m<sup>3</sup> de agua lluvia al año, el cual satisface aproximadamente el 75% de la demanda de agua potable de la edificación. El almacén Alkosto de Villavicencio tiene una superficie de captación de 1.061 m<sup>2</sup>, con lo que se almacena un volumen de 150 m<sup>3</sup> de agua lluvia, para luego ser tratada (Ballen, et al., 2006).

Mediante el diseño del sistema de drenaje, se plantea que se comience a tomar conciencia, es decir, que, en todo diseño de edificaciones nueva o ya construida, se incorpore sistemas de captación y aprovechamiento de aguas lluvia, ya sea en urbanizaciones, edificios, escuelas o colegios, con el fin de evitar y reducir el desperdicio de las aguas pluviales.



### **1.3 Justificación**

En el país existe un aumento en la construcción de edificaciones sostenibles, que buscan de alguna manera el aprovechamiento de aguas lluvia para el abastecimiento de agua en diferentes actividades. Por otro lado, existe una falta de normativas acerca de estos sistemas, sobre todo, en el dimensionamiento del tanque de almacenamiento de aguas lluvia. Este es el componente fundamental en el diseño de un sistema de aprovechamiento pluvial, el cual dependiendo de su magnitud y su ubicación puede llegar a tener costos iniciales elevados. Por lo tanto, se requiere de un estudio detallado, tanto de la oferta hídrica en diferentes épocas del año, como de la demanda de agua en la edificación. El presente proyecto de drenaje sostenible de aguas lluvia, servirá como guía para el diseño de sistemas de drenaje.

#### **OBJETIVOS:**

### **1.4 Objetivo general**

El principal objetivo es elaborar el diseño de un Sistema de Drenaje Sostenible aplicado a la edificación del aulario de Ciencias Básicas en el Campus Balzay de la Universidad de Cuenca para aprovechar de mejor manera el agua lluvia dándole un mejor uso.

### **1.5 Objetivos específicos:**

- Recopilación de información de la zona de estudio.
- Evaluación y análisis de los parámetros físicos y químicos del agua pluvial captada.
- Diseño del Sistema de Drenaje Sostenible.
- Evaluación de costos de implementación de un Sistema de Drenaje Sostenible.

### **1.6 Metodología aplicada en el diseño**

Como paso preliminar, se procederá a la recopilación de las ecuaciones de lluvia de la ciudad proporcionadas por la empresa ETAPA EP., que servirá para el dimensionamiento del sistema.



Se obtendrán los planos arquitectónicos e hidrosanitario de la edificación seleccionada, los cuales servirán para el diseño de la red de drenaje pluvial y la red de distribución de agua hacia los aparatos sanitarios.

También, se realizará la toma de 2 muestras de agua lluvia captada, durante dos eventos, y se evaluará la calidad de la misma, en base a lo cual se realizará una caracterización de los parámetros físicos y químicos del agua para determinar la mejor y más económica manera de reutilización del agua.

Para el dimensionamiento de todo el sistema desde la captación, conducción, almacenamiento, sistema de bombeo y distribución se utilizará la normativa técnica vigente en el país y guías de diseño como:

- NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE: INEN 1108:2011
- NORMAS PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA POBLACIONES MAYORES A 1000 HABITANTES – CÓDIGO ECUATORIANO DE LA CONSTRUCCIÓN DE PARTE IX OBRAS SANITARIAS.
- NORMA HIDROSANITARIA NHE AGUA. NEC (CAP-16).
- CEPIS (CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y CIENCIAS DEL AMBIENTE) (2004).

Finalmente se realizará una evaluación de los costos de implementación que conllevaría la ejecución de la propuesta. Los resultados esperados por el presente proyecto es el diseño de sistema de drenaje sostenible, planos y evaluación de presupuesto.



## CAPITULO II

### 2 MARCO TEÓRICO

#### 2.1 EL AGUA

##### 2.1.1 El agua en el mundo

El agua es una sustancia compuesta por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno (H<sub>2</sub>O), considerado un recurso renovable pero no inagotable, esencial para la supervivencia de la humanidad y de toda especie en la Tierra. Su distribución es muy variable: en algunas zonas es muy abundante, mientras que en otras es escasa; sin embargo, la cantidad total de agua en el planeta permanece constante. El agua se presenta en nuestro planeta en tres formas: sólida, líquida y gaseosa; las cuales, podemos observar en los océanos, ríos, nubes, lluvia y en otras formas de precipitación como la nieve (Fernández, 2012). El acceso a ella desde la antigüedad, ha sido fuente de conflictos y poder, debido a que obtenerla era vital para la supervivencia; siendo esta última la razón, por la que los asentamientos urbanos se dieron en torno a ella.

Más del 70% de la superficie de nuestro planeta es agua, y del 100% del agua del planeta, el 97,5% es agua salada correspondientes a las aguas marinas y océanos; las cuales constituyen la reserva más grande e importante disponible, para poder usarla en un futuro como agua potable, riego o uso industrial. Debido a que el costo de desalinización del agua de mar es muy elevado, sólo existen pocas plantas de tratamiento en el mundo en donde se utiliza este procedimiento para el abastecimiento del agua para la población (Silva, 2019).

De toda el agua disponible en el planeta, apenas el 2.5% es agua dulce. Del total de agua dulce, aproximadamente el 69% se encuentra en las capas polares, glaciares y en las cimas de las altas montañas en estado sólido; el 30% se encuentra en la humedad del suelo y en los acuíferos profundos; y tan solo el 1% del agua dulce, escurre por las cuencas hidrográficas en forma de ríos y se depositan en lagos, lagunas y en acuíferos (Fernández, 2012).



### **2.1.1.1 Disponibilidad del Agua**

La disponibilidad del agua en el mundo tiene una gran incertidumbre, debido a que grandes masas de agua superficiales y subterráneas, están siendo altamente contaminadas y sobreexplotadas, alterando así los ecosistemas, lo cual dificulta a su vez, el desarrollo económico y social, poniendo en riesgo la vida de millones de personas en el mundo. También hay que mencionar que, la población exige cada vez más este recurso hídrico, lo que, con el paso de los años, si no existe una adecuada gestión del agua, podría provocar una crisis por el acceso a ella (OMM, 1998). El cambio climático es otro problema que altera la disponibilidad del agua, debido a que causa un impacto significativo sobre los patrones meteorológicos, las precipitaciones y el ciclo hidrológico, lo cual influye en la disponibilidad, cantidad y calidad de las aguas superficiales y en la recarga de las aguas subterráneas como los acuíferos; es por eso, que aparece la necesidad de avanzar hacia un enfoque sostenible en el uso de los recursos hídricos (García, 2013).

#### **Agua superficial**

Las aguas superficiales son el producto de las precipitaciones, las cuales circulan por el suelo formando los ríos, arroyos, lagos o embalses. La calidad de estas aguas se ve alterada por estar en contacto con elementos contaminantes (materias en suspensión o disueltas), pudiendo llegar a tener un alto contenido bacteriano. Debido a que, por su propia naturaleza, no se puede hacer un suficiente control de la calidad de estas aguas, la gestión y la aplicación de nuevas tecnologías, es pieza clave para la sostenibilidad del ecosistema (Arizmendi, 1991).

### **2.1.2 El uso del agua en el mundo**

El uso del agua a nivel mundial ha ido aumentando aproximadamente en un 1% por año desde 1980, y se espera que siga aumentando al mismo ritmo hasta el año 2050.



Este aumento es impulsado por el crecimiento poblacional, el desarrollo socioeconómico y los cambios en los modelos de consumo (UNESCO, 2019).

Según la UNESCO (2019), el incremento en la demanda del uso del agua en los sectores industrial, doméstico y agrícola, hace que millones de personas sufran escasez de agua para consumo. Si bien, el mayor consumo de agua se produce en la agricultura, representando cerca del 69% de las extracciones de agua a nivel mundial, incluyendo la irrigación y la ganadería, la industria representa aproximadamente el 19%, y el uso doméstico representa el 12% restante (ONU, 2019). Un estudio actual sobre el estrés hídrico hecho con una proyección hasta el 2040, sugiere que gran parte de este crecimiento se atribuirá a los sectores industrial y doméstico (Burek et al., 2016; IEA, 2016).

## **2.2 El Drenaje y la Urbanización**

### **2.2.1 ¿Porque el Agua Genera Problemas?**

En la actualidad, el crecimiento de la mancha urbana ha tenido un claro carácter expansivo, a tal punto que, los procesos de urbanización no han tenido los controles adecuados en la gestión del agua, generando así una desestabilización en el sistema que conforma el ciclo hidrológico del agua. Esto se debe a causas como: canalización, ocupación de cauces, impermeabilización, sellado de superficies, incremento de la demanda y de los volúmenes de agua que suministra los núcleos urbanos (Prieto, s.f.).

Los riesgos hidrológicos extremos como las inundaciones, se pueden dar debido a la ausencia de protocolos de contingencia adecuados, generando la aparición de varias enfermedades, así como el deterioro de las infraestructuras. El ciclo hidrológico del agua es altamente alterado por la implementación de grandes masas de superficies impermeables, producto de la concentración de la población en pequeñas áreas, así como al aumento de la periferia de las ciudades de manera descontrolada. Las áreas que antes constaban de vegetación ya no existen, y en su lugar se pueden encontrar



obras de construcción como viviendas, pavimentos, veredas y estacionamientos, que impermeabilizan el área y traen consigo un decrecimiento del índice de infiltración, y un incremento en los coeficientes de escurrimiento, provocando que la velocidad de los flujos y gastos de infraestructuras se incrementen (Rodríguez, 2012).

Otra problemática que se produce con respecto al recurso hídrico, es el uso inadecuado y excesivo, ya que se entiende que el agua es un recurso renovable que se “auto recupera” mediante el ciclo hidrológico, lo cual es una idea completamente errónea, puesto que el ritmo de la contaminación de las fuentes es mucho mayor al tiempo de renovación de los cuerpos de agua (Palacio, 2010).

### **2.2.2 Calidad del Agua debido a la Urbanización**

Según la carta del Agua (Consejo de Europa, 1968), se establece que la contaminación del agua se refiere a la modificación de la calidad del agua, provocada por actividades realizadas por el ser humano, lo cual, a su vez, vuelve a este recurso inadecuado o peligroso para consumo humano, y para todos los diferentes usos de la vida natural y cotidiana (Prieto, s.f.).

La calidad del agua varía de acuerdo a la suma de las características físicas, químicas y biológicas encontradas en las aguas superficiales y subterráneas, la cual debe cumplir con los requerimientos establecidos para cada uso, como son: el consumo humano, industrial, riego, abrevaderos y agricultura. Estas deben ser monitoreadas para determinar las condiciones de agua y poder detectar tendencias, dando a conocer causas y efectos en el clima y la hidrología, por actividades directas e indirectas provocadas por el uso del suelo (Cajas, 2015).

Entre los problemas que genera el desarrollo urbano respecto a la calidad del agua, tenemos a la erosión y sedimentación, debido a que, dependiendo de la topografía de la zona, en los lugares que están en construcción la tierra puede erosionarse fácilmente si recibe frecuentemente lluvias intensas, lo cual, al depositarse en ríos y lagos, puede





dañar la vida acuática y afectar en los procesos de tratamiento de agua, además de generar taponamientos en las fosas de desagüe, entradas de agua y canales de los arroyos. Otro problema es el escurrimiento urbano, debido a que se reemplaza el suelo permeable capaz de absorber el agua lluvia, por un suelo impermeable como el pavimento, haciendo que el agua desfogue hacia los ríos, los cuales, a su vez, pueden desbordarse debido a que reciben demasiada agua en poco tiempo.

### **2.2.3 Drenaje**

Es el procedimiento que tiene como objetivo principal disminuir los excesos de agua acumulada tanto en la superficie, así como en el interior del suelo, evacuando las aguas mediante zanjas, canales y tubos (Ortega & Sagado, 2001).

#### **2.2.3.1 Tipos de Drenaje:**

**Drenaje superficial:** Tiene como objetivo la evacuación del exceso del agua sobre la superficie de terreno, es decir, tiene como función la recolección de la escorrentía superficial, y la posterior descarga a drenes colectores mediante una serie de canales o zanjas.

**Drenaje subterráneo:** Tiene como finalidad controlar la posición del nivel freático en el terreno, de forma que el balance del agua sea favorable para cualquier tipo de construcción o edificación.

**Drenaje pluvial:** Sistema que conduce o transporta el agua proveniente de la lluvia, la cual posteriormente es vertida a lugares como alcantarillado pluvial o sistemas de almacenamiento, donde se organiza su aprovechamiento.

### **2.2.4 Sistemas Convencionales de Drenaje**

Un sistema de drenaje se trata de un conjunto de elementos y estructuras, cuyo objetivo es el de captar, transportar, almacenar y descargar las aguas pluviales generadas en las ciudades, para principalmente proteger la población de inundaciones



y enfermedades relacionadas al estancamiento del agua, gestionando de mejor manera el agua lluvia (Rojas, 2017).

Los sistemas convencionales nos ayudan a dar soluciones a los problemas globales como son: cantidad y calidad, siendo los problemas en cantidad los más perceptibles por los usuarios. Por ejemplo, la afección en la calidad de las inundaciones localizadas, no son detectables a corto sino a largo plazo, por la pérdida de calidad medioambiental que puede alterar a los ecosistemas. Es por ello que se requiere de un análisis más amplio teniendo en cuenta al ciclo del agua en su totalidad, gestionando de forma integral el agua lluvia, lo cual ayudará a generar espacios urbanos sostenibles a largo plazo (Rodríguez, Rodríguez, Gómez, Ullat, & Castro, s.f.).

#### **2.2.4.1 Sistemas convencionales de drenaje urbano**

Hasta hace no mucho tiempo, los proyectos sobre los sistemas de drenaje urbano únicamente se centraban en la cantidad de agua drenada de escorrentía y no en la calidad de la misma que se vertía al medio. Los sistemas de drenaje solo se encargaban de captar, transportar y descargar el agua proveniente de la zona urbana, como las aguas de lluvia, desde los centros de población hacia los sitios en donde se minimicen las posibilidades de daño a personas y al medio ambiente. Cabe mencionar que el proceso de escurrimiento de aguas lluvia siempre ocurrirá independiente si exista o no un sistema de drenaje (Rodríguez, 2017).

El agua lluvia sobre las superficies urbanas y su proceso de evacuación trae consigo dos problemas importantes: el caudal y la calidad de la misma. El crecimiento urbano significa que áreas inicialmente con cobertura vegetal dan paso a edificaciones y vías, con la consiguiente impermeabilización del suelo, dando como resultado una deficiencia en el proceso natural de infiltración, es decir, el caudal de escorrentía se incrementa considerablemente. Por otro lado, el arrastre de materiales, de diversa naturaleza,

depositados sobre las cubiertas, patios y calzadas, produce una fuerte contaminación de los cursos de agua (Morelli, 2007).

Según Fuentes A, (2015), algunos de los problemas que se presentan debido a los sistemas de drenaje urbano convencionales son:

**Colapso de sistemas tradicionales e inundaciones:** Esto se da principalmente por la falta de capacidad hidráulica de evacuar rápidamente grandes cantidades de aguas lluvia, derivado de la impermeabilización de las zonas urbanas, provocando así frecuentes inundaciones en los puntos más bajos de las ciudades. Para evitar esto, se debe dimensionar adecuadamente las redes de evacuación, pero esto conlleva un coste muy alto, y se debe tener en cuenta que esto no garantiza que existan cero inundaciones.

**Figura 1.** *Inundación por el colapso del sistema de drenaje.*



*Nota: Vía totalmente inundada (Unsi3nTV, 2018)*

**Contaminaci3n difusa:** Se produce mediante la escorrentía superficial del agua lluvia, debido a que el agua va perdiendo calidad a medida que va recorriendo el camino descrito por los sistemas tradicionales de drenaje, y al combinarse con los diferentes contaminantes que existen en la superficie del suelo, pavimentos, etc., se convierte en un agua contaminada a depurar (Rodríguez, et al., s.f.).



**Desnaturalización:** Esta se refiere a la pérdida de masa verde natural en las ciudades por la implementación de superficies impermeables lo que provoca la desnaturalización del área urbana. Esto altera el ciclo hidrológico, el entorno visual e impide la recarga de acuíferos, provocando un incremento de la temperatura ambiental (CEPAL-IAI, 2013).

#### **2.2.4.2 Componentes del sistema de drenaje convencional**

##### **2.2.4.2.1 Sistemas de Captación**

Son estructuras que tienen como objeto derivar el flujo de agua o una parte de ella, a un determinado lugar para un fin específico. El diseño y funcionamiento dependen de muchos factores como localización, superficie, caudal, entre otros.

Para los sistemas de captación, comúnmente se utilizan las cubiertas, las cuales, deben tener una superficie y pendiente adecuada, la cual facilitará el escurrimiento de agua lluvia hasta los sistemas de transporte.

##### **2.2.4.2.2 Sistemas de conducción**

Conforman el medio por donde el agua principalmente se escurre, los cuales pueden ser, canaletas colocadas en los bordes de las cubiertas y bajantes que conducen el agua hasta los tanques de almacenamiento. Deben tener las pendientes adecuadas, material liviano pero resistente al agua y de fácil instalación.

##### **2.2.4.2.3 Sistema Interceptor**

Este sistema es el encargado de almacenar las primeras aguas correspondientes al lavado de las superficies de captación y transporte la cual contiene la mayor cantidad de impurezas, evitando que estas ingresen en el sistema de almacenamiento, facilitando el tratamiento del agua para su posterior uso.

##### **2.2.4.2.4 Sistemas de Almacenamiento**

Son elementos que se encargan de almacenar la mayor cantidad de agua proveniente de los sistemas de captación para su posterior tratamiento; estos tanques pueden estar ubicados en la superficie, así como subterráneos. La característica más



importante de estos tanques es que son estructuras grandes, las cuales deben ser impermeables, para evitar que se tenga perdidas por grietas, y deben disponer de una entrada para realizar los mantenimientos necesarios que puede llegar a requerir.

### **2.2.5 Problemas en la gestión del drenaje**

En la actualidad, las redes de alcantarillado o drenaje presentan importantes problemas estructurales y de funcionamiento, que se pueden dar por causas naturales como las precipitaciones intensas en épocas de invierno, de las que no podemos tener control total; pero, las causas más comunes son las asociadas directamente a la deficiencia en la gestión de este recurso (Verdemar, 2018).

Entre las deficiencias de la gestión estarían, en primer lugar, las de carácter urbanístico, como el crecimiento demográfico, es decir, el crecimiento sin control de la población, la cual no se contempla a largo plazo para la construcción de un drenaje urbano adecuado. Por otro lado, tenemos la falta de una infraestructura apropiada, para lograr un drenaje eficiente que da lugar a inundaciones (uso de materiales, accesorios y métodos de construcción adecuados). Finalmente, la falta de una planificación integral o tenerla desactualizada, la cual, a menudo está hecha con una visión local y a corto plazo, usando únicamente criterios tradicionales, sin tener en cuenta que la expansión urbana en conjunto con la impermeabilización del suelo, modifican el escurrimiento superficial (Verdemar, 2018).

Los impactos negativos que produce la urbanización en las condiciones naturales del agua:

- El deterioro de la calidad, debido al arrastre de sólidos depositados en las cubiertas, patios y vías.
- La modificación de las condiciones naturales de escurrimiento.
- Aumento de la velocidad de escurrimiento.
- Disminución del tiempo de concentración.
- La contaminación de los cursos de agua.



➤ Inundaciones.

La gestión integral del drenaje no sólo incluye el tema de captación de las aguas superficiales, su conducción y descarga en los cursos de agua a través de una red de alcantarillado pluvial, sino también la infiltración, la retención, obras de control de inundaciones y mejora en la capacidad de transporte de los cursos de agua; además, influye en la implementación de medidas de prevención.

### **2.2.6 Sistemas de drenaje no convencionales**

Uno de los inconvenientes que más inquieta a nuestra sociedad en estos tiempos es la disponibilidad de agua potable y la degradación de los ecosistemas. Instituciones de algunos de los países desarrollados, vienen registrando en los últimos años varios beneficios derivados de una adecuada gestión del agua lluvia, representando una alternativa diferente a la convencional, tendiendo la mira puesta hacia un desarrollo sostenible (Molina, Gutiérrez & Salazar, 2011).

Un sistema de drenaje urbano moderno, no sólo ha de ser capaz de captar y transportar el agua pluvial y residual que se genera en una población y en sus entornos, sino que, con procesos de depuración en el caso de ser necesario, han de restituir al medio receptor, con un mínimo de contaminación para evitar daños ambientales y propagación de enfermedades. Además, tiene por objetivo mitigar problemas tanto de cantidad como de calidad de las escorrentías urbanas. Este planteamiento integral supone planificar actuaciones en todo el recorrido de estas aguas, desde aguas arriba en las cuencas no urbanizadas, con técnicas de drenaje urbano sostenible (SUDS), contribuyendo en la salud de la población y conservación e integración ambiental (Molina, Gutiérrez, & Salazar, 2011).

#### **2.2.6.1 Los SUDS (Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible)**

Los SUDS son sistemas que contienen técnicas con un desarrollo sostenible, incentivando al frenado de las “selvas” de concreto que tienen las ciudades en la



actualidad. Países como Australia, Estados Unidos, Japón, Reino Unido, etc., han presentado técnicas de desarrollo y construcción de dichos sistemas, debido a experiencias que estos han vivido, y que a su vez dan como resultados manuales de diseño o guías que pueden ser utilizados por otros países que se encuentran en plan de desarrollo de este tipo de técnicas (Camargo, 2018).

Las técnicas de drenaje urbano junto con el desarrollo urbano sostenible, dieron paso a los sistemas de drenaje urbano (SUDS), los cuales tratan de retener y amortiguar el origen de los caudales pico y además la contaminación difusa, y al mismo tiempo tratan de reproducir lo más posible que sea, los procesos hidrológicos previo al desarrollo urbanístico. Con este enfoque se intenta controlar y tratar el agua mediante la implementación de sistemas naturales, como colocando vegetación o estanques, para de esa manera evitar la sobrecarga de las estaciones depuradoras de aguas residuales, permitiendo así la infiltración en los acuíferos y, por ende, protegiendo a los ecosistemas urbanos y reduciendo la cantidad de agua lluvia de escorrentía y mejorando la calidad. El conocimiento y comprensión del ciclo hidrológico es fundamental en la gestión del drenaje (Rojas, 2017).

Los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS), básicamente son técnicas de una correcta gestión de las aguas lluvia o pluviales, en los que se integran, de manera estratégica, elementos de control de escorrentía en la urbanización; es decir, tratan de reproducir el comportamiento de una cuenca natural, teniendo como resultado lo siguiente: (CONAMA, 2018)

- Mejoramiento de la calidad de las masas de agua.
- Protección frente a inundaciones y sequías.
- Reducción del número de descargas de sistemas unitarios.
- Adaptación y mitigación del impacto climático.
- Reducción del consumo energético en el ciclo hidrológico.

- Mejora el paisaje urbano.
- Conectividad y restauración para la conservación de la biodiversidad.
- Reforzar los valores de espacios verdes y del agua.
- Restitución del flujo subterráneo hacia los cursos naturales mediante infiltración.

#### 2.2.6.1.1 Técnicas SUDS

##### ***Pozos y zanjas de infiltración***

Los pozos y zanjas de infiltración, son perforaciones y excavaciones rellenas de material granular que sirven para recoger y almacenar el agua de escorrentía, hasta que se produce la infiltración de la misma al terreno natural. Las zanjas son más estrechas y menos profundas que los pozos, siendo más eficientes desde el punto de vista constructivo (National SUDS Working Group, 2003).

**Figura 2.** *Zanjas de infiltración.*



*Nota: Zanja de piedra. Tomado de (Abellán, 2014).*

##### ***Superficies permeables***

Se define como un pavimento hecho por el hombre, que permite el paso del agua. Estos sistemas están conformados por una capa de material permeable, situado bajo una superficie que permite el paso del agua o humedad; estos sistemas son: césped, césped reforzado, grava, pavimento de bloques impermeables con huecos rellenos de



césped (Figura 3), pavimento de bloques impermeables con ranuras sin relleno, pavimento de bloques o baldosas porosas, etc. (CIRIA C523, 2001).

**Figura 3.** *Superficies permeables.*



*Nota: Pavimento con huecos rellenos de césped y pavimento de bloques de adoquín. Tomado de (El Diario Montañés, 2008).*

### **Cunetas verdes**

Las cunetas verdes son canales vegetados con hierba, que conducen el agua de escorrentía desde las superficies de drenaje a un sistema de almacenamiento o a una conexión con el alcantarillado. Estos canales vegetados se sitúan en los bordes de las calzadas por lo que llevan el nombre de cunetas verdes (MINVU-DICTUC, 1996).

**Figura 4.** *Cunetas verdes.*



*Nota: Tomado de (Wordpress.com-Sánchez, 2015).*

### ***Drenes filtrantes***

Los drenes filtrantes son zanjas poco profundas recubiertas de geotextil y rellenas de material filtrante como gravas; son construidas para captar y filtrar la escorrentía de superficies impermeables adyacentes con el fin de transportarlas. También reducen la contaminación, especialmente la de los sólidos en suspensión y los metales pesados; además, ralentiza el flujo del agua, contribuyendo al ciclo hidrológico de esta. Su mayor aplicación es el drenaje de las carreteras, colocándose a lo largo del borde de éstas. (National SUDS Working Group, 2003).

**Figura 5.** Drenes filtrantes.



*Nota: Tomado de (Presentación - SUDS, 2019).*

### **Zonas de bioretención o Jardines de lluvia**

Las zonas de bioretención, son zonas deprimidas, poco profundas, en las que normalmente se dispone de un sistema tricapa con dren inferior, y cuyo funcionamiento depende de la composición relativa de los suelos de dicho sistema, con mezclas que garanticen la eliminación de contaminantes. En estos sistemas, tienen lugar procesos de interceptación de la lluvia, evapotranspiración, infiltración y eliminación de contaminantes, permitiendo disminuir los caudales pico. (Molina, et al., 2011).

**Figura 6.** Zonas de bioretención o Jardines de lluvia.



*Nota: Tomado de (Southeast Michigan Council of Governments, Abellán, 2014)*

### ***Tanques de almacenamiento de aguas lluvias***

Este tipo de estructuras son las más sencillas de todos. Consiste simplemente en la construcción de tanques, enterrados o no, que permitan la captación y almacenamiento de agua lluvia, con el fin de utilizarla con requerimientos no potables, tales como el suministro de agua a sanitarios y urinarios, lavado de vehículos, riego de jardines y zonas verdes. Estos sistemas pueden captar agua, bien sea procedente de cubiertas o de superficies duras de parqueaderos. (Molina, et al., 2011).

**Figura 7.** *Tanques de almacenamiento de aguas lluvias (Recolección de aguas lluvia).*



*Nota: Tomado de (AVATARENERGIA.COM).*

### ***Sistemas de Techos Verdes***

Los techos verdes deberán mitigar el pico de crecientes asociados con eventos de precipitación con periodos de retorno de 2 años; además, la vegetación a utilizar deberá estar en condiciones de soportar periodos alternados de calor y frío. La vegetación deberá ser duradera, resistente a la sequía, con poco requerimiento de agua después de que ya se encuentra establecida, con preferencia por suelos bien drenados, autosustentables, capaces de resistir los cambios climáticos extremos, con capacidad para sobrevivir en suelos pobres y resistentes al fuego (Molina, et al., 2011).

**Figura 8.** *Techos verdes.*



*Nota: Tomado de (Helecho Ecotelhado, 2013).*

### ***Humedales artificiales***

Se definen como un área de tierra cubierta de vegetación que puede estar ocasional o permanentemente llena de agua con distintas profundidades. Los humedales, tanto los naturales como artificiales, son hábitat de una gran diversidad de plantas y animales. Comprenden estanques y lagos poco profundos en combinación con zonas pantanosas cubiertas, casi en su totalidad, por vegetación acuática. Este sistema es la alternativa natural a las depuradoras artificiales encargadas actualmente del tratamiento de las aguas de lluvia (CIRIA C523, 2001).

**Figura 9.** *Humedales artificiales.*

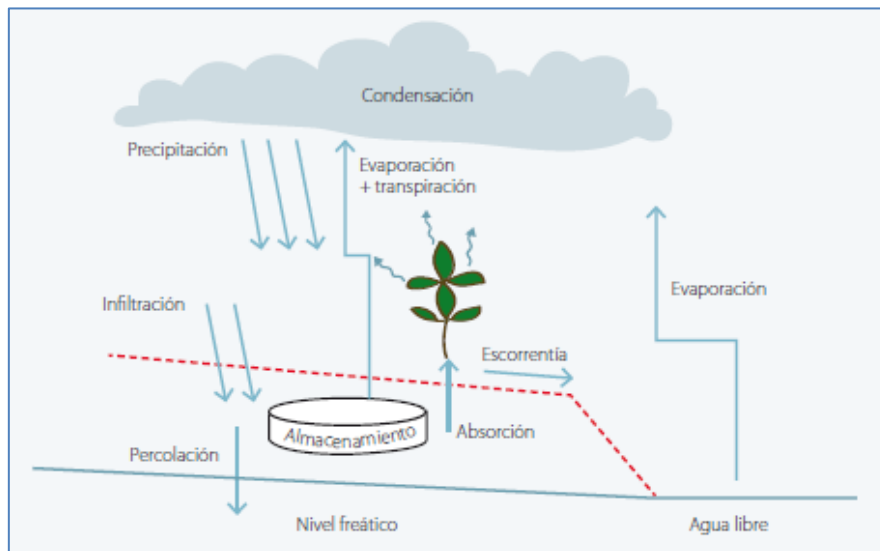


*Nota: Tomado de (Rodríguez, 2018).*

## **2.3 Hidrología**

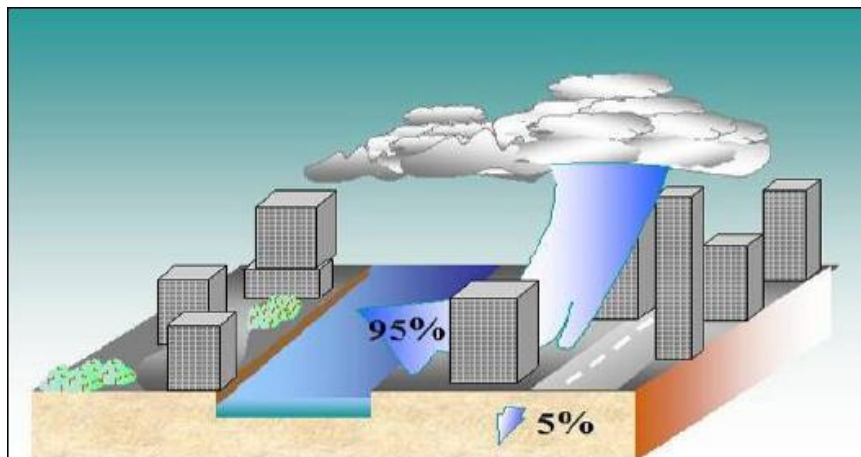
### **2.3.1 Ciclo hidrológico**

El ciclo del agua presenta diferencias cualitativas y cuantitativas en algunas fases o elementos, dependiendo de la región o zona. Este ciclo varía en áreas naturales, ya que parte del agua de las precipitaciones se intercepta en las plantas, y el resto se filtra a la tierra, que, dependiendo del tipo de terreno y topografía, luego se concentra en ríos y lagos. Está perfectamente optimizado en las zonas templadas del planeta; además, en todo el ciclo hidrológico están presentes los procesos de evapotranspiración y evaporación que son necesarios para cerrar el ciclo hidrológico (Rodríguez, et al., s.f.).

**Figura 10.** *Ciclo Hidrológico.*

*Nota: Tomado de (FAO, 2013).*

El ciclo del agua en zonas urbanas es considerablemente diferente, ya que el agua antes de llegar al suelo purifica el aire recogiendo partículas contaminantes, que se mezclan con otras partículas presentes en la superficie de los pavimentos (Loera, 2002). En las ciudades, en la mayor parte no existe vegetación que pueda interceptar el agua lluvia; por lo que esta se intercepta de los tejados impermeables y pavimentos, donde el agua se concentra en un corto periodo de tiempo y pasa a los sistemas de alcantarillado, por la cual, no se produce infiltración del agua lluvia, y no existe recarga de acuíferos debido a que estos se quedan aislados (Rodríguez, et al., s.f.).

**Figura 11.** *Infiltración y escorrentía urbana.*

*Nota: Tomado de (Coupe, et al., 2003)*



En la siguiente tabla se puede observar el porcentaje de escorrentía e infiltración, la cual varía dependiendo de la zona; así, en una zona natural, es decir, sin urbanizar, la escorrentía es casi nula, apenas el 5% del total de la precipitación, no sucediendo lo mismo en las zonas urbanas de baja densidad (sectores rurales y zonas residenciales), donde la escorrentía es del 70 %, y para las zonas urbanas de alta densidad, la escorrentía es de un 95%, haciendo necesaria una adecuada gestión de esas grandes cantidades de escorrentía superficial.

**Tabla 1.** *Porcentajes de distribución de escorrentía e infiltración en diferentes zonas.*

<b>Distribución escorrentía e infiltración</b>		
<b>Zona:</b>	<b>Escorrentía (%)</b>	<b>Infiltración (%)</b>
<b>Natural, sin urbanizar</b>	5	95
<b>Urbana, baja densidad (entornos rurales y zonas residenciales)</b>	70	30
<b>Urbana, alta densidad (Ciudades)</b>	95	5

*Nota: Tomado de (Coupe, et al., 2003)*

### **2.3.1.1 Evaporización**

La evaporación es un proceso físico, en el cual el agua presente en la superficie terrestre se convierte en vapor de agua gracias a la cantidad de energía solar que recibe directamente. En este proceso, los enlaces que mantienen unidas las moléculas se rompen al aumentar la temperatura del agua, haciendo que ésta pase a un estado de vapor. El agua se evapora más fácilmente cuando se halla en su punto de ebullición (100 °C) y más lentamente en su punto de congelamiento.

### **2.3.1.2 Condensación**

La condensación es el proceso en el cual, el vapor de agua pasa a un estado líquido. En este proceso, el aire caliente asciende, y al enfriarse, disminuye la capacidad de almacenar vapor de agua. La condensación del agua puede apreciarse de dos formas,





como nubes y nieblas, siendo la primera la principal forma de condensación para el ciclo del agua. Si el proceso da paso del estado gaseoso al estado sólido de manera directa, esta tiene el nombre de sublimación inversa o deposición. Si se va del estado líquido al estado sólido se denomina solidificación (Valle & Méndez, 2015).

### **2.3.1.3 Precipitación**

La precipitación es cualquier resultado de la condensación del vapor de agua atmosférico, y ocurre cuando la atmósfera se satura con dicho vapor, provocando que el agua se condense y caiga en forma de lluvia. La precipitación puede ser sólida, como granizo, o líquida como lluvia, y es muy importante en el ciclo hidrológico, ya que sin esta no habría depósitos de agua dulce, la cual es importante para la vida (Valle & Méndez, 2015).

### **2.3.1.4 Escorrentía superficial**

La escorrentía superficial es la parte del total de precipitación que no llegó a penetrarse en el suelo, por lo tanto, circula en la superficie terrestre. Esta es el principal agente geológico de erosión y transporte de sedimentos, lo cual puede dañar a las estructuras, debido a que esta disminuye la capacidad de soporte (Valle & Méndez, 2015).

### **2.3.1.5 Medición pluviométrica**

Las precipitaciones de agua en la capa terrestre, se expresan matemáticamente en un tiempo determinado, que pueden ser minutos, horas, días, meses e incluso años. Las unidades en las que se pueden medir dichas precipitaciones son milímetros (mm), equivalente a la altura del agua lluvia formada sobre una superficie plana e impermeable, o en litros por metro cuadrado ( $L/m^2$ ), la cual equivale a la cantidad de agua lluvia sobre una superficie cuadrada de 1m x 1m, dichas unidades son equivalentes.

## 2.4 Generalidades de las aguas lluvia

El agua lluvia almacenada, es un subproducto de los procesos de captación, los cuales son el resultado de técnicas sostenibles para recolectar y acceder a la misma.

La captación de aguas lluvia se encuentra dentro de los recursos hídricos no convencionales, así como las aguas subterráneas, humedad atmosférica recolectada mediante la siembra de nubes, la recolección de niebla, transporte de bloques de hielo, agua desalinizada y aguas residuales.

**Figura 12.** *Captación de aguas lluvia.*



*Nota: Tomado de (ENERGÍA LIMPIA XXI - México, 2015).*

### En Ecuador

El tema de la utilización de sistemas de aprovechamiento de aguas lluvias es prácticamente nuevo y su implementación es baja; sin embargo, cada día cobra mayor interés, debido a que tiene un gran potencial hídrico de captación que dan como resultados bajos costos de operación. Sin embargo, se debe tener en cuenta varios factores como la hidrología del lugar de estudio, el tipo de edificación, el área de captación, el consumo y demás componentes que intervienen en el diseño de sistema de drenaje sostenible.



## **En la ciudad de Cuenca**

La Universidad de Cuenca junto con La Empresa Pública de la Universidad de Cuenca (UCUENCA.EP), mediante un convenio realizado en el año 2019, definieron la necesidad de realizar un estudio para determinar los requisitos necesarios para la implementación de la “Certificación de Viviendas Sustentables”, para dar un valor agregado al sector de la construcción y dar soluciones amigables con el medio ambiente y en el entorno. Además, realizar estudios integrales basadas en metodologías propias, evaluando los diseños de viviendas o proyectos habitacionales (UCUENCA.EP, 2019).

Los cambios ambientales de cada región deberían ser obligatoriamente gestionadas a partir de una estrategia de sostenibilidad, es decir, que las modificaciones, sean estructurados estratégicamente en términos económicos, ambientales y sociales, a fin de garantizar la estabilidad de las edificaciones para las futuras generaciones (Acosta, 2007).

## **Otros Países**

Los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia resultan de las necesidades, recursos aprovechables y las condiciones ambientales de cada zona; es por eso que, en las últimas décadas, la gestión en la captación de aguas lluvia ha ido mejorando. En EE.UU., en el Estado de Texas, es en donde se han implementado más sistemas de aprovechamiento de agua lluvia; por ejemplo, una casa típica tiene un área de 200 m<sup>2</sup>, de cubierta y puede producir más de 150.000 litros de agua al año con una precipitación anual media de 850 mm y con un costo de implementación del sistema de aproximadamente \$5.000 y \$8.000, incluyendo las canaletas, tuberías, costo de la cisterna, la bomba y el sistema de tratamiento (Ballén, Galarza & Ortiz, 2006).



### 2.4.1 Calidad de las aguas lluvia

La lluvia se inicia con la condensación del vapor de agua contenido en las nubes, que luego se vuelven gotas de agua y caen. Según la Organización Meteorológica Mundial (OMM), las partículas de lluvia o gotas tienen un diámetro mayor a 0,5 mm. La lluvia depende de tres factores: la presión, la temperatura y la radiación solar; y la cantidad que cae, es medida por las estaciones meteorológicas a través de los pluviómetros y pluviógrafos en zonas específicamente establecidas, la cantidad de agua que cae se expresa en mm de altura (Ordoñez, 2011).

**La calidad del agua lluvia** no se ha estudiado muy a fondo. En varias ciudades del mundo se desconoce en qué condiciones físicas, químicas y microbiológicas se encuentra este recurso hídrico, ya que depende de varios elementos presentes en el aire por actividades antrópicas y condiciones naturales. Actualmente los niveles de contaminación atmosférica son superiores si los comparamos con épocas pasadas, por lo que, el agua lluvia no está exenta de ser afectada por este fenómeno. Su evaluación permite definir en cierta medida, la calidad del aire y los potenciales contaminantes que pueden hacerse presentes en mayor o menor concentración (Ospina & Ramírez, 2014).

Un estudio realizado en la Ciudad de Cuenca en el año 2014, sobre la determinación de la concentración de contaminantes en el agua lluvia de la zona urbana, arrojó un pH promedio de 5.68, el cual es un pH normal para el agua lluvia, considerada no acida. Este estudio no fue objeto de un análisis profundo de las aguas lluvia, ya que no se utilizó el medidor de pH electrónico de campo; sin embargo, este valor puede ser tomado como referencia para estudio posteriores (Ayala, 2014).



### 2.4.2 Ventajas del agua lluvia

El agua lluvia presenta una serie de características ventajosas, entre ellas:

#### ***De aspecto económico:***

- El agua lluvia es proporcionada de forma gratuita, ya que es dada de manera natural.
- Se destina para usos en diferentes actividades, por lo que, el agua lluvia, al ser suministrada de forma gratuita, permite que los costos generados por el agua potable se puedan disminuir.
- Puede ser agua potable, si la recolectamos, almacenamos y con un simple proceso de filtración la tratamos de una manera adecuada.
- Los sistemas de recolección de aguas lluvias exigen de una infraestructura sin mayores complicaciones. Sus componentes principales como la captación, almacenamiento, y distribución pueden ser efectuados de forma sencilla.
- De alguna manera disminuye la cantidad de agua lluvia que entra al sistema de drenaje, minimizando el riesgo de inundaciones y la saturación de sistema.

#### ***Protección ambiental***

- Se genera una disminución en el costo energético, debido a que no se necesita filtros sofisticados para aprovecharla.
- Permite reducir el uso de las reservas de agua potable, prolongando su disponibilidad y con ello el ahorro en el consumo.
- Evita la sobreexplotación de las fuentes hídricas, conservándoles para el futuro.
- Es accesible en cualquier lugar donde haya precipitación.



### **Calidad**

- El agua lluvia, dependiendo de la zona, es una de las fuentes más limpias de agua dulce disponible. Los parámetros de calidad son cercanos a los establecidos para que sea considerada apta para el consumo humano.
- No requiere de tratamientos complejos para su uso.

#### **2.4.3 Desventaja del agua lluvia**

Entre las pocas desventajas que tenemos en el aprovechamiento del agua lluvia están:

- El agua lluvia depende de las condiciones atmosféricas (la cual es eventual), es decir, no se puede predecir con exactitud el tiempo, duración y la intensidad, que pueda tener la precipitación.
- Los problemas de escasez y contaminación del agua le convertirán al agua en un recurso hídrico sobrevalorado, lo que provocará que sea accesible únicamente a las ciudades o personas con buena economía.
- El costo inicial del sistema de aprovechamiento de aguas lluvia y su instalación son bastante elevados, lo cual puede impedir que personas de escasos recursos lo puedan implementar.

#### **2.4.4 Propiedades físicas-químicas del agua lluvia.**

El agua es una sustancia líquida que se encuentra en la naturaleza en estado más o menos puro y está constituida por hidrógeno y oxígeno. El agua es insípida e inodora en condiciones normales de temperatura y presión. El color del agua varía según su estado como líquido puede parecer incolora en pequeñas cantidades. El agua lluvia propiamente, presenta ciertas propiedades físicas y químicas diferentes a las aguas superficiales y subterráneas.



## Parámetros Físicos:

Los parámetros físicos más importantes del agua lluvia son:

### Turbiedad

Falta de claridad de un líquido, causada por las partículas suspendidas (arcillas, arenas, materia orgánica, etc.). Definido por la medida de dispersar la luz a través de una muestra. La turbiedad presente en el agua lluvia, depende de la zona; por ejemplo, la turbiedad de un agua lluvia que se da en alta montaña, será más baja que la que se da en una zona industrial, debido a las partículas presentes en el aire por la naturaleza de las actividades que ahí se desarrollan.

La turbiedad es importante en los procesos de potabilización por las siguientes razones:

- **Estética:** Un agua turbia causa rechazo en los consumidores, llevándolos a abastecerse de otras fuentes con mejores características estéticas pero que puede llegar a no ser inocua. También existen ciertos procesos industriales que requieren agua exenta de turbiedad (fabricación textil, alimentos).
- **Selección de los procesos de tratamiento:** la turbiedad es un parámetro fundamental, en la determinación de los procesos más adecuados para tratar el agua de abastecimiento. Procesos como coagulación, sedimentación y filtración, se diseñan y operan teniendo en cuenta el valor de la turbiedad.
- **Filtración y cloración del agua:** la turbiedad puede incidir en la eficacia de determinados procesos de tratamiento de agua; la filtración del agua se vuelve más difícil y costosa cuando la turbiedad es alta, debido a que obstruye los filtros, ocasionando un aumento de lavado de las unidades del sistema. Cuando la turbiedad es alta, se necesitan dosis mayores de cloro para desinfectar el agua debido a que los microorganismos se ocultan entre las partículas de turbiedad.



## Color

Está íntimamente ligado a la turbiedad. El color está clasificado como aparente (producido por el material suspendido) y real (sin turbiedad). Al igual que la turbiedad, el color es importante, ya que casusa el rechazo de los consumidores aun si el agua no ocasiona problemas sanitarios.

Así como la turbiedad, este parámetro en aguas de lluvia, es afectado dependiente de la zona donde se mida, sobre todo lo referente al color aparente.

## Parámetros químicos

A continuación, se presentan los parámetros químicos más importantes:

## Conductividad Eléctrica

Se define la conductividad eléctrica como la capacidad que tiene una sustancia para conducir la corriente eléctrica. El agua es ligeramente conductora de electricidad, aumentando su conductividad si se añaden sales u otros materiales ionizantes. Su unidad es microsiemens por centímetro ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). La conductividad eléctrica de una solución, permite conocer la concentración de especies iónicas presentes en el agua, tales como sales disueltas y la cantidad de iones presentes, especialmente Ca, Mg, N y P. Además, las aguas que contienen altas concentraciones de conductividad son corrosivas. Para el caso de las aguas de lluvia, estas presentan una conductividad ligeramente superior a un agua de montaña (**Tabla 2**), debido a que en su recorrido se encuentra con partículas presentes en el aire, las cuales, afectan este parámetro. A continuación, se presenta una tabla con las conductividades de distintas aguas:

**Tabla 2.** Conductividad eléctrica de diferentes fuentes.

Tabla de conductividad de diferentes tipos de Aguas		
Agua ultra pura	0,055	$\mu\text{S}/\text{cm}$
Agua destilada	0,5	$\mu\text{S}/\text{cm}$
Agua de montaña	1	$\mu\text{S}/\text{cm}$





Agua de lluvia	10 a 20	$\mu\text{S/cm}$
Agua doméstica	500 a 800	$\mu\text{S/cm}$
Max. Para agua potable	1055	$\text{mS/cm}$
Agua de mar	56	$\text{mS/cm}$
Agua salobre	100	$\text{mS/cm}$

Fuente: Tomado de (infoagro.com)

## pH

El pH es una medida de la acidez o la alcalinidad del agua, se define como la concentración de iones de hidrógeno en el agua. La escala del pH es logarítmica con valores de 0 a 14, siendo el valor de 7 un valor neutro. Con una disminución del pH por debajo de este número, el agua se hace más ácida y con un aumento se hace más básica. El agua pura tiene un pH de 7.0 (Clemson Cooperative Extension, 2012).

El agua de lluvia, propiamente, puede tener un pH más bajo o más alto que el valor neutro, dependiendo de las actividades que se desarrollen en la zona, aunque generalmente se encuentra por debajo de 7.

## Alcalinidad

La alcalinidad es básicamente la medida de la capacidad del agua para neutralizar la acidez. Puede considerarse como la presencia en el agua de iones de hidróxidos  $[\text{OH}^-]$ , carbonatos  $[\text{CO}_3^{2-}]$  y bicarbonatos  $[\text{HCO}_3^-]$ , los cuales tienen la propiedad de reaccionar con los ácidos, neutralizándolos.

En las zonas industriales, generalmente el agua lluvia presenta una alcalinidad más baja, debido a que esta se ve afectada por las sustancias presentes en el aire, no pasando lo mismo en las zonas que no tienen actividad humana donde este factor no se ve afectado en gran medida.

## Dureza

Se denomina dureza del agua a la concentración de compuestos minerales que hay en una determinada cantidad de agua, en particular, sales de magnesio y calcio.



El agua denominada comúnmente como “dura” tiene una elevada concentración de dichas sales, y el agua “blanda” las contiene en muy poca cantidad (Facsa, 2017).

La dureza del agua lluvia no es muy considerable, debido a la concentración de las sales presentes en el aire o a factores que afecten a este parámetro.

### **Nitratos y nitritos**

Debido a las emisiones de las fábricas e industrias principalmente, además del uso de productos fertilizantes (ricos en nitrógeno), se da la presencia de los nitratos y nitritos en el agua lluvia. Aunque su concentración es muy baja, puede ser un indicativo para el tratamiento a utilizar, dependiendo del uso que se le quiera dar a esta agua.

Dicho todo lo anterior, se debe tomar en cuenta la acción de factores externos que influyen en la calidad del agua lluvia, principalmente en los sectores que se hallan colindantes a industrias o fábricas, donde la acción de viento puede llevar ciertas partículas de un lado a otro, pudiendo dar origen a resultados erróneos o malas interpretaciones de la zona y el componente a analizar.

#### **2.4.5 Técnicas de captación de agua lluvia**

Las técnicas de captación de agua lluvia, se han venido desarrollando desde ya hace muchos años atrás en todas partes del mundo. En los últimos 30 años, se han perfeccionado muchas de ellas, gracias al aporte de diferentes instituciones y países (Silva, et al., 2000). Como técnica de captación y aprovechamiento de agua lluvia, se entiende al procedimiento técnico capaz de aumentar la disponibilidad de agua para un fin necesario, es decir, para uso doméstico, limpieza, riego de jardinería, etc. Estas técnicas implementan la construcción y manejo de obras hidráulicas que permiten captar, conducir, interceptar las primeras aguas; almacenar, tratar y distribuir el agua lluvia (Gonzaga, 2015).



Según Prieto & Vieira (2013) las técnicas de captación de agua lluvia son las siguientes:

#### **Aprovechamiento del agua en cubiertas:**

Esta es la técnica más conocida de captación y aprovechamiento de agua de lluvia, la cual tiene la función de captar la escorrentía producida en superficies impermeables o poco permeables, tales como cubierta de viviendas, superficies de hormigón, mampostería o plástico. De este modo se distingue dos partes importantes en la captación, desde la precipitación hasta el tanque receptor:

- La **superficie de captación** la que representa la contribución de agua de escorrentía para alimentar el tanque de colección. La superficie de captación debe cumplir requisitos que permitan obtener una alta escorrentía, para lo cual es necesario conocer las características de textura y cubierta del área seleccionada.
- Y el **tanque interceptor**, el cual recibe el agua de escorrentía que proviene de la superficie de captación de la parte más alta de la pendiente.

#### **2.4.6 Aprovechamiento de las aguas lluvia**

Un sistema básico de aprovechamiento está conformado por los siguientes procesos:

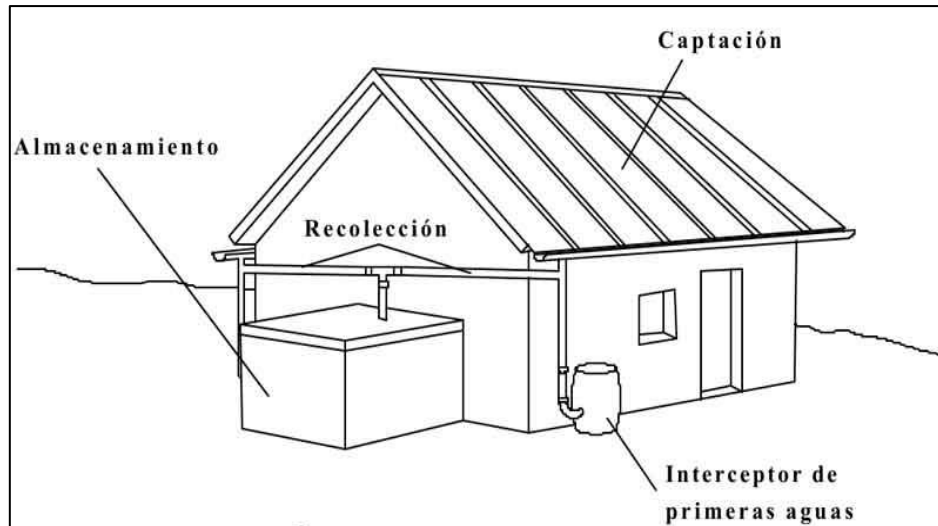
- Captación.
- Recolección y Conducción.
- Tanque interceptor.
- Almacenamiento.
- Sistema de bombeo y sistema de distribución.

#### **Captación del agua lluvia de cubiertas**

Generalmente las cubiertas por sus características de impermeabilidad, pueden llegar a producir un volumen de captación considerable, con la ayuda de canaletas en la parte inferior de la cubierta, agua que posteriormente pasaría a ser transportada por

tuberías hasta la infraestructura de almacenamiento (**Figura 13**), para luego ser aprovechados para diferentes actividades.

**Figura 13.** Captación de aguas lluvia en cubiertas de viviendas.



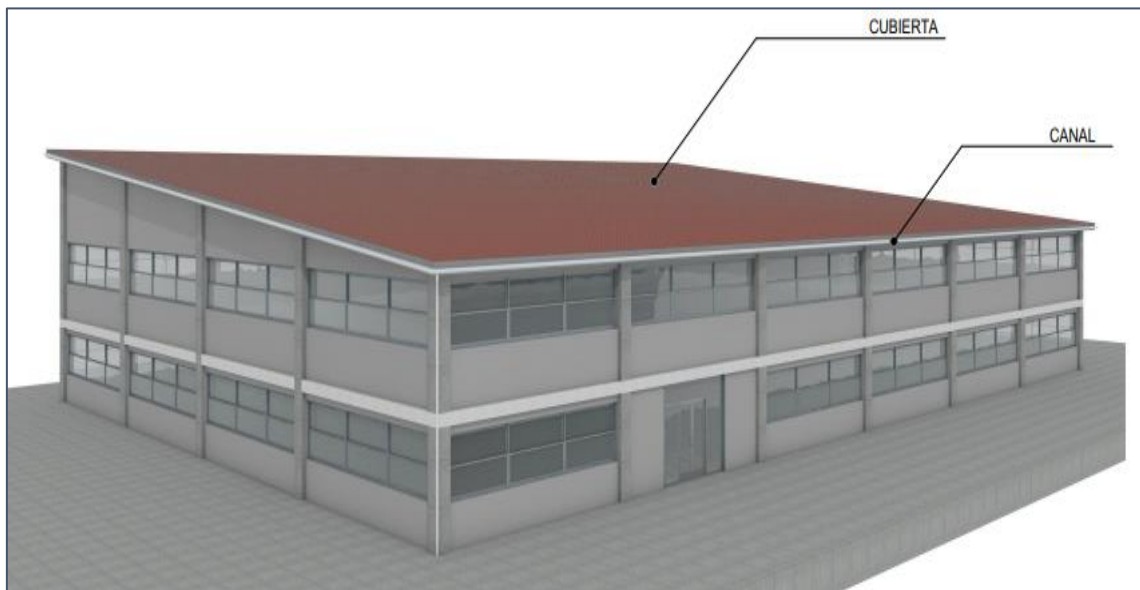
*Nota: Tomado de (Guía de Diseño para Captación de Agua de Lluvia. CEPIS, 2004).*

### **Captación**

Es la superficie destinada para la recolección del agua lluvia. En la mayoría de los casos se utilizan las cubiertas, los cuales deben tener una superficie que facilite el escurrimiento de la precipitación y una pendiente adecuada no inferior al 5% (Palacio N, 2010).

Cubierta: Es el componente más importante, y debe ser de material impermeable sin deformidades con una pendiente adecuada. Dependiendo del material, tiene un coeficiente de esorrentía, y puede estar hecho principalmente de lámina galvanizada, lamina de asbesto, tejas de arcilla o concreto (FAO, 2013). De preferencia, debe estar libre de sedimentos, para que el agua que se va a transportar al almacenamiento sea de buena calidad.

**Figura 14.** Sistema de captación de aguas lluvia por cubierta.



Fuente: Edición propia

### Recolección y Conducción

**Canaletas:** Estos componentes son colocados en la parte terminal de la cubierta, cuya función es la de captar el agua que escurre por las mismas y conducir al lugar de almacenamiento. Las canaletas tienen que tener dimensiones adecuadas, para captar el volumen de agua que escurre por las cubiertas, así como una pendiente uniforme. Estas deben ser de material liviano, resistente al agua y fácil de unir entre sí, a fin de reducir las pérdidas de agua (Palacio, 2010). Dependiendo del tipo de cubierta, como por ejemplo en losas de hormigón, donde estas captan el agua mediante trampillas o sumideros.

**Acoples:** Son componentes que se utilizan dependiendo de las dimensiones de cada canaleta, y sirve para conectar las canaletas con los tubos que conducen el agua hacia el tanque de almacenamiento o el desagüe (figura 12). Otro tipo de dispositivos que pueden servir son las conexiones de tipo T o Y.

**Figura 15.** *Canaletas, acoples y tubería de conducción.*



Fuente: Tomado de (<https://www.pinterest.cl/>)

**Tubería de conducción:** Son el sistema de tubos que conectan las canaletas hacia los tanque o cisterna de cualquier diseño. Estas necesitan un mantenimiento periódico debido a que, en la entrada de estas, es donde se acumulan la mayor cantidad de sedimentos de las cubiertas, ya que, en época de sequía, estos se encuentran sucios y es conveniente limpiarlos, para que no ingresen sedimentos a dichos componentes.

### **Tanque interceptor**

Es el tanque dirigido a captar las primeras aguas lluvias correspondientes al lavado del área de captación, con el fin de evitar el almacenamiento de aguas con gran cantidad de impurezas. El suministro de agua al tanque interceptor, se lo hace por medio de los bajantes unidos a las canaletas. Cabe mencionar que el agua recolectada temporalmente por el interceptor, también puede utilizarse para el riego de jardinería (Palacio, 2010).

### **Almacenamiento**

Es la estructura que tiene la función de acumular, conservar y suministrar el agua lluvia a los diferentes usos. Los tipos de tanques de almacenamiento de agua lluvia a ser empleados pueden ser construidos con los siguientes materiales (Palacio, 2010):



- Mampostería (100 a 500 L).
- Concreto reforzado (para cualquier volumen).
- Tanques de polietileno.

### **Sistema hidroneumático y sistema de distribución de aguas lluvia**

La red de distribución debe llegar a los puntos hidráulicos donde se utilizará el agua lluvia. El sistema hidroneumático distribuirá el agua lluvia desde el tanque de almacenamiento hacia los aparatos sanitarios establecidos, mediante un sistema hidroneumático o un sistema de bombas.

### **Captación de superficies impermeables**

Cuando el área de captación de las cubiertas no es suficiente y no se puede cubrir la demanda de agua, se opta por otras opciones para captar el agua, como son: parqueaderos, patios, canchas impermeables; las cuales, pueden ser de mampostería, hormigón, cubiertas de láminas plásticas, pisos compactados, etc. Estas estructuras presentan algunas ventajas en comparación a la captación de agua lluvia de las cubiertas, ya que estas representan áreas de captación más grandes. Las desventajas que se pueden dar en estas estructuras, es la incorporación de costos adicionales debido a la impermeabilización y adecuación de la superficie, además al estar al nivel del suelo, estas estructuras están expuestas a más contaminación lo cual puede llevar al taponamiento del sistema (FAO, 2013).

## **2.4.7 Usos de agua lluvia**

### **2.4.7.1 Usos para las edificaciones**

El aprovechamiento correcto de aguas lluvia en las edificaciones es una práctica que tiene una implementación no muy compleja. Las técnicas para determinar muy aproximadamente la demanda de agua dentro de una edificación, se encuentran en función del uso de la edificación, número de usuarios, zona geográfica del lugar y el consumo de agua a lo largo del día (Reyes & Rubio, 2014).



La implementación de un sistema de recolección de aguas lluvia significa el empleo de maquinarias, compra de materiales, uso de mano de obra, lo que conlleva a tener un costo adicional al típico valor del proyecto.

En el proyecto se debe tener bien claro la aplicación de las aguas lluvias que se van a recolectar, es decir si se emplearán para usos domésticos como sanitarios, urinarios, riego, lavado de fachadas y pisos, o si se utilizará para el consumo humano (Reyes & Rubio, 2014), ya que el tratamiento necesario para que el agua lluvia quede apta para cualquiera de estos usos, es diferente.

#### **2.4.8 Requerimiento de agua para usos sanitarios**

La determinación de la cantidad de agua necesaria es uno de los primeros pasos cuando se trata de proveer el suministro del mismo en el hogar. Para establecer los diseños específicos de las estructuras necesarias, se debe tener en cuenta el uso que se le va a dar al agua tratada, con el fin de realizar correctamente los cálculos de las infraestructuras de recolección, almacenamiento, tratamiento, y sistemas de hidroneumático, si son necesarios.

El agua destinada para uso sanitario como baños, debe cumplir con los siguientes estándares de calidad:

- Físicas: no contener sólidos disueltos o turbidez (límite máximo 5 NTU).
- Químicas: no contener la presencia de sustancias perjudiciales para los aparatos sanitarios.

El agua lluvia puede ser utilizada para descargas sanitarias, lavado de pisos y lavandería con los estándares de calidad antes mencionados y sin mucha dificultad. Al mismo tiempo, se debe realizar una caracterización de aguas lluvia, aunque estas sean consideradas entre las más limpias, debido a que esto depende del lugar de ubicación y de la contaminación atmosférica; es por eso que se debe determinar la concentración





de contaminantes que puedan afectar la salud de las personas, a los aparatos sanitarios y a las tuberías de distribución.

A continuación, se presentan los caudales requeridos de los aparatos sanitarios en las edificaciones:

**Tabla 3.** Demandas de caudales, presiones y diámetros en aparatos de consumo.

Aparato sanitario	Caudal instantáneo mínimo (L/s)	Presión		Diámetro según NTE INEN 1369 (mm)
		recomendada (m.c.a)	mínima (m.c.a)	
Bañera/tina	0,3	7	3	20
Bidet	0,1	7	3	16
Calentadores / calderas	0,3	15	10	20
Ducha	0,2	10	3	16
Fregadero cocina	0,2	5	2	16
Fuentes para beber	0,1	3	2	16
Grifo para manguera	0,2	7	3	16
Inodoro con depósito	0,1	7	3	16
Inodoro con fluxor	1,25	15	10	25
Lavabo	0,1	5	2	16
Máquina de lavar ropa	0,2	7	3	16
Máquina lava vajilla	0,2	7	3	16
Urinario con fluxor	0,5	15	10	20
Urinario con llave	0,15	7	3	16
Sauna, turco, o hidromasajes domésticos	1	15	10	25

Fuente: Tomado de (Norma Hidrosanitaria NHE Agua - NEC, 2011)

## CAPITULO III

### 3 DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE SOSTENIBLE APLICADO AL AULARIO DE CIENCIAS BÁSICAS DEL CAMPUS BALZAY DE LA UNIVERSIDAD DE CUENCA-ECUADOR

#### 3.1 Ubicación

El nuevo Campus Balzay tiene una extensión de aproximadamente 13.3 hectáreas, está ubicado en la parroquia San Joaquín en las calles Av. General Escandón y Víctor Manuel Albornoz, al oeste de la ciudad de Cuenca (**Figura 16**), con coordenadas geográficas UTM WGS 84 17S: 718108.28 m E, 9680222.86 m S, zona 17 M. Este campus se conformará por el área técnica de las facultades de Ingeniería y Química, así como de unidades de investigación. Además, la edificación donde se pretende diseñar el presente proyecto está destinada para albergar el Aulario II de Ciencias Básicas.

**Figura 16.** Mapa de ubicación del Campus Balzay (Aulario II - Bloque E).

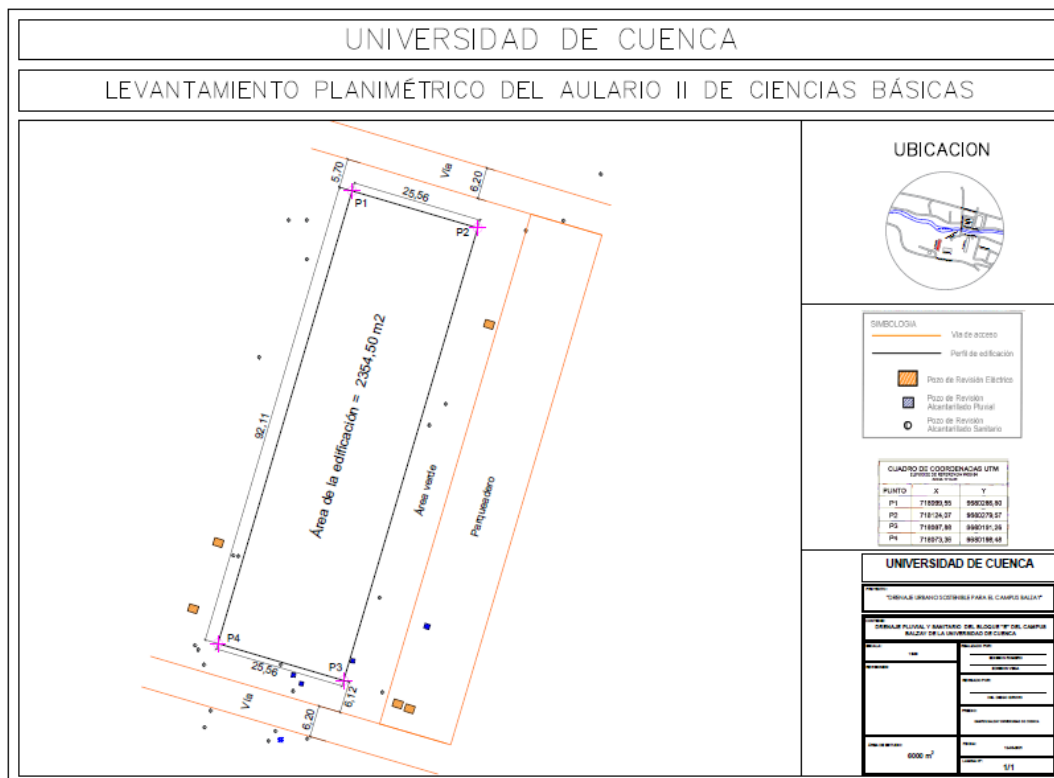


Fuente: Tomada de Google Earth Pro.

### 3.2 Área de estudio

Se realizó el levantamiento topográfico de la edificación que se encuentra construido (Aulario II), obteniendo un área de 2354,50 m<sup>2</sup>, con una longitud de 92.11 m y un ancho de 25.56 m. En el levantamiento realizado se tomó todos los puntos de mayor interés como son los pozos de revisión de alcantarillado sanitario y pluvial, espacios verdes disponibles para emplazar el proyecto.

**Figura 17.** Levantamiento topográfico del bloque.



Fuente: Edición propia

### 3.3 Descripción de la edificación

La edificación del Bloque E está conformada por las siguientes áreas:

**Tabla 4.** Conformación del Aulario de Ciencias Básicas II.

DESCRIPCIÓN DEL AULARIO II	
Áreas	Cantidad
▪ Aulas para estudiantes	6
▪ Auditorios	2
▪ Cuartos de Oficinas	12
▪ Baterías sanitarias	6

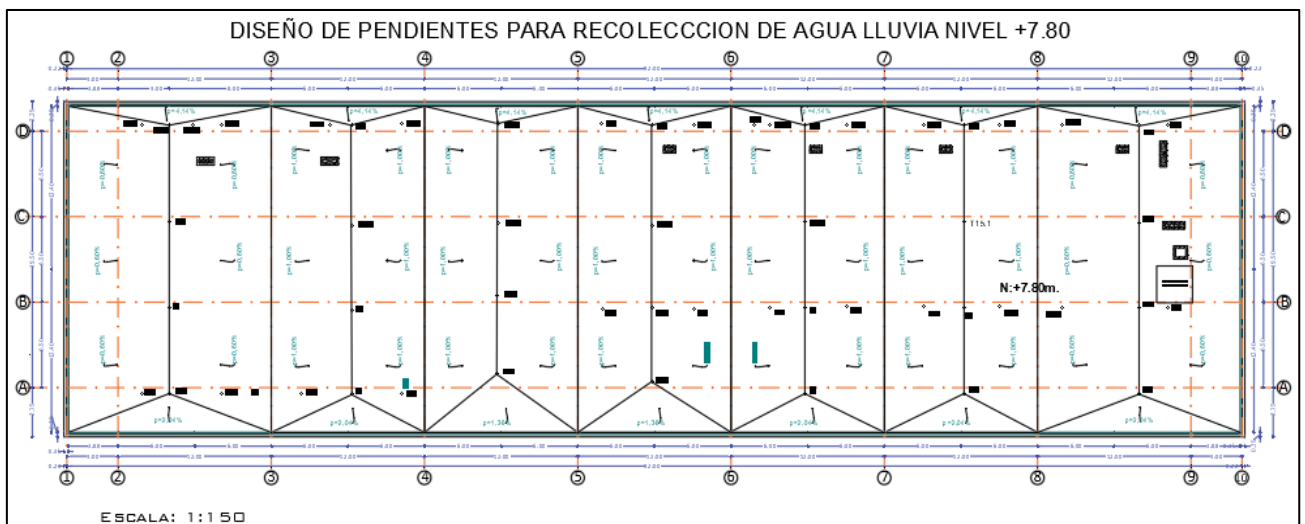
Fuente: Edición propia.

- Los cuartos de baño están debidamente asignados para hombres, mujeres y personas discapacitadas. En total se dispone de 18 inodoros de fluxómetro, 3 urinarios y 16 lavabos.
- Esta infraestructura tiene la capacidad para albergar a 1760 personas entre estudiantes, profesores y empleados.

### Estado de la Cubierta

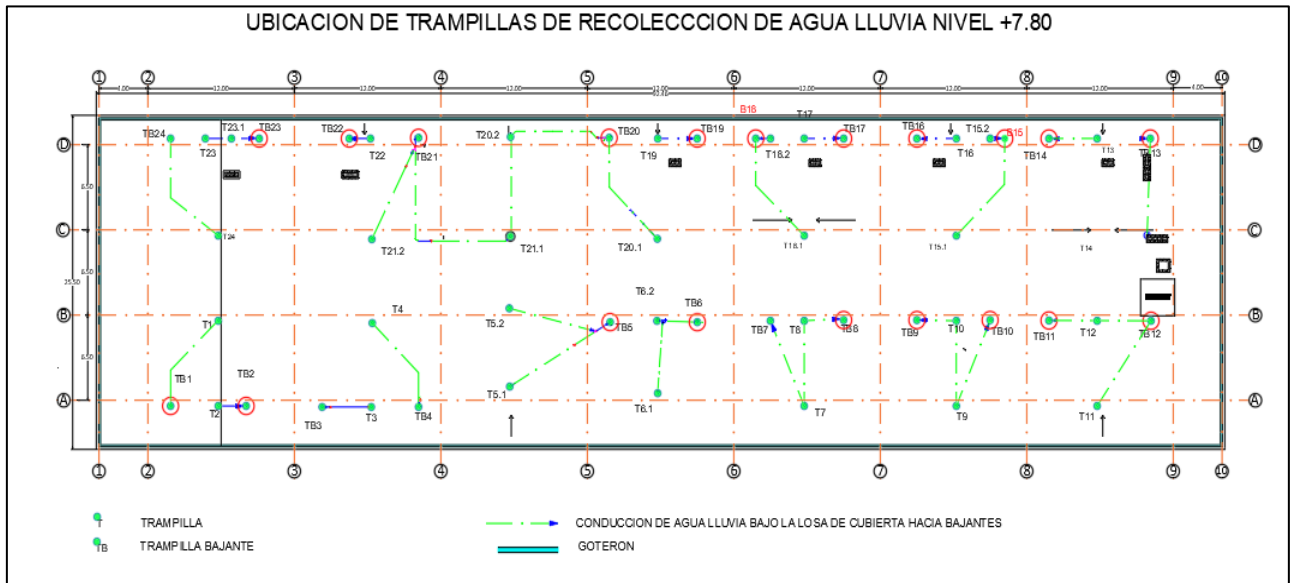
La cubierta con la que cuenta la edificación para la captación de aguas lluvia tiene un área útil de 2310.58 m<sup>2</sup>. El área de captación se encuentra en óptimas condiciones, ya que recién fue inaugurada. La forma de la cubierta tiene una estructura a cuatro aguas con varias pendientes, en donde están colocadas las trampillas para la recolección de las aguas lluvia y conducidas hacia las bajantes. El material de la cubierta es de concreto y esta revestida por material impermeabilizante (emulsión asfáltica).

**Figura 18.** Cubierta de recolección de aguas lluvia del Aulario II.



Fuente: Tomado de (Planos UCUENCA.EP, 2018)

**Figura 19.** Ubicación de las trampillas y bajantes del Aulario II.



Fuente: Tomado de (Planos UCUENCA.EP, 2018)

La edificación dispone de servicios de agua potable, alcantarillado sanitario y pluvial, energía eléctrica e instalaciones contra incendios. La red principal de saneamiento y agua potable se encuentra por debajo de las losas de piso.

**Figura 20.** Red de Saneamiento bajo la Losa de la Edificación.



Fuente: Fotografía propia (Romero & Vega, 2021)

**Figura 21.** Red de tuberías para el agua pluvial de la Edificación.



*Fuente: Fotografía propia (Romero & Vega, 2021)*

Las tuberías de conducción y de las bajantes implementadas para las descargas de aguas lluvias desde la cubierta de la edificación hasta el alcantarillado pluvial tienen diámetros nominales de 110, 160 y 200 mm, el material de la tubería es de PVC. Para la evacuación de aguas residuales desde los sanitarios hasta el alcantarillado sanitario, las tuberías instaladas tienen diámetros nominales similares al alcantarillado pluvial. Para la distribución de agua potable, la edificación posee una cisterna colocada a un costado de la misma con dimensiones de 3.30 x 4.46 m, la cual contiene un sistema de bombeo hacia la red. Las tuberías para la distribución de agua potable tienen diámetros nominales de  $\frac{1}{2}$ ",  $\frac{3}{4}$ ",  $1 \frac{1}{2}$ ", 2" y  $2 \frac{1}{2}$ ".

### **3.4 Hidrología del lugar**

Con respecto a la hidrología se debe tener en cuenta la producción de agua en el sitio donde se diseñará o construirá el proyecto, así mismo se debe conocer el comportamiento hidrológico en los diferentes meses del año.

#### **3.4.1.1 Temperatura de la zona**

El Campus Balzay de la Universidad de Cuenca se encuentra ubicado en la zona de Balzay Bajo, la cual posee una temperatura media anual que varía entre 12 y 16° C.



### **3.4.1.2 Precipitación**

La precipitación es generada por las nubes, cuando estas logran un punto de saturación, en ese instante las gotas de agua aumentan de tamaño, en donde se precipitan por la fuerza de gravedad.

Mediante los datos pluviométricos proporcionados por la empresa ETAPA EP, de la estación más cercana "Matadero en Sayausí" se ha obtenido información acerca de las lluvias máximas que varían aproximadamente entre 1250 a 1500 mm y lluvias mínimas registradas que oscilan entre 560 y 700 mm.

Balzay bajo se encuentra en los Andes del Ecuador, posee un clima con una precipitación media anual de 969 mm y una temperatura media de 14°C (Córdova et al. 2016). En esta zona se presenta la presencia de aire húmedo, mayor brisa térmica y mejores condiciones de crecimiento de gotas. También, se presenta baja presencia de precipitación sólida (granizo), el clima del lugar se caracteriza por tener una transición de precipitación de lluvias moderadas a intensas.

## **3.5 Análisis y Caracterización de las aguas lluvia**

### **Análisis del agua lluvia**

Para el presente proyecto se realizó la toma de dos muestras en fechas diferentes ( **Tabla 5**), en las cuales, la recolección del agua lluvia se realizó "in situ" y directamente sobre recipientes esterilizados. Los recipientes se colocaron de tal manera de evitar la salpicadura de cualquier partícula del suelo producida por la lluvia.

**Figura 22.** Recipientes para la recolección del agua lluvia.


Fuente: Edición propia (Romero & Vega, 2021).

A continuación, se presenta los resultados obtenidos con la ayuda del Laboratorio de Ingeniería Sanitaria de la Universidad de Cuenca.

**Tabla 5.** Resultados del Análisis Físico-Químico del agua lluvia recolectada en el Campus Balzay.

LABORATORIO DE INGENIERÍA SANITARIA					
RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO DEL AGUA					
Muestra	No. 1	Balzay-Cuenca	Muestra	No. 2	Balzay-Cuenca
Tipo de fuente:		Agua lluvia	Tipo de fuente:		Agua lluvia
Fecha de Toma:		18/2/2021	Fecha de Toma:		02/12/2021
Fecha de Análisis:		18/2/2021	Fecha de Análisis:		02/12/2021
PARÁMETROS	AGUA LLUVIA #1	AGUA LLUVIA #2	UNIDAD	OBSERVACIONES	
PARÁMETRO FÍSICOS					
TEMPERATURA	17	18	°C	"in situ"	
TURBIEDAD	1.51	0.965	NTU, FTU		
COLOR APARENTE	22.0	8.0	UC, Pt Co		
COLOR REAL	15.0	5.0	UC, Pt Co		
CONDUCTIVIDAD	10.3	12.5	uS/cm		
Sólidos Disueltos Totales.	6.8	8.3	mg/l	por cálculo	
PARÁMETROS QUÍMICOS					
pH	6.9	6.5			
ALCALINIDAD TOTAL	2.4	5.0	mg/l, CaCO <sub>3</sub>		
ALCALINIDAD F.	0.0	0.0	mg/l, CaCO <sub>3</sub>		
DUREZA TOTAL	7.2	9.0	mg/l, CaCO <sub>3</sub>		
Ca <sup>++</sup>	2.2	1.4	mg/l		
Mg <sup>++</sup>	0.4	1.4	mg/l	por cálculo	
HIERRO TOTAL	0.02	0.01	mg/l		
MANGANESO	0.1	0.003	mg/l		
COBRE II LIBRE	0.0	0.0	mg/l		
SILICIO	10.9	9.1	mg/l		
TANINOS Y LIGNINAS	3.3	1.9	mg/l		
Ortofosfatos Disueltos	0.002	0.047	mg/l	como Fósforo	
CLORUROS	2.0	2.0	mg/l		
SULFATOS	0.21	0.26	mg/l		
N. NITRITOS	2.73	2.38	mg/l	como Nitrógeno	
N. NITRATOS	0.101	0.205	mg/l	como Nitrógeno	

Fuente: Tomado de (Laboratorio de Ingeniería Sanitaria, 2021).





Para los parámetros biológicos no se consideró el análisis bacteriológico debido que el agua no va a ser destinada para consumo humano, es decir solo va ser destinada para descargas sanitarios (inodoros y urinarios).

La variabilidad de datos en los resultados, se deben a que, al momento de tomar las muestras de agua por las condiciones climatológicas, no existe el mismo patrón de evaporación, polución, y emisiones contaminantes, es decir el mismo arrastre de partículas. Pero se puede observar que el pH del agua se mantiene en un rango de 6.5 a 7, la cual es una de las características que normalmente encontramos en el agua lluvia (Ospina & Ramírez, 2014).

### **Caracterización de las aguas lluvia**

Si comparamos los resultados obtenidos de las muestras recolectadas con los límites recomendados por la Norma Técnica Ecuatoriana para Agua Potable INEN-1108 y la OMS, podemos observar que los valores se encuentran por debajo de los requisitos establecidos para agua potable, excepto en el color aparente, el cual es superior a lo recomendado, lo que nos indica que si se la utilizaría para consumo humano, debemos realizar un proceso de tratamiento simple, por lo tanto se podría optar por un sistema de filtración convencional, seguido de desinfección para garantizar la calidad del agua para consumo humano.



**Tabla 6.** Comparación de los resultados obtenidos con los requisitos recomendados por la norma INEN-1108 y la OMS (Organización Mundial de la Salud).

RESULTADOS: AGUA LLUVIA – BALZAY				NTE. INEN-1108 y OMS.
PARÁMETROS	MUESTRA No. 1	MUESTRA No. 2	UNIDAD	Requisitos: Para Agua Potable.
<b>PARÁMETRO FÍSICOS</b>				<b>Límite máx. permitido.</b>
TURBIEDAD	1.51	0.965	NTU, FTU	5
COLOR APARENTE	22.0	8.0	UC, Pt Co	15
COLOR REAL	15.0	5.0	UC, Pt Co	-
CONDUCTIVIDAD	10.3	12.5	uS/cm	-
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	6.8	8.3	mg/l	1000
<b>PARÁMETROS QUÍMICOS</b>				<b>Limite máx. permitido.</b>
Ph	6.9	6.5		6.5 - 8.5
ALCALINIDAD TOTAL	2.4	5.0	mg/l, CaCO <sub>3</sub>	-
ALCALINIDAD F.	0.0	0.0	mg/l, CaCO <sub>3</sub>	-
DUREZA TOTAL	7.2	9.0	mg/l, CaCO <sub>3</sub>	300
Ca <sup>++</sup>	2.2	1.4	mg/l	-
Mg <sup>++</sup>	0.4	1.4	mg/l	-
HIERRO TOTAL	0.02	0.01	mg/l	0.3
MANGANESO	0.1	0.003	mg/l	0.4
COBRE II LIBRE	0.0	0.0	mg/l	2
SILICIO	10.9	9.1	mg/l	-
TANINOS Y LIGNINAS	3.3	1.9	mg/l	-
ORTOFOSFATOS DISUELTOS	0.002	0.047	mg/l	-
CLORUROS	2.0	2.0	mg/l	250
SULFATOS	0.21	0.26	mg/l	200
N. NITRITOS	2.73	2.38	mg/l	3 (50 OMS)
N. NITRATOS	0.101	0.205	mg/l	50

Fuente: Elaboración propia.

### 3.6 Consideraciones para el diseño

El presente proyecto consiste en un sistema de recolección de agua lluvia, en el cual el volumen de agua captada será almacenado mensualmente para abastecer durante todo el año y servirá para las descargas sanitarias.

El diseño estará conformado de los componentes de captación, tanque interceptor de primeras aguas lluvia, tanque de almacenamiento, sistema hidroneumático y distribución.



### **3.6.1 Captación**

La captación se realiza en la cubierta de la edificación, la cual está ya construida con pendientes adecuadas para el transporte hacia las trampillas ubicadas estratégicamente cumpliendo la función de captar el agua lluvia hacia las bajantes. El material de la cubierta del cual está ya construida es de hormigón recubierto con material impermeabilizante (emulsión asfáltica), este tipo de material tiene un coeficiente de escorrentía de 0.9.

### **3.6.2 Tanque interceptor de primeras aguas lluvia**

Según el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (Cepis, 2004), para el diseño del tanque interceptor de primeras aguas se debe de tener en cuenta el área de la cubierta, el volumen de agua se calcula a razón de 1 litro por cada m<sup>2</sup> de área. El tubo de las bajantes hacia el tanque interceptor debe ser de diámetro mínimo superior a 75 mm. Adicionalmente, es necesario colocar un dispositivo de válvula, para el cierre del tanque interceptor, el cual permitirá el llenado del tanque de almacenamiento, este tanque constará con un desfogue para poder realizar el respectivo mantenimiento o lavado del tanque en cada tiempo determinado.

### **3.6.3 Tanque de almacenamiento**

La capacidad del tanque es calculada con los datos obtenidos de la demanda de agua, la intensidad de las precipitaciones en la zona y el área de captación de la edificación. Según el Cepis, la ubicación del tanque podría ser colocado a conveniencia: enterrado, apoyado o elevado, con una altura máxima de 2 - 2.5 m y con un borde libre de al menos 0.3 m. Esta infraestructura de almacenamiento deberá contar con tapa sanitaria de 60 x 60 cm para facilitar la limpieza y mantenimiento, así como drenaje de fondo para la eliminación de agua de lavado, así también una tubería de rebose.



El volumen del tanque de almacenamiento se determinará por medio del balance de volumen de agua, a partir del mes de mayor precipitación en el lapso de un año. El volumen de diseño del tanque de almacenamiento será el 110% del volumen neto.

#### **3.6.4 Sistema hidroneumático y distribución**

La red de distribución hidráulica consta de elementos como tuberías, bombas conectadas entre sí, para realizar el adecuado transporte de determinadas cantidades de fluido y presiones correspondientes, garantizando el correcto funcionamiento del sistema.

#### **3.6.5 Análisis de precipitación**

Para empezar el diseño de un sistema de captación de aguas lluvia, es necesario conocer los siguientes factores:

- Precipitación en la zona: Se debe conocer los datos pluviométricos de por lo menos los últimos 10 años, es ideal de los últimos 15 años (Cepis, 2004).
- Tipo de material que posee la superficie de captación.
- Demanda de agua.

Para el análisis de aporte de caudal en el área de captación y el volumen del tanque de almacenamiento, se tomaron de los datos de la estación pluviométrica más cercana, en este caso la Estación Pluviométrica “El Matadero en Sayausí”, los cuales fueron facilitados por la Empresa ETAPA EP.

#### **Determinación de la precipitación promedio mensual:**

A partir de datos de las precipitaciones diarias desde el año 2007 hasta el 2016, se determinó la precipitación promedio mensual. Es importante mencionar que estos son los datos más actuales existentes en la estación pluviográfica.

**Tabla 7. Precipitación promedio mensual y la precipitación anual de la Estación Pluviográfica “Matadero en Sayausí”.**

Precipitación promedio mensual (mm/mes)														<i>P. Total Anual</i>
No.	Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	(mm/año)
1	2007	61.0	43.5	140.5	220.5	91.5	132.0	26.0	51.0	32.0	180.5	73.0	148.0	<b>1199.5</b>
2	2008	100.0	241.5	163.1	206.9	187.5	51.5	58.5	62.5	83.0	160.5	91.0	61.5	<b>1467.5</b>
3	2009	167.5	78.0	110.0	151.5	118.0	103.0	29.5	15.0	34.5	68.5	90.0	188.5	<b>1154.0</b>
4	2010	60.5	195.0	82.0	172.0	104.4	157.6	93.5	3.0	18.0	31.5	39.0	163.0	<b>1119.5</b>
5	2011	55.5	127.7	81.3	258.0	93.5	65.5	78.5	27.5	94.0	66.0	159.5	158.0	<b>1265.0</b>
6	2012	213.0	182.5	132.6	128.9	71.5	50.0	40.5	25.5	77.0	136.5	95.5	83.5	<b>1237.0</b>
7	2013	83.5	85.0	163.0	27.5	100.5	41.0	36.5	46.0	25.5	191.0	37.0	27.0	<b>863.5</b>
8	2014	90.5	55.0	130.5	175.5	149.3	58.7	50.0	29.0	87.0	193.0	123.5	46.0	<b>1188.0</b>
9	2015	107.0	35.5	136.0	118.0	81.5	47.5	80.0	18.0	33.0	91.5	111.0	16.5	<b>875.5</b>
10	2016	36.5	59.5	189.5	253.5	117.0	89.0	31.5	20.4	79.1	50.0	53.5	97.0	<b>1076.5</b>
<b>PROMEDIO</b>		<b>97.5</b>	<b>110.3</b>	<b>132.9</b>	<b>171.2</b>	<b>111.5</b>	<b>79.6</b>	<b>52.5</b>	<b>29.8</b>	<b>56.3</b>	<b>116.9</b>	<b>87.3</b>	<b>98.9</b>	<b>1144.6</b>

Fuente: Edición propia (Datos Red Hidrometeorológica de ETAPA EP.)

### 3.7 Diseño de los componentes del sistema

#### 3.7.1 Tanque Interceptor de las primeras aguas lluvia

Este elemento tiene la finalidad de captar el agua de las cubiertas, que contiene impurezas por el lavado de la misma, como se mencionó anteriormente esta constará de un sistema de cierre una vez alcanzado el volumen de limpieza, posteriormente el agua se conducirá hacia el tanque de almacenamiento.

El volumen de agua para el lavado de la cubierta se calcula a razón de 1L de agua de lluvia por cada  $m^2$  (Cepis, 2004), entonces:

$$V_{int} = 1 \frac{L}{m^2} \times A_{cubierta} \quad (1)$$

$V_{int}$ : Volumen del tanque interceptor (L)

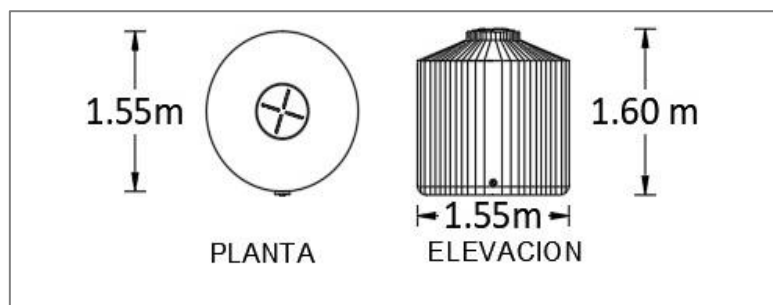
$A_{cub}$ : Area de cubierta ( $m^2$ )

**Tabla 8.** Dimensionamiento del tanque interceptor.

Área de cubierta	2310.58	$m^2$
Vol. agua lluvia	2310.58	L

Fuente: Edición propia

Se puede observar que para el lavado de la cubierta se necesita un tanque de 2310.58 L, para lo cual se utilizara un tanque comercial de plástico con una capacidad de 2500 L.

**Figura 23.** Vistas del tanque interceptor.

Fuente: Edición propia

## Mantenimiento

- El mantenimiento del tanque interceptor se realizará mensualmente.
- El fondo del tanque deberá contener una tubería con su respectiva válvula para el desagüe.

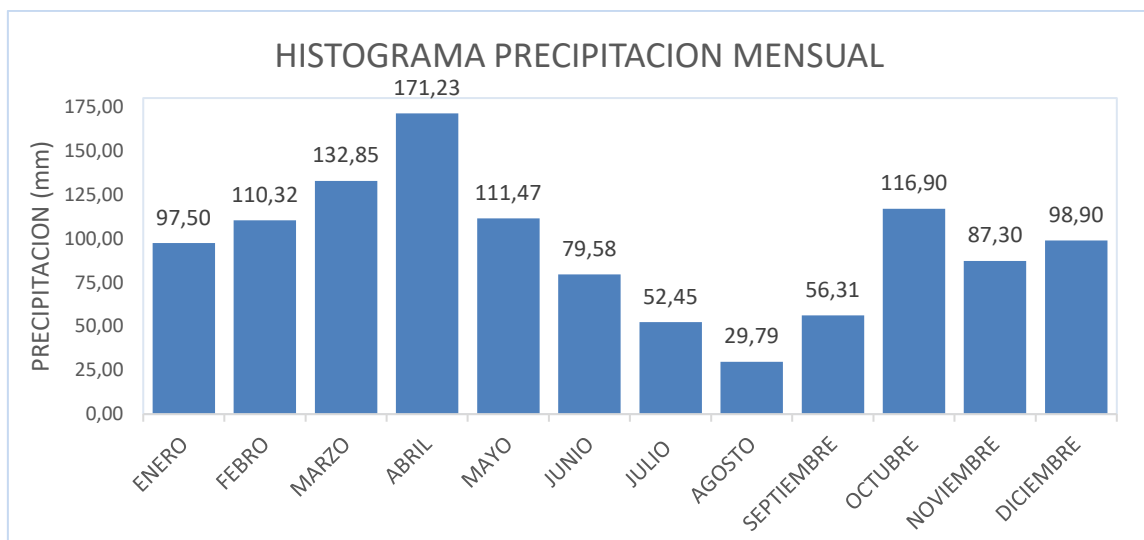
### 3.7.2 Volumen de almacenamiento

Para el volumen de almacenamiento se tomó en cuenta los datos de la precipitación promedio mensual, que es captado por la cubierta de la edificación. Para lo cual se consideran las temporadas de lluvia máxima con los niveles de precipitación que son mayores. En la temporada de sequía, se utilizará el excedente de agua de los meses con mayor precipitación para que exista el abastecimiento necesario durante todo el año.

**Tabla 9.** Intensidad promedio mensual de un periodo de 10 años.

MES	Precipitación (mm)
ENERO	97.50
FEBRERO	110.32
MARZO	132.85
ABRIL	171.23
MAYO	111.47
JUNIO	79.58
JULIO	52.45
AGOSTO	29.79
SEPTIEMBRE	56.31
OCTUBRE	116.90
NOVIEMBRE	87.30
DICIEMBRE	98.90
PROMEDIO	95.38
TOTAL	1144.60

Fuente: Edición propia.

**Gráfica 1.** Histograma.

Fuente: Edición propia

Se puede apreciar, dos picos altos de lluvia en el mes de abril y en el mes de octubre, y con una temporada seca en julio, agosto y septiembre, la precipitación promedio mensual es de 95.38 mm y con una precipitación total anual de 1144.60 mm.



### 3.7.2.1 Dotación de agua

Para establecer el volumen de agua que se necesita, partimos principalmente de la dotación de agua que se requiere en la edificación, para lo que se estableció la cantidad de agua de uso de acuerdo a la Normativa INEN-11 CAP 16, donde se tomó en cuenta la dotación para servicios sanitarios públicos de 300 l/mueble sanitario/día, que es la máxima demanda para mueble sanitario.

**Tabla 10.** Dotación de agua según el tipo de edificación.

Tipo de edificación	Unidad	Dotación	N° mueble sanitario	Litros (L/día)
Servicios sanitarios públicos:	L/mueble sanitario/día	300	21	6300
			<b>Total</b>	6300

Fuente: Tomado de (NEC-11-CAP 16, 2011).

Para determinar el volumen de agua que necesita mensualmente la edificación con la dotación de 6300 l/día determinado, por un mes laboral que tiene 20 días con lo que se obtiene:

### Consumo de agua mensual

$$\text{Consumo total de agua por día} = 6300 \frac{\text{Litros}}{\text{día}}$$

$$\text{Consumo total de agua por mes} = \left( 6300 \frac{\text{Litros}}{\text{día}} * 20 \frac{\text{días}}{1 \text{ mes}} \right) = 126000 \frac{\text{Litros}}{\text{mes}}$$

$$\text{Consumo total de agua por mes} = 126 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}}$$

### 3.7.2.2 Volumen de captación mensual

El volumen de captación determinará el volumen de agua de cada mes que se obtendrá de la precipitación analizada, con el fin de abastecer la demanda de agua mensual ya determinado en el anterior punto. El volumen de captación se establecerá con la siguiente ecuación:

$$V = \frac{Pp \times C \times Ac}{1000} \quad (2)$$





Donde:

$V$  = Volumen de agua captado, [ $m^3$ ].

$P_p$  = Precipitación mensual, [ $mm$ ].

$C$  = Coeficiente de escorrentía.

$A_c$  = Área de captación, [ $m^2$ ].

### 3.7.2.3 Coeficiente de escorrentía

El coeficiente de escorrentía superficial, se define como la relación entre la precipitación y la escorrentía efectiva. Este coeficiente depende de la pendiente del terreno, uso y tipo de suelo, grado de impermeabilización, etc. En las zonas urbanas con alto grado de impermeabilidad de superficie, los coeficientes de escorrentía se acercan al valor de 1 y varían en intervalos relativamente pequeños. En la siguiente tabla se presenta algunos valores de coeficientes de escorrentía urbana:

**Tabla 11.** Coeficiente de escorrentía para diferentes tipos de superficies.

TIPO DE SUPERFICIE	C
Cubierta metálica o teja vidriada	0.95
Cubierta con teja ordinaria o impermeabilizada	0.9
Pavimentos asfálticos en buenas condiciones	0.85 a 0.9
Pavimentos de hormigón	0.8 a 0.85
Empedrados (juntas pequeñas)	0.75 a 0.8
Empedrados (juntas ordinarias)	0.4 a 0.5
Pavimentos de macadam	0.25 a 0.6
Superficies no pavimentadas	0.1 a 0.3
Parques y jardines	0.05 a 0.25

Fuente: (Código Ecuatoriano de la Construcción Parte 9.1 Diseño de Obra Sanitarias, 1992).

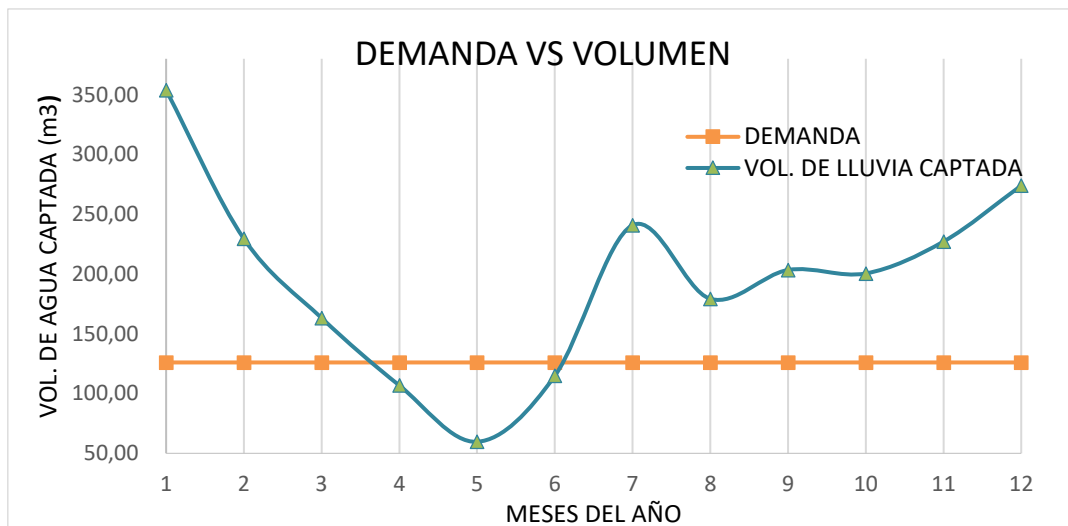
En la **Tabla 12** se presenta el volumen de precipitación por mes donde se puede observar la demanda de agua promedio obtenida en la edificación, donde el área de captación es de  $2310.58m^2$ , con un coeficiente de escorrentía de 0.9 según la **Tabla 11**.

**Tabla 12.** Demanda de Agua vs Volumen de Captación.

MES	Precipitación (mm)	Demanda	Vol. Captado agua lluvia (V)	Diferencia
ABRIL	171.23	126.00	353.77	227.77
MAYO	111.47	126.00	229.49	103.49
JUNIO	79.58	126.00	163.18	37.18
JULIO	52.45	126.00	106.76	-19.24
AGOSTO	29.79	126.00	59.64	-66.36
SEPTIEMBRE	56.31	126.00	114.79	-11.21
OCTUBRE	116.90	126.00	240.79	114.79
NOVIEMBRE	87.30	126.00	179.23	53.23
DICIEMBRE	98.90	126.00	203.35	77.35
ENERO	97.50	126.00	200.44	74.44
FEBRERO	110.32	126.00	227.10	101.10
MARZO	132.85	126.00	273.95	147.95

Fuente: Edición propia.

**Gráfica 2.** Demanda vs Volumen ofertado.



Fuente: Edición propia.

Como se puede apreciar en la **Tabla 12** y en la **Gráfica 2**, los meses donde se carece de abastecimiento de agua, son en el mes de julio, agosto y septiembre, el cual tiene precipitación baja, se puede observar la diferencia en negativo, el cual se va a compensar para que no exista escasez de abastecimiento de agua en la edificación.



A continuación, en la **Tabla 13** se presenta el volumen que será captado en el tanque, así como la reserva en cada mes, asegurando que el agua pueda abastecer las necesidades que demanda la edificación, para poder llegar abastecer durante los meses secos como se presenta en la **Gráfica 3**.

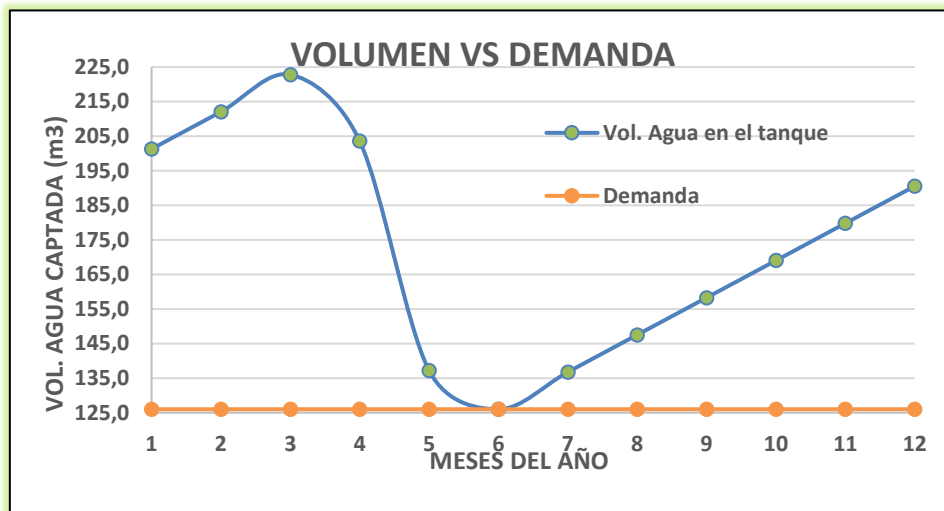
El diseño es un análisis de tanteo donde que al mes de octubre se le da un valor inicial de captación en este caso 136.76 m<sup>3</sup>, con el fin de que el tanque tenga un volumen de agua y donde se va a poder disponer para la demanda de las instalaciones, quedando de reserva en este mes un volumen de 10.76 m<sup>3</sup>. Posteriormente los siguientes meses se captará el mismo volumen, en el caso de que el volumen de captación sea menor, quedará el volumen de captación, y se le sumará la reserva del mes anterior al volumen del tanque y se ira compensando hasta llegar al final del año, obteniendo una reserva de cero (mes de septiembre).

**Tabla 13.** Volumen captado y almacenamiento de la precipitación durante todo el año.

MES	Precipitación (mm)	Demanda	Vol. Captado agua lluvia (V)	Diferencia	Vol. Inicial	VOL. EN TANQUE	RESERVA
ABRIL	171.23	126.00	353.77	227.77	136.76	201.30	75.30
MAYO	111.47	126.00	229.49	103.49	136.76	212.06	86.06
JUNIO	79.58	126.00	163.18	37.18	136.76	222.81	96.81
JULIO	52.45	126.00	106.76	-19.24	106.76	203.58	77.58
AGOSTO	29.79	126.00	59.64	-66.36	59.64	137.21	11.21
SEPTIEMBRE	56.31	126.00	114.79	-11.21	114.79	126.00	0.00
OCTUBRE	116.90	126.00	240.79	114.79	136.76	136.76	10.76
NOVIEMBRE	87.30	126.00	179.23	53.23	136.76	147.51	21.51
DICIEMBRE	98.90	126.00	203.35	77.35	136.76	158.27	32.27
ENERO	97.50	126.00	200.44	74.44	136.76	169.03	43.03
FEBRERO	110.32	126.00	227.10	101.10	136.76	179.79	53.79
MARZO	132.85	126.00	273.95	147.95	136.76	190.54	64.54

Fuente: Edición propia.

**Gráfica 3.** Volumen de agua para el diseño.



Fuente: Edición propia

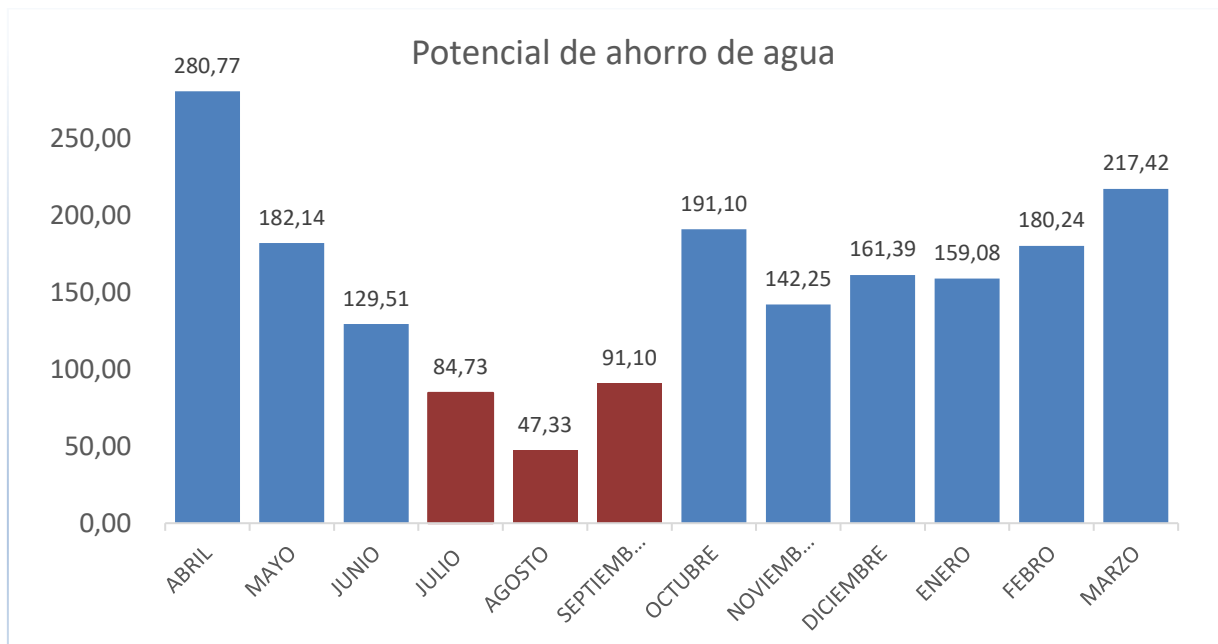
### 3.7.2.4 Potencial de Ahorro de Agua Potable

El potencial de ahorro de agua nos da una visión de la cantidad de agua que la demanda será cubierta por la captación del agua lluvia, dándonos un 100% o más cuando esta sea cubierta en su totalidad, es decir por medio de este parámetro podemos observar los meses que se tendrá que compensar con el excedente de otros meses, para que el déficit de agua sea cubierto.

**Tabla 14.** Potencial de ahorro de agua potable.

MES	POTENCIAL AHORRO (%)
ABRIL	280.77
MAYO	182.14
JUNIO	129.51
JULIO	84.73
AGOSTO	47.33
SEPTIEMBRE	91.10
OCTUBRE	191.10
NOVIEMBRE	142.25
DICIEMBRE	161.39
ENERO	159.08
FEBRERO	180.24
MARZO	217.42
PROMEDIO	155.59

Fuente: Edición Propia

**Gráfica 4.** *Potencial de Ahorro de agua potable.*

Fuente: Edición Propia.

En la **Gráfica 4**, se puede observar que en los meses de julio, agosto y septiembre tenemos déficit de agua lluvia y en los nueve meses restantes la demanda será cubierta en su totalidad, los excesos de agua de cada mes serán utilizados para ir acumulándolos y poder utilizar en los meses donde no puede ser cubierta la demanda de agua, el promedio del potencial de ahorro es de 155.59%, es decir, la demanda será cubierta en su totalidad con un excedente de 55.59%.

### 3.7.2.5 Análisis de Escenarios Críticos

Es necesario analizar los diferentes escenarios que pueden ser considerados importantes al momento de realizar el dimensionamiento del tanque de almacenamiento para luego tomar decisiones en cuanto a la optimización del diseño en diferentes situaciones.

#### ➤ ANÁLISIS EN EL AÑO MAS SECO

Es conveniente analizar, si llegaría a darse el caso, en donde tenemos el menor registro de precipitación, es decir, el año más seco o temporada de sequía, tomando en cuenta todos los datos que se tiene disponible en la estación “Matadero en Sayausí”.

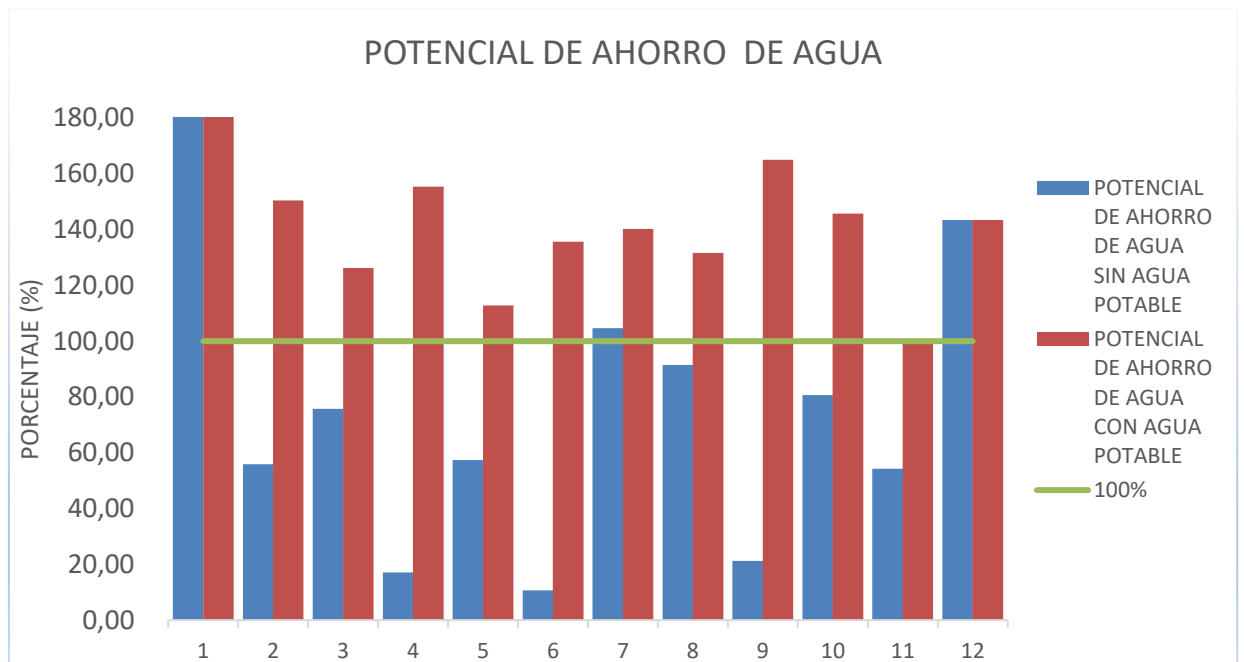
**Tabla 15.** Datos de la estación pluviométrica (Matadero en Sayausí).

Año	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	PP. ANUAL
1998	84.5	134.0	197.0	163.5	142.0	43.0	61.0	49.0	41.0	150.5	65.0	25.0	1155.5
1999	80.5	156.0	127.5	204.5	206.0	139.0	35.0	45.5	107.0	76.5	35.0	171.5	1384.0
2000	43.5	162.5	150.0	113.5	238.5	76.0	28.5	33.5	132.8	33.2	23.0	91.0	1126.0
2001	119.0	60.5	89.5	112.0	85.5	69.5	29.5	24.5	73.5	9.5	83.5	104.8	861.3
2002	67.5	53.0	122.0	146.0	90.0	63.5	15.0	14.0	15.0	121.5	140.0	103.2	950.7
2003	36.4	48.3	109.7	165.3	89.1	42.7	51.4	15.8	85.4	89.8	155.5	74.9	964.3
2004	34.0	88.0	114.0	35.0	47.0	11.5	35.9	7.6	64.5	56.5	14.0	50.0	558.0
2005	18.5	49.0	150.0	123.5	96.5	78.0	26.5	27.0	13.5	162.5	54.5	231.0	1030.5
2006	56.0	93.5	111.0	163.5	75.5	51.0	39.5	43.0	34.0	48.5	206.0	121.5	1043.0
2007	61.0	43.5	140.5	220.5	91.5	132.0	26.0	51.0	32.0	180.5	73.0	148.0	1199.5
2008	100.0	241.5	163.1	206.9	187.5	51.5	58.5	62.5	83.0	160.5	91.0	61.5	1467.5
2009	167.5	78.0	110.0	151.5	118.0	103.0	29.5	15.0	34.5	68.5	90.0	188.5	1154.0
2010	60.5	195.0	82.0	172.0	104.4	157.6	93.5	3.0	18.0	31.5	39.0	163.0	1119.5
2011	55.5	127.7	81.3	258.0	93.5	65.5	78.5	27.5	94.0	66.0	159.5	158.0	1265.0
2012	213.0	182.5	132.6	128.9	71.5	50.0	40.5	25.5	77.0	136.5	95.5	83.5	1237.0
2013	83.5	85.0	163.0	27.5	100.5	41.0	36.5	46.0	25.5	191.0	37.0	27.0	863.5
2014	90.5	55.0	130.5	175.5	149.3	58.7	50.0	29.0	87.0	193.0	123.5	46.0	1188.0
2015	107.0	35.5	136.0	118.0	81.5	47.5	80.0	18.0	33.0	91.5	111.0	16.5	875.5
2016	36.5	59.5	189.5	253.5	117.0	89.0	31.5	20.4	79.1	50.0	53.5	97.0	1076.5

Fuente: Edición Propia

En la **Tabla 15** se puede apreciar que en el año 2004 se obtiene el menor registro de precipitación total anual de 558 mm, siendo esta el año de estudio. En el análisis realizado en el (**Anexo 6.1.1**), en temporada seca se puede llegar a abastecer a la totalidad de aparatos sanitarios, utilizando la red de agua potable con un volumen de 141.24 m<sup>3</sup>, en los meses de junio, agosto y noviembre respectivamente, dando un volumen total anual de 423.72 m<sup>3</sup> de agua potable, realizando el análisis anterior de tanteo se puede llegar a cubrir la demanda y el déficit de agua lluvia en este año.

**Gráfica 5.** Potencial de ahorro de agua lluvia con y sin agua potable en época seca.



Fuente: Edición propia

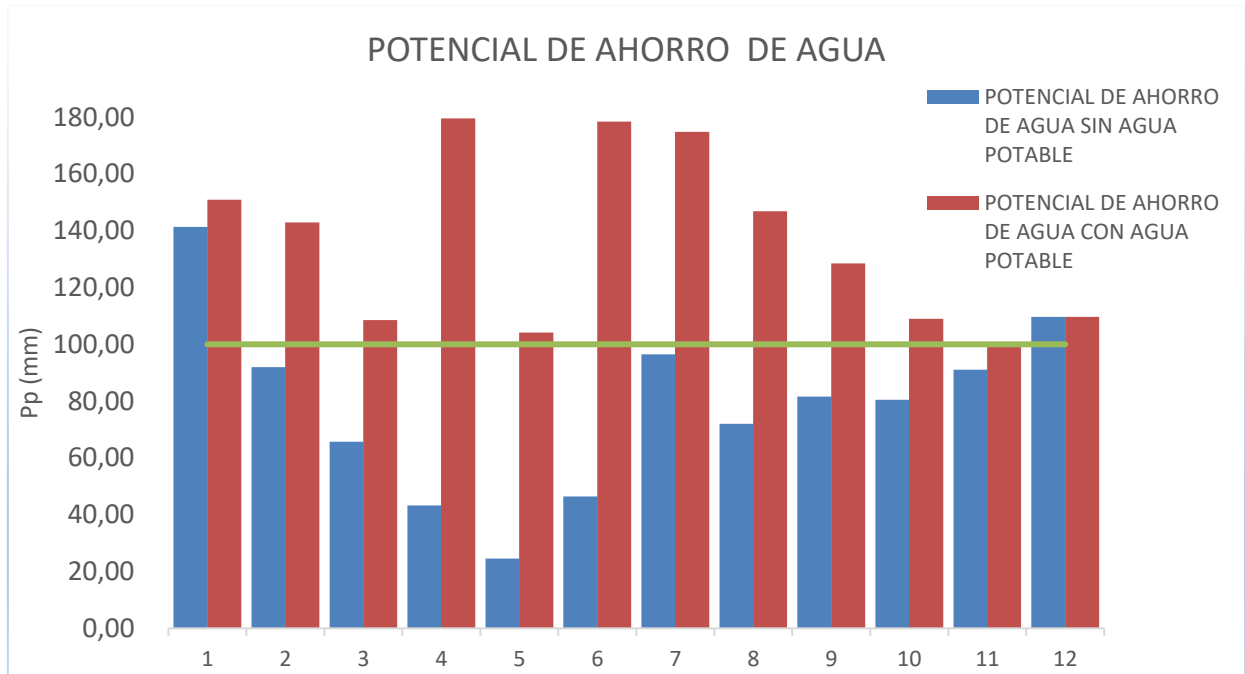
En la **Gráfica 5**, se puede ver el potencial de ahorro de agua sin incluir el abastecimiento de agua potable en los meses más seco, el cual no cubre el 100% de la demanda, luego, realizando el análisis incluyendo el agua potable al tanque de almacenamiento, se puede apreciar el abastecimiento en su totalidad obteniendo más de un 100%, para cubrir la demanda anual.

➤ **ANÁLISIS DE LA MITAD DE ÁREA DE CAPTACIÓN.**

Para el análisis se tomó en cuenta la mitad del área de captación con la finalidad de saber si es una opción viable, ya que la derivación del agua se puede realizar en ambos sentidos de la cubierta (drenajes paralelos), obteniendo un área de captación de 1155.29 m<sup>2</sup> que es la mitad de la totalidad del área existente. Con la finalidad de estudiar, sí con esta sección de área de captación se puede abastecer el funcionamiento normal de todos los aparatos sanitarios existentes en la edificación. Tratando de no realizar modificaciones al sistema de desagüe de la cubierta construida, ya que esto implica daños a la infraestructura. Realizando el mismo procedimiento de análisis (**Anexo 6.1.2**), es necesario cubrir la demanda con agua potable, en los meses de julio

y septiembre con un volumen de almacenamiento de 160.95 m<sup>3</sup> respectivamente, es decir un volumen de 321.89 m<sup>3</sup> para cubrir la demanda total anual.

**Gráfica 6.** *Potencial de ahorro de agua lluvia con y sin agua potable para la mitad de área de captación.*



Fuente: Edición propia

En la **Gráfica 6**, sin contar con el abastecimiento de agua potable en los dos meses podemos ver que la captación por la mitad de área no se puede cubrir, es necesario utilizar la red de agua potable, para poder cubrir la demanda total, siempre que se cumplan las condiciones hidrológicas descritas anteriormente.

Finalmente, se puede decir que luego de analizar los diferentes escenarios críticos, podemos observar que no se puede abastecer a la totalidad de aparatos sanitarios, lo cual indica que, para el funcionamiento adecuado del sistema de distribución de agua, se deberá trabajar adicionalmente en simultaneo con una red de agua potable, lo cual no es el objetivo del proyecto, es por ello que el diseño se realiza para la totalidad de área, con el promedio anual de la precipitación mensual, y para la totalidad de los aparatos sanitarios existentes.



### 3.7.2.6 Dimensionamiento del tanque de almacenamiento

El volumen neto requerido necesario de almacenamiento es de  $222.8 m^3$ , para cubrir la demanda de  $126 m^3$  mensuales. Además, según el Cepis (2004), al volumen neto se le adicionará el 10% para garantizar mayor seguridad del diseño y se puede también utilizar para el respectivo mantenimiento o lavado del mismo, a la altura del tanque se le adicionará una profundidad libre, donde se deberá colocar la tubería de rebose, las dimensiones del tanque se pueden mostrar en la **Tabla 16**.

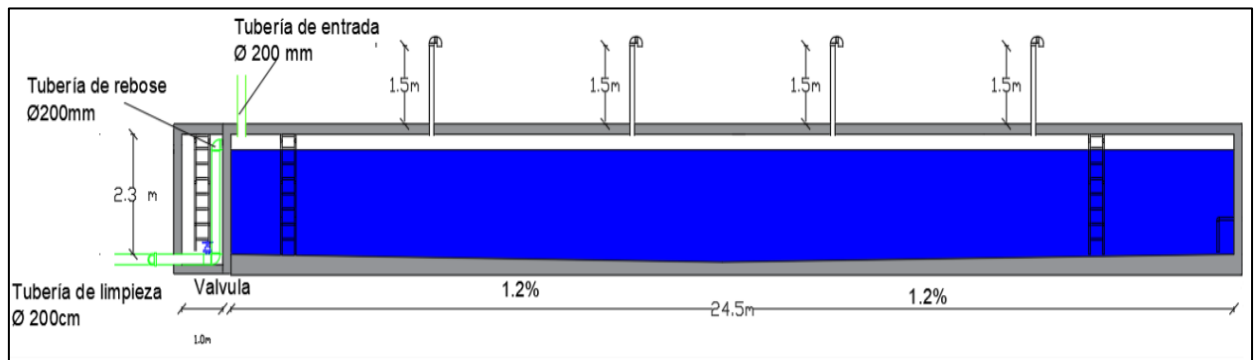
**Tabla 16.** Dimensiones del Tanque de Almacenamiento de aguas lluvia.

Descripción	Cantidad	Unidad
Volumen neto Requerido	222.8	m <sup>3</sup> /mes
Volumen (10% adicional)	245.0	m <sup>3</sup>
Largo	24.5	m
Ancho	5	m
Profundidad	2	m
Profundidad libre	0.3	m
Volumen de agua	245.0	m <sup>3</sup>
Volumen total	281.75	m <sup>3</sup>

Fuente: Edición propia.

El tanque de almacenamiento tendrá como dimensiones: largo 24.5 m, ancho 5 m y una altura de 2.3 m, dando un volumen total de  $281.75 m^3$ .

**Figura 24.** Diseño del tanque de almacenamiento.



Fuente: Edición propia.

#### Detallamiento del diseño

En la parte superior del tanque de almacenamiento se debe colar tuberías de ventilación cuya altura es de 1.5 m, en la boca de salida de la ventilación se deberá colocar una rejilla o malla para que no puedan ingresar insectos al interior. En la parte



inferior del tanque de almacenamiento se dispone de un fondo con pendiente del 1.2 % y 2 %, además de una tubería de limpieza la cual servirá para el lavado del tanque.

### **Mantenimiento y limpieza**

Requerimientos:

- El tanque de almacenamiento contará con tapas sanitarias de 0.6 x 0.6 m que facilitará la limpieza, así también como de una tubería de drenaje en la parte del fondo para la eliminación del agua de lavado.
- Las tapas deben cerrar herméticamente con el fin de no ingresar desechos y afecte al sistema interno del tanque.
- En la parte interior del tanque deberá ser impermeable con la razón de evitar fugas de agua por goteo o por transpiración de la misma.
- La limpieza del tanque de almacenamiento se lo realizara una vez al año, con el volumen adicional de agua vaciándola hacia el alcantarillado pluvial por la tubería drenaje, con el fin de evitar la aparición de microorganismos, así como de insectos.
- El personal de limpieza debe ser al menos 3, capacitadas para trabajar en estas estructuras, y deben disponer de implementos de protección necesarios, los cuales evitarán accidentes y protegerán de enfermedades.

Recomendaciones del procedimiento del tanque a seguir.

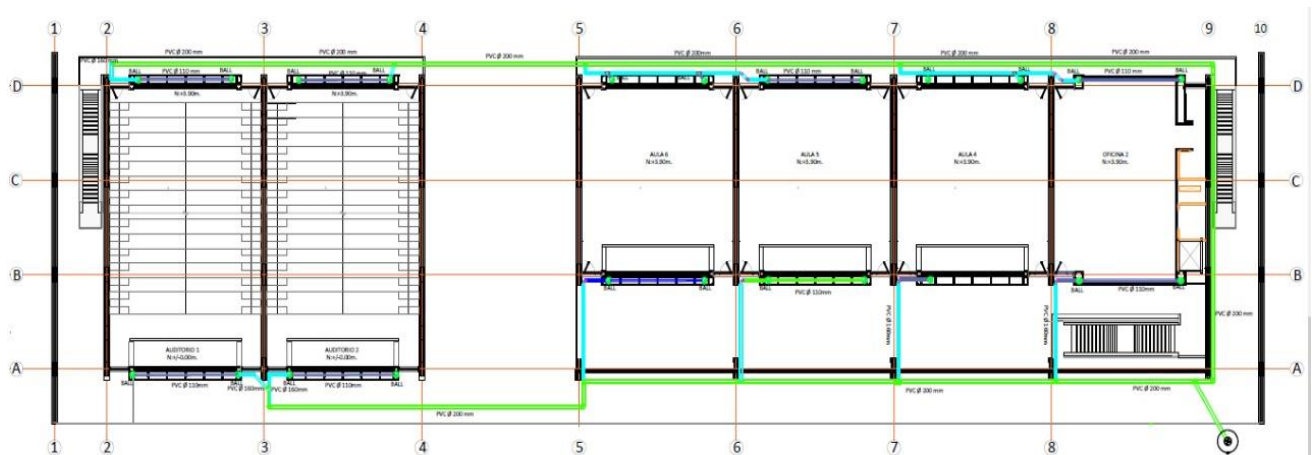
- Usar botas, casco y guantes para la limpieza.
- Cerrar totalmente la entrada de agua y abrir la válvula de la tubería de salida para que vacíe el tanque.
- Abrir las tapas sanitarias, en el caso de que se encuentre obscuro y de ser necesario utilizar linternas.
- Remover el material que posiblemente este sedimentado en el fondo del tanque, cepillar el piso y las paredes.

- Enjuagar las paredes y el fondo del tanque utilizando una manguera a presión o baldes. Desechar el agua de lavado por la tubería de salida.
- Cerrar la válvula de salida y abrir la válvula de entrada del agua al tanque y a su sistema de distribución.

### 3.7.3 Sistema de Conducción

En la **Figura 25** se presenta el trazado del sistema de drenaje pluvial, realizando una derivación justo por debajo de la losa del segundo piso en el nivel  $N=+7.35$  m, ya que el sistema que posee la edificación no es factible para el proyecto, debido a la topografía del lugar, la ubicación del tanque interceptor, tanque de almacenamiento y la red existente de drenaje pluvial.

**Figura 25.** Trazado de la red de captación de aguas lluvias.



Fuente: Edición propia

La edificación cuenta con sus respectivas tuberías de 200 mm, 160 mm y 110 mm el cual conduce el agua lluvia de la cubierta hacia el alcantarillado pluvial por lo que no se realizara el diseño del mismo, pero se implementaran unas bajantes para conducir las al tanque interceptor para su posterior conducción al sistema de almacenamiento, el cual se realiza una derivación con los diámetros respectivos.

### 3.7.4 Sistema de distribución

#### 3.7.4.1 Diseño hidrosanitario

##### Parámetros del diseño hidrosanitario

El diseño hidrosanitario en viviendas y edificaciones se debe realizar con criterio técnico, de manera que se garanticen los caudales, presiones y velocidades para el correcto funcionamiento del sistema y cada aparato que lo integra. Sin embargo, en el presente diseño hidrosanitario solo se contemplará el suministro de agua.

A continuación, en la **Tabla 17** se presenta los parámetros de diseño tomados de la Norma Hidrosanitaria NHE Agua (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2011).

**Tabla 17.** *Parámetros de diseño hidrosanitario.*

Parámetro de diseño:	Valor	Unidades
Velocidad mín.:	0.6	m/s
Velocidad máx.:	2.5	m/s
Velocidad óptima:	1.2	m/s
Presión mínima:	5	m.c.a
Presión máxima:	50	m.c.a

*Fuente: Tomado de (NEC-11-CAP 16, 2011).*

##### Aparatos sanitarios

Los parámetros de diseño en los aparatos sanitarios deben cumplir con ciertas especificaciones como caudales o presiones mínimas. En la **Tabla 18** se pueden encontrar algunos de estos valores (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2011).

**Tabla 18.** *Parámetros de diseño en los aparatos sanitarios.*

Tipo de aparato sanitario:	Caudal mínimo (l/s)	Presión recomendada (m)	Presión mínima (m)	Diámetro tubería (mm)
Bañera/tina	0.3	7	3	20
Bidet	0.1	7	3	16
Calentadores/Calderas	0.1	15	10	20
Ducha	0.2	10	3	16
Fregadero cocina	0.2	5	2	16
Fuentes para beber	0.1	3	2	16
Grifo para manguera	0.2	7	3	16
Inodoro con depósito	0.1	7	3	16
Inodoro con fluxor	1.25	15	10	25



Lavabo	0.1	5	2	16
Máquina de lavar ropa	0.2	7	3	16
Máquina lava vajilla	0.2	7	3	16
Urinario con fluxor	0.5	15	10	20
Urinario con llave	0.15	7	3	16
Sauna, turco, o hidromasaje doméstico	1	15	10	25

Fuente: Tomado de (NEC-11-CAP 16, 2011)

### 3.7.4.2 Caudal de diseño

Para el cálculo del caudal de diseño en el sistema hidrosanitario de la edificación es necesario conocer el caudal máximo probable que se puede producir en la red, además para el adecuado funcionamiento de los aparatos sanitarios de deberá dimensionar la red interior de modo que proporcione los caudales mínimos y las presiones descritas en la **Tabla 18**. Una forma de calcular este caudal es mediante el coeficiente de simultaneidad de los aparatos sanitarios. El caudal máximo probable se calculará con la siguiente ecuación:

$$Q_{MP} = K_s * \sum q_i \quad (3)$$

Donde:

$Q_{MP}$  = Caudal máximo probable, [l/s].

$K_s$  = Coeficiente de simultaneidad, [entre 0.2 y 1.0].

$q_i$  = Caudal mínimo de los aparatos suministrados, [l/s].

Según la Normativa Hidrosanitaria Ecuatoriana el coeficiente  $K_s$  se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$K_s = \frac{1}{\sqrt{n-1}} + F * (0.04 + 0.04 * \log(\log(n))) \quad (4)$$

Donde:

$n$  = Número total de aparatos servidos.

$F$  = Factor de mayoración.  $F = 4$ , para edificios académicos, cuarteles y semejantes.



El dimensionamiento de la red principal y ramales secundarios se lo realizará mediante el coeficiente de simultaneidad ( $K_s$ ), el cual se calculará con el total de aparatos sanitarios (21), y con los caudales mínimos de los aparatos sanitarios utilizados en el estudio.

Para realizar el diseño hidrosanitario se necesita conocer todos los aparatos que se encuentran instalados en la edificación. Como el objetivo del sistema es únicamente satisfacer la demanda de agua que no sea de consumo directo (bebederos, lavabos); entonces el número de aparatos sanitarios en la edificación es el que se muestra en la **Tabla 19**, también se encuentran los caudales mínimos de los aparatos sanitarios empleados y el caudal máximo probable.

**Tabla 19.** Caudal máximo probable.

Aparato sanitario	Caudal mínimo (l/s)	Presión mínima (m.c.a)	Número	qi total (l/s)
Inodoro de fluxómetro	1.25	10	18	22.5
Urinario con fluxor	0.5	10	3	1.5
$K_s$	0.40	$\sum q_i$		24
		<b>QMP (l/s)</b>		9.67

Fuente: Edición propia.

### 3.7.4.3 Cálculo de pérdidas

La distribución del agua será a presión y el suministro a todos los tramos y puntos de la red tendrá un rango de presión superior a los 10 m.c.a., según las guías de diseño. El diseño de las redes de distribución de agua se lo realizará calculando las pérdidas de carga por fricción en tuberías y pérdidas de carga por accesorios, para el cálculo de pérdidas de carga por longitud se empleará la siguiente ecuación recomendada por la Normativa Hidrosanitaria NEC-11-CAP 16:

**Pérdida de carga por longitud**

$$hf = m * L * \left(\frac{V^{1.75}}{D^{1.25}}\right) \quad (5)$$

Donde:

D = Diámetro interno, [m].

V = Velocidad, [m/s].

L = Longitud de tubería, [m].

m = Constante del material del tubo, [m=0.00054, plástico].

Además, se deberá considerar que la longitud  $L = (L_{tuberia} + Le_{accesorios})$

**Pérdidas de carga por accesorios**

Es importante también tomar en cuenta las pérdidas que se producen debido a los accesorios en toda la línea de distribución e impulsión. Para esto se convierten a los accesorios en longitudes equivalentes de tubería, entonces la longitud equivalente se determina con siguiente ecuación:

$$L_e = \left(A * \left(\frac{d}{25.4}\right) \pm B\right) * \left(\frac{120}{C}\right)^{1.8519} \quad (6)$$

Donde:

$L_e$  =Longitud equivalente, [m].

A y B= Factores que dependen del accesorio.

d =Diámetro interno, [mm].

C =Coeficiente del material, [150 para plástico].

Los factores A y B son obtenidos de la **Tabla 20** (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2011):



**Tabla 20.** Factores A y B de diferentes accesorios para el cálculo de longitudes equivalentes.

Accesorio:	Factor A	Factor B
Codo de 45°	0.38	+0.02
Codo radio largo de 90°	0.52	+0.04
Entrada normal	0.46	-0.08
Reducción	0.15	+0.01
Salida de tubería	0.77	+0.04
Tee paso directo	0.53	+0.04
Tee paso de lado y Tee salida bilateral	1.56	+0.37
Tee con reducción	0.56	+0.33
Válvula de compuerta abierta	0.17	+0.03
Válvula de globo abierta	8.44	+0.50
Válvula de pie con criba	6.38	+0.40

Fuente: Tomado de (NEC-11-CAP 16, 2011).

Para el diseño hidrosanitario se recomienda realizar primeramente el trazado de toda la red del sistema, luego dividir a la misma de forma adecuada en diferentes tramos en cada entrada del respectivo aparato sanitario, obteniendo así en el diseño 29 tramos de tubería, los cuales serán analizados en base a los criterios de diseño de la **Tabla 18**. Las longitudes equivalentes fueron calculadas con diámetros escogidos previamente, y probados simultáneamente, analizando que cumplan con los requerimientos establecidos en el (**Anexo 6.1.3**). Es impórtate mencionar, que, para el diseño hidrosanitario las pérdidas deben ir acumulándose desde la acometida (inicio del sistema), en este caso desde el sistema de bombeo, hasta el aparato sanitario más distante. También se considerará el desnivel de cada tramo de tubería obteniendo una presión requerida de 30 m.c.a. para el correcto funcionamiento del sistema hidrosanitario, cumpliendo así con las especificaciones técnicas establecidas por la Norma Hidrosanitaria NHE Agua (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2011). Cabe mencionar que la presión requerida se empleará para el dimensionamiento de sistema hidroneumático.

A continuación, en la **Tabla 21** se presenta los resultados del diseño hidrosanitario de la edificación:



**Tabla 21.** Cálculo de presiones, velocidades y diámetros de la red de tuberías de distribución.

Tramo	Caudal mínimo	Caudal Acum.	Ks	QMP	Diámetro		Vel.	Long.	Le	Hf	Pérdida Acum.	Desnivel	Presión
	l/s	l/s			[0.2-1.0]	l/s							
A-B (Inod.)	1.25	1.25	0.40	0.50	25	1"	1.03	5.33	0.83	0.35	5.91	11.82	12.27
B-C (Inod.)	1.25	2.5	0.40	1.01	25	1"	2.05	1.34	2.09	0.66	5.56	11.82	12.62
C-D	0	2.5	0.40	1.01	25	1"	2.05	4.42	0.73	0.98	4.91	11.82	13.27
E-F (Inod.)	1.25	1.25	0.40	0.50	25	1"	1.03	5.33	0.83	0.35	4.80	7.92	17.28
F-D (Inod.)	1.25	2.5	0.40	1.01	25	1"	2.05	1.02	1.73	0.53	4.45	7.92	17.63
D-G	0	2.5	0.40	1.01	25	1"	2.05	0.97	1.26	0.43	3.92	7.92	18.16
G-H	0	2.5	0.40	1.01	25	1"	2.05	12.59	1.65	2.72	3.49	4.02	22.49
I-J (Urina.)	0.5	0.5	0.40	0.20	20	3/4"	0.64	0.8	2.03	0.09	11.44	7.92	10.64
J-k (Urina.)	0.5	1	0.40	0.40	20	3/4"	1.28	0.84	2.03	0.32	11.35	7.92	10.73
k-L (Urina.)	0.5	1.5	0.40	0.60	20	3/4"	1.92	0.96	2.03	0.68	11.03	7.92	11.05
L-M (Inod.)	1.25	2.75	0.40	1.11	25	1"	2.26	1.08	2.09	0.72	10.35	7.92	11.73
M-N (Inod.)	1.25	4	0.40	1.61	50	2"	0.82	1.08	3.89	0.08	9.64	7.92	12.44
N-O (Inod.)	1.25	5.25	0.40	2.12	50	2"	1.08	1.08	3.89	0.13	9.55	7.92	12.53
O-P (Inod.)	1.25	6.5	0.40	2.62	50	2"	1.33	1.08	3.89	0.19	9.43	7.92	12.65
P-Q (Inod.)	1.25	7.75	0.40	3.12	50	2"	1.59	0.7	6.16	0.35	9.24	7.92	12.84
Q-R (Inod.)	1.25	9	0.40	3.63	50	2"	1.85	5.92	5.29	0.75	8.88	7.92	13.20
R-S	0	9	0.40	3.63	50	2"	1.85	17.26	4.63	1.46	8.14	7.92	13.94
T-U (Inod.)	1.25	1.25	0.40	0.50	25	1"	1.03	0.92	1.56	0.14	9.88	7.92	12.20
U-V (Inod.)	1.25	2.5	0.40	1.01	25	1"	2.05	1.05	2.09	0.60	9.74	7.92	12.34
V-W (Inod.)	1.25	3.75	0.40	1.51	50	2"	0.77	1.05	3.89	0.07	9.14	7.92	12.94
W-X (Inod.)	1.25	5	0.40	2.02	50	2"	1.03	1.05	3.89	0.12	9.06	7.92	13.02
X-Y (Inod.)	1.25	6.25	0.40	2.52	50	2"	1.28	1.05	3.89	0.17	8.95	7.92	13.13
Y-Z (Inod.)	1.25	7.5	0.40	3.02	50	2"	1.54	1.05	3.89	0.24	8.77	7.92	13.31
Z-Z1 (Inod.)	1.25	8.75	0.40	3.53	50	2"	1.80	1.35	3.89	0.33	8.53	7.92	13.55
Z1-Z2 (Inod.)	1.25	10	0.40	4.03	50	2"	2.05	6.25	6.00	0.98	8.20	7.92	13.88
Z2-S	0	10	0.40	4.03	50	2"	2.05	5.11	1.65	0.54	7.22	7.92	14.86
S-H	0	10	0.40	4.03	50	2"	2.05	61.32	2.28	5.11	6.67	4.02	19.31
H-Z3	0	10	0.40	4.03	50	2"	2.05	5.87	3.92	0.79	1.56	4.02	24.42
Z3- Bomba	0	10	0.40	4.03	50	2"	2.05	6.55	3.06	0.77	0.77	1.50	27.73

Fuente: Edición propia.

Como se puede observar en la tabla anterior los diámetros de tuberías asignados para la red de distribución de agua son de ¾", 1" y 2" con sus respectivos diámetros internos de 20, 25 y 50 mm. Adicionalmente se puede apreciar que los valores de las presiones, velocidades y diámetros están dentro de los límites recomendados por las guías de diseño.

### Altura de equipos sanitarios

La altura de los equipos sanitarios fue designada de acuerdo al diseño hidrosanitario de agua potable realizado en la edificación. Obteniendo las siguientes alturas de cada sanitario:

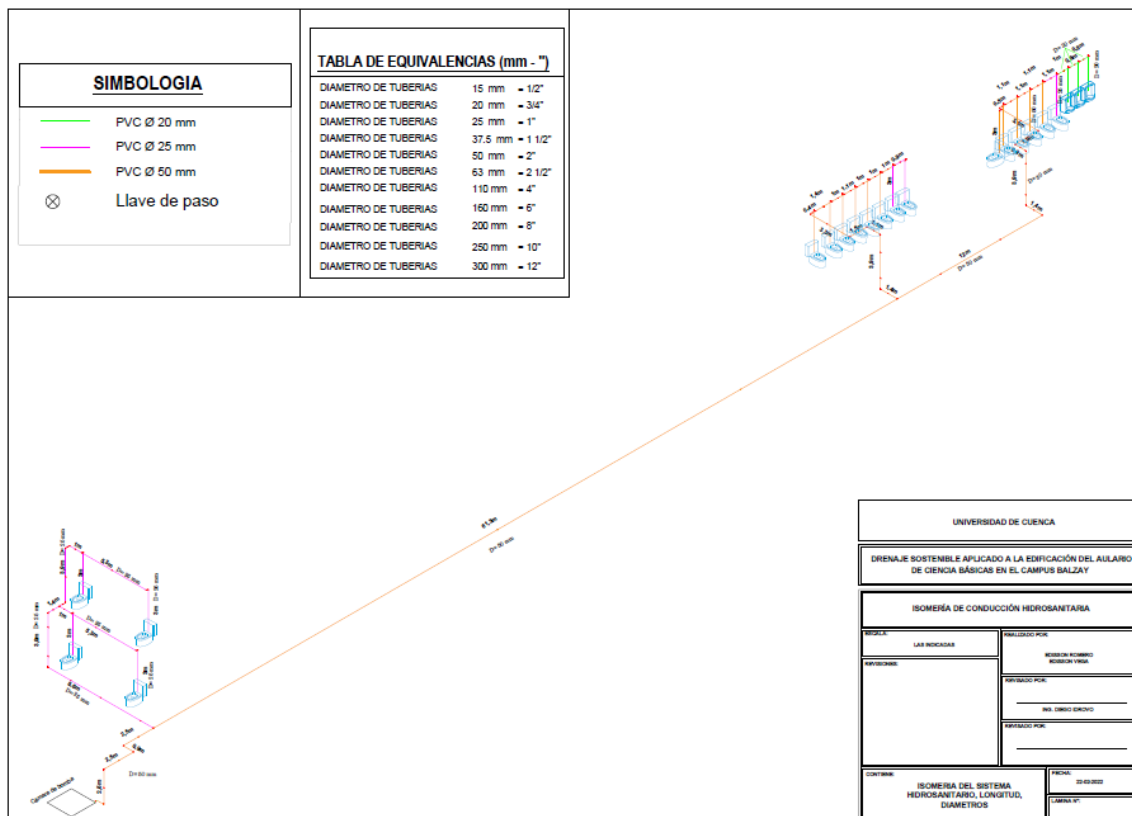
**Tabla 22.** *Altura de los aparatos sanitarios.*

Aparato sanitario:	Altura	Unidades
Inodoro de fluxómetro:	0.45	M
Urinario de fluxómetro:	0.79	M

*Fuente: Edición propia.*

La isomería correspondiente a la edificación, se puede observar en la **Figura 26**, donde se presenta la disposición de las tuberías en tres dimensiones.

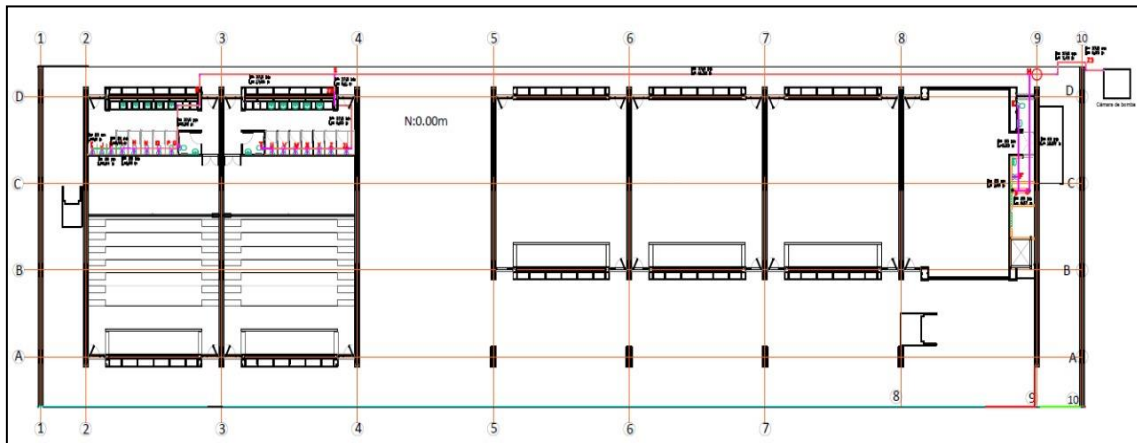
**Figura 26.** *Isometría del sistema de distribución de agua.*



*Fuente: Edición propia.*

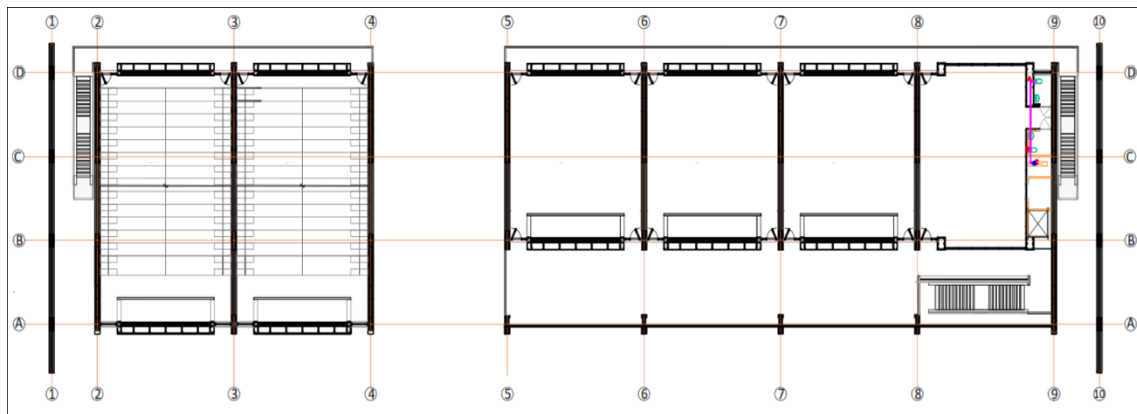
También se puede observar en la **Figura 27** y **Figura 28** el trazado general de la red de distribución de agua, tanto de la planta baja como de la planta alta respectivamente en la edificación.

**Figura 27.** Diseño de la red de distribución de agua en la edificación.



Fuente: Edición propia (Planta Baja).

**Figura 28.** Diseño de la red de distribución de agua en la edificación.



Fuente: Edición propia (Planta Alta).

### 3.7.5 Sistema hidroneumático

#### 3.7.5.1 Caudal de diseño

##### Cálculo de una estación de bombeo:

Para la estación de bombeo el caudal de diseño se lo calculará mediante el QMP según la normativa, el cual se lo realiza mediante la **ecuación 3**, adicionalmente se debe calcular el coeficiente de simultaneidad para los aparatos sanitarios con la siguiente ecuación:

$$K_s = \frac{1}{\sqrt{n-1}} - 0.07 \quad (7)$$



Donde:

$n$  = Número total de aparatos servidos.

Cabe mencionar que los aparatos sanitarios dominantes son los de fluxómetro, por lo cual las guías de diseño recomiendan utilizar la **ecuación 7** para el cálculo del coeficiente de simultaneidad y no sobredimensionar el sistema de bombeo.

El caudal de diseño necesario para el buen funcionamiento de los sanitarios se muestra en la **Tabla 23**.

**Tabla 23.** Caudal de diseño

Aparato Sanitario	Caudal mínimo (l/s)
Inodoro de Fluxómetro	1.25
Urinario con Fluxor	0.5
K (Coeficiente de simultaneidad)	0.2
n (Número de aparatos sanitarios)	21
<b>QMP (l/s)</b>	<b>3.69</b>

Fuente: Edición propia.

### 3.7.5.2 Caudal de bombeo y tiempos de encendido y apagado de la bomba

Es importante que el grupo motor bomba cuente con ciclos de bombeo, y con un periodo de tiempo en el que la bomba se encuentra apagada y encendida. Los ciclos de bombeo para un grupo motor bomba están especificados en la norma ecuatoriana (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2011) . Estos tiempos se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 24.** Tiempos de encendido y apagado en base al número de ciclos de bombeo y potencia de la bomba.

Potencia (HP)	Máximo número de ciclos/hora	Tiempo mínimo (minutos)
Hasta 10.0	20	3
De 10.0 a 20.0	15	4
De 20.0 a 30.0	12	5
De 30.0 a 50.0	10	6
Desde 50.0	6	10

Fuente: Tomado de (NEC-11-CAP 16, 2011)



Como se trata de un único edificio en el cual los servicios que proporciona el sistema de agua serán urinarios e inodoros, entonces se tomó la potencia mínima y un número de ciclos por hora de 20.

En cuanto al tiempo de encendido y apagado a los que estará sometida la bomba durante cada ciclo, se realizaron varias pruebas; teniendo como resultado los valores que se muestran a continuación en la **Tabla 25**.

**Tabla 25.** *Tiempo de encendido y apagado de la bomba*

<b>Tiempos (On/Off) y caudal de bombeo:</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>
Ciclos/hora:	20	(c/h)
Duración de ciclo:	4	(min)
Tiempo apagado:	3.5	(min)
Tiempo encendido:	0.5	(min)
Tiempo encendido:	30	(s)

*Fuente: Edición propia.*

Entonces el caudal de bombeo que se usará para el sistema es de 3.69 l/s, el cual será bombeado en un tiempo de 30 segundos y luego el equipo se apaga durante 3.5 minutos.

### **3.7.5.3 Carga dinámica total del sistema**

#### **Pérdidas por fricción**

En las líneas tanto de impulsión como de succión se producen pérdidas por fricción ligadas al material de la tubería y a la velocidad. Es importante que la línea de impulsión no tenga pérdidas muy altas, por lo que las pérdidas por fricción se calcularán con la siguiente fórmula recomendada por la NEC-11:

$$hf = m * L * \left( \frac{V^{1.75}}{D^{1.25}} \right) \quad (8)$$

Donde:

m= Constante del material del tubo, para PVC se usa 0.00054 y para hierro 0.0007

L = Longitud de la tubería, [m].



$V$  =Velocidad, [m/s].

$D$  =Diámetro, [m].

### Pérdidas locales

Es importante también tomar en cuenta las pérdidas que se producen debido a los accesorios en la línea de impulsión. Para esto se convierten los accesorios en longitudes equivalentes de tubería, para el cálculo de las pérdidas con la siguiente ecuación:

$$L_e = \left( A * \frac{d}{25.4} \pm B \right) * \left( \frac{120}{C} \right)^{1.8519} \quad (9)$$

Donde:

$L_e$  =Longitud equivalente, [m].

$A$  y  $B$ = Factores que dependen del accesorio.

$d$  =Diámetro interno, [mm].

$C$  =Coeficiente del material [150 para plástico].

Las pérdidas fueron calculadas con los diámetros escogidos previamente, además se observa que son pequeñas comparadas con las obtenidas por fricción.

### Altura necesaria

La altura necesaria que la bomba debe impulsar el agua es la suma de la altura de posición, es decir, la diferencia de cotas, más la altura de pérdidas por fricción y locales, tanto en la tubería de succión como en la de impulsión. El valor correspondiente de altura necesario que debe suministrar el equipo de bombeo es el siguiente:

$$H = \Delta z + hf_{impulsión} + hl_{impulsión} + hf_{succión} + hl_{succión} + h_r \quad (10)$$



Dónde:

$H$  = Altura total, [m].

$\Delta z$  = Diferencia de cotas, [m].

$hf_{impulsión}$  = Pérdidas de fricción en la línea de impulsión, [m].

$hl_{impulsión}$  = Pérdidas locales en la línea de impulsión, [m].

$hf_{succión}$  = Pérdidas de fricción en la línea de succión, [m].

$h_r$  = Presión remanente, [m].

$hl_{succión}$  = Pérdidas locales en la línea de succión, [m].

La totalidad de las pérdidas de impulsión que ocurren en la línea ya fueron calculadas en la parte pertinente del diseño hidrosanitario. La altura total a la que deberá impulsar el agua la bomba será entonces la mostrada en la **Tabla 26**:

**Tabla 26.** *Cálculo de la altura dinámica total.*

Altura dinámica total:	Valor	Unidades
Caudal de bombeo (Qb):	3.69	(l/s)
Diámetro succión:	0.05	(m)
Diámetro impulsión:	0.05	(m)
Velocidad en succión:	1.16	(m)
h impulsión incluye hf y $\Delta z$ :	30.00	(m)
h succión por carga:	0.20	(m)
hf succión:	0.10	(m)
hl succión:	0.77	(m)
Presión remanente (hr):	2.00	(m)
Altura dinámica total (H):	33.07	(m)

*Fuente: Edición propia.*

### Potencia requerida

El equipo de bombeo necesario para satisfacer las necesidades de la edificación debe contar con la potencia definida según la ecuación 16:

$$P = \frac{\gamma Q_b H}{75 \eta} \quad (11)$$



Donde:

$P$  = Potencia de la Bomba, [Hp].

$\gamma$  = Peso específico del agua, [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ].

$Q_b$  = Caudal de bombeo, [ $\text{m}^3/\text{s}$ ].

$H$  = Altura de bombeo, [m].

$\eta$  = Eficiencia de la bomba [70%].

Entonces la potencia requerida por la bomba es de:

**Tabla 27.** Cálculo de la potencia requerida de la bomba.

Potencia requerida:	Valor	Unidades
Caudal de bombeo ( $Q_b$ ):	3.69	(l/s)
Eficiencia:	0.70	(%)
Potencia (P):	2.42	[HP]
Potencia (P):	1.80	[KW]

Fuente: Edición propia.

#### 3.7.5.4 Tanque hidroneumático

Un tanque hidroneumático es un dispositivo que sirve para almacenar agua proveniente de la bomba, este consiste en una membrana que se llena de aire, la cual permite al agua al interior del tanque llegar a la presión necesaria para el funcionamiento del sistema hidrosanitario (Fernández Figueroa, 2012).

#### 3.7.5.5 Volumen del tanque

##### 3.7.5.5.1 Presión mínima o de encendido

Con el objetivo de que el tanque pueda funcionar de manera adecuada, se debe contar con una presión mínima o de encendido. Es decir, el sistema hidroneumático se encenderá y comenzará a funcionar, aumentando así la presión del sistema (Fernández Figueroa, 2012). Dicha presión está en función de la ecuación, la cual es mostrada a continuación:

$$P_{min} = h + \sum hf + \frac{v^2}{2g} + h_r \quad (12)$$





Donde:

$P_{min}$  = Presión mínima, [m].

$h$  = Altura a la que debe llegar el agua, [m].

$h_f$  = Pérdidas en la línea de bombeo [m].

$V$  = Velocidad del flujo, [m/s].

$h_r$  = Presión remanente, [m].

### 3.7.5.5.2 Presión máxima o de apagado

Al igual que la presión de encendido, se necesita tener una presión máxima o de apagado, en la cual, el sistema hidroneumático se apaga al llegar a dicha presión. Para definir esta presión no se cuentan con límites específicos, pero se recomiendan presiones de alrededor de 15 m de columna de agua. Presiones máximas muy grandes podrían afectar al rápido deterioro del sistema, en especial la membrana del tanque (Fernández Figueroa, 2012).

### 3.7.5.6 Fórmula del volumen

Según la norma ecuatoriana el volumen que debe tener el tanque hidroneumático debe ser obtenido a partir de la ecuación 13 (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2011).

$$W_{thn} = \frac{19 * R_{aire} * Q_b * (P_{OFF} + 10.33)}{N_{bombas} * N_{ciclos} * (P_{OFF} - P_{ON})} \quad (13)$$

Donde:

$W_{thn}$  = Volumen de tanque hidroneumático, [litros]

$Q_b$  = Caudal de bombeo, [litros/min].

$P_{OFF}$  = Presión de apagado o máxima, [m].

$P_{ON}$  = Presión de encendido o mínima, [m].

$N_{bombas}$  = Número de bombas trabajando al mismo tiempo.



$N_{ciclos}$  = Número de ciclos por hora, [c/h].

$R_{aire}$  = Coeficiente de renovación de aire, [1.0, para hidroneumático de membrana con revisión periódica de la masa de aire].

En el caso de la edificación estudiada se obtuvieron los valores de presión máxima, presión mínima y volumen del tanque requerido, estos resultados se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 28.** *Cálculo del volumen del tanque hidroneumático.*

<b>Volumen del tanque hidroneumático:</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>
Caudal bombeo medio (Q <sub>bm</sub> ):	221.19	(litros/min)
Presión mínima o de encendido (P mín.):	33.1	(m.c.a)
Presión máxima o de apagado (P máx.):	48.1	(m.c.a)
Volumen del tanque (V <sub>h</sub> ):	819.1	(litros)

*Fuente: Edición propia.*

### **3.7.5.7 Selección del equipo**

Es importante seleccionar un equipó de bombeo que pueda cumplir con los requerimientos calculados para el sistema. De igual manera se debe seleccionar el sistema considerando las disponibilidades según la región en la que se encuentra el proyecto.

El equipo de bombeo seleccionado es el sistema hidroneumático Pedrollo: Las especificaciones del mismo se pueden encontrar a continuación:

**Figura 29.** Selección del grupo hidroneumático.

## BOMBA CENTRIFUGA CP680C\_5.5HP 220/440V TRIFASICA





Tipo: Centrifuga CP  
SKU-3802

Descripción	Detalles técnicos														
<p>Por su confiabilidad y simplicidad encuentran un amplio uso en el sector civil, agrícola e industrial, para el suministro de agua, para instalaciones de acondicionamiento o de enfriamiento, para la irrigación, etc. Son recomendadas para bombear agua limpia, sin partículas abrasivas y líquidos químicamente no agresivos con los materiales que constituyen la bomba. La instalación se debe realizar en lugares cerrados o protegidos de la intemperie.</p>	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="border-bottom: 1px solid black;"><b>Potencia:</b></td> <td style="border-bottom: 1px solid black; text-align: right;">5.5 HP</td> </tr> <tr> <td style="border-bottom: 1px solid black;"><b>Voltaje:</b></td> <td style="border-bottom: 1px solid black; text-align: right;">220/440 V. TRIFASICA</td> </tr> <tr> <td style="border-bottom: 1px solid black;"><b>Succión:</b></td> <td style="border-bottom: 1px solid black; text-align: right;">2</td> </tr> <tr> <td style="border-bottom: 1px solid black;"><b>Descarga (pulg.):</b></td> <td style="border-bottom: 1px solid black; text-align: right;">2</td> </tr> <tr> <td style="border-bottom: 1px solid black;"><b>Caudal (máx.):</b></td> <td style="border-bottom: 1px solid black; text-align: right;">450 lpm</td> </tr> <tr> <td style="border-bottom: 1px solid black;"><b>Altura (máx.):</b></td> <td style="border-bottom: 1px solid black; text-align: right;">51.5 m.</td> </tr> <tr> <td style="border-bottom: 1px solid black;"><b>Aplicaciones:</b></td> <td style="border-bottom: 1px solid black; text-align: right;">Agricultura, Civil, Industrial</td> </tr> </table>	<b>Potencia:</b>	5.5 HP	<b>Voltaje:</b>	220/440 V. TRIFASICA	<b>Succión:</b>	2	<b>Descarga (pulg.):</b>	2	<b>Caudal (máx.):</b>	450 lpm	<b>Altura (máx.):</b>	51.5 m.	<b>Aplicaciones:</b>	Agricultura, Civil, Industrial
<b>Potencia:</b>	5.5 HP														
<b>Voltaje:</b>	220/440 V. TRIFASICA														
<b>Succión:</b>	2														
<b>Descarga (pulg.):</b>	2														
<b>Caudal (máx.):</b>	450 lpm														
<b>Altura (máx.):</b>	51.5 m.														
<b>Aplicaciones:</b>	Agricultura, Civil, Industrial														

Fuente: Tomado de ([https://pedrollo.com.ec/producto/bomba-centrifuga-cp680c\\_5-5hp-220-440v-trifasica/](https://pedrollo.com.ec/producto/bomba-centrifuga-cp680c_5-5hp-220-440v-trifasica/)).

El tanque hidroneumático seleccionado cuenta con una capacidad de 850 litros, y una presión máxima de 16 bares. Además, el sistema hidroneumático posee una bomba eléctrica de agua con una potencia de 5.5 HP y con una altura máxima de descarga de 51.5 m según su descripción técnica. El tanque hidroneumático se colocará de forma vertical a una altura sobre el piso de 20 cm, además, las dimensiones del tanque son: Longitud de 200 cm y Diámetro de 92 cm.

### 3.7.5.8 Cálculo de costos

Para el diseño del equipo de bombeo es necesario también calcular los costos de compra y operación del mismo. Si se toma un precio de 0.0933 \$/W/día, entonces los costos se encuentran en la siguiente tabla.

**Tabla 29.** Costos del sistema hidroneumático y de operación.

Costos:	Valor	Unidades
Tiempo de bombeo promedio:	0.5	(min)
Tiempo de bombeo al día:	0.0052	(días)

Potencia:	2.24	(KW)
Costo electricidad:	0.0933	(\$/W/día)
Costo operación al mes:	32.6	(\$)
Costo equipo hidroneumático:	1865	(\$)

Fuente: Edición propia.

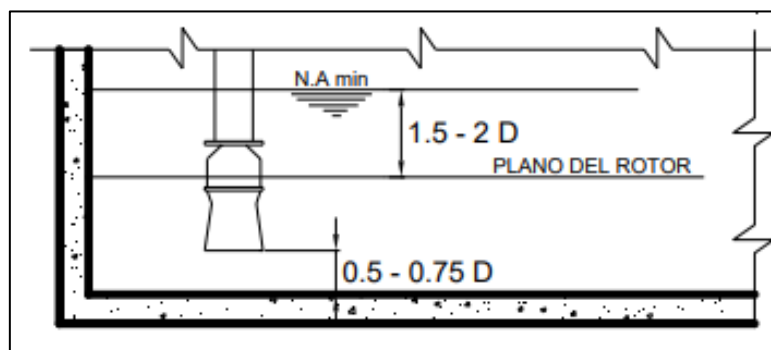
### 3.7.5.9 Cámara de bombeo

La cámara de bombeo se encuentra adyacente al tanque de almacenamiento y debe contar con las siguientes especificaciones (Fernández Figueroa, 2012):

- Un tanque de presión.
- Electrobomba.
- Válvula de retención instalada antes de la succión de la bomba.
- Manómetro.
- Control de presión (presostato).
- Tablero de potencia y control de motores. (aplica cuando se tiene 2 o más bombas).

Con el objetivo que entren todos estos aditamentos, la cámara de la bomba será de 2 x 2 m y se cuidará el nivel del agua, para evitar la entrada de aire al sistema, el nivel mínimo de agua y la tubería de succión deben estar a las distancias mostradas en la **Figura 30**. Tomando en cuenta que la tubería de succión tiene un diámetro de 0.05 m.

**Figura 30.** Detallamiento de los niveles del sistema de bombeo.



Fuente: Tomado de (Fernández Figueroa, 2012).



## 4 CAPITULO IV

### 4.1 Elaboración de presupuesto del proyecto

Este análisis es el más importante en el estudio del proyecto, ya que determina el presupuesto que se obtiene una vez concluidos los diseños, siendo el presupuesto de construcción una respuesta a los diseños elaborados.

Este estudio tiene como finalidad ser un modelo de diseño, para las edificaciones educativas, públicas y privadas, siendo nuestro objetivo generar un presupuesto referencial a este tipo de edificaciones. Para cuantificar el costo por mano de obra asumiremos un 20% de los costos del material. Además, los costos diferirán dependiendo del incremento o disminución anual que tiene los materiales de construcción.

Una vez realizado el diseño de aprovechamiento de aguas lluvia en la edificación del Aulario de Ciencias Básicas del Campus Balzay se procede a elaborar el presupuesto referencial, donde se detalla cada rubro con sus respectivas unidad, cantidad y costo unitario.

#### Presupuesto:

**Tabla 30.** Costos de construcción de cada elemento del diseño.

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	V. UNITARIO (\$)	V. TOTAL (\$)
<b>1</b>	<b>TANQUE DE ALMACENAMIENTO</b>				
1.1	Replanteo, todo el proyecto	Día	1	29.25	29.25
1.2	Excavación mecánica	m3	333.21	7.62	2539.11
1.3	Desalojo volqueta 5km	m3	333.21	5.7	1899.33
1.4	Retiro de excedentes de excavación manual	m3	13.88	5	69.42
1.5	Entibados	m2	147.84	14.74	2179.16
1.6	Material de mejoramiento e= 20 cm	m3	27.76	19.4	538.70
1.7	Compactación del material	m3	27.76	11.4	316.56
1.8	Lechada de hormigón simple $f'c= 140$ kg/cm <sup>2</sup> , e=5 cm	m3	6.92	55	381.81
1.9	Hormigón $f'c= 240$ kg/cm <sup>2</sup> , para lozas de fondo, incluye impermeabilizante y aditivo de fraguado	m3	27.76	98.34	2730.71



1.10	Hormigón f'c= 240 kg/cm2, para muros, incluye encofrado e impermeabilizante	m3	29.56	98.34	2907.72
1.11	Hormigón f'c= 240 kg/cm2, para tapas de cubierta, incluye encofrado e impermeabilizante	m3	27.38	98.34	2692.94
1.12	Tapas de acero 60x60 cm	U	3	80	240.00
1.13	Acero de refuerzo fy= 4200 kg/cm2	Kg	7624.8	1.2	9149.76
1.14	Cinta SIKA PVC e=22cm para sellar juntas de construcción y expansión	M	89.6	8.99	805.50
1.15	Malla electro soldada 6.25 x 2.4, e=5.5 mm	U	8	71.42	571.36
1.16	Válvula de control roscada	U	1	94.74	94.74
1.17	Tubería PVC de 200 mm para drenaje	M	13	15.91	206.83
1.18	Tubería PVC de 110 mm bajantes para ventilación	M	4.5	11.8	53.10
1.19	Tubería PVC 110mm para rebose	M	9.5	11.8	112.10
1.20	Codo 90° x 110mm	U	5	4.31	21.55
1.21	Sumidero de piso incluye rejilla	U	1	39.94	39.94
1.22	Escaleras	U	3	46	138.00
<b>SUBTOTAL TANQUE DE ALMACENAMIENTO</b>					<b>27717.58</b>
<b>2 TANQUE INTERCEPTOR</b>					
2.1	Tanque interceptor 2500 L (incluye accesorios)	U	1	530	530.00
<b>SUBTOTAL TANQUE INTERCEPTOR</b>					<b>530.00</b>
<b>3 SISTEMA DE BOMBEO</b>					
3.1	Excavación mecánica	m3	11.61	7.62	88.51
3.2	Desalojo volqueta 5km	m3	11.61	5.7	66.21
3.3	Retiro de excedentes de excavación manual	m2	0.264	5	1.32
3.4	Entibados	m3	13.8	14.74	203.41
3.5	Material de mejoramiento e= 20 cm	m3	1.05	19.4	20.49
3.6	Compactación del material	m3	1.05	11.4	12.04
3.7	Lechada de hormigón simple f'c= 140 kg/cm2, e=5 cm	m3	0.26	55	14.52
3.8	Hormigón f'c= 240 kg/cm2, para lozas de fondo, incluye impermeabilizante y aditivo de fraguado	m3	1.05	98.34	103.85
3.9	Hormigón f'c= 240 kg/cm2, para muros, incluye encofrado e impermeabilizante	m3	2.94	98.34	289.51
3.10	Hormigón f'c= 240 kg/cm2, para tapas de cubierta, incluye encofrado e impermeabilizante	U	0.74	98.34	73.56
3.11	Tapas de acero 60x60 cm	Kg	1	80	80.00
3.12	Acero de refuerzo fy= 4200 kg/cm2	M	427.32	1.2	512.78
3.13	Rejilla de acero	U	1	20	20.00
3.14	Malla electro soldada 6.25 x 2.4, e=5.5 mm	U	1	71.42	71.42
3.15	Válvulas de paso libre 2"	U	3	53.8	161.40
3.16	Manómetro	U	1	69	69.00
3.17	Bomba y tanque de presión 850 L- 3 HP	U	1	1865	1865.00
3.18	Presostato de 4 -12 bares	U	1	108	108.00
3.19	Tubería de succión 2"	MI	1.5	10.26	15.39
3.20	Tubería de impulsión 2"	MI	1	10.26	10.26
<b>SUBTOTAL SISTEMA DE BOMBEO</b>					<b>3698.16</b>



5	SISTEMA DE CONDUCCIÓN Y RECOLECCIÓN				
5.1	Tubería PVC 110 mm	M	71.61	11.8	845.00
5.2	Tubería PVC 160 mm	M	29.81	6.05	180.35
5.3	Tubería PVC 200 mm	M	189	15.84	2993.76
5.4	Codos de 45° PVC 110 mm	U	4	5.54	22.16
5.5	Codos de 90° PVC 110 mm	U	22	4	88.00
5.6	Codos de 45° PVC 160 mm	U	3	26.8	80.40
5.7	Codos de 90° PVC 160 mm	U	8	11.45	91.60
5.8	Codos de 90° PVC 200 mm	U	8	15	120.00
5.9	Tee de 160 mm	U	6	8.5	51.00
5.10	Tee de 200 mm	U	2	12.4	24.80
5.11	Yee 45 de 110 mm	U	2	6.56	13.12
5.12	Yee 45 de 160 mm	U	1	8.25	8.25
<b>SUBTOTAL SISTEMA DE CONDUCCIÓN Y RECOLECCIÓN</b>					<b>3673.44</b>
6	RED DISTRIBUCIÓN				
6.1	Tubería PVC 1"	M	33	2.28	75.24
6.2	Tubería PVC 3/4"	M	2.8	1.78	4.98
6.3	Tubería PVC 2"	M	125.69	4.32	542.98
6.4	Codos de 90° PVC 1"	U	15	1.59	23.85
6.5	Codos de 90° PVC 3/4"	U	9	1.32	11.88
6.6	Codos de 90° PVC 2"	U	40	5.5	220.00
6.7	Tee 1"	U	4	7.29	29.16
6.8	Tee 3/4"	U	3	3.24	9.72
6.9	Tee 2"	U	15	9.77	146.55
6.10	Válvulas de paso libre 2"	U	4	53.8	215.20
<b>SUBTOTAL RED DE DISTRIBUCIÓN</b>					<b>1279.56</b>

Fuente: Edición propia.

**Tabla 31.** Costo total de construcción del proyecto.

TOTAL, COSTO DIRECTO (\$)	36898.75
MANO DE OBRA (20% de material) (\$)	7379.75
<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO (\$)</b>	<b>44278.50</b>

Fuente: Edición propia.

## 4.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Tomando en cuenta los escenarios planteados, para el correcto funcionamiento de todos los aparatos sanitarios, se debe hacer uso de la red pública de agua potable en los escenarios de mitad de área y el año más seco, resultando un ahorro de agua menor por el uso de la misma. Lo cual podemos observar en la **Tabla 32**.

**Tabla 32.** Costo del agua potable

Año más seco		
Mes	Volumen de agua potable para cubrir la demanda (m3)	Costo por m3 agua potable(\$/mes)
JUNIO	141.24	180.36
AGOSTO	140	178.78
NOVIEMBRE	140	178.78
<b>TOTAL, ANUAL</b>	<b>421.24</b>	<b>537.92</b>
Mitad de área		
Mes	Volumen de agua potable para cubrir la demanda (m3)	Costo por m3 agua potable(\$/mes)
JULIO	160.94	205.52
SEPTIEMBRE	160.95	205.53
<b>TOTAL, ANUAL</b>	<b>321.89</b>	<b>411.05</b>

Fuente: Edición propia

El diseño del proyecto a realizarse es el que disponemos de toda el área de captación y poder abastecer a la totalidad de aparatos sanitarios, ya que si no fuera ese el caso tendríamos que utilizar agua potable y no es la finalidad del proyecto.

**Tabla 33.** Análisis de costos (Ingreso)

Escenarios	Disponibilidad de agua lluvia anual (m3)	Costo (\$/m3)	Ahorro anual (\$) agua lluvia	Ahorro anual (\$) con agua potable
Promedio mensual	1512	1.277	1930.82	1930.82
Mitad de área	1190.11	1.277	1519.77	1108.72
Año seco	1132.65	1.277	1446.39	908.47

Fuente: Edición propia.



El costo total de la inversión inicial de la implementación del sistema es de 44278.50\$ como se puede observar en la **Tabla 31**, pudiendo este valor recuperarse con los pagos anuales que la institución realizaría por el consumo de agua potable. Sin embargo, con la implementación del proyecto sustentable de aprovechamiento de aguas lluvia se puede tener un ahorro de 1930.82 \$ anuales como se puede observar en la **Tabla 33**.

Los costos por mantenimiento y operación fueron estimados mediante la valoración del costo de funcionamiento de cada sistema, el cual fueron calculados mediante su respectiva área o de acuerdo a la superficie de cada componente como se puede observar en la **Tabla 34**.

**Tabla 34.** Costo de mantenimiento y operación (Egresos)

Componentes	Unidad	Costo	Anual
Tanque de almacenamiento / año	m2	0.15	335.03
Tanque interceptor / mes	m3	1.5	41.59
Sistema de bombeo / año	u	50	50.00
Sistema de conducción y recolección / año	ml	0.15	43.56
Red de distribución / año	ml	0.15	24.22
Total, anual			494.41

Fuente: Edición propia.

A continuación, en la **Tabla 35**, se presenta el análisis de costos de ingresos y egresos del proyecto en el cual se utilizó la tasa de inflación de 2.56% (según INEC), correspondiente al año 2022, y se calculó la relación costo beneficio el cual nos da un valor de 1,0 el cual nos indica que el proyecto es rentable, alrededor de 23 años aproximadamente, cabe recalcar que la tasa de inflación anual puede aumentar o disminuir y la inversión inicial se podría recuperar en menos años, o también podría incrementarse el tiempo de recuperación.

**Tabla 35.** Análisis de ingresos y egresos

Periodo en años	Ingresos (\$)	Egresos (\$)	Costo neto (\$)
0		44278.50	44278.50
1	1930.82	494.41104	1436.41
2	1980.253094	507.0679626	1473.185132
3	2030.947574	520.0489025	1510.898671



4	2082.939832	533.3621544	1549.577677
5	2136.263091	547.0162255	1589.246866
6	2190.951426	561.0198409	1629.931585
7	2247.039783	575.3819488	1671.657834
8	2304.564001	590.1117267	1714.452275
9	2363.56084	605.2185869	1758.342253
10	2424.067997	620.7121827	1803.355814
11	2486.124138	636.6024146	1849.521723
12	2549.768916	652.8994364	1896.869479
13	2615.043	669.613662	1945.429338
14	2681.988101	686.7557718	1995.232329
15	2750.646996	704.3367195	2046.310277
16	2821.063559	722.3677395	2098.69582
17	2893.282787	740.8603537	2152.422433
18	2967.350826	759.8263787	2207.524447
19	3043.315007	779.277934	2264.037073
20	3121.223871	799.2274491	2321.996422
21	3201.127202	819.6876718	2381.43953
22	3283.076059	840.6716762	2442.404382
23	3367.122806	862.1928711	2504.929935
TOTAL			44243.87

Fuente: Edición propia.

#### 4.3 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El método tradicional de abastecimiento de agua potable es eficaz, pero no sostenible, para los cuales es necesario implementar un proceso educativo en el cual la población conozca y sea consciente de las alternativas disponibles, y poder establecer nuevos métodos y tecnologías sostenibles, que bien pueden ser aprovechadas fácilmente, y además no solo ayuden económicamente a cada usuario sino también sea beneficioso para el ecosistema.

La parroquia San Joaquín, en donde se encuentra el área de estudio (el sector de Balzay), al ser una zona con una precipitación beneficiosa para el proyecto, se puede usar el agua lluvia como alternativa al uso del agua potable, implementando el diseño de acuerdo a las condiciones específicas de cada edificación.

Como observación de la toma de muestras de agua lluvia se puede indicar que el número de muestras es pequeño y estadísticamente no puede ser representativo,



además, el periodo de ambas muestras corresponde a un periodo húmedo del año. Lo que se recomienda es realizar varios muestreos en diferentes épocas del año (periodo húmedo y seco) para obtener, resultados mas confiables.

Aunque el proyecto se encuentra ya construido se pudo demostrar que se puede implementar un diseño complementario, estos pueden generar algunos inconvenientes al tener que demoler algunas partes de la edificación o realizar derivaciones adicionales, por lo que es recomendable, realizar el proyecto en conjunto con el diseño de la edificación.

Para que todos los componentes del proyecto funcionen adecuadamente se recomienda un mantenimiento periódico constante con el fin de garantizar el adecuado funcionamiento y distribución de agua a la edificación.

Este proyecto realizado puede ser usado como referencia para proyectos futuros dentro y fuera de la ciudad, en zonas donde se tenga una precipitación adecuada, por lo cual se recomienda primero realizar un análisis de precipitación correspondiente a la zona estudio, y verificar que la misma cubra la demanda de agua de la edificación, a la cual se pretende destinarla.

Además, con los resultados obtenidos se observa que la Universidad tendría un ahorro considerable de agua potable anual, y por lo tanto se espera que a futuro se realice la aplicación no solo a la edificación seleccionada, sino a todo el campus, por lo que, a mayor área, mayor recolección de agua y por lo tanto mayor ahorro para la Universidad.

En el análisis del agua lluvia, el color resulta tener parámetros bastante elevados en comparación con las recomendadas por la Norma Técnica Ecuatoriana. Se recomienda realizar un tratamiento por medio de filtración de carbón activado, el cual se colocará en la base del tanque de almacenamiento cumpliendo la función de mejorar estéticamente



la apariencia del agua por medio de la retención de microorganismos contaminantes. Además, esta técnica resulta tener una ventaja por su bajo costo de aplicación.

El sistema de recolección de agua lluvia, será únicamente destinado a actividades de servicios higiénicos es decir descargas de inodoros y urinarios, se consideró únicamente estas actividades debido a que para estos usos no se necesita ningún tipo de tratamiento.

Los resultados obtenidos en el proyecto cumplen con los objetivos establecidos, en cuanto al uso del agua lluvia de manera adecuada, resultando un proyecto técnicamente eficiente y sostenible. Además, en cuanto a la topografía del lugar y la zona de estudio este proyecto se puede implementar sin ninguna dificultad, sin embargo, debido a los costos de inversión inicial, que son bastante elevados, esta se puede convertir en un problema si no se cuenta la financiación para desarrollar el proyecto.

## 5 BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, D. (2007). Edificaciones sostenibles, estrategias de investigación y desarrollo. 12.
- ARREVOL. (16 de Octubre de 2017). *Arrevol Arquitectos*. Obtenido de arrevol.com:  
<https://www.arrevol.com/blog/5-sistemas-metodos-para-reaprovechar-reutilizar-el-agua-de-lluvia>
- Avilés, H. (2006). El valor del Agua en la Agricultura. *La Granja. Revista de Ciencias de la Vida*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=476047389006>.
- Ayala, L. (2014). *Determinación de las concentraciones de iones presentes en el agua lluvia de la zona urbana de la Ciudad de Cuenca causantes de la lluvia ácida*. Cuenca-Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana-Sede Cuenca.
- Ballén, J., Galarza, A., & Ortiz, R. (2006). HISTORIA DE LOS SISTEMAS DE APROVECHAMIENTO DE AGUA LLUVIA. VI SEREA - *Seminário Iberoamericano sobre Sistemas de Abastecimento Urbano de Água. João Pessoa (Brasil)*. Obtenido de <http://www.lenhs.ct.ufpb.br/html/downloads/serea/6serea/TRABALHOS/trabalhoH.pdf>
- Bolaños, J., Cordero, G., & Segura, G. (2017). *Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa Rica)*. (Vol. Vol. 30). Costa Rica: Tecnología en Marcha. doi:10.18845/tm.v30i4.3408
- Buenos\_Aires. (s.f).  
<https://www.buenosaires.gob.ar/desarrollourbano/manualdedisenourbano/paisaje->



*urbano-verde/sistema-urbano-de-drenaje-sostenible-suds*. Obtenido de <https://www.buenosaires.gob.ar/desarrollourbano/manualdedisenourbano/paisaje-urbano-verde/sistema-urbano-de-drenaje-sostenible-suds>:  
<https://www.buenosaires.gob.ar>

- Camargo, E., & Lozada, J. (2018). *Diseño de sistema urbano de drenaje sostenible en Bogotá, Calle 127 con autopista norte*. Bogotá: Universidad Católica de Colombia.
- CEPAL-IAI. (2013). *RESPUESTAS URBANAS AL CAMBIO CLIMÁTICO EN AMÉRICA LATINA*. (R. S. Rodríguez, Ed.) Santiago de Chile, Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe.
- CEPIS. (2004). *GUÍA DE DISEÑO PARA CAPTACIÓN DEL AGUA DE LLUVIA*. Lima: OPS/CEPIS/04.122. UNATSABAR .
- CIRIA C523. (2001). *Sustainable urban drainage systems, best practice manual for England, Scotland, Wales and Northern Ireland. Construction Industry Research and Information Association*. Londres, RU. 131 pp.
- Cisneros, P. (15 de Diciembre de 2018). *Sustainable Sanitation and Water Management Toolbox*. Obtenido de [sswm.info](https://sswm.info/gass-perspective-es/tecnologias-de-tecnologias-de-abastecimiento-de-agua/tanque-de-almacenamiento-de-agua-de-lluvia--): <https://sswm.info/gass-perspective-es/tecnologias-de-tecnologias-de-abastecimiento-de-agua/tanque-de-almacenamiento-de-agua-de-lluvia-->
- Clemson Cooperative Extension. (20 de 10 de 2012). *hgic.clemson.edu*. Obtenido de [hgic.clemson.edu](https://hgic.clemson.edu): <https://hgic.clemson.edu/factsheet/changing-the-ph-of-your-soil/>
- CONAMA. (2018). *AGUA Y CIUDAD SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE*. Madrid: Fundación Conama, GBCe.
- Coupe, S. J., Smith, H. G., Newman, A. P., & Puehmeier, T. (2003). *Biodegradation and microbial diversity within permeable pavements*. European Journal of Protistology, No. 39, pp. 495-498. Obtenido de <https://zaguan.unizar.es/record/61174/files/TAZ-TFG-2016-3522.pdf?version=1>
- Demin, P. (2014). *Aportes para el mejoramiento del manejo de los sistemas de riego. Métodos de riego: fundamentos, usos y adaptaciones*. Catamarca, Argentina: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria-Argentina.
- Facsa. (23 de 01 de 2017). *Facsa.com*. Obtenido de [Facsa.com](https://www.facsa.com/): <https://www.facsa.com/la-dureza-del-agua/#:~:text=Se%20denomina%20dureza%20del%20agua,contiene%20en%20muy%20poca%20cantidad>.
- Fernández Cirelli, A. (2012). El Agua: Un recurso esencial. *Química Viva*, 11(3),147-170. Recuperado el 4 de Marzo de 2021, de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=86325090002>
- Fernández Figueroa, F. J. (2012). *Gupia General para el Cálculo, Instalación y Mantenimiento de Bombas Hidroneumáticas*. Guatemala.
- Fuentes, A. (2015). *Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible. Una Alternativa de Futuro*. Sevilla, España: Atlantis.



- Gonzaga, F. (2015). *Diseño De Un Sistema De Captación De Agua Lluvia Para Uso Doméstico En La Isla De Jambelí, Cantón Santa Rosa, Provincia De El Oro*. Machala, Ecuador: UTMACH (Universidad Técnica de Machala).
- Hernández, S. (2014). *Mejoramiento de la calidad de agua para uso y consumo humano a nivel domiciliario mediante la remoción de hierro en la Comunidad Monte Rey ubicada en Cariari de Pococí*. Monte Rey: Tecnológico de Costa Rica. Ingeniería Ambiental.
- Instituto Geográfico Militar del Ecuador. (2009). *Hoja geológica de Cuenca*. Quito: Paulina Campodonico.
- Iowa Department of Natural Resources. (2009). *Water Quality Standards Review: Chloride, Sulfate and Total Dissolved Solids*.
- Marín, D. (2010). *Acceso Al Agua Potable Como Derecho Humano Y Su Regulación En El Régimen Jurídico Mexicano*. San Luis Potosí, México: Universidad Autónoma de San Luis Potosí.
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2011). *Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-11, Capítulo 16 Norma Hidrosanitaria NHE Agua*. Quito.
- MINVU-DICTUC. (1996). *Técnicas alternativas para soluciones de aguas lluvias en sectores urbanos. Guía de diseño. Dirección de Investigaciones Científicas y Tecnológicas. Ministerio de Vivienda y Urbanismo*. Santiago, Chile. 670 pp.
- Molina, M., Gutiérrez, L., & Salazar, J. (2011). *Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible SUDS para el Plan de Ordenamiento Zonal Norte Pozn*. Bogotá, Colombia: Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. Secretaría Distrital de Ambiente.
- Morelli, C. (2007). *Gestión de Inundaciones Urbanas*. Córdoba: WMO-OMM. Universidad Nacional de Córdoba. Instituto Superior de Recursos Hídricos, ISRH/SECyT/UNC.
- National SUDS Working Group. (2003). *Framework for Sustainable Drainage Systems (SUDS) in England and Wales*. Wales: TH-5/03-3k-C-BHEY. 75 pp.
- NEC-11-CAP 16. (2011). *NORMA HIDROSANITARIA NHE AGUA*. Quito: MINISTERIO DE DESARROLLO URBANO Y VIVIENDA-MIDUVI.
- Niño, L., & Castro, F. (2016). *Propuesta Metodológica para el Cálculo del Volumen del Tanque de Almacenamiento de Aguas Lluvia utilizados en los Colegios de la Secretaría de Educación Distrital de Bogotá (SED), caso específico - Colegio General Gustavo Rojas Pinilla*. BOGOTA D.C., CUNDINAMARCA, Colombia: Universidad Militar Nueva Granada.
- NORMA CO 10.07 - 601. (1992). *NORMAS PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA POBLACIONES MAYORES A 1000 HABITANTES*. Quito, Ecuador: Secretaria del Agua.
- Norma Técnica Brasileira NBR 5626. (1998). *Instalação predial de água fria*. Río de Janeiro: ABNT-Associação Brasileira de Normas Técnicas.
- OMM. (1998). *Evaluación de los recursos hídricos: Manual para la estimación de las capacidades nacionales*. Ginebra: OMM/UNESCO.



- Ordoñez, J. (2011). *Cartilla Técnica: Agua Subterráneas - Acuíferos* (Primera ed.). (Z. I. Goicochea, Ed.) Lima, Perú: Sociedad Geográfica de Lima.
- Ortega, L., & Sagado, L. (2001). *DRENAJE DE SUELOS AGRICOLAS*. INIA CARILLANCA, Chile: Gobierno de Chile. Ministerio de Agricultura.
- Ortiz, W., & Velandia, W. (2017). *Propuesta para la captación y uso de agua lluvia en las instalaciones de la Universidad Católica de Colombia a partir de un modelo físico de recolección de agua*. Bogota D.C, Colombia: Universidad Católica de Colombia.
- Ospina, O., & Ramírez, H. (2014). EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA LLUVIA PARA SU APROVECHAMIENTO Y USO DOMESTICO EN IBAGUÉ, TOLIMA, COLOMBIA. *Ingeniería Solidaria*, vol. 10(n°. 17), pp. 125-138. doi:<http://dx.doi.org/10.16925/in.v9i17.812>
- Palacio, N. (2010). Propuesta De Un Sistema De Aprovechamiento De Agua Lluvia, Como Alternativa Para El Ahorro De Agua Potable, En La Institución Educativa María Auxiliadora De Caldas, Antioquia. *Gestión y Ambiente*, 25-40.
- Pérez, R. (2015). *Instalaciones Hidrosanitarias, de Gas y de Aprovechamiento de Aguas Lluvias en Edificaciones* (Septima ed.). Bogotá, Colombia: ECOE EDICIONES. Obtenido de [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=F9s3DgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP2&dq=Usos+de+agua+en+las+edificaciones&ots=qroMZGu4\\_Z&sig=Jl3Ph5u5s7XzY1uWilJasM4zKvk#v=onepage&q=Usos%20de%20agua%20en%20las%20edificaciones&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=F9s3DgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP2&dq=Usos+de+agua+en+las+edificaciones&ots=qroMZGu4_Z&sig=Jl3Ph5u5s7XzY1uWilJasM4zKvk#v=onepage&q=Usos%20de%20agua%20en%20las%20edificaciones&f=false)
- Prieto, A. (s.f). *Sistematización de Tecnologías para una Gestión Sostenible del Ciclo Urbano del Agua y Repercusiones Espaciales, Constructivas y Económicas en La Edificación y el Urbanismo*. Sevilla: Escuela Técnica Superior de Arquitectura. Universidad de Sevilla.
- Prieto, M., & Vieira, M. (2013). *Captación y Almacenamiento de Agua de Lluvia. Opciones Técnicas para la Agricultura Familiar en América Latina y El Caribe*. Santiago, Chile: FAO. FIAT PANIS. FIDA.
- Reyes, M., & Rubio, J. (2014). *Descripción de los sistemas de recolección y aprovechamiento de aguas lluvia*. Bogotá D.C., Colombia: Universidad Católica de Colombia.
- Robayo, J., & Pérez, R. (2016). *Análisis de la captación y aprovechamiento del agua lluvia para utilización en el Campus de la Universidad Católica de Colombia (Bogotá), de acuerdo a las características de sus Sedes*. Bogota: Universidad Católica de Colombia.
- Rodríguez, A. (2017). "S.U.D.S. *Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible. Hacia una gestión integral del ciclo urbano del agua*. Barcelona, España: ETSAM.
- Rodríguez, A., Ávila, R., Yrueta, C., Plaza, R., Navas, A., & Fernández, R. (2014). *Manual de Riego de Jardines*. Sevilla: JUNTA DE ANDALUCIA. Consejería de Agricultura y Pesca.
- Rodríguez, H. (2012). *Inundaciones En Zonas Urbanas. Medidas Preventivas Y Correctivas, Acciones Estructurales y No Estructurales*. Cuernavaca: Universidad Nacional Autónoma de México. Campus Morelos.
- Rodríguez, J., Rodríguez, J., Gómez, E., Ullat, F., & Castro, D. (s.f.). *SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE*. Cantabria: GITECO. Escuela de Caminos, Canales y Puerstos de Santander. Universidad de Cantabria.



- Rojas, M. (2017). *Análisis hidráulico de un sistema de drenaje urbano para el control de inundaciones, aplicando medidas sostenibles. Subcuenca del Colector Caicedo, Ciudad de Quito*. Quito, Ecuador: Universidad Central del Ecuador.
- Ruiz, G., Pena, V., & Cardoso, P. (2018). *DISEÑO DE SISTEMA PARA EL APROVECHAMIENTO DE AGUA LLUVIA Y AHORRO DE AGUA POTABLE EN EL COLEGIO LA NUEVA ESPERANZA DEL MUNICIPIO DE LA CALERA – CUNDINAMARCA*. BOGOTA D.C., COLOMBIA: UNIVERSIDAD LA GRANCOLOMBIA-FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL.
- Silva, A. (2019). *Desalinización De Agua De Mar. Implicancias Jurídicas En Chile*. Santiago, Chile: Universidad de Chile.
- UNESCO. (2019). *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos. NO DEJAR A NADIE ATRÁS*. París: Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, 7, place de Fontenoy, 75352 París 07 SP, Francia. ONU-Agua. Obtenido de <https://es.unesco.org/water-security/wwap/wwdr/2019#download>
- Valle, W., & Méndez, H. (2015). *El Medio Ambiente Y Los Recursos Naturales*.
- Verdemar. (4 de Octubre de 2018). Mal funcionamiento de la red de alcantarillado de La Línea. *Ecologistas en acción*. Recuperado el 4 de Marzo de 2021, de <https://www.ecologistasenaccion.org/106705/mal-funcionamiento-de-la-red-de-alcantarillado-de-la-linea/>





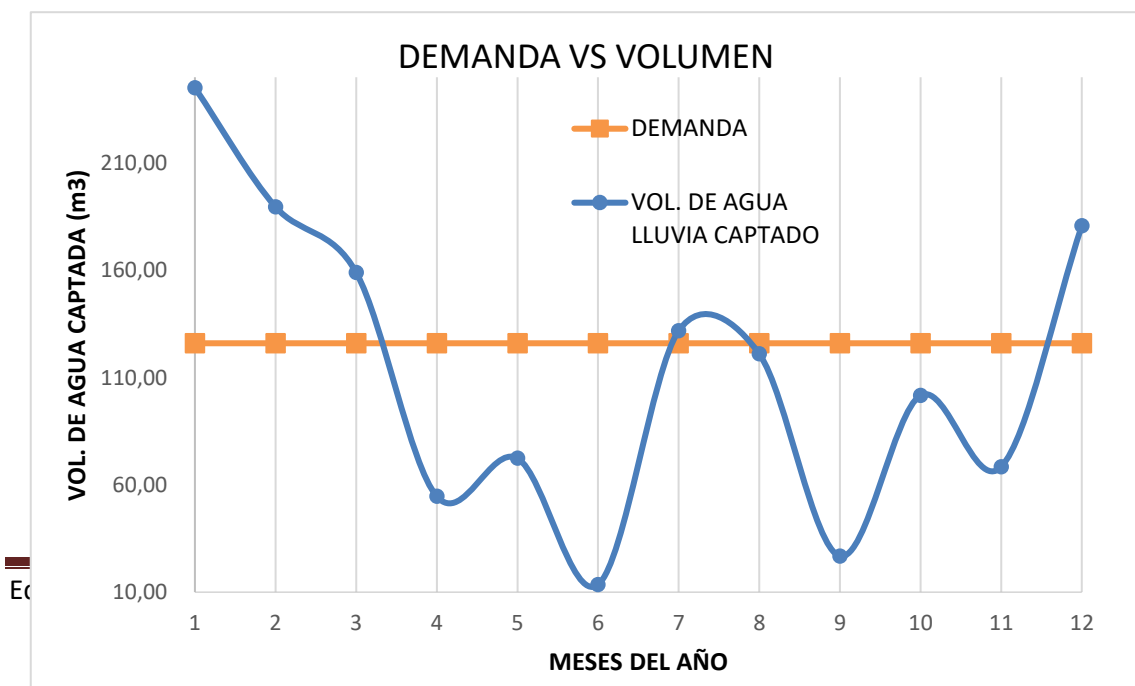
## 6 ANEXOS

### 6.1 Análisis de escenarios

#### 6.1.1 Análisis del año más seco

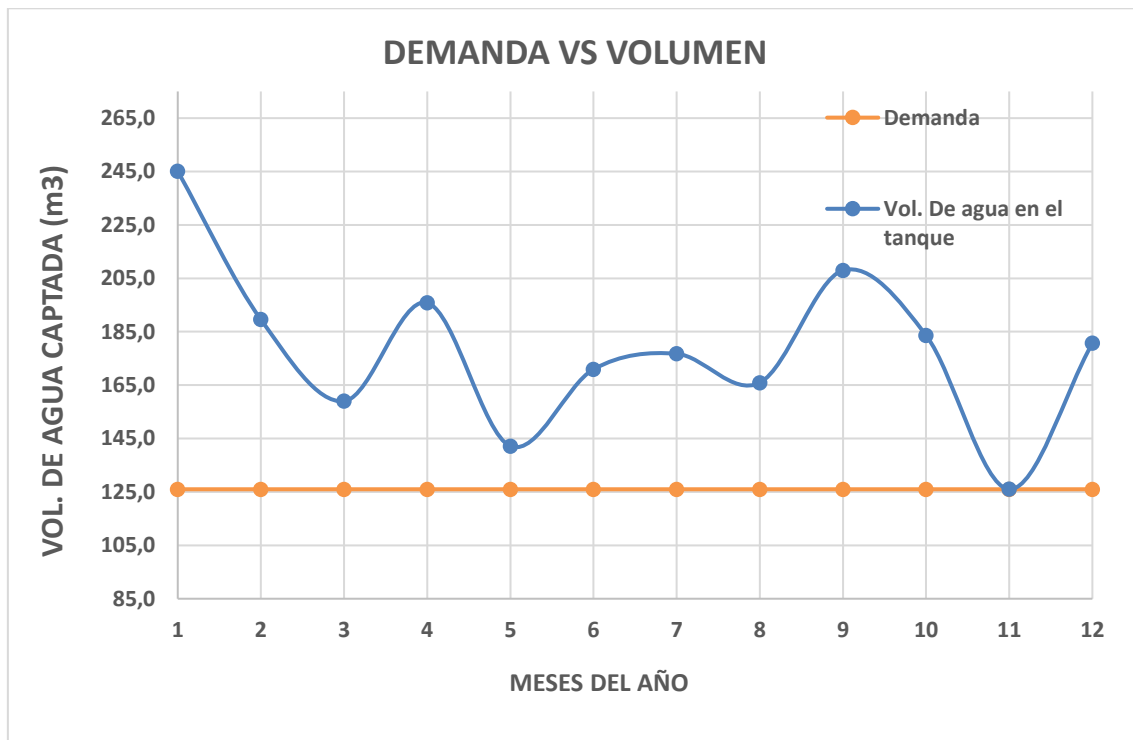
Tipo de edificación	Unidad	Dotación	Numero	Litros (L/día)
Servicios sanitarios públicos	L/mueble sanitario/día	300	21	6300
			<b>Total</b>	6300
			<b>Volumen (m3)</b>	6.3

MES	Precipitación (mm)	Demanda	Vol. de captación (V)	Diferencia
MARZO	114.00	126.00	234.75	108.75
ABRIL	35.00	126.00	70.47	-55.53
MAYO	47.00	126.00	95.43	-30.57
JUNIO	11.50	126.00	21.60	-104.40
JULIO	35.90	126.00	72.34	-53.66
AGOSTO	7.60	126.00	13.49	-112.51
SEPTIEMBRE	64.50	126.00	131.82	5.82
OCTUBRE	56.50	126.00	115.18	-10.82
NOVIEMBRE	14.00	126.00	26.80	-99.20
DICIEMBRE	50.00	126.00	101.67	-24.33
ENERO	34.00	126.00	68.39	-57.61
FEBRERO	88.00	126.00	180.69	54.69





MES	PRECIPITACIÓN (mm)	DEMANDA (m3)	VOL. CAPTADO (m3)	DIFERENCIA (m3)	VOLUMEN. AGUA EN TANQUE (m3)	AGUA POTABLE (m3)	RESERVA (m3)	POTENCIAL AHORRO DE AGUA SIN AGUA POTABLE (%)	POTENCIAL AHORRO DE AGUA CON AGUA POTABLE (%)
MARZO	114.00	126.00	234.75	108.75	245.10		119.10	186.31	194.52
ABRIL	35.00	126.00	70.47	-55.53	189.57		63.57	55.93	150.45
MAYO	47.00	126.00	95.43	-30.57	159.00		33.00	75.74	126.19
JUNIO	11.50	126.00	21.60	-104.40	195.84	141.24	69.84	17.15	155.43
JULIO	35.90	126.00	72.34	-53.66	142.19		16.19	57.42	112.85
AGOSTO	7.60	126.00	13.49	-112.51	170.92	141.24	44.92	10.71	135.65
SEPTIEMBRE	64.50	126.00	131.82	5.82	176.74		50.74	104.62	140.27
OCTUBRE	56.50	126.00	115.18	-10.82	165.92		39.92	91.41	131.68
NOVIEMBRE	14.00	126.00	26.80	-99.20	207.97	141.24	81.97	21.27	165.05
DICIEMBRE	50.00	126.00	101.67	-24.33	183.63		57.63	80.69	145.74
ENERO	34.00	126.00	68.39	-57.61	126.02		0.00	54.28	100.02
FEBRERO	88.00	126.00	180.69	54.69	180.69		54.69	143.40	143.40
							PROMEDIO	74.91	141.77

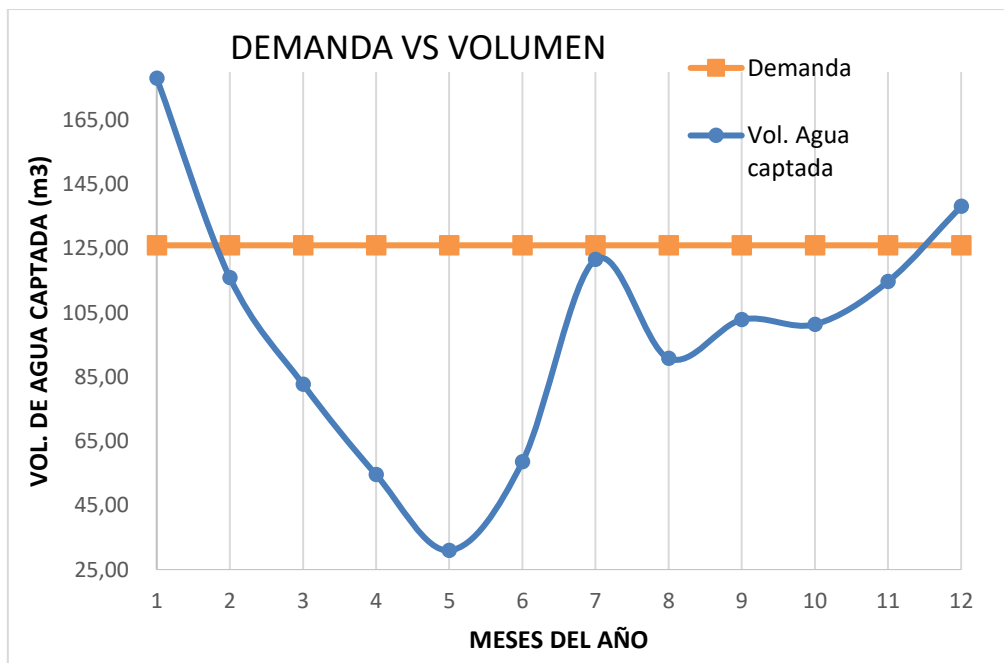




### 6.1.2 Mitad de área (Área: 1155.29 m<sup>2</sup>)

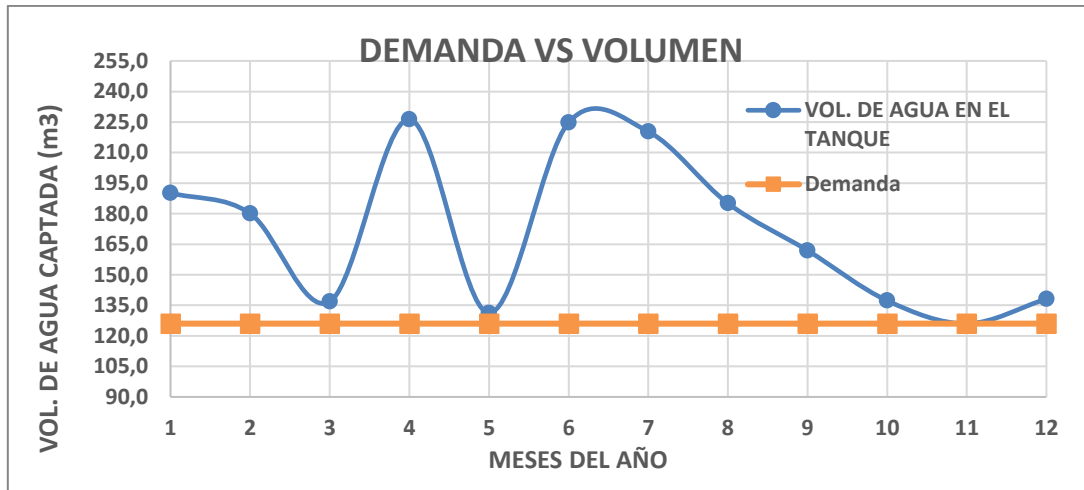
Tipo de edificación	Unidad	Dotación	Numero	Litros (L/día)
Servicios sanitarios públicos	L/mueble sanitario/día	300	21	6300
			<b>Total</b>	6300
			<b>Volumen (m<sup>3</sup>)</b>	6.3

MES	Precipitación (mm)	Demanda (m <sup>3</sup> )	Vol. de captación (V) (m <sup>3</sup> )	Diferencia (m <sup>3</sup> )
ABRIL	171.23	126.00	178.04	52.04
MAYO	111.47	126.00	115.90	-10.10
JUNIO	79.58	126.00	82.74	-43.26
JULIO	52.45	126.00	54.54	-71.46
AGOSTO	29.79	126.00	30.97	-95.03
SEPTIEMBRE	56.31	126.00	58.55	-67.45
OCTUBRE	116.90	126.00	121.55	-4.45
NOVIEMBRE	87.30	126.00	90.77	-35.23
DICIEMBRE	98.90	126.00	102.83	-23.17
ENERO	97.50	126.00	101.38	-24.62
FEBRO	110.32	126.00	114.71	-11.29
MARZO	132.85	126.00	138.13	12.13





MES	Precipitación (mm)	DEMANDA (m3)	VOL. CAPTADO (m3)	DIFERENCIA (m3)	VOLUMEN. AGUA EN TANQUE (m3)	AGUA POTABLE (m3)	RESERVA (m3)	POTENCIAL AHORRO DE AGUA SIN AGUA POTABLE (%)	POTENCIAL AHORRO DE AGUA CON AGUA POTABLE (%)
ABRIL	171.23	126.00	178.04	52.04	190.17		64.17	141.30	150.93
MAYO	111.47	126.00	115.90	-10.10	180.07		54.07	91.99	142.92
JUNIO	79.58	126.00	82.74	-43.26	136.82		10.82	65.67	108.59
JULIO	52.45	126.00	54.54	-71.46	226.29	160.94	100.29	43.28	179.60
AGOSTO	29.79	126.00	30.97	-95.03	131.27		5.27	24.58	104.18
SEPTIEMBRE	56.31	126.00	58.55	-67.45	224.77	160.95	98.77	46.47	178.39
OCTUBRE	116.90	126.00	121.55	-4.45	220.32		94.32	96.47	174.85
NOVIEMBRE	87.30	126.00	90.77	-35.23	185.09		59.09	72.04	146.89
DICIEMBRE	98.90	126.00	102.83	-23.17	161.92		35.92	81.61	128.51
ENERO	97.50	126.00	101.38	-24.62	137.30		11.30	80.46	108.96
FEBRERO	110.32	126.00	114.71	-11.29	126.00		0.00	91.04	100.00
MARZO	132.85	126.00	138.13	12.13	138.13		12.13	109.63	109.63
Promedio								78.71	136.12



### 6.1.3 Cálculo de las longitudes equivalentes de cada tramo de tubería.

CÁLCULO DE LA LONGITUD EQUIVALENTE (Le) EN CADA TRAMO DEL SISTEMA									
SEGUNDA PLANTA ALTA									
Tramo:	Aparato Sanitario	Accesorio	Cantidad	Factor A	Factor B	d (mm)	Le. parcial (m)	Le. (m)	Le. total (m)
A-B	Inodoro de Fluxómetro	Codo 90°	2	0.52	0.04	25	0.37	0.73	0.83
		Llave de paso	0	0.17	0.03	25	0.13	0.00	
		Reducción	1	0.15	0.01	25	0.10	0.10	
B-C	Inodoro de Fluxómetro	Codo 90°	2	0.52	0.04	25	0.37	0.73	2.09
		Llave de paso	0	0.17	0.03	25	0.13	0.00	
		Tee salida bilateral	1	1.56	0.37	25	1.26	1.26	
		Reducción	1	0.15	0.01	25	0.10	0.10	
C-D	No 7.35 a 3.45	Codo 90°	2	0.52	0.04	25	0.37	0.73	0.73
PRIMERA PLANTA ALTA									



E-F	Inodoro flux.	Codo 90º	2	0.52	0.04	25	0.37	0.73	0.83
		Llave de paso	0	0.17	0.03	25	0.13	0.00	
		Reducción	1	0.15	0.01	25	0.10	0.10	
F-D	Inodoro flux.	Codo 90º	1	0.52	0.04	25	0.37	0.37	1.73
		Llave de paso	0	0.17	0.03	25	0.13	0.00	
		Tee salida bilateral	1	1.56	0.37	25	1.26	1.26	
		Reducción	1	0.15	0.01	25	0.10	0.10	
D-G	Tubería	Tee salida bilateral	1	1.56	0.37	25	1.26	1.26	1.26
I-J	Urinario	Codo 90º	3	0.52	0.04	20	0.30	0.89	2.03
		Llave de paso	0	0.17	0.03	20	0.11	0.00	
		Tee salida bilateral	1	1.56	0.37	20	1.06	1.06	
		Reducción	1	0.15	0.01	20	0.08	0.08	
J-K	Urinario	Codo 90º	3	0.52	0.04	20	0.30	0.89	2.03
		Llave de paso	0	0.17	0.03	20	0.11	0.00	
		Tee salida bilateral	1	1.56	0.37	20	1.06	1.06	
		Reducción	1	0.15	0.01	20	0.08	0.08	
K-L	Urinario	Codo 90º	3	0.52	0.04	20	0.30	0.89	2.03
		Llave de paso	0	0.17	0.03	20	0.11	0.00	
		Tee salida bilateral	1	1.56	0.37	20	1.06	1.06	
		Reducción	1	0.15	0.01	20	0.08	0.08	
L-M	Inodoro	Codo 90º	2	0.52	0.04	25	0.37	0.73	2.09
		Llave de paso	0	0.17	0.03	25	0.13	0.00	
		Tee salida bilateral	1	1.56	0.37	25	1.26	1.26	
		Reducción	1	0.15	0.01	25	0.10	0.10	
M-N	Inodoro	Codo 90º	2	0.52	0.04	50	0.70	1.41	3.89
		Llave de paso	0	0.17	0.03	50	0.24	0.00	
		Tee salida bilateral	1	1.56	0.37	50	2.28	2.28	
		Reducción	1	0.15	0.01	50	0.20	0.20	
N-O	Inodoro	Codo 90º	2	0.52	0.04	50	0.70	1.41	3.89
		Llave de paso	0	0.17	0.03	50	0.24	0.00	
		Tee salida bilateral	1	1.56	0.37	50	2.28	2.28	
		Reducción	1	0.15	0.01	50	0.20	0.20	
O-P	Inodoro	Codo 90º	2	0.52	0.04	50	0.70	1.41	3.89
		Llave de paso	0	0.17	0.03	50	0.24	0.00	
		Tee salida bilateral	1	1.56	0.37	50	2.28	2.28	
		Reducción	1	0.15	0.01	50	0.20	0.20	
P-Q	Inodoro	Codo 90º	2	0.52	0.04	50	0.70	1.41	6.16
		Llave de paso	0	0.17	0.03	50	0.24	0.00	
		Tee salida bilateral	2	1.56	0.37	50	2.28	4.55	
		Reducción	1	0.15	0.01	50	0.20	0.20	
Q-R	Inodoro	Codo 90º	4	0.52	0.04	50	0.70	2.81	5.29
		Llave de paso	0	0.17	0.03	50	0.24	0.00	
		Tee salida bilateral	1	1.56	0.37	50	2.28	2.28	
		Reducción	1	0.15	0.01	50	0.20	0.20	

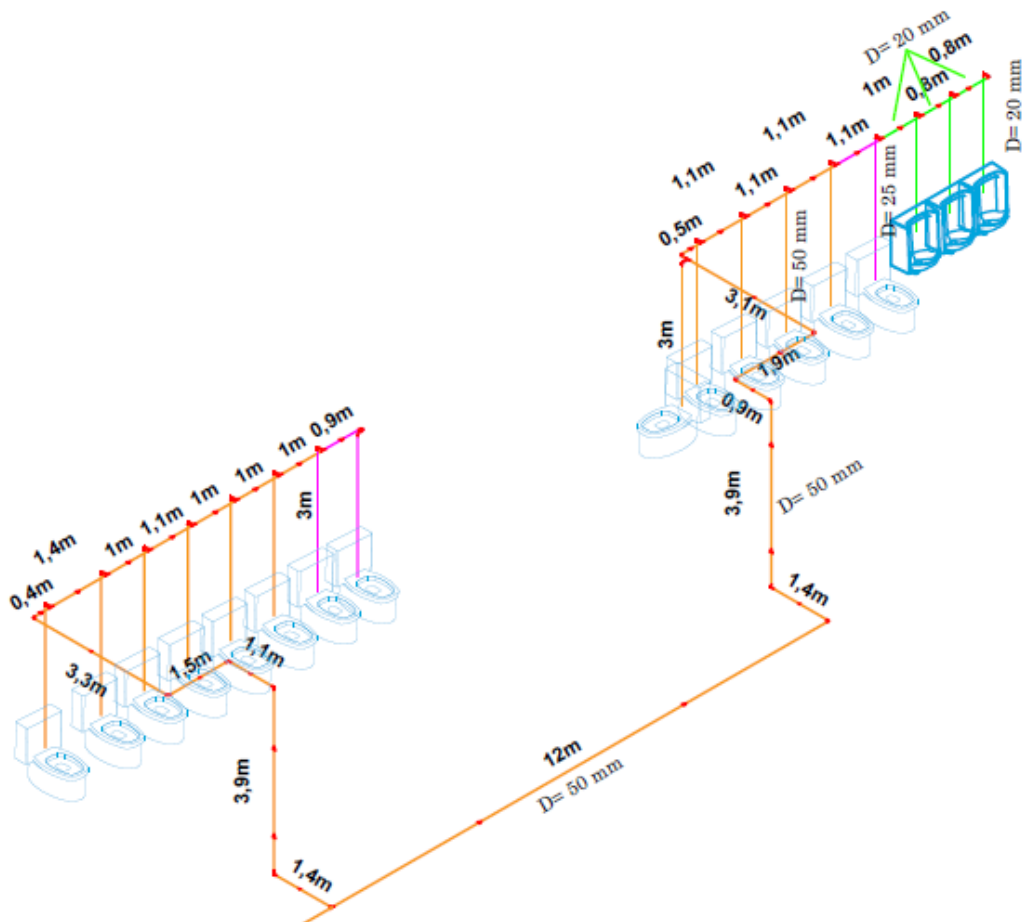


R-S	Tubería bajante nivel 3.45 a 0	Codo 90º	3	0.52	0.04	50	0.70	2.11	4.63
		Llave de paso	1	0.17	0.03	50	0.24	0.24	
		Tee salida bilateral	1	1.56	0.37	50	2.28	2.28	
		Reducción	0	0.15	0.01	50	0.20	0.00	
T-U	Inodoro	Codo 90º	4	0.52	0.04	25	0.37	1.46	1.56
		Llave de paso	0	0.17	0.03	25	0.13	0.00	
		Tee salida bilateral	0	1.56	0.37	25	1.26	0.00	
		Reducción	1	0.15	0.01	25	0.10	0.10	
U-V	Inodoro	Codo 90º	2	0.52	0.04	25	0.37	0.73	2.09
		Llave de paso	0	0.17	0.03	25	0.13	0.00	
		Tee salida bilateral	1	1.56	0.37	25	1.26	1.26	
		Reducción	1	0.15	0.01	25	0.10	0.10	
V-W	Inodoro	Codo 90º	2	0.52	0.04	50	0.70	1.41	3.89
		Llave de paso	0	0.17	0.03	50	0.24	0.00	
		Tee salida bilateral	1	1.56	0.37	50	2.28	2.28	
		Reducción	1	0.15	0.01	50	0.20	0.20	
W-X	Inodoro	Codo 90º	2	0.52	0.04	50	0.70	1.41	3.89
		Llave de paso	0	0.17	0.03	50	0.24	0.00	
		Tee salida bilateral	1	1.56	0.37	50	2.28	2.28	
		Reducción	1	0.15	0.01	50	0.20	0.20	
X-Y	Inodoro	Codo 90º	2	0.52	0.04	50	0.70	1.41	3.89
		Llave de paso	0	0.17	0.03	50	0.24	0.00	
		Tee salida bilateral	1	1.56	0.37	50	2.28	2.28	
		Reducción	1	0.15	0.01	50	0.20	0.20	
Y-Z	Inodoro	Codo 90º	2	0.52	0.04	50	0.70	1.41	3.89
		Llave de paso	0	0.17	0.03	50	0.24	0.00	
		Tee salida bilateral	1	1.56	0.37	50	2.28	2.28	
		Reducción	1	0.15	0.01	50	0.20	0.20	
Z-Z1	Inodoro	Codo 90º	2	0.52	0.04	50	0.70	1.41	3.89
		Llave de paso	0	0.17	0.03	50	0.24	0.00	
		Tee salida bilateral	1	1.56	0.37	50	2.28	2.28	
		Reducción	1	0.15	0.01	50	0.20	0.20	
Z1-Z2	Inodoro	Codo 90º	5	0.52	0.04	50	0.70	3.52	6.00
		Llave de paso	0	0.17	0.03	50	0.24	0.00	
		Tee salida bilateral	1	1.56	0.37	50	2.28	2.28	
		Reducción	1	0.15	0.01	50	0.20	0.20	
Z2-S	Tubería bajante nivel 3.45 a 0	Codo 90º	2	0.52	0.04	50	0.70	1.41	1.65
		Llave de paso	1	0.17	0.03	50	0.24	0.24	
		Tee salida bilateral	0	1.56	0.37	50	2.28	0.00	
		Reducción	0	0.15	0.01	50	0.20	0.00	
S-H	Tubería	Tee salida bilateral	1	1.56	0.37	50	2.28	2.28	2.28
G-H	Tubería	Codo 90º	2	0.52	0.04	50	0.70	1.41	1.65
		Tee salida bilateral	0	1.56	0.37	50	2.28	0.00	
		Llave de paso	1	0.17	0.03	50	0.24	0.24	

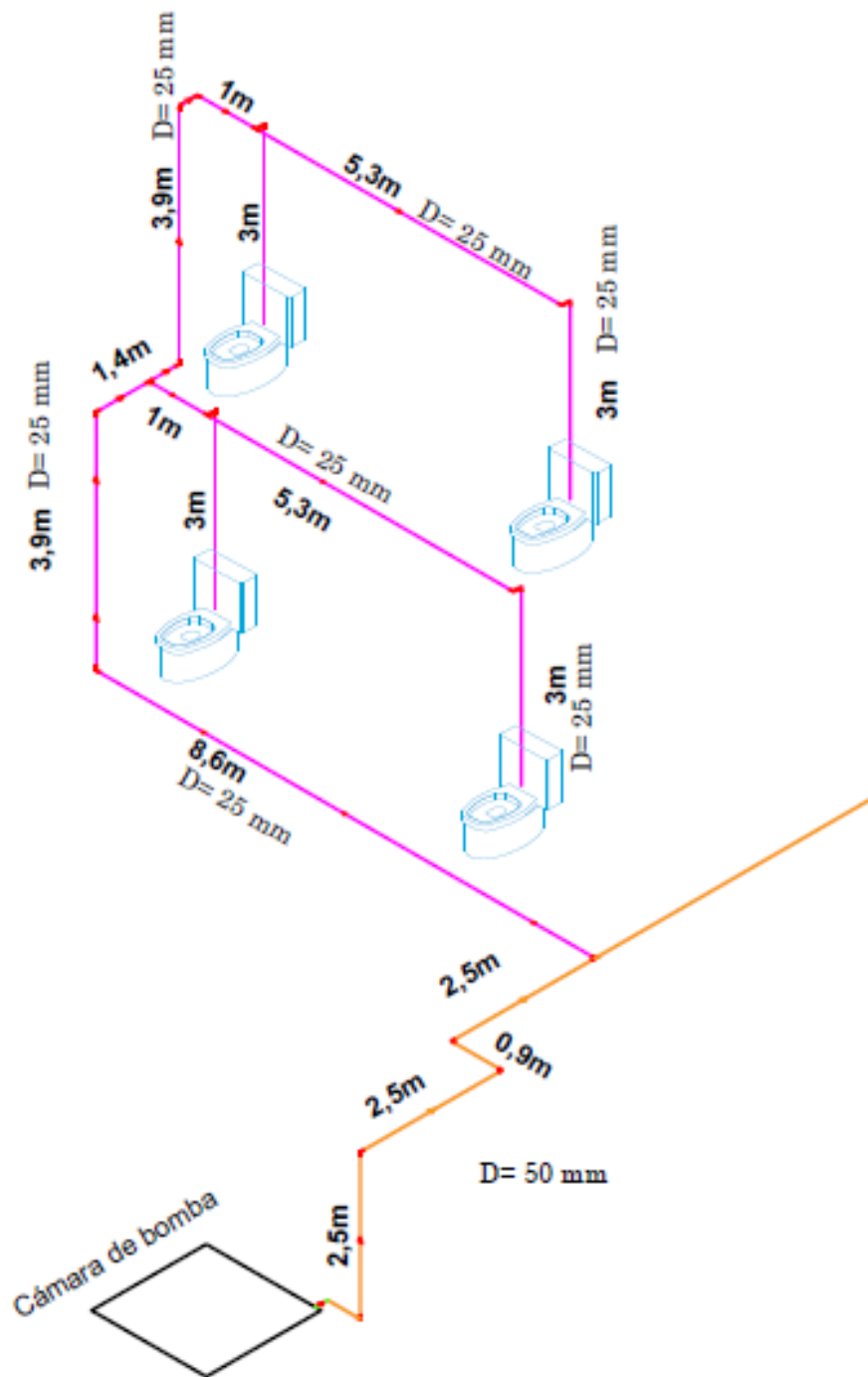
H-Z3	Tubería	Codo 90°	2	0.52	0.04	50	0.70	1.41	3.92
		Tee salida bilateral	1	1.56	0.37	50	2.28	2.28	
		Llave de paso	1	0.17	0.03	50	0.24	0.24	
Z3-BOMBA	Tubería	Codo 90°	4	0.52	0.04	50	0.70	2.81	3.06
		Tee salida bilateral	0	1.56	0.37	50	2.28	0.00	
		Llave de paso	1	0.17	0.03	50	0.24	0.24	

Fuente: Edición propia.

#### 6.1.4 Isometría de la red de distribución (Planta Baja y Plata Alta).



Fuente: Edición propia (Planta Baja).



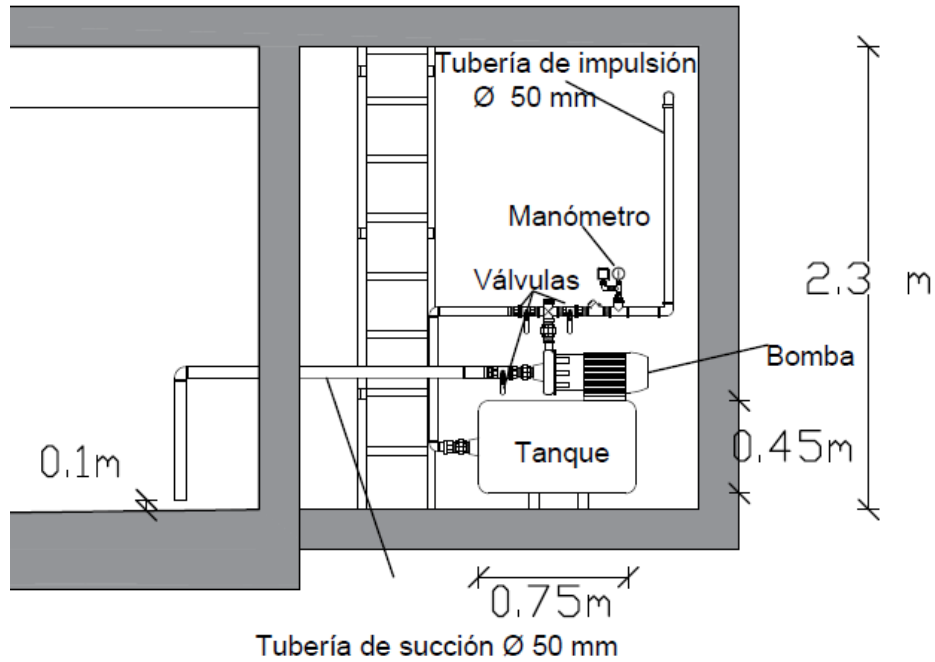
Fuente: Edición propia (Planta baja y alta).



### 6.1.5 Detallamiento del sistema hidroneumático.

## Cámara de bomba


esc: 1:40



Fuente: Edición propia.



## ANÁLISIS DE LABORATORIO 1



**UNIVERSIDAD DE CUENCA**  
FACULTAD DE INGENIERIA  
LABORATORIO DE INGENIERIA SANITARIA

**UNIVERSIDAD DE CUENCA**  
FACULTAD DE INGENIERIA  
LABORATORIO DE INGENIERIA SANITARIA


RESULTADOS DE ANALISIS FISICO-QUIMICO Y MICROBIOLOGICO DE AGUA			
Muestra Procedencia:	Agua lluvia.- Balzay.- Cantón Cuenca.- Provincia del Azuay		
Tipo de Fuente:	Agua lluvia		
Fecha de Toma:	18 de febrero de 2021		
Fecha de Análisis:	18 de febrero de 2021		
Análisis solicitado por:	Tesisistas Sr. Edisson Romero - Sr. Edisson Vega		
Descripción:	Drenaje sostenible aplicado a la edificación del aula de Ciencias Básicas en el campus Balzay		

PARÁMETROS	Agua lluvia	UNIDAD	OBSERVACIONES
<b>PARÁMETROS FÍSICOS</b>			
TEMPERATURA		°C	in situ
TURBEDAD	1,51	NTU, FTU	
COLOR APARENTE	22,0	UC, Pt Co	
COLOR REAL	15,0	UC, Pt Co	
CONDUCTIVIDAD	10,3	microsiemens/ cm	
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	6,8	mg/l	por cálculo
<b>PARÁMETROS QUÍMICOS</b>			
pH	6,9		
ALCALINIDAD TOTAL	2,4	mg/l, CaCO <sub>3</sub>	
ALCALINIDAD F.	0,0	mg/l, CaCO <sub>3</sub>	
DUREZA TOTAL	7,2	mg/l, CaCO <sub>3</sub>	
Ca <sup>++</sup>	2,2	mg/l	
Mg <sup>++</sup>	0,4	mg/l	por cálculo
HIERRO TOTAL	0,02	mg/l	
MANGANESO	0,1	mg/l	
COBRE LIBRE	0,0	mg/l	
SILICIO	10,9	mg/l	
TANINOS Y LIGNINAS	3,3	mg/l	
ORTOFOSFATOS DISUELTOS	0,002	mg/l	como Fósforo
CLORUROS	2,0	mg/l	
SULFATOS	0,21	mg/l	
N. NITRITOS	22,73	ug/l	como Nitrógeno
N. NITRATOS	0,101	mg/l	como Nitrógeno
<b>PARÁMETROS BIOLÓGICOS</b>			
AEROBIOS MESOFÍLOS	60,0	U.F.C./ml	35°C, 24H
PSEUDOMONA AERUGINOSA	2,0	U.F.C./100ml	35°C, 24H
MOHOS Y LEVADURAS	0,0	U.F.C./ml	35°C, 5D
COLIFORMES TOTALES	45,0	U.F.C./100ml	35°C, 24H
E. COLI	0,0	U.F.C./100ml	35°C, 24H

**Observaciones:** Si se garantiza la esterilidad de los recipientes durante la recolección de la muestra, la contaminación con bacterias coliformes puede deberse a aquellas que proliferan en la atmósfera que fueron levantadas, junto con partículas de polvo y generalmente arrastradas por la precipitación; esto también sería la causa de un valor relativamente alto de la turbiedad.

Responsable:

  
**Dra. Guinevere Paredi C.**  
**DIRECTORA DE LABORATORIO**

UNIVERSIDAD DE CUENCA  
 Facultad de Ingeniería  
 LABORATORIO DE  
 INGENIERIA SANITARIA

Av. 2 de Mayo y Av. 10 de Agosto, Cuenca (Ecuador) | Tel: 46 244 31100 | 3111000 | 3111000 | Fax: 46 244 31111 | Calle 600/60 | www.ucc.edu.ec | Cuenca - Ecuador



## ANÁLISIS DE LABORATORIO 2

UCUENCA

UNIVERSIDAD DE CUENCA


FACULTAD DE INGENIERIA  
LABORATORIO DE INGENIERIA SANITARIA

## RESULTADOS DE ANALISIS FISICO-QUIMICO Y MICROBIOLÓGICO DE AGUA

Muestra Procedencia:	Agua lluvia.- Balzay.- Cantón Cuenca.- Provincia del Azuay
Tipo de Fuente:	Agua lluvia
Fecha de Toma:	02 de diciembre de 2021
Fecha de Análisis:	02 de diciembre de 2021
Análisis solicitado por:	Tesistas Sr. Edisson Romero - Sr. Edisson Vega
Drenaje sostenible aplicado a la edificación del aula de Ciencias Básicas en el campus Balzay	

PARÁMETROS	Agua lluvia	UNIDAD	OBSERVACIONES
<b>PARÁMETROS FÍSICOS</b>			
TEMPERATURA		°C	in situ
TURBIEDAD	0,965	NTU, FTU	
COLOR APARENTE	8,0	UC, Pt Co	
COLOR REAL	5,0	UC, Pt Co	
CONDUCTIVIDAD	12,5	microsiemens/ cm	
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES	8,3	mg/l	por cálculo
<b>PARÁMETROS QUÍMICOS</b>			
pH	6,5		
ALCALINIDAD TOTAL	5,0	mg/l, CaCO <sub>3</sub>	
ALCALINIDAD F.	0,0	mg/l, CaCO <sub>3</sub>	
DUREZA TOTAL	9,0	mg/l, CaCO <sub>3</sub>	
Ca <sup>++</sup>	1,4	mg/l	
Mg <sup>++</sup>	1,4	mg/l	por cálculo
HIERRO TOTAL	0,01	mg/l	
MANGANESO	0,003	mg/l	
COBRE II LIBRE	0,0	mg/l	
ALUMINIO	0,001		
SILICIO	9,1	mg/l	
TANINOS Y LIGNINAS	1,9	mg/l	
ORTOFOSFATOS DISUELTOS	0,047	mg/l	como Fósforo
CLORUROS	2,0	mg/l	
SULFATOS	0,26	mg/l	
N. NITRITOS	2,38	ug/l	como Nitrógeno
N. NITRATOS	0,205	mg/l	como Nitrógeno
<b>PARÁMETROS BIOLÓGICOS</b>			
AEROBIOS MESOFILOS	2,0	U.F.C./ml	35°C. 24H
PSEUDOMONA AERUGINOSA	0,0	U.F.C./100ml	35°C. 24H
MOHOS Y LEVADURAS	0,0	U.F.C./ml	35°C. 5D
COLIFORMES TOTALES	2,2	N.M.P./100ml	35°C. 24H
E. COLI	<1,1	N.M.P./100ml	35°C. 24H

Responsable:



Dra. Guillermina Pauta C.  
DIRECTORA DE LABORATORIO



CAMPUS CENTRAL  
Av. 12 de Abril y Agustín Cueva  
Telf: (+593 - 7) 405 - 1000  
Cuenca - Ecuador

[www.ucuenca.edu.ec](http://www.ucuenca.edu.ec)