

**PROPUESTA DE MEJORA DEL SISTEMA DE REUTILIZACION DE AGUA
LLUVIA PARA LA INSTITUCION EDUCATIVA LA FUENTE TOCANCIPA
COLOMBIA**

Pablo Eliecer Gonzalez Bejarano y Johan Alfredo Matoma Flores

Facultad de ingeniería, Fundación Universitaria Agraria De Colombia – Uniagraria

Ingeniería industrial

Tutor

Yesón Eduardo Conejo Sandoval

Bogotá.

20 de marzo de 2024

contenido

Resumen	8
Abstract	9
Formulación Del Problema	10
Justificación	13
Objetivos	15
Objetivo General.	15
Objetivos Específicos.	15
Marco Referencial	15
Estado del Arte:	15
Marco Histórico y Geográfico	18
Geográfico	19
Marco Teórico	21
Marco Conceptual	27
Marco Legal	33
Diseño Metodológico	35
Fases Del Proyecto	37
Metodología objetivo específico 1	37

Metodología objetivo específico 2	38
Metodología objetivo específico 3	39
Desarrollo Metodológico.....	40
Desarrollo Del Objetivo 1	40
<i>Ishikawa</i>	43
<i>Matriz Dofa</i>	46
<i>Proceso actual de la captación del agua.</i>	51
<i>Caracterización Del Sistema De Recolección De Aguas Lluvias</i>	52
<i>Diagrama De Proceso Actual</i>	54
<i>Tiempos Y Movimientos</i>	55
<i>Diagrama De Gantt</i>	57
Desarrollo Objetivo 2	58
Desarrollo Del Objetivo 3	65
Proceso De Mejora	66
<i>Demanda De Agua Potable</i>	75
Modelo De Costo Beneficio	79
<i>Mantenimiento Periódicos</i>	81
Recursos Disponibles	82

<i>Análisis De Costos</i>	82
Costo Total Del Proyecto	85
Dinero Ahorrado Por La Implementación Del Sistema De Recolección De Agua Lluvia	86
CONCLUSIONES	91
Conclusiones Objetivo 1.....	91
Conclusiones Objetivo 2.....	91
Conclusiones de Objetivo 3.....	92
Recomendaciones.....	93
Bibliografía	94

figuras

Figure 1.MUNICIPIO DE TOCANCIPA	20
Figure 3. VEREDAS DEL MUNICIPIO DE TOCANCIPA.....	20
Figure 4.CICLO DEL AGUA	29
Figure 5.MODELO DE CAPTACIÓN DE AGUA	30
Figure 6.AREA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA LLUVIA	41
Figure 7. ISHIKAWA	43
Figure 8.DOFA	46
Figure 9.PROCESO ACTUAL DE LA CAPTACIÓN DEL AGUA.	51
Figure 10.DIAGRAMA DE PROCESO ACTUAL.....	54
Figure 11.TIEMPOS Y MOVIMIENTOS.....	55
Figure 12.DIAGRAMA SISTEMA DE RECOLECCION DE AGUAS LLUVIAS.....	63
Figure 13.DIAGRAMA DEL PROCESO DE MEJORA	67
Figure 14.CONSUMO DE GAUA POTABLE	100

Tablas

Tabla 1	34
Tabla 2	37
Tabla 3 objetivo 2.....	38
Tabla 4	39
Tabla 5 Caracterización Del Sistema De Recolección De Aguas Lluvias	52
Tabla 6 Tiempos Y Movimientos.....	56
Tabla 7	57
Tabla 8 Proceso De Mejora.....	68
Tabla 9	73
Tabla 10 Consumo De Agua	76
Tabla 11	76
Tabla 12 Resultados De Análisis	77
Tabla 13	80
Tabla 14	84
Tabla 15 costos de recurso humano	85
Tabla 16	85
Tabla 17 valor actual neto del sistema de aprovechamiento de agua lluvia de los primeros 10 años	88
Tabla 18 Cálculo de la tasa interna de retorno (TIR) para el sistema de aprovechamiento de agua.....	88

GRAFÍAS

Grafica 1	70
Grafica 2 promedio precipitaciones día mes 2010 al 219	71
Grafica 3 Pluviosidad máximos y mínimos	72
Grafica 4 Volumen de almacenamiento	78
Grafica 5	79
Grafica 6	87

Resumen

El reciclaje de agua lluvia, es una actividad que ayuda a generar ganancias monetarias como ambientales, debido a que entre menos se consume agua potable para temas de aseo, más va hacer el ahorro por lo que se paga por este líquido tan preciado y en relación con el medio ambiente contribuye a la reducción de excesos de agua lluvia en los afluentes, canales de aguas lluvias y ríos. El cual contribuye a la reducción de inundaciones.

En esta monografía, se propone una mejora a la estructura de reciclaje de agua lluvia, la cual está establecida en el colegio la fuente de Tocancipá a la cual se realizaron cálculos relacionados con la pluviosidad de la zona, área de captación de agua, capacidad de almacenamiento. El sistema de almacenamiento es electrónicamente basado en sensores, de esta forma ayudando el medio ambiente y a su vez a la economía del colegio en el cual las ganancias se ven reflejadas a mediano plazo.

Abstract

Rainwater recycling is an activity that helps generate monetary and environmental gains because the less drinking water is consumed for toiletries, the more savings will be made for what is paid for this precious liquid and in relation to the environment contributes to the reduction of excess rainwater in tributaries, rainwater channels, rivers which contributes to the reduction of floods.

This monograph proposes an improvement to the rainwater recycling structure already established at the school, the source where calculations related to the rainfall of the area, water collection area, storage capacity were carried out with an electronically based system on sensors. in this way helping the environment and in turn the economy of the school in which the profits are reflected in the medium term.

Formulación Del Problema

Solo el 3.5% del agua en la tierra es dulce y de este porcentaje el 70% está congelada en los polos y en los glaciales, el 29% está en pozos y solo el 1% de la tierra recorre las cuencas hidrográficas en forma de ríos, arroyos, quebradas, por el mal uso del agua. En la actualidad el mundo atraviesa por un estrés hidrográfico, como consecuencia el agua cada vez es menos apta para el consumo humano. En algunas regiones del mundo hay escases de agua debido a la deforestación sin control, lo cual provoca la sequía de ríos y lagunas debido a que los árboles retienen y humedecen el suelo. Esto causa que el clima sea inestable, donde podemos vivir inviernos y veranos muy prolongados, alterando el ecosistema que seres humanos, animales y fauna, que se requieren para poder sobrevivir. (iagua, 2018).

Colombia cuenta con una gran riqueza hídrica, tiene el 5% del recurso hídrico en el mundo, sin embargo, esta riqueza no está totalmente bien distribuida a lo largo del país, por lo que tenemos temporadas de años húmedos y años secos, los promedios según la valoración del IDEAM. En el país se tiene el 1% total de su territorio es zona árida y el 99% tiene una buena disponibilidad de agua, aunque hay que tener en cuenta los departamentos o ciudades con zonas áridas, según el IDEAM “no hace referente a árida a que no tenga agua”, sino que el recurso hídrico es muy difícil acceso, ya sea por clima térmico o por la cantidad de población entre las cuales tenemos Cali, Neiva, Bogotá, Tunja, Cartagena, Montería, Cúcuta Bucaramanga y la guajira altamente afectada por la alta escasez de este líquido. (IDEAM, 2018)

Si nos centremos en la región de Cundinamarca el cambio climático que se viene presentando, a través del plan regional integral del cambio climático (PRICC), busca contrarrestar el impacto que trae los cambios en el clima, asegurando que se mantenga la calidad de vida, la sostenibilidad productiva y la competitividad. Para esto se depende de la biodiversidad, como son las fuentes de agua y fauna presente en el territorio, al encontrarse alterado, afecta al desarrollo social y cultural perjudicando las actividades que desarrollan cotidianamente. En la región de Bogotá y Cundinamarca la variabilidad climática, ha venido ocasionando cambios en la temperatura de un 0.5°C y disminuyendo la precipitación de hasta un 60% durante el Niño y aumentos de 60% durante la Niña. El abastecimiento del agua y del riesgo de desastres por variabilidad del ciclo hidrológico, han traído cambios en el clima sumado a los factores externos (como deslizamientos, inundaciones e incendios forestales) podría cambiar radicalmente el clima para el 2050.

El municipio de Tocancipá que está ubicado en las siguientes coordenadas geográficas, latitud sur 4.967, colinda con los municipios de Sopo y Guatavita, latitud norte 4° 58' 1", colinda con Zipaquirá y Gachancipá, longitud Este -73.917, colinda con Sopo y longitud Oeste 73°55' 1" colinda con Gachancipá (Municipios de Colombia, NA), este municipio gracias a que es cuenca alta de río Bogotá y que desde hace 20 años es un atractivo para la implementación de actividades (Hugo, 2019), como la industrialización descontrolada, la minería, el uso de derivados del petróleo aumentando gases de efecto invernadero, la urbanización, floricultores y ganadería, provocan alteraciones (Hugo, 2019), como inundaciones, incendios forestales, deslizamientos, cambio en el ciclo hidrológico donde se puede tener precipitaciones fuertes en

periodos cortos. Ha causa de esta problemática nace la necesidad de aprovechar el agua lluvia, como fuente de abastecimiento no solo a la parte urbana, sino también en la parte rural como es el caso de la vereda la fuente donde existe la problemática y surge la pregunta ¿cómo hacer un buen uso del agua lluvia para su aprovechamiento? Se plantea la recolección y el uso eficiente del agua en la Institución Educativa La Fuente, ubicada en el municipio de Tocancipá, con el fin de evitar su desperdicio y aprovecharla en la huerta y otras áreas de las instalaciones del colegio. Aunque la institución cuenta con un sistema de recolección de aguas lluvias, este no se está utilizando de manera óptima. Por ello, se propone un plan de mejora para optimizar su funcionamiento y, de esta manera, mitigar el impacto ambiental. El estudio tiene como objetivo principal mejorar el sistema de recolección de aguas lluvias de la institución.

El problema en la Institución Educativa Departamental La Fuente, en Tocancipá, radica en que su sistema de recolección de aguas lluvias no se aprovecha adecuadamente, lo que provoca el desperdicio del agua y un mayor impacto ambiental. Es necesario mejorar este sistema para optimizar el uso del agua recolectada, mediante las herramientas de la ingeniería industrial y mecatrónica de esta forma reducir el consumo de agua potable y contribuir a la sostenibilidad de la institución.

Justificación

Teniendo en cuenta la problemática que se presenta por el cambio climático y la alteración en el ciclo hidrológico donde principalmente se debe al uso inadecuado y la contaminación a causa de las actividades humanas, provocando gases de efecto invernadero, el aumento de la temperatura promedio, desabastecimiento de agua, porque varias reservas se han secado.

Teniendo en cuenta que el agua es fundamental para el desarrollo social, cultural y económico es una problemática que cada vez se va a hacer mayor si no tomamos medidas y conciencia.

Esto hace pensar que cada vez la reutilización del agua lluvia, sea una alternativa sostenible para mitigar el problema, ya que este se presenta en varios municipios de Colombia donde el acceso al agua de calidad es difícil, por las distintas actividades en las cuales se hace uso del agua. Con un sistema de recolección de aguas lluvias se busca aprovechar este recurso y contribuir así al cuidado del medio ambiente, ya que beneficiaría el ahorro del agua, el acceso a este recurso para así mejorar su calidad de vida (Bravo Arina, 2021).

La captación de aguas lluvias se considera una forma de recolección pura y libres de bacterias, ya que es un proceso natural, el cual sucede en la tierra llamado ciclo hidrológico. Los resultados del análisis que se ha hecho al agua lluvia recolectada de los techos es más limpia que el agua de otras fuentes. Este método de recolección ha sido adoptado en varias partes, donde el suministro de agua convencional ha fallado. (Gonzada, 2015)

En el municipio de Tocancipá, específicamente en la vereda La Fuente, se busca implementar la recolección de aguas lluvias para maximizar el aprovechamiento de este recurso mediante las herramientas de la ingeniería industrial y mecatrónica, y beneficiar a la comunidad educativa del Colegio La Fuente. Este proyecto tiene como objetivo mejorar el sistema de reutilización del agua, permitiendo su uso en la limpieza de zonas comunes, riego de la huerta y servicios sanitarios. Esto no solo contribuirá al ahorro de agua y dinero, sino que también fomentará la conciencia ambiental entre los estudiantes y la comunidad, al tiempo que mitiga la falta de agua en la vereda.

La implementación de este proyecto beneficiará no solo a la institución educativa, sino también a la sociedad en general, al promover prácticas sostenibles y reforzar el compromiso de la Universidad Uniagraria con la responsabilidad ambiental y social.

Objetivos

Objetivo General.

Realizar una propuesta de mejora del sistema de reutilización de agua lluvia para la institución educativa la fuente ubicada en el municipio de Tocancipá.

Objetivos Específicos.

1. Caracterizar el sistema actual de reutilización de agua lluvia para la institución educativa Rural Departamental la Fuente- Tocancipá, a través de herramientas de ingeniería industrial gestión de proyectos.
2. Realizar una propuesta de mejora para el sistema actual de reutilización de agua lluvia a través de herramientas de automatización.
3. Caracterizar la viabilidad financiera de la propuesta de mejora.

Marco Referencial

Estado del Arte:

No se encuentra una fecha exacta de la reutilización de aguas lluvias para el aprovechamiento del hombre, pero a medida que pasan los años, el hombre se da cuenta de la importancia del agua lluvia, buscando nuevos recursos y formas de obtener este líquido preciado por todos los seres vivos.

Pero si nos enfocamos en el uso que le ha dado el hombre al agua ha sido multidinámico en especial para la agricultura, pero esto con lleva a la contaminación de las aguas subterráneas,

debido a los fertilizantes y pesticidas utilizados en la agricultura intensiva, está causando un daño grave al medio ambiente, llevándolo a la pérdida de la biodiversidad, debido al abastecimiento y estabilización de los precios de la canasta familiar, sin darse cuenta que la afectación a la biodiversidad genera cambios climáticos donde se vuelven impredecibles las cosechas debido las temporadas de lluvias y verano con mayor durabilidad en el tiempo, producto de este efecto son las inundaciones o sequias (Org, 2017).

Motivos por los cuales se empezó a pensar en la recolección de agua lluvia, como método de ahorro por lo que no genera gastos para la economía familiar y además es gratuita, el agua lluvia a nivel mundial se empieza a implementar en proyectos de reutilización de aguas lluvias, ya sea en sitios urbanos o rurales, además se empezó a analizar su composición físicas, químicas y biológicas, en esencial su pH (Romero, 2019), para mirar su adaptabilidad para el consumo humano y en sistemas hídricos de las viviendas, pero se han enfocado en la utilización de estas aguas lluvias en usos de sanitarios, aseo de viviendas, riegos de cultivos también se ha mirado hacia la reutilización de aguas grises como son las aguas de las zonas de lavado (ropa, manos, platos) creando pozos sépticos para captación de estas aguas grises. (Sepúlveda, 2019)

También se puede mirar desde otro punto de vista, dejando a un lado la agricultura y si se mira hacia la población urbana, un sistema de reciclaje de agua lluvia es muy eficiente para tener una fuente de dinero extra, en el ahorro del servicio público y además se contribuye al medio ambiente, debido a la reducción de consumo de agua potable, que es un recurso renovable pero limitado. (Carolina, 2018)

El departamento de Cundinamarca solo utiliza un 3% del 69% de aguas lluvias para la agricultura del país, el consumo de agua potable para uso doméstico se redujo en un 7% debido al uso ineficiente del agua esto nos indica que, si las directrices gubernamentales incentivan a implementar sistemas de reutilización de agua lluvia, de esta manera tendremos más agua potable para comunidades donde el agua es escasa. (IDEAM, 2018)

En el proyecto presentado por los estudiantes de la universidad la gran Colombia de la facultad de arquitectura, sobre el mejoramiento de aprovechamiento de aguas lluvias en una casa familiar, conformada por 4 personas, tienen como enfoque el sistema scall. El cual es un sistema que el agua es guiada por gravedad a los puntos requeridos según el proyecto, aunque no cuentan con una tolva de forma de pirámide invertida para la recolección del agua lluvia, con filtros para reducir el nivel de impurezas en el agua utilizaron el techo o recubrimiento superior para la captación del agua por medio de las bajante y al final de esta colocaron los filtros para reducir la cantidad de impurezas, hacia el final del proyecto hacen una comparación del antes y el después de la implementación con relación al consumo de agua potable, reflejada en el recibo generado por la empresa de acueducto de Bogotá. (Libardo & Sneider, 2018)

(Duvan & Carolina, 2018), Tradicionalmente un sistema de aguas residuales, lo componen unos elementos básicos como los son: Captación, interceptor, conducción y almacenamiento. Empleando distintos materiales para la captación del agua lluvia, donde han variado con el transcurso del tiempo haciéndolos económicos y fáciles de manipular. Ahora podemos encontrar sistemas de recolección de aguas lluvias automáticos, donde se involucran otros componentes para hacer este proceso, los elementos que se implementan son actuadores y sensores los cuales

por medio de un controlador permiten hacer estos sistemas de recolección de aguas lluvias eficientes, permitiendo un mayor ahorro en la utilización del agua y en el dinero que se gasta en el sistema de alcantarillado convencional. (Acosta Juna, 2016).

Marco Histórico y Geográfico

Desde la historia de la civilización del hombre, el agua ha sido centro de adoración por nuestros antepasados por lo que genera vida y es vital para la sobrevivencia de todos los seres vivos, cuando el hombre empezó a explotar la agricultura como medio de subsistencia, empezó a evidenciar que la captación de agua, es útil para las épocas de sequía.

Es importante resaltar que las civilizaciones fueron emigrando a otras zonas áridas o con escases de agua y el crecimiento exponencial de sus integrantes, el cual también reduce la cantidad de agua, ve en el agua lluvia una fuente rápida de suplir las necesidades de riego en cultivos y de consumo doméstico.

Donde se han encontrado los orígenes del aprovechamiento del agua lluvia son en las civilizaciones del medio oriente, más exactamente en Roma en los siglos III y IV a. C, estaba conformada por edificaciones unifamiliares, estas edificaciones contaban con un estanque a cielo abierto donde se almacenaba el agua lluvia.

En Israel y Jordania más exactamente en el desierto de Néguev, fueron descubiertos sistemas de captación de agua, que data aproximadamente entre los 8000 y 4000 años de antigüedad, estos sistemas consistían en llevar el agua superficial desde las zonas más altas, hasta las zonas bajas donde la agricultura escanciaba por la falta de líquido, así de esta manera suplían su necesidad.

En América central en la cultura maya en México, en el estado de Yucatán en las montañas puuc sobre el siglo X a. C, donde su sistema de recolección de agua lluvia consistía en hacer agujero en el piso, más o menos de un diámetro de 6m llamados “Chultuns” este sistema tiene una semejanza a una jarra con tapa, debido a su esquema de conformación, (tapa, boca, cuello, y cámara), este sistema abastecía a toda la población y de riego para los cultivos. Gould y Nissen Petersen (Petersen, 1999)

Con el pasar del tiempo el hombre sigue abasteciéndose del agua lluvia en represas para potabilizar el agua o para la generación de energía estas dos las podemos denominar la línea comercial y en la línea de la agricultura los sistemas de captación han sufrido cambios en la forma de almacenamiento y distribución debido a la evolución de la tecnología, pero aún se conservan los mismos principios de nuestros antepasados.

Geográfico

El Tocancipá está ubicado dentro del departamento de Cundinamarca, al norte de Bogotá a una distancia de 44 km, este municipio cuenta con 23.981 habitantes, está ubicado en las siguientes coordenadas geográficas, latitud sur 4.967 y colinda con los municipios de sopo y Guatavita, latitud norte 4° 58” 1’ y colinda con Zipaquirá y Gachancipá, longitud Este -73.917, colinda con sopo y longitud Oeste 73°55’ 1” colinda con Gachancipá.

Imagen satelital municipio de Tocancipá



Figure 1. MUNICIPIO DE TOCANCIPÁ

Nota: Delimitación geográfica del municipio de Tocancipá. (Tomada de satellite map, s.f.)

Distribución política de las veredas del municipio de Tocancipá



Figure 2. VEREDAS DEL MUNICIPIO DE TOCANCIPÁ

Tomado de (Tocancipá, s.f.)

El área de estudio es la vereda la fuente, tiene una ubicación con latitud $4.99802 / 4^{\circ} 59' 53''$ Norte y una longitud $-73.9233 / 73^{\circ} 55' 24''$ Oeste y donde se acentuará el proyecto, en la institución educativa distrital La Fuente.

Fue fundada en el año 1.919 en un lote donado por el Señor Cura Párroco Benjamín Cuervo; inició labores con los grados de primero a cuarto, le fue otorgada licencia de funcionamiento mediante la Resolución 2308 de marzo de 1.971 del Ministerio de Educación Nacional. Su estructura física estaba conformada por 7 aulas de clase con suficiente y apropiado mobiliario, 3 de ellas en regular estado; a causa de la humedad, falta de ventilación e iluminación, un salón restaurante, un parque infantil, caseta, cancha de baloncesto y microfútbol, una batería de 6 baños que no estaban de acuerdo con el número de estudiantes, tres apartamentos, jardines y una decoración sencilla que la hacen ver hermosa a la vista de quienes la visitan. Esta planta física fue demolida en su totalidad y se dio paso al nuevo Colegio, el 25 de mayo de 2004 se inauguró; siendo esta una edificación moderna que tuvo gran impacto en la Comunidad, por ser una edificación de tres pisos y dotada para las necesidades del momento. Esto generó que la población estudiantil creciera y llegaran estudiantes de municipios y veredas aledañas a la Fuente. En la actualidad funciona hasta el grado undécimo de Educación Media Académica con profundización en Ciencias Naturales y Medio Ambiente, con estudiantes que viven en las veredas La Fuente, Barandillas y Tocancipá, según viabilidad dada mediante la Resolución 001273 del 13 de febrero del 2009, emitida por la secretaria de Educación de Cundinamarca (Guzmán, 2016)

Marco Teórico

El método de recolección para utilizar en este proyecto es la escorrentía, proceso físico que consiste en el escurrimiento del agua lluvia por la red de drenaje (agua, s.f.), debido a la facilidad de obtención del líquido en su máxima capacidad, ya que es tomado directamente del

área de captación debido a esto se tendrá en cuenta la pluviosidad del municipio de Tocancipá como muestra, se va a tomar los datos obtenidos desde el año 2010 al 2019 para dar una perspectiva de la cantidad de agua se podrá almacenar. También se realizara la caracterización del proceso actual y se tendrán en cuenta los diagramas de causa efecto, diagrama de procesos , DOFA, matriz de interesados, diagrama y elementos de automatización la cual ayuda a generar valor a la propuesta de mejora, también se realizara un diagrama de flujo, Gantt para identificar los cuellos de botella que se presentan durante el proceso y posteriormente darle solución, con la automatización del nuevo sistema de aprovechamiento de agua lluvias, en conjunto con una caracterización de viabilidad financiera del proyecto para el beneficio del colegio la Fuente.

Caracterización De Proceso: es una forma de describir el proceso atreves de la identificación de los elementos esenciales que originan que estos procesos tengan un principio y final. (Villareal, 2015)

Diagrama de causas – efecto: Este diagrama tiene dos nombres con los cuales ha sido conocido, como es la espina de pescado o diagrama de Ishikawa en honor a su autor, este diagrama ayuda a identificar posibles causas o hipótesis de un problema determinado. (Villareal, 2015).

Diagrama de flujo: También conocido como diagrama de actividades, representadas gráficamente las actividades dentro de un proceso (Villareal, 2015).

Estudio de tiempo y movimientos: es donde se mide aun trabajador dentro de un proceso en actividades y distancias con el factor tiempo.

Eficiencia de agua: La importancia del agua para la vida del ser humano, las plantas y la vida silvestre simplemente no se puede sobrestimar ya que es fundamental para la vida. Su gestión es importante ya que solamente no se basa en el impacto sobre el uso de agua y la energía que se consume para la obtención de ella. La categoría de eficiencia energética fomenta las tecnologías y estrategias que reducen los impactos negativos relacionados con la recolección, el almacenamiento, la entrega y el tratamiento del agua potable que se consume en edificios y paisajes. (Consejo de la Construcción Ecológica de los Estados Unidos, 2009).

Cosecha de lluvia: Es una práctica que viene desde los comienzos de la humanidad como sociedad. Consiste en recolectar y utilizar el agua de lluvia ya que cada vez la recolección de esta toma popularidad, ya que por causa de la sobrepoblación el suministro de la red de agua pública no alcanzan para poder atender las necesidades de la humanidad.

Hoy en día hay muchas zonas rurales que dependen de la captación de aguas lluvias como sustento, lo que no sucede en las zonas urbanas ya que, al poseer una red pública de abastecimiento de agua, tienden a desgastarla y a hacer uso inadecuado de este recurso, donde también se suma el impacto al medio ambiente que genera.

“Para poder captar las aguas, es necesario que las superficies expuestas a la precipitación permitan escurrimiento ya sea porque la superficie es impermeable o porque su capacidad de absorción es inferior a la de infiltración en terrenos con pendiente. Donde por medio de canaletas se recolectan en los tanques de almacenamiento donde se filtran y distribuyen para las distintas tareas que se necesiten.” (Hidropluviales, S.F.)

Agua lluvia: Las aguas lluvias son principalmente en sus propiedades fisicoquímicas superiores a las que presentan el agua subterránea, que pueden ser más duras debido a los minerales que se encuentran en el subsuelo. Las aguas lluvias son en teoría pura, pero debido a que entra en contacto con las superficies donde se recolecta estas pueden tener contaminantes como plomo, adicional que en ocasiones se han encontrado con material de las eses de las aves y roedores.

"Además en zonas urbanas con alto nivel de contaminación en el aire, la situación empeora ya que la atmósfera se contamina de los elementos como: 79% de nitrógeno, 21% de oxígeno y en menor cantidad otros gases o contaminantes naturales y/o producto de la actividad humana. A esto hay que sumarle que en las ciudades las superficies por las que escurre como calles o techos, tienen niveles más altos de químicos, hidrocarburos, basuras y otros contaminantes."

(Hidropluviales, S.F.)

Se recomienda que en las zonas urbanas, cuando se haga recolección de agua lluvia se haga un proceso de filtrado del agua para eliminar los sedimentos encontrados en ellas para después ser almacenadas en un lugar seguro y bien sellado. Si se quiere utilizar para el proceso de consumo humano debe pasar por un proceso de potabilización.

Escorrentía : Este proceso físico consiste en el escurrimiento del agua lluvia por la red de drenaje, el cual pertenece a los procesos básicos del ciclo del agua. Para la recolección de las aguas lluvias, se acomodaría a las necesidades de recolección que requieren. (Iagua, 2018).

Área de captación: Lugar donde se reciben los escurrimientos de agua de lluvia, antes de realizar su disposición final. Por lo general se utilizan superficies como los techos de las casas, escuelas, almacenes, etc., que deben estar impermeabilizados. (hidropluviales, s.f.)

Estructura de captación: Recolectan las aguas en los sistemas de alcantarillado pluvial, se utilizan sumideros o bocas de tormenta como estructuras de captación, aunque también pueden existir descargas domiciliarias donde se vierta el agua de lluvia que cae en techos y patios. (hidropluviales, s.f.)

Sistema de conducción : El sistema de conducción se refiere al conjunto de canaletas o tuberías de diferentes materiales y formas que conducen el agua de lluvia del área de captación al sistema de almacenamiento. El material utilizado debe ser liviano, resistente, fácil de unir entre sí y que no permita la contaminación con compuestos orgánicos o inorgánicos. (hidropluviales, s.f.)

Sistema de tratamiento y filtración : Antes de conducir el agua a la infraestructura de almacenamiento se recomienda colocar un dispositivo que retire y filtre los contaminantes que puede arrastrar el agua a su paso por las superficies, como pueden ser sedimentos, metales, grasas y basuras. (hidropluviales, s.f.)

Tanque de almacenamiento: Se trata de tinacos o sistemas modulares en donde se conserva el agua de lluvia captada, se pueden situar por encima o por debajo de la tierra. Deben ser de material resistente, impermeable para evitar la pérdida de agua por goteo o transpiración y estar cubiertos para impedir el ingreso de polvo, insectos, luz solar y posibles contaminantes. Además, la entrada y la descarga deben de contar con mallas para evitar el ingreso de insectos y animales; deben estar

dotados de dispositivos para el retiro de agua. Deben ser de un material inerte, el hormigón armado, de fibra de vidrio, polietileno y acero inoxidable son los más recomendados. (hidropluviales, s.f.).

Vertedor: Es la estructura de una obra hidráulica de almacenamiento a través de la cual se descargan los volúmenes que exceden la capacidad del embalse, con objeto de evitar fallas por desbordamiento. (hidropluviales, s.f.).

Sensores: Un sensor es un dispositivo de entrada que provee una salida manipulable de la variable física medida. (Leonel Corona, 2014), otra definición de “sensor es un objeto capaz de detectar acciones o estímulos externos y responder en consecuencia, además de variar una propiedad ante magnitudes físicas o químicas, y transformarlas en variables eléctricas. (Angeles, 2019). En el caso del proyecto se van a usar sensores de agua tipo flotador para medir el nivel del agua.

Sensores de agua por flotador: Estos sensores son los más utilizados en la industria, al igual que el uso doméstico, su funcionamiento sencillo nos va a permitir medir el nivel del tanque que se va a usar para la recolección de las aguas lluvias de esta manera poder controlar y activar los respectivos actuadores para dejar pasar el agua a la tubería de aguas negras, como también nos permitirá llenar el tanque donde se almacenará el agua de riego para la huerta. (Domotica Integrada, 2018)

Actuador: El actuador es un dispositivo capaz de generar una fuerza que ejerce un cambio el cual es dado por medio de las señales arrojadas por algún tipo de señal, en este caso las señales del sensor nos permitirán activarlo y de esta manera permitir el llenado del tanque de

almacenamiento el cual va a abastecer el riego de la huerta. (Consejo de la Construcción Ecológica de los Estados Unidos, 2009)

El actuador que nos va a permitir el llenado del tanque es una motobomba y de esta manera controlar el llenado del tanque permitiendo siempre tener agua disponible para el riego de la huerta.

Microcontrolador: El microcontrolador nos ayudara que los dispositivos de entrada (sensores) y los de salida (actuadores) del sistema de recolección de aguas lluvias, nos ayudara a automatizar haciendo estos procesos más eficientes. (Marmolejo, s.f.)

Marco Conceptual

Agua: Líquido transparente, incoloro, inodoro e insípido en estado puro, cuyas moléculas están formadas por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno, y que constituye el componente más abundante de la superficie terrestre y el mayoritario de todos los organismos vivos. Formula molecular del agua 2 átomos de hidrogeno 1 de oxígeno (H₂O). (española, 2021)

Agua lluvia: Es producida por el ciclo hidrológico en sus cuatro fases evaporación condensación precipitación y escorrentía o infiltración;

- **Evaporización:** este fenómeno se produce por el paso del sistema líquido a gaseoso del agua debido al calentamiento por medio de los rayos solares en todos los sitios acuíferos otra fuente de la evaporización es la sudoración de los seres vivos.
- **Condensación:** es cuando el vapor llega a una altitud considerable en la cual el frio y el viento convierte el vapor de agua a su estado natural en pequeñas gotas.

- **Precipitación:** esta fase del ciclo del agua en cuando, las gotas de agua producidas por la condensación se van uniendo hasta formas un peso ideal, para que la gravedad ejerza su fuerza y halla el desprendimiento de esas gotas, hacia la tierra; en climas más fríos estas gotas pueden caer en forma de granizo o escarcha.
- **escorrentía o infiltración:** es la cantidad de agua que se filtra en la tierra y hace parte del sistema de aguas subterráneas dependiendo la cantidad de agua pueden producir erosiones en el suelo debido a los sedimentos como son los crecientes de un río o deslizamientos de tierra de igual manera toda esta agua llega a los acuíferos donde el repite el ciclo una y otra vez.

Escorrentía: La escorrentía es un proceso físico que consiste en el escurrimiento del agua de lluvia por la red de drenaje hasta alcanzar la red fluvial. La escorrentía es uno de los procesos básicos que se incluye en el ciclo del agua. (Iagua, s.f.)

Tipos de Escorrentía:

- **Escorrentía superficial o directa:** es la precipitación que sobre la superficie del terreno discurre por la acción de la gravedad sin infiltrarse en el suelo.
- **Escorrentía Hipodérmica:** es el agua de precipitación infiltrada en el suelo que se mueve sobre los horizontes superiores y reaparece almacenado como manantial o se incorpora a la red de drenaje superficial.

- **Escorrentía Subterránea:** es la precipitación que se infiltra hasta el nivel freático circulando hasta alcanzar la red de drenaje.

Ciclo del agua

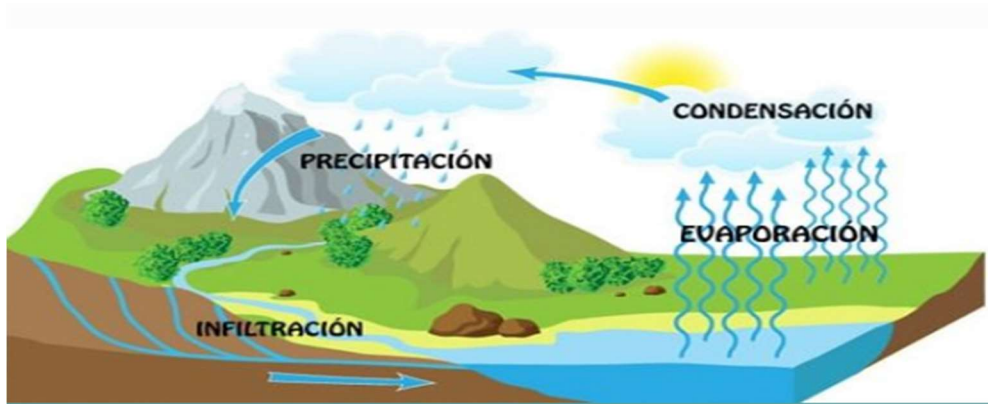


Figure 3. CICLO DEL AGUA

Imagen tomada de (c, 2021)

Sistemas de Recolección de aguas lluvias: El sistema de recolección de aguas lluvia puede ser diseñado e implementado para pequeñas casas, urbanización, edificios bodegas o toda aquella infraestructura en la cual se pueda recolectar agua lluvias.

El sistema básico es el que se muestra en la ilustración con sus componentes el cual se adapta a cualquier sistema de recolección de agua lluvia, independiente como tenga el techo ya se ha tejado o plancha (placa).

Figura 5

Esquema general de un sistema de recolección de aguas lluvias,



Figure 4. MODELO DE CAPTACIÓN DE AGUA

Imagen Tomada de (CEPIS, 2004 - LIMA)

Captación: es el techo de la edificación, con una inclinación para que el agua se dirija a una dirección para su recolección.

Recolección: está ubicado al final del tejado llamado canalón para la guía del agua.

Almacenamiento: depósito de agua diseñado para la recolección de agua, este dispositivo debe estar acondicionado para tal fin por su peso y presión que ejerce el agua en su interior

Interceptor de primeras aguas: es un depósito adicional diseñado para la recolección de las primeras aguas lluvias actúa como filtro para la separación de objetos indeseables.

Teja: Pieza de barro cocido u otros materiales, con forma acanalada o plana, que se utiliza para cubrir los techos y dejar escurrir el agua de lluvia.

Tejado: Parte superior del edificio, cubierta comúnmente por tejas.

Canalón: Conducto que recibe y vierte el agua de los tejados.

Bajante: Descenso del nivel de las aguas

Tanque: Recipiente de gran tamaño, normalmente cerrado, destinado a contener líquidos o gases.

Tubo: Pieza hueca, de forma por lo común cilíndrica y generalmente abierta por ambos extremos. (Española, 2021).

Sensor: Un sensor es un dispositivo que está capacitado para detectar acciones o estímulos externos y responder en consecuencia. Estos aparatos pueden transformar las magnitudes físicas o químicas en magnitudes eléctricas. (Julian Perez, 2013)

Sensores de agua: El sensor de agua, también conocido como sensor de nivel, es un instrumento que activa una alarma de nivel de agua en el punto en el que ha sido instalado, para conseguir la automatización del llenado de recipientes como tanques y depósitos, entre otros.

Su funcionamiento se basa, por norma general, en dos elementos clave: por un lado, tenemos un receptor de señal que detecta el momento en el que el nivel de agua ha llegado al punto fijado; y, por otro lado, contamos con un interruptor de nivel de agua, que activa el aviso en el momento que recibe la señal de dicho receptor. (Domotica Integrada, 2018)

Tipos de sensores de agua

Sensor de agua por flotador: Este tipo de sensor de agua es uno de los más empleados en la actualidad. Su funcionamiento es muy sencillo: un pequeño interruptor de boya se mantiene flotando en el agua, marcando el punto de nivel deseado. En el momento en que el agua sobrepasa ese límite, la boya acciona el interruptor de nivel, que nos avisará de lo ocurrido. (Domotica Integrada, 2018)

Sensor de agua por presión: Se coloca uno de estos medidores de nivel en el fondo del recipiente, que recogerá la presión relativa del líquido en cuestión. Ajustando la densidad del mismo, será posible establecer el nivel de agua en el recipiente. (Domotica Integrada, 2018)

Sensor de agua por burbujeo: Este tipo de sensores incorporan una varilla que llega hasta el fondo del recipiente. El líquido se moverá por aire a través de esta varilla, en cuyo punto más bajo se ejercerá una presión que equivale al nivel del agua y que se transmitirá a un punto alejado de este recipiente, donde se sitúa un sensor de presión. (Domotica Integrada, 2018)

Sensor de agua capacitivo: Consta de una sonda que mide la permisividad eléctrica del agua, siempre diferente a la del aire que contiene el recipiente. Al conocer esa permitividad eléctrica del agua, se puede establecer su nivel dentro del recipiente y tener constancia cuando se sobrepase dicho nivel. (Domotica Integrada, 2018)

Sensor de agua conductivo: Este tipo de sensor se aplica para medir el nivel en todos aquellos líquidos que son conductores de la electricidad. Su funcionamiento es bastante sencillo, se basa en un pequeño circuito eléctrico con una pila, que se cerrará en el momento en el que el agua bañe ambos polos de esa pila. (Domotica Integrada, 2018)

Sensor de agua por ultrasonidos: Este tipo de sensor de agua cuenta con emisores de ultrasonidos que emiten una onda hasta llegar al líquido y rebota para ser captada por este sensor de nivel. Con las variaciones de tiempo existentes en esa recepción de onda, es posible conocer el cambio del nivel de agua en el recipiente. (Domotica Integrada, 2018)

Actuador: Un actuador es un dispositivo con la capacidad de generar una fuerza que ejerce un cambio de posición, velocidad o estado de algún tipo sobre un elemento mecánico, a partir de la transformación de energía. (Leonel Corona, 2014)

Motobomba: Una motobomba, es una máquina que se utiliza en circunstancias en las que se necesita mover una gran cantidad de agua de forma, rápida y eficiente. Existen 2 tipos de motobombas según su aplicación:

Semi-Sucias: para usos regulares con agua clara. Ideal para piscifactorías, piscinas o usos similares.

Sucias: Para usos intensivos y de emergencia con aguas limpias o sucias (con componentes sólidos como arena, lodo, gravilla, escombros, etc.). (Comprarmotobomba, 2011)

Microcontrolador: El Microcontrolador es un circuito integrado que es el componente principal de una aplicación embebida. Es como una pequeña computadora que incluye sistemas para controlar elementos de entrada/salida. También incluye a un procesador y por supuesto memoria que puede guardar el programa y sus variables (Flash Y RAM). Funciona como una mini PC. Su función es la de automatizar procesos y procesar información.

El microcontrolador se aplica en toda clase de inventos y productos donde se requiere seguir un proceso automático dependiendo de las condiciones de distintas entradas.

Marco Legal

Normas para el reusó de aguas lluvias para usos externos no para consumo humano o de animales.

Tabla 1

Normativa leyes y decretos para el reusó de aguas lluvias para usos externos no para consumo humano o de animales.

Normatividad	Descripción
Decreto 79 de 1986	Por la cual se provee a la conservación y protección del recurso agua. también declara las áreas de conservación forestal en bosques es de 200 Metros a la redonda desde el nacimiento de agua y de 100 metros para las afluentes de agua.
Ley 99 de 1993	Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA.
Ley 142 de 1994	Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios.
La Ley 373 de 1997	estableció el reuso obligatorio de las aguas de origen superficial, subterráneo o lluvias utilizadas en actividades que generen afluentes líquidos, previo a un análisis técnico, socio-económico y de las normas de calidad ambiental.
Decreto 1207 de 2014	la Constitución Política establece la obligación en cabeza del Estado y de los particulares de proteger las riquezas naturales de la Nación y planificar el uso y aprovechamiento de los recursos naturales para garantizar su conservación, restauración y uso sostenible
El Decreto 1076 de 2015 (Decreto 3930 de 2010)	promueve el Reuso de las Aguas Residuales a través de los Planes de Reconversión a Tecnologías Limpias en

	Gestión de Vertimientos – PRTLGV y lo incluye en la gradualidad para el cumplimiento de la norma de vertimientos.
Resolución 0330 - 2017	Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS y se derogan las resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005 y 2320 de 2009

Diseño Metodológico

El enfoque metodológico es cuantitativo, debido a que se va a hacer toma de mediciones para cuantificar la capacidad del sistema de recolección de aguas lluvias para mantener un adecuado seguimiento y control, obteniendo cifras de ahorro de dinero, cantidad de agua recogida con esto pudiendo hacer mejoras que puedan ayudar a volver eficiente el sistema. El beneficio al medio

ambiente ya que se está utilizando menor cantidad de agua potable y el impacto benéfico que va a tener a la comunidad educativa e/o impulsando la conciencia medio ambiental para hacer el colegio auto sostenible.

Para este proyecto el tipo de investigación que se utilizara es no experimental, lo que se busca es la obtención de capacidad de agua recolectada en los periodos, denominados fenómeno de la niña y el niño, para cuantificar la cantidad de agua que se puede captar en los dos periodos y así determinar la cantidad de agua máxima a recolectar.

la técnica de recolección de la información es la observación debido a los datos recolectados para análisis.

La recolección de datos se va a utilizar la observación ya que va dirigida a estudiar los aspectos más significativos de los objetos, hechos, situaciones sociales o personas en el contexto donde se desarrollan normalmente; permitiendo la comprensión de la verdadera realidad del sistema (Online-Tesis, 2020). Los datos analizados con el fin de cuantificar la cantidad de agua lluvia que se pueda recolectar en el segmento de estudio y de esta forma realizar el análisis para la mejora del sistema de recolección de aguas lluvias del colegio departamental la fuente en Tocancipá.

Fases Del Proyecto

Metodología objetivo específico 1

Tabla 2

OBJETIVO 1

<p>OBJETIVO 1 Caracterizar el sistema actual de reutilización de agua lluvia para la institución educativa Rural Departamental la Fuente- Tocancipá, a través de herramientas de ingeniería industrial</p>	
FASE	METODOLOGIA
Recopilación de información	Revisar el sistema actual de recolección de aguas lluvias del colegio mediante video llamadas y fotografías suministradas por el colegio.
	Analizar la problemática actual de la reutilización de aguas lluvias, mediante un diagrama de Ishikawa, DOFA
Caracterización del sistema	Establecer la caracterización actual del sistema de recolección de aguas lluvias, por medio de un diagrama de flujo, establecer los cuellos de botella y representarlos en un diagrama Gantt
RESULTADOS ESPERADOS	
Obtener información adecuada de la situación actual del sistema de recolección de agua de la institución educativa Rural Departamental la Fuente- Tocancipá	

Metodología objetivo específico 2

Tabla 3

objetivo 2

<p>OBJETIVO2 Realizar una propuesta de mejora para el sistema actual de reutilización de agua lluvia a través de herramientas de automatización.</p>	
FASE	METODOLOGIA
Herramientas de automatización	Hacer la especificación de los sensores y actuadores, se pueden implementar con el propósito de controlar, la capacidad de recolección del tanque y salida a la red de aguas grises.
Propuesta del sistema de recolección de aguas.	Hacer el esquema de conexión del sistema de aguas lluvias, mostrando que sensores y actuadores a utilizar, controladora usar para la solución
Especificación del sistema	Cómo funciona el sistema y que capacidad de almacenamiento tendría.
RESULTADOS ESPERADOS	
La automatización del sistema de recolección y distribución del agua lluvias para mejorar el sistema de reutilización de aguas lluvias mediante la distribución y sistematización para el uso eficiente de la institución educativa Rural Departamental la Fuente-Tocancipá	

Metodología objetivo específico 3

Tabla 4

Objetivo 3

OBJETIVO Caracterizar la viabilidad financiera de la propuesta de mejora .	
FASE	METODOLOGIA
Caracterización de viabilidad	levantamiento del proceso Proyección y evaluación financiera Establecimiento de los escenarios.
Determinar el sistema más adecuado para le recolección y distribución sistematizado	Por medio del análisis y la evaluación del proceso determinar el tamaño del sistema de almacenamiento. Dejar un registro base de los diseños en el colegio departamental la fuente para futuras mejoras al proceso
RESULTADOS ESPERADOS	
Determinar la viabilidad del proyecto	

Desarrollo Metodológico.

Desarrollo Del Objetivo 1

La revisión del sistema actual de recolección de aguas lluvias se realizó mediante fotografías y videollamadas con los docentes del Colegio La Fuente, debido a que la pandemia de COVID-19 mantuvo a toda la población colombiana en cuarentena. A través de estas imágenes y videollamadas, se pudo observar el deterioro del sistema con el paso del tiempo, lo que lo hace inadecuado para el aprovechamiento del agua lluvia.

Actualmente, el sistema cuenta con un tanque de recolección de agua lluvia, ubicado en un punto de descarga del canal de aguas lluvias y recubierto con un jardín vertical. Como se muestra en la imagen, la distribución del agua lluvia se realiza de manera manual: se debe destapar el tanque para retirar el agua con un balde y transportarla manualmente hasta el lugar donde se necesite.



Figure 5. AREA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA LLUVIA

Analizar la problemática actual de la reutilización de aguas lluvias.

Revisando el sistema actual de recolección de aguas lluvias del colegio departamento la fuente de Tocancipá se evidencia:

- La captación de agua lluvia es ineficiente porque al momento de tener precipitaciones fuertes no se recolectaría el agua esperada para ese punto debido a que no cuenta con bajantes directas al tanque de almacenamiento y se desperdiciaría gran cantidad de agua lluvia.
- Presenta riegos para la población del colegio ya que no cuenta con delimitación o enceramiento para que el personal no autorizado este distante del contenedor.
- La falta de mantenimiento demuestra el deterioro del proyecto inicial de recolección de aguas lluvias.

- El transporte del agua lluvia captado es de manera manual obligando al personal de mantenimiento a recorrer distancias para hacer uso del agua transportándola en baldes.

el análisis se realiza con una matriz de Ishikawa y DOFA con la cual se puede ver de manera más clara lo que se debe mejorar y de esta manera poder proponer el desarrollo del sistema de recolección de aguas lluvias.

Ishikawa



Figure 6. ISHIKAWA

Descripción y análisis

Revisando las causales de falla al sistema de recolección de aguas lluvias se relaciona lo siguiente:

DISEÑO: no cuenta con bajantes, sensores, motobombas dentro del sistema de recolección de aguas lluvias para su distribución.

METODO:

- No cuenta con ciclos de mantenimiento para la preservación del sistema.
- La distribución del agua lluvias es por medio de baldes.

- Filtros: el sistema actual no cuenta con filtro para la separación de objetos extraños.
- Transporte es manual debido a que el sistema no cuenta con medio de transporte de agua hasta el punto de que lo requieren el personal de mantenimiento.

ENTORNO

- Ubicación: la zona donde está ubicado favorece al vivero, pero desfavorece las demás zonas donde los personales de aseo requieren realizar sus labores.
- Asequibilidad: tanto el personal de aseo como el de mantenimiento tiene inconvenientes para extracción del agua lluvia debido a que tiene que destapar el tanque incurriendo en riesgos para sí mismos.
- Variabilidad climática: debido al cambio climático podemos tener un exceso de lluvias o calor y puede presentar cultivo de bacterias en el agua.

HOMBRE

- Falta de capacitación de personal: el personal no cuenta con la capacitación adecuada para el manejo de las aguas lluvias.

MATERIALES

- Los tanques de almacenamiento no son los adecuados y no están en óptimas condiciones para el uso.

- Canaletas: el sistema no posee canaletas adecuadas para la recolección de agua lluvias donde su desagüe sea inferior y no lateral como está actualmente.

MEDIDA

- capacidad de almacenamiento: en épocas de invierno el tanque no es suficiente para el almacenamiento.
- Viabilidad de ahorro: la institución no cuenta con un histórico de cantidad de agua potable que puede ahorrar con el sistema de aguas lluvias.

Matriz DOFA



Figure 7.DOFA

Descripción del DOFA

Fortalezas:

- Infraestructura adecuada en espacios: hace referencia a que el colegio cuenta con espacio adecuado para realizar el abastecimiento del agua lluvia sin afectar el paso peatonal.
- Utilización de aguas lluvias para el plantel: la utilización del recurso hídrico natural (agua lluvia) es una forma de contribuir al medio ambiente y la disminución de gastos de agua potable.

- El interés de la comunidad educativa para aceptar una propuesta para el mejoramiento del sistema actual de recolección de aguas lluvias.

Debilidades:

- **Poca capacidad de financiación.** El plantel educativo no cuenta con recursos del estado si no propios.
- **Almacenamiento del líquido inapropiado:** el líquido se almacena en un tanque ya deteriorado con exposición al sol.
- **Punto de recolección distante del punto de utilización:** la distribución del líquido se realiza de forma manual
- **falta de capacitación al personal:** el personal desconoce lo que sucede si al agua almacenada le ingresa la luz natural y la importancia de tener la zona de almacenamiento acordonada.
- **Ductos o bajantes inadecuados:** las desembocaduras de las canales de recolección son ineficientes, por lo que se deja de percibir el agua a captar en lluvias fuertes, ya que fueron creadas para lluvias moderadas y no cuentan con bajantes en donde no se desperdicie el líquido.

- **Delimitación del área de almacenamiento inadecuado:** no cuenta con delimitación de área restringida para seguridad de los transeúntes (estudiantes, profesores)

Amenazas

- **Enfermedades o incapacidades laborales:** el vaciado, llenado y transporte de baldes con agua repetitivos pueden causar daños óseos musculales haciendo que el personal se incapacite con frecuencia.
- **Proliferación de paracitos en el agua lluvia:** el tanque o depósito de agua se encuentra sin tapa con exposición a la luz natural la cual ayuda a la creación de paracitos dañinos para el ser humano
- **Aumento de costos en el agua potable:** los metros cúbicos recolectados del agua lluvia son un aliciente en el costo del agua potable para el colegio ya que esos metros cúbicos se estarían ahorrando si se utilizan adecuadamente en el vivero y las zonas comunes.
- **Riesgo de accidentes a estudiantes del plattel educativo:** al no estar demarcada la zona como peligro puede estar generando riesgo a estudiantes
- **Daño en el vivero:** puede estar en riesgo por falta de riego y paso constante del personal

Oportunidades:

- **Reestructurar el sistema actual con ayuda de estudiantes de educación superior:** los conocimientos adquiridos a lo largo de su carrera los colocan al servicio de la comunidad educativa para mejorar los procesos

- **Aprovechamiento del recurso hídrico natural:** es un recurso que se desperdicia por la no correcta recolección del líquido natural el cual alivia los costos de agua potable en la utilización de zonas comunes y vivero
- **Reestructura del sistema actual:** el sistema actual ya se encuentra deteriorado por la falta de mantenimiento el cual urge una reestructuración para un mejor aprovechamiento del recurso.
- **Automatización del sistema:** automatizar el sistema de recolección de aguas lluvias es un aporte que ayuda a simplificar los procesos de distribución del recurso.
- **Disminuir el sobre esfuerzo físico a los trabajadores.:** al contar con una sistematización del sistema aumenta la productividad del personal de mantenimiento puesto que los tiempos y movimientos son más cortos.
- **Reducción de costos de agua potable:** al utilizar el agua lluvia para el aseo de las zonas comunes y viveros se reduce los costos de agua potable que va a hacer la misma cantidad de metros cúbicos que se consumen con el agua potable van a ser los mismo que se van ahorrar en el agua potable.

Análisis del DOFA

El sistema de recolección con el que cuenta la institución educativa no es el adecuado para la recolección de las aguas lluvias. Necesita de un sistema de recolección de aguas lluvias más

eficiente el cual ayude a aprovechar las aguas lluvias ayudando a distribuir las a los lugares que requiere la institución para su uso final.

Se realiza una propuesta teniendo en cuenta las recomendaciones y necesidades que requiere el colegio, dicha propuesta es un sistema de recolección de aguas lluvias donde se utilicen elementos de automatización como sensores, actuadores y controladores. Procesos de ingeniería industrial para evaluar los procesos que se realizan con la propuesta de mejora.

Se esquematiza los procesos de cómo estaba el sistema de recolección de aguas lluvias que actualmente se utiliza y se compara con el sistema de recolección de aguas lluvias que se propuso, así poder conocer los gastos, beneficios de poder realizar a futuro esta propuesta de mejora.

Con esta propuesta de mejora, el colegio se verá beneficiado positivamente ya que se podrá hacer uso de las aguas lluvias, de esta manera reducir el consumo de agua potable para labores que lo requieren, ahorrando a un mediano plazo el costo del recibo de agua beneficiando las finanzas de la institución educativa.

Proceso actual de la captación del agua.



Figure 8. PROCESO ACTUAL DE LA CAPTACIÓN DEL AGUA.

- Agua lluvia: es agua del proceso natural o ciclo hidrológico
- Captación de agua: se realiza por medio del techo uno de los bloques del colegio
- Direccionamiento por canales: el agua es recopilada y direccionada por medio de canaleta con un orificio lateral con sobresaliente para el desfogue o salida del agua recolectada.
- Tanque de almacenamiento: deposito donde se almacena el agua captada.
- Distribución de agua: la distribución de agua se realiza por medio de baldes.
- Riego en vivero: el riego en vivero se realiza por medio baldes.

Como se puede observar el proceso de recolección actual del colegio, es completamente manual lo cual no aprovecha toda de forma más eficiente la captación de aguas lluvias

Caracterización Del Sistema De Recolección De Aguas Lluvias

Tabla 5

Caracterización Del Sistema De Recolección De Aguas Lluvias

COLEGIO LA FUENTE

PROCESO	RECOLECCION DE AGUAS LLUVIAS
RESPONSABLES	MANTENIMIENTO Y SERVICIOS GENERALES
INICIO DEL PROCESO	LUVIA - ESCORRENTIA
FIN DEL PROCESO	DISTRIBUCION DE AGUA LLUVIA

ENTRADA	ACTIVIDADES	SALIDA
ESCORRENTIA	RECEPTACION DE AGUA LLUVIA	CANALIZACION DE AGUA LLUVIA EN UN PUNTO
CANALIZACION DE AGUA LLUVIA EN UN PUNTO	BOQUILLA GUIA	GUIA PARA ESCURENTIA DEL AGUA LLUVIA
GUIA PARA ESCURENTIA DEL AGUA LLUVIA	ALAMCENAMIENTO DE AGUA LLUVIA	TANQUE DE ALMACENAMIENTO
TANQUE DE ALMACENAMIENTO	DISTRIBUCION DEL AGUA ALAMCENADA	VALDES PARA LA DISTRIBUCION DEL AGUA LAMACENADA

VALDES PARA LA
DISTRIBUCION DEL AGUA
LAMACENADA

SUMINISTRO DE AGUA
PARA VIVEROS Y ASEO EN
ZONAS COMUNES

FORMA MANUAL POR
MEDIO DE VALDES Y CANECAS
DE 5 GALONES

Diagrama De Proceso Actual

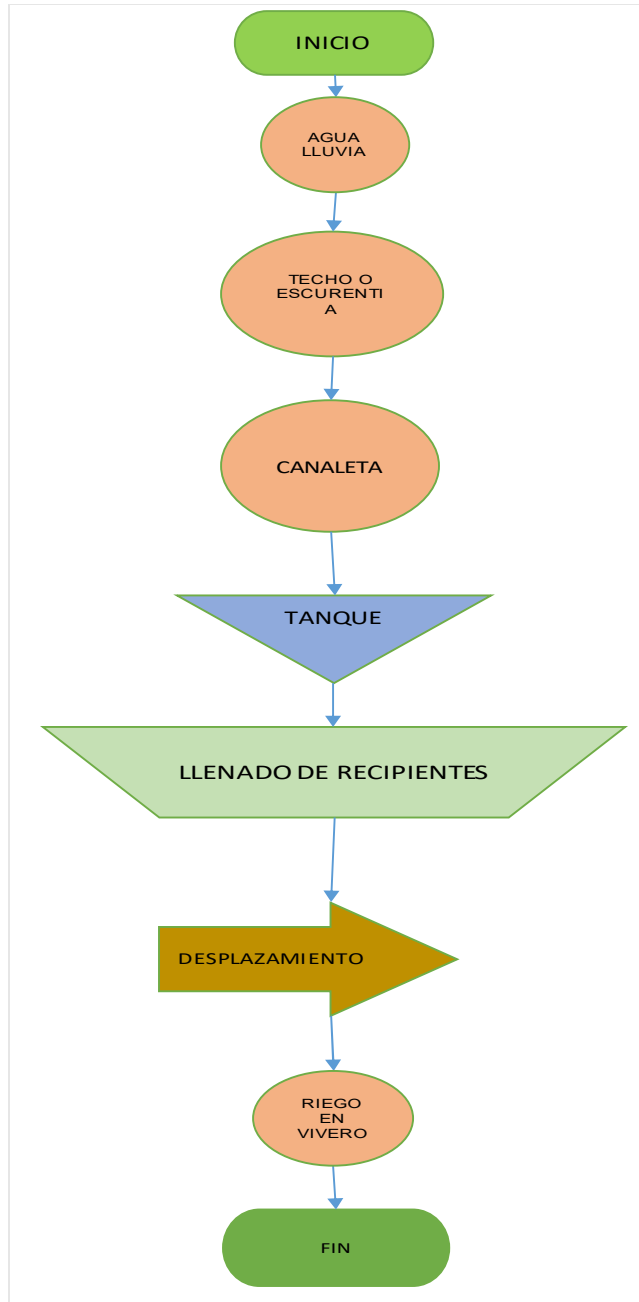
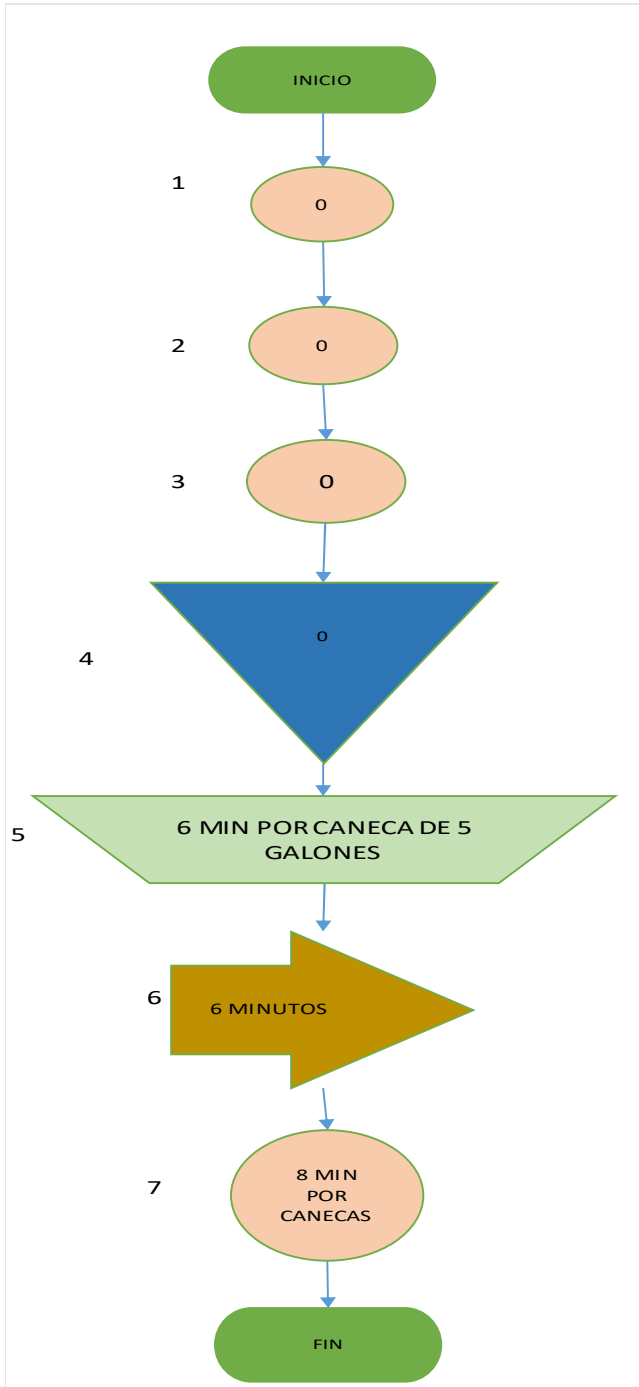


Figure 9. DIAGRAMA DE PROCESO ACTUAL

Tiempos Y Movimientos







RESUMEN	
ACTIVIDAD	NUMERO
	4
	1
	1
	1
TOTAL	7

Figure 10. TIEMPOS Y MOVIMIENTOS

Tabla 6

Tiempos Y Movimientos

pagina	1	Metodo				Estado Actual		
proceso	captacion de agua sistematizada	Elaborado por			JOHAN ALFREDO MATOMA FLOREZ - PABLO E.GONZALEZ BEJARANO			
resumen		Operación	trabajo manual	Transporte	Almacenamiento			
cantidad total	7	4	1	1	1			
tiempo total (seg)	20				0			
distancia total (m)	4.5				0			
N°	actividad					tiempo	distancia mts	Descripcion
1	agua lluvia	●				0	0	proceso natural
2	Techo o zona de escurentia	●				0	0	zona de captacion de agua
3	Canaleta	●				0	0	guia de agua
4	tanque				●	0	0	tanque de almacenamiento
5	llenado de canecas		●			6	0	caneca de 5 galones
6	desplazamiento a vivero			●		6	3	distancia a zona del vivero
7	vertimiento en vivero	●			●	8	1.5	riego a las plantas del vivero.

NUMERO DE OPERACIONES	TIEMPO EN MINUTOS	CAPACIDAD POR HORA	TRABAJADOR
OPERACIÓN 1	0	0	0
OPERACIÓN 2	0	0	0
OPERACIÓN 3	0	0	0
OPERACIÓN 4	0	0	0
OPERACIÓN 5	6	10	1
OPERACIÓN 6	6	10	1
OPERACIÓN 7	8	7,5	1

Analizando los datos de tiempos del trabajador se puede demostrar que en la operación 7 se identifica el tiempo de ciclo para lo cual es necesario comprobar gráficamente por medio de un diagrama de Gantt e identificar el cuello de botella. **(el tiempo cero obedece a que no hay datos ni históricos del antiguo proyecto)**

Diagrama De Gantt

Tabla 7

Diagrama De Gantt

OPERACIÓN	TIEMPO EN MINUTOS														
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	24	26	28	30
1	█														
2	█														
3	█														
4	█														
5		█	█	█	█	█	█								
6					█	█	█	█	█	█					
7								█	█	█	█	█	█	█	█

En este diagrama de Gantt se puede evidenciar que en el minuto 20 se identifica donde se empieza a represar el proceso.

Debido a la pandemia no se pudo realizar una caracterización más detallada

Desarrollo Objetivo 2

Elementos propuestos para la automatización del sistema de recolección de aguas lluvias

Sensores

Sensores tipo flotador

Los sensores tipo flotador son una opción adecuada para nuestro proyecto, pues tienen una larga vida útil y una alta precisión en la medición de niveles de líquidos. En particular, nos interesa medir el nivel del agua del tanque principal y el tanque de captación de lluvia. Para ello, instalaremos un sensor en cada tanque, que enviará una señal al controlador para regular el flujo de agua mediante las válvulas solenoides.

Características del Sensor

- Tipo: Interruptor de Nivel / BOYA
- Material: Plástico Rígido sumergible con Contrapesa
- Voltaje máximo: 250V
- Corriente máxima: 15A
- Frecuencia: 50/60 Hz

Actuadores

Para la propuesta, se emplearán válvulas solenoides como actuadores que permitirán regular el flujo de agua en el sistema de recolección de agua de lluvia. Estas válvulas se podrán activar y

desactivar según la demanda de agua y la disponibilidad de lluvia. Además, se contará con una motobomba que impulsará el agua desde el tanque de almacenamiento hasta los puntos de uso, donde se requerirá una presión adecuada. Las bombas de agua ayudarán a mantener la presión del agua en el sistema.

Características de las Válvulas Senoidales

- Medio de funcionamiento:
- Agua y fluidos de baja viscosidad
- Voltaje de operación: 12VDC
- Potencia nominal: 8W
- Modo de operación: Acción directa
- Tipo de accionamiento: Normalmente abierta
- Diámetro nominal: 8mm
- Tamaño de puerto: G1/2"
- Presión salida de agua: 0.02 a 0.8 Mpa
- Temperatura de operación: -5°C a 60°C

Características de Motobomba

- Corriente 110v
- Consumo 370w

- Modelo XKm60-1
- Caudal Máximo
- Cilindrada 0,5 HP
- Altura de elevación 3,5m

Controlador Lógico

Para este caso del controlador lógico vamos a escoger un Raspberry pi ya que es un dispositivo usado comúnmente para los sistemas de recolección de aguas lluvias. El Raspberry pi es un dispositivo el cual nos va a permitir conectar de manera fácil con los sensores y actuadores del sistema actual, y debido a la variedad de usos nos sirve para poder implementar el sistema y poder proyectar la mejora del sistema a futuro al implementar más sensores o actuadores.

Además, el Raspberry pi tiene la ventaja de ser un dispositivo de bajo costo, fácil de programar y con una gran comunidad de usuarios que pueden brindar soporte y asesoría. El Raspberry pi también cuenta con una interfaz gráfica que nos permite visualizar los datos recogidos por los sensores y controlar los actuadores de forma remota.

Raspberry Pi Pico características

- Formato de 21 mm × 51 mm
- Chip microcontrolador RP2040 diseñado por Raspberry Pi en el Reino Unido
- Procesador Arm Cortex-M0+ de doble núcleo, reloj flexible de hasta 133 MHz
- 264 KB de SRAM en chip

- 2 MB de memoria flash QSPI integrada
- LAN inalámbrica 802.11n a 2,4 GHz (sólo Raspberry Pi Pico W y WH)
- 26 pines GPIO multifunción, incluyendo 3 entradas analógicas
- 2 × UART, 2 × controladores SPI, 2 × controladores I2C, 16 × canales PWM
- 1 × controlador USB 1.1 y PHY, compatible con host y dispositivo
- 8 máquinas de estado de E/S programables (PIO) para soporte de periféricos personalizados
- Tensión de entrada admitida 1,8-5,5 V CC
- Temperatura de funcionamiento -20°C a +85°C (Raspberry Pi Pico y Pico H); -20°C a +70°C (Raspberry Pi Pico W y Pico WH)
- El módulo moldeado permite soldar directamente a las placas base (sólo Raspberry Pi Pico y Pico W)
- Programación de arrastrar y soltar utilizando almacenamiento masivo a través de USB
- Modos de reposo e inactivo de bajo consumo
- Reloj preciso en chip
- Sensor de temperatura
- Bibliotecas aceleradas de enteros y coma flotante en chip

Capacidad de Captación del sistema

El sistema de recolección de agua de lluvia consiste en aprovechar el agua que cae del cielo y almacenarla para su uso posterior. Para estimar la capacidad de recolección de este sistema, se

requiere conocer la precipitación media anual de la zona y el área de la superficie que capta el agua.

Para hallar la cantidad máxima de agua que se puede recolectar, usamos los datos de precipitación anual y el área de capacitación que en este caso con los techos de los salones de clase

La cantidad máxima de agua que se puede recolectar se puede obtener de la siguiente manera el área del techo es de 120 m^2 con coeficiente de nivel de 0.7 y una inclinación del 20%, con la fórmula $(A_l = ppi * ce * A_c / 1000)$ como resultado nos da 41300 litros de agua y aplicando la fórmula $V_{int} = (1L/m^2 * A_{techo}) / 1000$ como resultado da unos 59000 litros, se determina que captar esta cantidad requeriría mucha inversión para un tanque de gran tamaño por lo se escoger una capacidad de 2000 litros sabiendo que es suficiente para este caso.

Donde La captación total de lluvia posible es la cantidad máxima de agua que se puede recolectar en un año, Es importante considerar que siempre hay pérdidas al recolectar/almacenar la lluvia, como la evaporación y/o las fugas, además de las variaciones que pueden ocurrir por las condiciones climáticas específicas de la zona. En esta calculadora no se toman en cuenta estos factores, pero es una herramienta útil para tener una idea general de la cantidad de agua que se puede recolectar.

De acuerdo con la información proporcionada, se concluye que la capacidad óptima para el depósito de agua es de 2000 litros, ya que cubre las necesidades de riego de la huerta y permite el aseo de las instalaciones. Para el sistema de recolección de aguas lluvias, proponemos un tanque reducido de unos 150 litros, debido a que las aguas que se descartan durante los primeros 2

minutos son las que contienen los desechos de hojas, piedras y tierra.

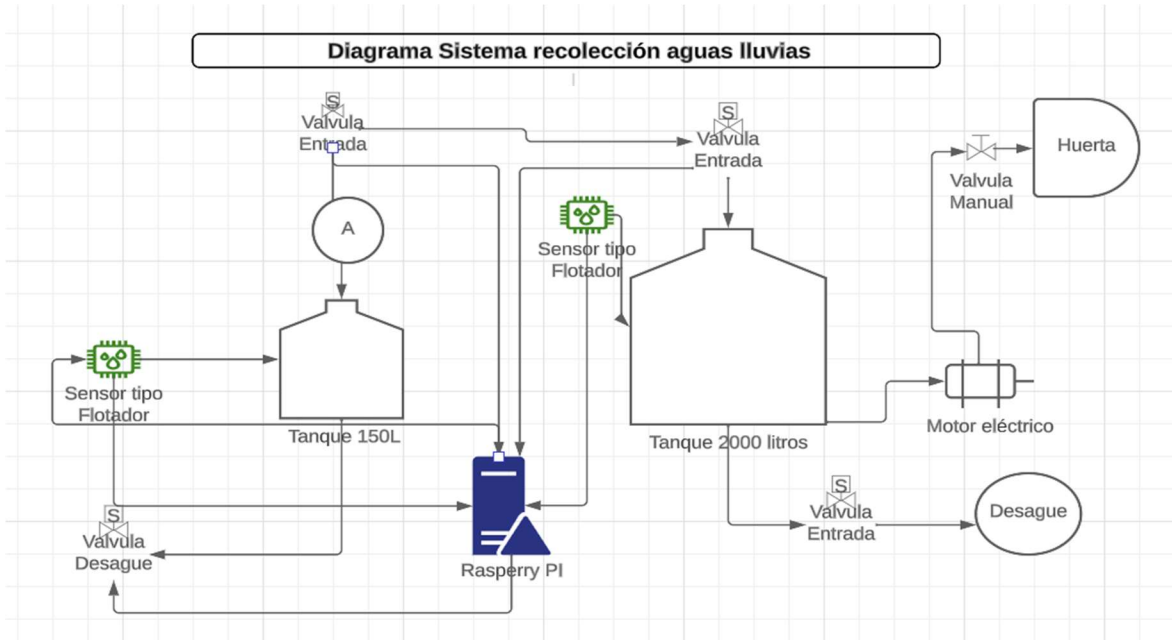


Figure 11. DIAGRAMA SISTEMA DE RECOLECCION DE AGUAS LLUVIAS

Descripción del proceso

1. El sistema de recolección de agua lluvia aprovecha las canaletas existentes en los salones de clase para captar el agua que cae del cielo. El agua recolectada se conduce al sistema de almacenamiento de agua lluvia, donde se le da un uso adecuado y sostenible.
2. Las aguas primeramente se van a dirigir al tanque de primeras aguas, donde se recogen las aguas que traen materiales como hojas, piedras, arena y demás elementos pesados.
3. Cuando el tanque de primeras aguas se llena, un sensor de nivel tipo flotador envía una señal al controlador para indicar que el tanque está lleno. El controlador envía una orden a la válvula para que permite el paso del agua al tanque de almacenamiento principal.

4. El personal del colegio establece un tiempo determinado para vaciar el tanque de almacenamiento de primeras aguas, limpiando esta y preparándolo para la próxima precipitación
5. Cuando el tanque de almacenamiento principal esté lleno un sensor tipo flotado indicará el cierre de la electroválvula, la cual dará paso al agua lluvia para el que se dirija el desagüe de la instalación educativa.
6. El sistema de recolección de agua lluvia va a estar conectado a una motobomba, la cual ayudará a la distribución del agua, para poder ser usada para la huerta y los empleados de la institución
7. La capacidad de almacenamiento del sistema de aguas lluvias el de 2000 litros de aguas, teniendo en cuenta el presupuesto de la institución educativa y la información del resultado de la captación del agua posible.

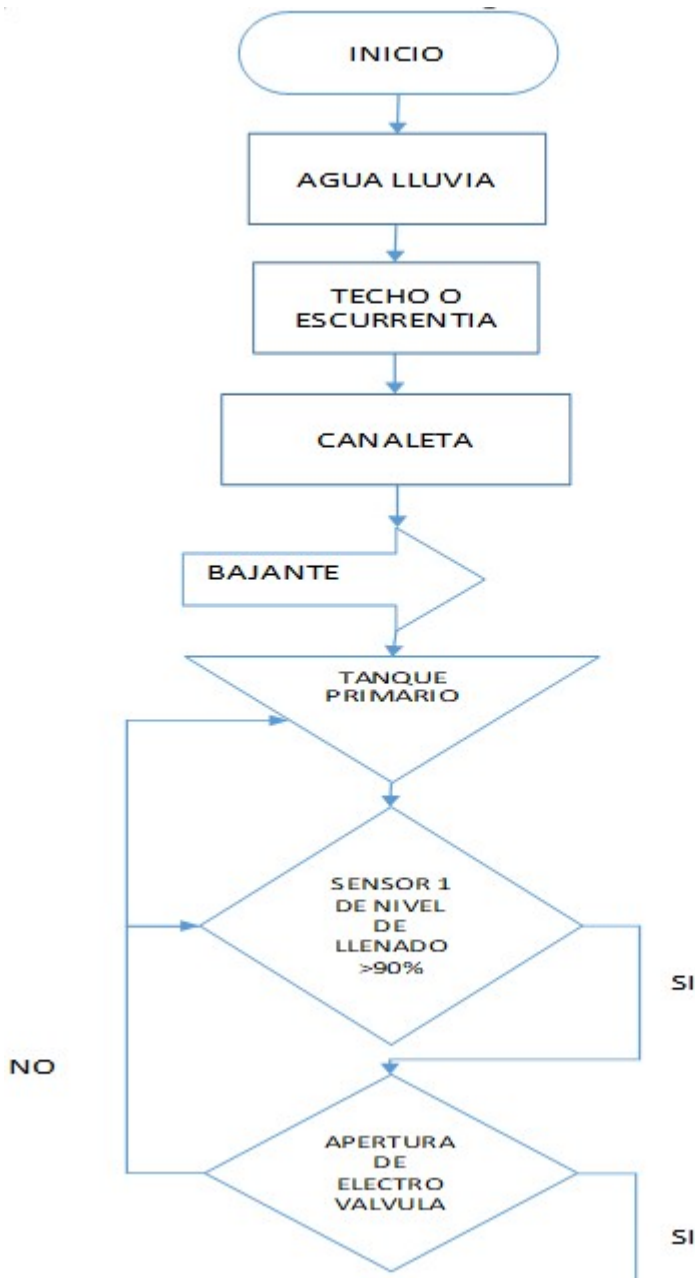
Desarrollo Del Objetivo 3

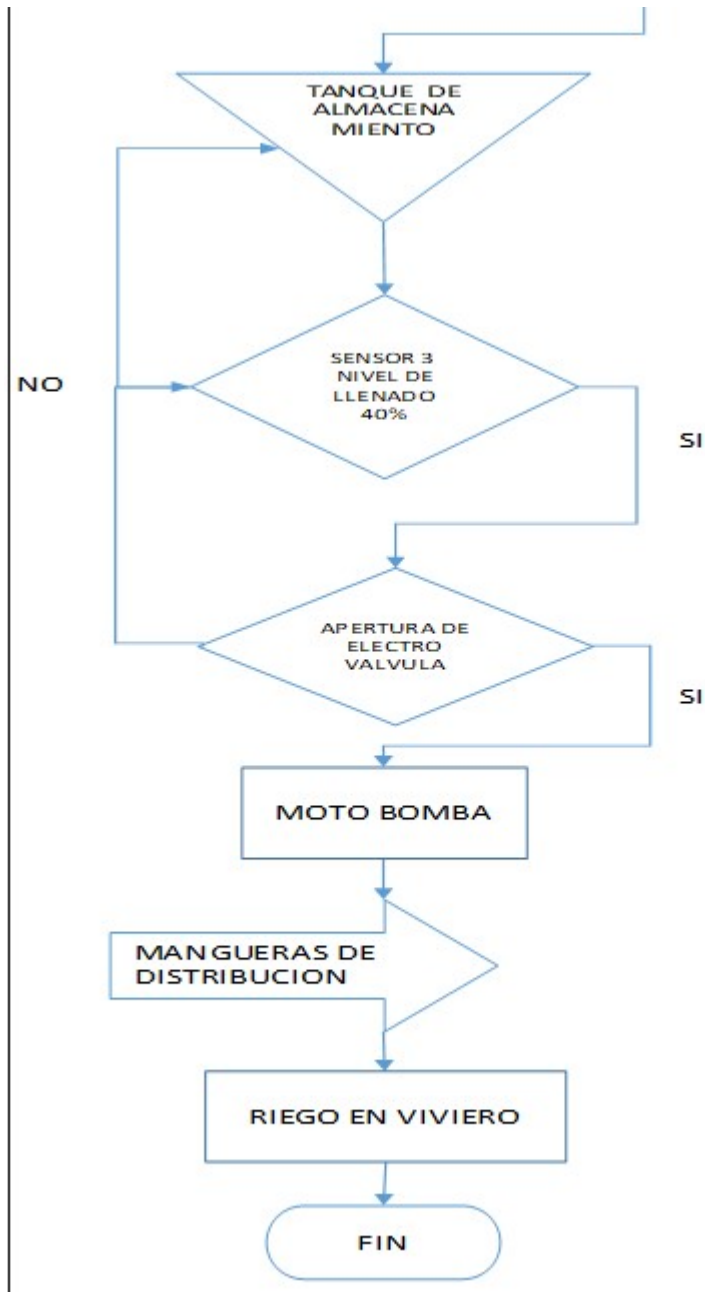
OBJETIVO 3 Caracterizar la viabilidad financiera de la propuesta de mejora .	
FASE	METODOLOGIA
Caracterización de viabilidad	levantamiento del proceso
Determinar el sistema más adecuado para le recolección y distribución sistematizado	Por medio del análisis y la evaluación del proceso determinar el tamaño del sistema de almacenamiento.
	Proyección y evaluación financiera Establecimiento de los escenarios.
RESULTADOS ESPERADOS	
Determinar la viabilidad del proyecto y las dimensiones de almacenamiento	

La propuesta de mejora empieza por la necesidad del colegio la fuente en aras de mejorar el sistema actual que tienen para recolección de aguas lluvias el cual se empezó a analizar desde el estado actual hasta las pretensiones del colegio por mejorar su sistema, dicho análisis desde la perspectiva de ingeniería industrial, tomando herramientas de análisis como diagrama de Ishikawa, matriz DOFA, diagrama de Gantt, diagramas de procesos, los cuales se analizaron con la ingeniería mecatrónica para poder presentar al colegio la fuente una propuesta de mejora la cual nos arrojó como resultado la sistematización de sistema de recolección de agua lluvia por medio de actuadores, motobomba y la ampliación de la capacidad de almacenamiento el cual reduce tiempos de en las labores de los colaboradores de mantenimiento del plantel educativo a

su vez genera la reducción del consumo de agua potable y el costo por m³, lo cual se demuestra a continuación.

Proceso De Mejora













ACTIVIDAD	NUMERO
	5
	2
	2
	4
TOTAL	13

Figure 12. DIAGRAMA DEL PROCESO DE MEJORA

Tabla 8

Proceso De Mejora

pagina	1	Metodo				Propuesta		
proceso	captacion de agua sistematizada	Elaborado por		JOHAN ALFREDO MATOMA FLOREZ - PABLO E.GONZALEZ BEJARANO				
resumen		Operación	Decisión	Transporte	Almacenamiento			
cantidad total	13	5	4	2	2			
tiempo total (seg)			0		0			
distancia total (m)			0		0			
N°	actividad					tiempo	distancia	Descripcion
	agua lluvia	●						agua lluvia
1	Techo o zona de escurentia	●					120m2	zona de captacion de agua
2	Canaleta	●					10	guia de agua
3	Bajante			●				conductor de agua
4	tanque primario				●			tanque filtro
5	sensor 1		●					paso de agua por llenado
6	tuberia			●				conductor de agua
7	Electrovalvula 1		●					paso de agua
8	Tanque de almacenamiento				●			tanque de almacenamiento
9	sensor 2		●					paso de agua por llenado
10	electro valvula 2		●					paso de agua
11	motobomba	●						moto bomba
12	manguera de distribucion			●				conductor de agua
13	Riego en vivero	●						zona aspeccion del agua

Analizando el mapa de proceso, podemos afirmar que la sistematización contribuye al mejoramiento del sistema y a la optimización tanto del recurso hídrico como del recurso humano. Gracias a los actuadores, se mantendrán niveles máximos y mínimos de agua de lluvia, evitando que los colaboradores realicen esfuerzos repetitivos para la extracción del recurso hídrico y generen cuellos de botella. Ahora, pueden obtener dicho recurso simplemente

enciendiendo la máquina extractora y dirigiéndolo a donde deseen dentro del alcance de la manguera.

SISTEMA DE CAPTACION DE AGUA

El sitio designado por el colegio es un área cerca al vivero donde ellos realizan actividades de cultivo de flores y a un costado se encuentra un aula donde su techo es apropiado para el aprovechamiento del agua lluvia el cual tiene una dimensión de largo 16 m y de ancho es de 7.5m donde por medio de la ecuación general de área de un rectángulo podemos identificar el área total a captar:

Formulas: Área de Captación (A_c) = a(ancho) * b(largo)

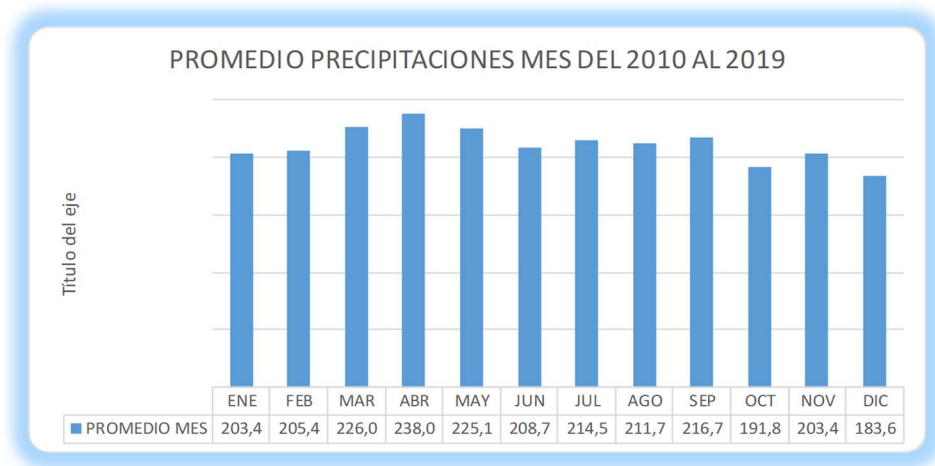
Las medidas del techo son 16 m de largo por 7.5 m de ancho donde aplicando la formula el resultado es 120 m² medida para el área de captación de agua lluvia.

OFERTA DE AGUA LLUVIA

Teniendo en cuenta los datos suministrados por CAR (corporación autónoma regional de Cundinamarca) en la estación petar Tocancipá se tomaron datos de pluviometría del año 2010 hasta el año 2019 donde se tomaron datos para estimar el volumen a captación por mes durante los años en evolución como se demuestran a continuación

Grafica 1

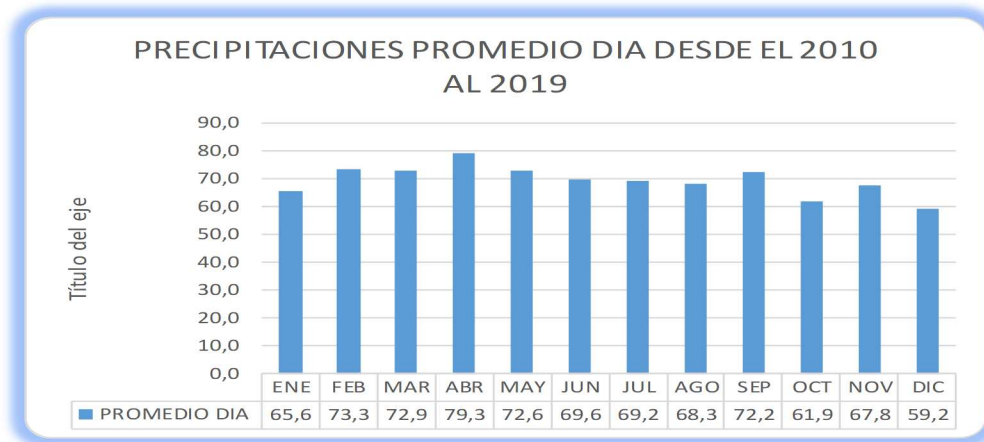
Promedio de pluviosidad 2010 al 2019



Nota: Elaboración propia datos suministrados por meteorología de la estación de Zipaquirá obtenidos por la corporación autónoma regional (C.A.R).

En la gráfica podemos observar las precipitaciones mes a mes donde el mes con mayor cantidad de precipitación es el mes de abril con 238 mm y las más baja es diciembre con 183.6 mm.

Grafica 2
promedio precipitaciones día mes 2010 al 2019



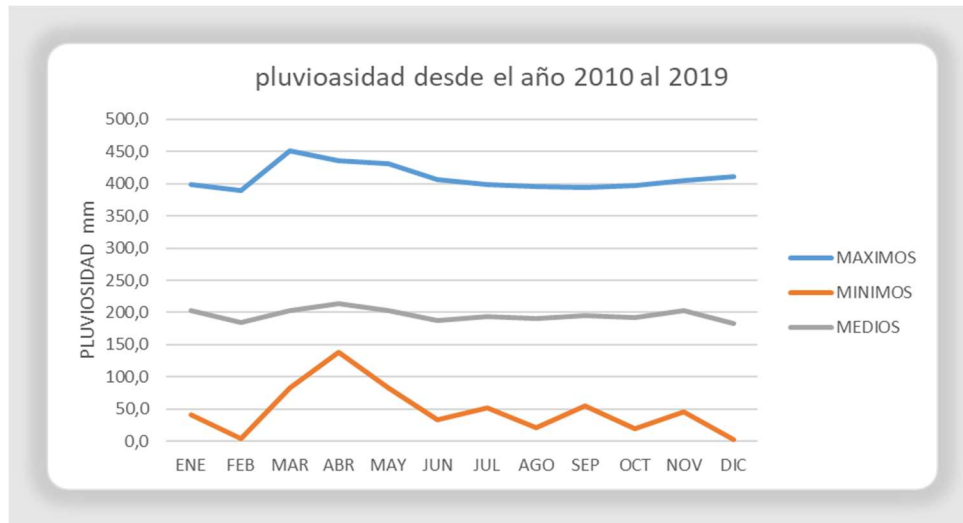
Nota: Elaboración propia datos suministrados por meteorología de la estación de Zipaquirá obtenidos por la corporación autónoma regional (C.A.R).

En la gráfica se puede observar la pluviosidad promedio día desde el 2010 hasta el 2019 por mes donde la media es de 69.4 mm con variaciones de 79.3 mm máximo y mínimo 59.2 mm .

Los meses más lluviosos o conocidos como fenómeno de la niña son abril, mayo, octubre, noviembre y diciembre, mientras que los más secos o conocidos como fenómeno de niño son los meses de enero, febrero, marzo, julio, agosto y septiembre.

Grafica 3

Pluviosidad máximos y mínimos



Pluviosidad Anual años 2010 AL 2019

Notas: Elaboración propia datos meteorológicos de la estación de Zipaquirá obtenidos por la corporación autónoma regional (C.A.R).

La pluviosidad desde el año 2010 hasta el año 2019 por mes donde su máxima pluviosidad es de 451 mm en el mes de marzo, el mes con el mínimo de pluviosidad es diciembre con 2,1 mm y el mes en promedio más alto es abril con 238 mm.

Realizando el análisis de la oferta del recurso hídrico, a pesar de los fenómenos del niño y de la niña la precipitación anual está distribuida a lo largo del año, la cual garantiza la disponibilidad del agua para suplir las necesidades del colegio para el área seleccionada. Aunque también se puede estimar los meses con mayor pluviosidad para prevenir inundaciones futuras.

La contaminación de las aguas lluvias y de la escorrentía de techos es causada por agentes existentes en la atmósfera y que se acumulan en los techos. Los contaminantes ácidos en la atmósfera, como lo es el ácido sulfúrico o el ácido nítrico, se originan principalmente por los combustibles fósiles en automóviles, edificios e industrias.

Teniendo en cuenta los datos anteriores se procede a realizar las siguientes variables para la determinación de la oferta y la demanda,

Tabla 9

Ecuaciones de las variables

Variables	Ecuación
Ppi (mm/mes) precipitación promedio mes “i” de los años evaluados	$Ppi = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} Pi}{n}$
	Ppi: precipitación promedio mes “i” de todos los años evaluados (mm/día)
	n: número de años evaluados
	pi: valor de precipitación del mes “i” (mm)
Ai (m ³) oferta de agua en el mes “i”	$Ai = \frac{Ppi * Ce * Ac}{}$
	Ppi: precipitación promedio mes (L/m ²)
	Ce: coeficiente de escorrentía
	Ac: área de captación (m ²)
Ai (m ³) teniendo en cuenta las perdidas (A'i)	$A'i = Ai - (Ai * \frac{0.2}{365})$
	Ai : oferta del mes “i” (m ³)
Vint (m ³) volumen del interceptor	$V_{int} = (1 \frac{L}{m^2} * A_{techo})$
Ca (pesos colombianos) costo de ahorro	$Ca = Pp * Cm^3$
	Cm ³ : costo de metro cubico (m ³)
	P: cantidad de precipitación en la zona

	Pp: promedio de precipitaciones	
--	---------------------------------	--

(SALUD, 2004)

para determinar la oferta de agua del mes es necesario aplicar la fórmula propuesta por Organización panamericana de la salud en la guía de diseño para captación del agua lluvia

$$A_i = P_p * C_e * A_c$$

A_i = Oferta de agua lluvia mensural

P_p = Precipitación promedio mensual (m^3 / m^2)

C_e = coeficiente de escorrentía para este caso el coeficiente de escorrentía es de 0.7 por lo que el tipo de cubierta del techo es de cemento con revestimiento de impermeabilizante

A_c = área de captación (m^2)

ecuación 3

la pérdida anual por evaporación y otros factores del 20%.

$$A' i = A_i - (A_i * 0,2 / 12)$$

Dónde: $A' i$ = Oferta hídrica mensual teniendo en cuenta las perdidas

A_i = Oferta hídrica mensual

Teniendo en cuenta las formulas anteriores para la precipitaciones de agua lluvia y el consumo de agua potable derivado del recibo de servicio público de agua potable que genera la empresa de

acueducto y alcantarillado de Tocancipá en el último semestre del colegio la fuente, estableciendo el consumo mensual una vez analizado el costo vs consumos mensual se establecerá una cuantificación del consumo del colegio la fuente del área en análisis vs el ahorro generado por el reciclaje de agua lluvia estableciendo el porcentaje de gastos monetarios sobre la utilización del agua potable.

$$\text{porcentaje de ahorro} = \frac{\text{promedio de volumen de agua lluvia aprovechada}}{\text{promedio de gaud consumida total}} \times 100$$

Resultados

Demanda De Agua Potable

Se toma como evidencia del consumo de agua potable del colegio la fuente por medio del recibo del agua en el cual se discrimina el consumo mes a mes el cual es calculado en m³ de igual manera se realiza la conversión en litro para tener mejor interpretación.

Tabla 10
Consumo De Agua

MES	m3	LITROS	costo en pesos
FEBRERO	301	301000	\$ 850.331,02
MARZO	166	166000	\$ 468.953,32
ABRIL	290	290000	\$ 819.255,80
MAYO	246	246000	\$ 694.954,92
JUNIO	163	163000	\$ 460.478,26
JULIO	300	300000	\$ 847.506,00
AGOSTO	316	316000	\$ 892.706,32

fueron elaboración propia datos suministrados por la empresa de servicios públicos de Tocancipá

Consumo total de agua potable del colegio de la fuente en litros por factura emitida por acueducto de Tocancipá.

Cabe resaltar que en sitio suministrado por el colegio para realizar la propuesta es aun costado del vivero y es donde se desarrolla esta propuesta y está enfocado para esta zona donde el consumo de agua es para el vivero y las zonas comunes cercanas donde su consumo es de 283.871 litros por día y por mes se tendría un consumo de 8517.0 litros por mes sería $8.5m^3$.

Tabla 11
Demanda De Agua

DEMANDA DE AGUA			
	CANECAS	M3	LITROS
VIVERO	5	0,0946353	94,6
ZONAS COMUNES	10	0,189271	189,271
DEMANDA TOTAL DIA	15	0,2839063	283,9
DEMANDA TOTAL MES		8,5	8516,1

Tabla 12

Resultados De Análisis

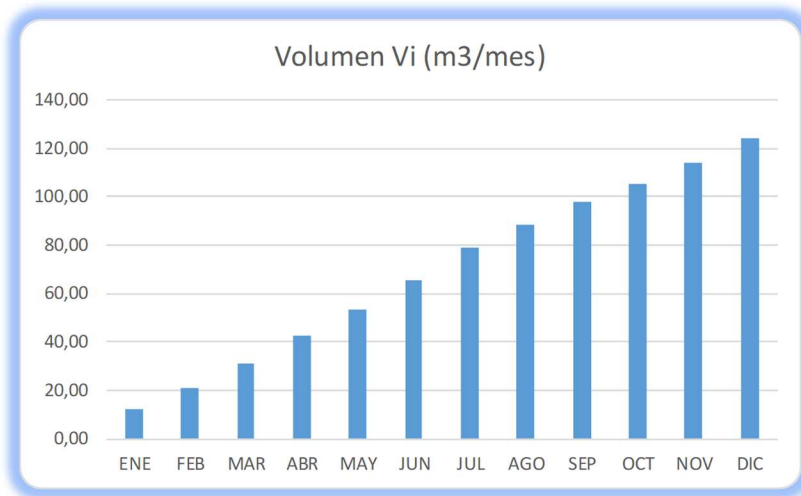
MES	precipitacion promedio Ppi (l/m ²)	dias del mes	Demanda DI (M3 / MES)	DEMANDA ACUMULAD A Dai (m3/mes)	oferta Ai (m3/mes)	oferta Acumulada Aai (m3/mes)	Volumen Vi (m3/mes)	Potencial de ahorro de agua potable %
enero	203,4	31	5	5	17,08	17,08	12,08	341,7
febrero	205,4	28	8,5	13,5	17,25	34,34	20,84	254,3
marzo	226,0	31	8,5	22	18,99	53,32	31,32	242,4
abril	238,0	30	8,5	30,5	19,99	73,31	42,81	240,4
mayo	225,1	31	8,5	39	18,91	92,22	53,22	236,5
junio	208,7	30	5	44	17,53	109,75	65,75	249,4
julio	214,5	31	5	49	18,02	127,77	78,77	260,8
agosto	211,7	31	8,5	57,5	17,78	145,55	88,05	253,1
septiembre	216,7	30	8,5	66	18,20	163,76	97,76	248,1
octubre	191,8	31	8,5	74,5	16,11	179,87	105,37	241,4
noviembre	203,4	30	8,5	83	17,09	196,96	113,96	237,3
diciembre	183,6	31	5	88	15,42	212,38	124,38	241,3
							promedio	253,9

Elaboración propia

Volumen de almacenamiento

Grafica 4

Volumen de almacenamiento



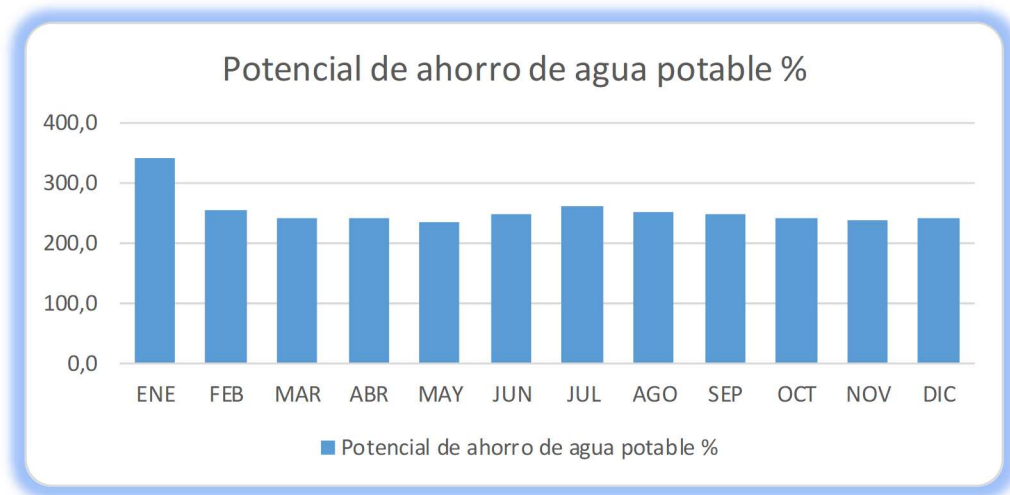
Elaboración propia datos suministrados por la CAR

En la gráfica podemos observar el volumen de almacenamiento delimitado por los meses a medida que el consumo de agua se reduce aumenta la capacidad de almacenamiento donde demuestra que se puede suplir la necesidad durante todo del año en el área de estudio también se puede observar que se desborda la capacidad de almacenamiento debido a que para la zona de utilización solo se consume 8.5 m3 mensuales y la oferta de agua es mucho mayor debido al área de estudio solo se tomara 2000 litros de la totalidad del agua.

Modelo De Costo Beneficio

Grafica 5

Potencial de ahorro



En la gráfica se puede observar que en promedio el potencial de ahorro es del 253% como se observa en la gráfica 5 y en la tabla n| 13

Con el estudio de la factura de agua potable del municipio de Tocancipá al colegio la fuente anteriormente misionada en esta monografía en al cual se aclara que solo se toma el consumo de agua potable más no los demás deducibles del valor final de la factura como lo es aseo y alcantarillado.

Actualmente el colegio departamental la fuente está consumiendo en promedio 254.5 m³ en 7 meses de agua potable al cual tiene un valor de \$719.169 (se hace la salvedad que en este costo no ingresan los valores de cargo fijo (11m³), consumo complementario (11m³), alcantarillado y aseo) tarifa actual establecida por la empresa de acueducto de Tocancipá

Se tiene datos de siete meses del colegio la fuente

Tabla 13

DEMANDA DE AGUA POTABLE

MES	m3	LITROS	costo en pesos
FEBRERO	301	301000	\$ 850.331,02
MARZO	166	166000	\$ 468.953,32
ABRIL	290	290000	\$ 819.255,80
MAYO	246	246000	\$ 694.954,92
JUNIO	163	163000	\$ 460.478,26
JULIO	300	300000	\$ 847.506,00
AGOSTO	316	316000	\$ 892.706,32

creación propia con datos suministrados por factura de acueducto y alcantarillado de Tocancipá con la implementación de este proyecto se estaría ahorrando.

Aplicando volumen a captar en el área del techo por medio de la formula $V_{int} = (1L/m^2 * A_{techo})$ es de 303.4 m³ representados en litros seria 303396 litros

Teniendo en cuenta lo anterior si el consumo diario en la zona de semillero es de 94.6 litros y zonas comunes se estarían consumiendo 189.2 litros para un total de consumo de 283.9 litros equivalentes a 0.28m³ si los llevamos al transcurso del mes serian 8.5 m³ equivalente a \$24.012

pesos que sería el 3.4% del promedio pagado en la factura, es un valor considerable de ahorro tomando en cuenta que el valor del m³ es de \$2825.02.

Mantenimiento Periódicos

Mantenimiento tiene que realizarse periódicamente cada 6 meses donde incluye:

- Usar guantes, gafas de protección botas, casco, hipoclorito para la desinfección del tanque
- lavado de techo para la eliminación de factores que puedan aumentar la contaminación del líquido
- lavado y revisión de tubería y canaletas
- revisión de filtros
- estado de los sensores
- estado y funcionamiento de la motobomba
- lavado de tanques

Recursos Disponibles

(materiales, institucionales y financieros)

Costo del sistema de aprovechamiento de aguas lluvias

Es importante tener presente la evaluación financiera para la determinación de factores tales como dimensiones diseño, tecnología y todos los elementos que la componen estos factores varían dependiendo del requerimiento del cliente

Un estudio financiero se convierte en parte fundamental para cualquier proyecto cuyo objetivo es detectar recursos económicos con el fin de obtener rentabilidad, gracias al análisis se puede calcular el costo total de la implementación del proyecto como los ingresos que se estiman recibir la información presidida durante el estudio financiero indicara la viabilidad del proyecto en términos económicos.

Análisis De Costos

El análisis de precios para la implementación está enfocado directamente en el sistema que se está proponiendo para la recolección de aguas lluvias para el colegio departamental la fuente en donde se deben tener en cuenta los costos que se generan la compra de los siguientes elementos

- Tanque almacenamiento principal (2000 litros)
- Tanque almacenamiento desagüe (250 litros)
- Sensor tipo flotador
- Electroválvula 1 pulgada
- Motobomba 1/2 hp

- Controlador
- Tubería 1 pulgada unidad
- Cable eléctrico 10 / 100mts
- Manguera 1/2 pulgada * 100mts
- Bajante
- Mano de obra

Determinación de los costos promedio

En los costos totales son determinantes los materiales para la construcción del sistema planteado en la siguiente tabla (9), se muestran los elementos necesarios para la implementación del sistema asociados a un costo en el cual se obtuvo tres cotizaciones en tiendas diferentes.

Costo De Materiales

Tabla 14

Cotizaciones

Item	Cotizacion 1 homcenter	Cotizacion 2 easy	Cotizacion 3 mercado libre
Tanque almacenamiento Principi (2000 litros)	\$ 1.142.900	\$ 883.900	\$ 2.000.000
Tanque almacenamiento desague (250 litros)	\$ 198.900	\$ 186.900	\$ 190.000
Sensor tipo flotador	\$ 78.900	\$ 79.900	\$ 42.400
Electrovalvula 1 pulgada	\$ 69.900	\$ 81.250	\$ 230.623
Motobomba 1/2 hp	\$ 625.900	\$ 611.000	\$ 624.250
Controlador	\$ 665.233	\$ 307.360	\$ 1.084.900
Tuberia 1 pulgada Unidad	\$ 15.900	\$ 8.900	\$ 17.000
Cable electrico 10 / 100mts	\$ 380.900	\$ 370.890	\$ 419.900
MANGUERA 1/2 PULGADA * 100MTS	\$ 287.000	\$ 329.900	\$ 300.577
bajante	\$ 78.000	\$ 99.900	\$ 107.000
Total	\$ 3.178.533	\$ 2.959.900	\$ 4.609.073
mano de obra	\$ 1.500.000	\$ 1.500.000	\$ 1.500.000
COSTO DE DISEÑO	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000
COSTO TOTAL	\$ 5.678.533	\$ 5.459.900	\$ 7.109.073

De las tres cotizaciones realizadas se observa que la cotización 2 en el almacén Easy es la más económica para la compra de los implementos necesarios para el montaje del proyecto por un valor de \$ 2'959.900,

La mano de obra es de \$1'500.000 pesos, el diseño en un valor de \$ 1'000.000 y el personal de servicios generales (3 personas) que son los encargados de regarlas plantas del vivero y el aseo a las zonas comunes los cuales gastan 2 horas (30 min en vivero y 90 minutos en zonas comunes) en esas labores

consumo de energía es del proyecto es de 3.27 kw/h. por un valor de \$ 2.594 pesos por dos horas \$ 5.188 pesos.

Tabla 15

costos de recurso humano

RECURSO HUMANO	COSTO
Diseño del proyecto	\$ 1'000.000
Instalación (1)	\$ 1'500.000
Servicios generales (3)	\$ 29.000

Costo Total Del Proyecto

Tabla 16

Costo total

RECURSO	COSTO TOTAL
Humano	\$ 2'529.000
Materiales	\$ 2'959.900
Consumo de energía	\$ 20594
Total	\$ 5'494.088

Fuente: elaboración propia

Dinero Ahorrado Por La Implementación Del Sistema De Recolección De Agua Lluvia

Los dineros cobrados por la empresa de servicios públicos de agua y alcantarillado de Tocancipá se promediaron dando como resultados, el consumo por mes es de 255 m³, con un valor de \$719.169 pesos de los cuales solo se van a tomar 8.5 m³ de agua por mes a un valor de \$24.013 que es agua requerida para la zona del vivero y las zonas comunes aledañas.

Donde se determina que el aprovechamiento del agua lluvia seria por mes de \$ 24.013 pesos y anualmente serian \$ 288.152.

VALOR ACTUAL NETO (VAN)

$$\text{Ecuación } VAN = i_0 + \sum_{j=1}^n \frac{FN_j}{(1+i)^j}$$

FN: flujo de caja de cada periodo

Io: valor del desembolso inicial o inversión

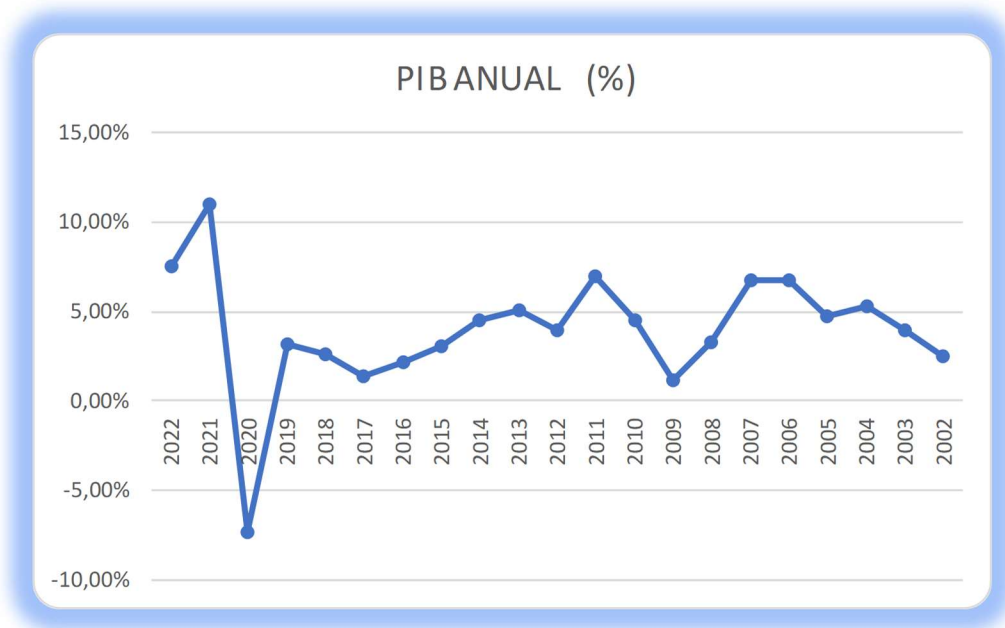
N: número de periodos considerados

i: tipo de interés exigido a la inversión.

Promedio de los últimos 20 años del producto interno bruto (PIB) es de 3.93 %

Grafica 6

Pib anual



Nota : reporte de pib anual desde el 2012 al 2022 (EXPANCIÓN, 2023)

La tabla que representa el van para los primeros 10 años

Tabla 17

valor actual neto del sistema de aprovechamiento de agua lluvia de los primeros 10 años

PERIODOS AÑO	EGRESOS	INGRESOS AÑO	FLUJO NETO	VALOR ACTUALIZADO NETO (VAN)
0	5'494.088		-\$ 5.494.088	-\$ 5.494.088
1	\$ -	\$ 288.152	\$ 288.152	\$ 277.256
2	\$ -	\$ 288.152	\$ 288.152	\$ 266.772
3	\$ -	\$ 288.152	\$ 288.152	\$ 256.684
4	\$ -	\$ 288.152	\$ 288.152	\$ 246.978
5	\$ -	\$ 288.152	\$ 288.152	\$ 237.639
6	\$ -	\$ 288.152	\$ 288.152	\$ 228.653
7	\$ -	\$ 288.152	\$ 288.152	\$ 220.006
8	\$ -	\$ 288.152	\$ 288.152	\$ 211.687
9	\$ -	\$ 288.152	\$ 288.152	\$ 203.682
10	\$ -	\$ 288.152	\$ 288.152	\$ 195.980

Fuente: elaboración propia

Tasa interna de retorno (TIR)

Tabla 18

Cálculo de la tasa interna de retorno (TIR) para el sistema de aprovechamiento de agua

PERIODOS AÑO	EGRESOS	INGRESOS AÑO	FLUJO NETO	VALOR ACTUALIZADO NETO (VAN)	TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)
0	5'494.088		-\$ 5.494.088	-\$ 5.494.088	-\$ 5.494.088
1	\$ -	\$ 288.152	\$ 288.152	\$ 277.256	-\$ 5.216.832
2	\$ -	\$ 288.152	\$ 288.152	\$ 266.772	-\$ 4.950.060
3	\$ -	\$ 288.152	\$ 288.152	\$ 256.684	-\$ 4.693.376
4	\$ -	\$ 288.152	\$ 288.152	\$ 246.978	-\$ 4.446.399
5	\$ -	\$ 288.152	\$ 288.152	\$ 237.639	-\$ 4.208.760
6	\$ -	\$ 288.152	\$ 288.152	\$ 228.653	-\$ 3.980.107
7	\$ -	\$ 288.152	\$ 288.152	\$ 220.006	-\$ 3.760.101
8	\$ -	\$ 288.152	\$ 288.152	\$ 211.687	-\$ 3.548.414
9	\$ -	\$ 288.152	\$ 288.152	\$ 203.682	-\$ 3.344.732
10	\$ -	\$ 288.152	\$ 288.152	\$ 195.980	-\$ 3.148.752
11	\$ -	\$ 288.152	\$ 288.152	\$ 188.569	-\$ 2.960.182
12	\$ -	\$ 288.152	\$ 288.152	\$ 181.439	-\$ 2.778.743
13	\$ -	\$ 288.152	\$ 288.152	\$ 174.578	-\$ 2.604.165
14	\$ -	\$ 288.152	\$ 288.152	\$ 167.977	-\$ 2.436.188
15	\$ -	\$ 288.152	\$ 288.152	\$ 161.625	-\$ 2.274.564
16	\$ -	\$ 288.152	\$ 288.152	\$ 155.513	-\$ 2.119.051
17	\$ -	\$ 288.152	\$ 288.152	\$ 149.632	-\$ 1.969.418
18	\$ -	\$ 288.152	\$ 288.152	\$ 143.974	-\$ 1.825.444
19	\$ -	\$ 288.152	\$ 288.152	\$ 138.530	-\$ 1.686.914
20	\$ -	\$ 288.152	\$ 288.152	\$ 133.292	-\$ 1.553.622
21	\$ -	\$ 288.152	\$ 288.152	\$ 128.251	-\$ 1.425.371
22	\$ -	\$ 288.152	\$ 288.152	\$ 123.402	-\$ 1.301.969
23	\$ -	\$ 288.152	\$ 288.152	\$ 118.735	-\$ 1.183.234
24	\$ -	\$ 288.152	\$ 288.152	\$ 114.246	-\$ 1.068.988
25	\$ -	\$ 288.152	\$ 288.152	\$ 109.926	-\$ 959.063
26	\$ -	\$ 288.152	\$ 288.152	\$ 105.769	-\$ 853.294
27	\$ -	\$ 288.152	\$ 288.152	\$ 101.769	-\$ 751.525
28	\$ -	\$ 288.152	\$ 288.152	\$ 97.921	-\$ 653.604
29	\$ -	\$ 288.152	\$ 288.152	\$ 94.218	-\$ 559.385
30	\$ -	\$ 288.152	\$ 288.152	\$ 90.655	-\$ 468.730
31	\$ -	\$ 288.152	\$ 288.152	\$ 87.227	-\$ 381.503
32	\$ -	\$ 288.152	\$ 288.152	\$ 83.929	-\$ 297.574
33	\$ -	\$ 288.152	\$ 288.152	\$ 80.755	-\$ 216.818
34	\$ -	\$ 288.152	\$ 288.152	\$ 77.702	-\$ 139.117
35	\$ -	\$ 288.152	\$ 288.152	\$ 74.763	-\$ 64.353
36	\$ -	\$ 288.152	\$ 288.152	\$ 71.936	\$ 7.583

Fuente: Elaboración propia

La tasa interna de retorno (TIR) se puede implementar para el sistema de recolección de agua lluvia es para el año 36 ya que la tir nos da un porcentaje de 4% el cual supera la tasa de descuento que es el 3.93% lo cual nos indica que es rentable.

La inversión del proyecto se recupera en el año 36 solo hasta ese año se empezará a ver el beneficio de la implementación del sistema de recolección de agua lluvia donde se regará el vivero y el aseo de zonas comunes totalmente con agua gratis obteniendo beneficio año atrás año.

CONCLUSIONES

Conclusiones Objetivo 1

Esta monografía se realizó en pandemia del covid 19 donde toda la información fue suministrada por medio de fotografías llamadas telefónicas y correos electrónicos donde se evidencio un proyecto de reciclaje de agua lluvia en el cual no habían registro de datos y se encontraba en abandono.

Se estableció comunicación con la docente del plantel el educativo la fuente para que nos suministrara más información y se empezó a tomar herramientas de ingenia industria tales como diagrama de Ishikawa, matriz DOFA, diagrama de Gantt en el cual ayudo a ver las cosas más claras de lo que teníamos y faltaba por mejorar se realizó una caracterización del proceso.

Conclusiones Objetivo 2

El sistema de recolección de aguas lluvias es una herramienta eficaz para promover el uso racional y sostenible del recurso hídrico en la institución educativa. Al implementar este sistema, se logra reducir el consumo de agua potable, generar ahorros económicos a mediano plazo y fomentar una cultura ambiental entre los estudiantes. Además, se abre la posibilidad de explorar nuevas tecnologías que permitan aprovechar el agua lluvia para diferentes fines, como riego, limpieza o incluso potabilización. De esta manera, se contribuye al bienestar de las generaciones futuras y se les invita a replicar este tipo de iniciativas en toda la institución.

Conclusiones de Objetivo 3

Se empezó a plantear desde la pluviosidad de la zona de Tocancipá la cantidad de precipitaciones en el cual se tomaron por años, meses y días para poder determinar que tanta agua lluvia se podía captar desde el punto donde el colegio eligió para realizar la monografía (reutilización de agua lluvia) por medio de la esorrentía y realizando la comparación con el recibo del agua potable del colegio la fuente, revisando oferta y demanda se pudo determinar que un proyecto de reciclaje de agua es beneficioso ecológicamente debido a que contribuye con la mitigación de inundaciones y al ahorro de agua potable con un beneficio adicional el porcentaje de agua captada va hacer igual a la disminución del m³ en el recibo del agua a su vez reduce el valor de dicha factura.

Teniendo en cuenta todo lo realizado en esta monografía se puede afirmar que si el colegio la fuente puede aplicar este sistema a los demás sitios del plantel, cada punto de desagües de las canales de esorrentía para el aprovechamiento del agua lluvia y de esta manera poder reducir más el costo de la factura del agua potable, hasta un 95% y contribuir al medio ambiente aún más volviéndolo más flexible, por medio de manguera para ampliar su alcance. y de esta manera llegar a diferentes áreas del colegio que no sean de consumo humano.

Recomendaciones

1. Si este proyecto lo ponen en ejecución y lo instalan en la demás aulas pueden disminuir el costo de del agua potable y convirtiendo el colegio ecológicamente amigable con el medio ambiente
2. Para la prolongación del sistema al paso del tiempo, es necesario realizar mantenimientos periódicos, como mínimo cada (6) meses o cuando el sistema lo amerite de igual manera realizar revisiones periódicas semanales, revise los flotadores, las válvulas de paso y las juntas de tuberías, observe si hay fugas o pérdidas de agua, válvulas y tuberías el objetivo es que todo esté funcionando correctamente.
3. Delimitación de la zona de almacenamiento del agua lluvia para que el personal no autorizado ingrese y pueda ocasionar daños al sistema o accidentes.
4. Llevar una bitácora de mantenimiento e intervenciones al sistema de recolección de aguas lluvias

Bibliografía

Angeles, F. (05 de 07 de 2019). *Con ciencia Boletín Científico de la escuela preparatoria No. 3.*

Obtenido de <https://repository.uaeh.edu.mx/>:

<https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/prepa3/article/view/4219>

Bravo Arina, D. L. (2021). Recolección de aguas lluvias para usos no consuntivos. *Recolección de aguas lluvias para usos no consuntivos*. Universidad Pontificia Bolivariana, Montería.

Recuperado el 13 de 05 de 2021

c, D. d. (25 de 04 de 2021). *concepto.del ciclo del agua*. Obtenido de concepto.del ciclo del agua:

<https://concepto.de/ciclo-del-agua>

CAROLINA, C. G. (2018). *DISEÑO DE UN SISTEMA DE RECOLECCIÓN Y RECICLAJE DE AGUAS LLUVIAS*. Obtenido de DISEÑO DE UN SISTEMA DE RECOLECCIÓN Y RECICLAJE DE AGUAS LLUVIAS:

https://repository.libertadores.edu.co/bitstream/handle/11371/2543/Cadena_Freddy_G%C3%B3mez_Yurley_2018.pdf?isAllowed=y&sequence=1

CEPIS. (2004 - LIMA). *GUÍA DE DISEÑO PARA CAPTACIÓN DEL AGUA DE LLUVIA*. Obtenido de GUÍA DE DISEÑO PARA CAPTACIÓN DEL AGUA DE LLUVIA:

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

comprarmotobomba. (28 de 04 de 2011). *Comprar motobomba*. Obtenido de ¿que es una moto bomba?:

<https://comprarmotobomba.wordpress.com/2011/04/28/%C2%BFque-es-una->

motobomba/#:~:text=Una%20motobomba%2C%20es%20una%20maquina%20que%20se%20utiliza,clara.%20Ideal%20para%20piscifactor%C3%ADas%2C%20piscinas%20o%20usos%20similares.

Consejo de la Construcción Ecológica de los Estados Unidos. (2009). *Guía de Estudio de LEED AP*

Diseño y Construcción de Edificios del USGBC. Obtenido de Guía de Estudio de LEED AP

Diseño y Construcción de Edificios del USGBC:

http://www.spaingbc.org/files/BD+C_StudyGuide-ES.pdf

Domotica Integrada. (14 de 08 de 2018). *Domotica Integrada*. Obtenido de ¿Como funciona y cuál es el

uso de un sensor de agua?: [https://domoticaintegrada.com/sensor-de-](https://domoticaintegrada.com/sensor-de-agua/#Que_es_y_como_funciona_un_sensor_de_agua)

[agua/#Que_es_y_como_funciona_un_sensor_de_agua](https://domoticaintegrada.com/sensor-de-agua/#Que_es_y_como_funciona_un_sensor_de_agua)

DUVAN, C. G., & CAROLINA, G. C. (2018). *Diseño de un sistema de recolección y reciclaje de aguas*

lluvias en la ciudad de Bogotá D.C. Obtenido de

<https://repository.libertadores.edu.co/handle/11371/2543>

española, D. d. (25 de 04 de 2021). <https://dle.rae.es/>. Obtenido de <https://dle.rae.es/>: <https://dle.rae.es/>

Gonzada, F. (2015). Diseño de un sistema de captacion de captacion de agua de lluvia para el uso

domestico en la isla de jambeli, cantón santa rosa, provincia de el oro. *DISEÑO DE UN*

SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA PARA USO. Unidad aademica de ingenieria

civil, Machala, Ecuador. Obtenido de

[http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/3115/1/SISTEMA%20DE%20CAPTACION](http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/3115/1/SISTEMA%20DE%20CAPTACION%20DE%20AGUA%20LLUVIA.pdf)

[N%20DE%20AGUA%20LLUVIA.pdf](http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/3115/1/SISTEMA%20DE%20CAPTACION%20DE%20AGUA%20LLUVIA.pdf)

Guzmán, H. (10 de 10 de 2016). *RESEÑA HISTÓRICA DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA RURAL*

DEPARTAMENTAL LA FUENTE. Obtenido de RESEÑA HISTÓRICA DE LA INSTITUCIÓN

EDUCATIVA RURAL DEPARTAMENTAL LA FUENTE:

<http://ierdlafuente.blogspot.com/2010/08/nuestra-historia.html>

hidropluviales. (s.f.). <https://hidropluviales.com/>. Recuperado el 01 de 05 de 2021, de Captación agua de lluvia: <https://hidropluviales.com/2018/07/05/captacion-agua-de-lluvia-2/#:~:text=Estructura%20de%20captaci%C3%B3n%3A%20Recolectan%20las,cae%20en%20techos%20y%20patios>.

Hugo, E. (2019). Programa de manejo sanitario y aprovechamiento de aguas grises y/o lluvias, en una vivienda de interes social del municipio de Tocancipa. *tesis*. Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá.

iagua. (s.f.). *¿Qué es la escorrentía?* Recuperado el 13 de 10 de 2021, de [iagua.es](http://www.iagua.es).

iagua. (2018). *iagua*. Obtenido de www.iagua.es: <https://www.iagua.es/noticias/fundacion-aquae/sabias-que-solo-0025-agua-tierra-es-potable-infografia-fundacion-aquae>

IDEAM. (2018). *Reporte de avance del estudio nacional del agua 2018*. Obtenido de www.ideam.gov.co:

http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023846/Avance_ENA.pdf

Julian Perez, A. G. (2013). *Definicion.de*. Obtenido de Definicion de sensor:

<https://definicion.de/sensor/#:~:text=Definici%C3%B3n%20de%20sensor%20Un%20sensores%20un%20dispositivo%20que,las%20magnitudes%20f%C3%ADsicas%20o%20qu%C3%ADmicas%20en%20magnitudes%20el%C3%A9ctricas>.

Leonel Corona, G. A. (2014). *Sensores y actuadores aplicaciones con arduino*. Mexico: Grupo Editorial Patria.

LIBARDO, M. R., & SNEIDER, M. B. (2018). *MEJORAMIENTO AL SISTEMA DE RECOLECCION*

DE AGUAS LLUVIAS (SCALL). Obtenido de

<https://repository.ugc.edu.co/bitstream/handle/11396/5057/Monografia%20Final.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Marmolejo, D. R. (s.f.). *Microcontrolador – qué es y para que sirve*. Recuperado el 13 de 10 de 2021,

de hetpro-store: [https://hetpro-](https://hetpro-store.com/TUTORIALES/microcontrolador/#:~:text=El%20Microcontrolador%20es%20un%20circuito,controlar%20elementos%20de%20entrada%2Fsalida.&text=Su%20funci%C3%B3n%20es%20la%20de%20automatizar%20procesos%20y%20procesar%20informaci%C3%B3n)

[store.com/TUTORIALES/microcontrolador/#:~:text=El%20Microcontrolador%20es%20un%20circuito,controlar%20elementos%20de%20entrada%2Fsalida.&text=Su%20funci%C3%B3n%20es%20la%20de%20automatizar%20procesos%20y%20procesar%20informaci%C3%B3n](https://hetpro-store.com/TUTORIALES/microcontrolador/#:~:text=El%20Microcontrolador%20es%20un%20circuito,controlar%20elementos%20de%20entrada%2Fsalida.&text=Su%20funci%C3%B3n%20es%20la%20de%20automatizar%20procesos%20y%20procesar%20informaci%C3%B3n).

Municipios de Colombia. (NA). *Tocancipá*. Recuperado el 05 de 04 de 2021, de

<https://www.municipio.com.co>: <https://www.municipio.com.co/municipio-tocancipa.html>

Online-Tesis. (2 de Marzo de 2020). *TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA REALIZAR*

UN TRABAJO DE INVESTIGACIÓN. Obtenido de Online-Tesis: [https://online-](https://online-tesis.com/tecnicas-de-recoleccion-de-datos-para-realizar-un-trabajo-de-investigacion/#:~:text=Las%20t%C3%A9cnicas%20de%20recolecti%C3%B3n%20de,un%20car%C3%A1cter%20pr%C3%A1ctico%20y%20operativo)

[tesis.com/tecnicas-de-recoleccion-de-datos-para-realizar-un-trabajo-de-](https://online-tesis.com/tecnicas-de-recoleccion-de-datos-para-realizar-un-trabajo-de-investigacion/#:~:text=Las%20t%C3%A9cnicas%20de%20recolecti%C3%B3n%20de,un%20car%C3%A1cter%20pr%C3%A1ctico%20y%20operativo)

[investigacion/#:~:text=Las%20t%C3%A9cnicas%20de%20recolecti%C3%B3n%20de,un%20car%C3%A1cter%20pr%C3%A1ctico%20y%20operativo](https://online-tesis.com/tecnicas-de-recoleccion-de-datos-para-realizar-un-trabajo-de-investigacion/#:~:text=Las%20t%C3%A9cnicas%20de%20recolecti%C3%B3n%20de,un%20car%C3%A1cter%20pr%C3%A1ctico%20y%20operativo).

org. f. (2017). <http://www.fao.org/3/i1688s/i1688s.pdf>. Obtenido de

<http://www.fao.org/3/i1688s/i1688s.pdf>: <http://www.fao.org/3/i1688s/i1688s.pdf>

ROMERO, L. P. (2019). *METODOLOGÍA PARA LA REUTILIZACIÓN DE AGUAS LLUVIAS Y*

GRISES. Obtenido de *METODOLOGÍA PARA LA REUTILIZACIÓN DE AGUAS LLUVIAS*

Y GRISES: <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/23395/1/Metodolog%C3%ADa-para-la-reutilizaci%C3%B3n-de-aguas-lluvias-y-grises-en-edificaciones.pdf>

satellite map. (s.f.). *satellite-map.gosur*. Recuperado el abril de 2021, de satellite map: https://satellite-map.gosur.com/?gclid=Cj0KCQjw4ImEBhDFARIsAGOTMj-7CcWssJmmxd40SjMLHBh5b3OF6OB4wPs4Md0UfGf48mobaU_CfUEaAo99EALw_wcB&ll=4.9757107819874165,-73.97140496077265&z=5.9&t=satellite

Sepúlveda, H. G. (06 de 05 de 2019). *Programa de manejo sanitario y aprovechamiento de aguas grises y/o lluvias, en una*. Obtenido de Programa de manejo sanitario y aprovechamiento de aguas grises y/o lluvias, en una: <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/32046/Espinosa%20Sepulveda%20Hugo%20Gildardo%202019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Tocancipa. (s.f.). *Municipio de tocancipa*. Recuperado el Abril de 2021, de Tocancipa: <https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fes-la.facebook.com%2Fpages%2Fcategory%2FTownship%2FTocancip%25C3%25A1-1799286010322633%2F&psig=AOvVaw0rm0w9E3bTi84LsMZ1v42Z&ust=1619320218716000&source=images&cd=vfe&ved=0CA0QjhXqFwoTCJjwjon0lfACFQAAAAAdAA>

VILLAREAL, L. (2015). MANUFACTURA ESBELTA. BOGOTA.

ANEXOS

PRECIPITACIONES MES DESDE EL AÑO 2010 AL 2019												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2010	251	241	239	233	230	214	210	214	260	153	208	214
2011	220	216	224	245	293	272	245	243	227	242	231	218
2012	223	230	231	234	223	235	241	285	244	249	235	248
2013	260	235	218	225	228	220	250	247	238	220	237	230
2014	238	270	250	241	205	220	229	240	238	215	218	220
2015	230	215	242	221	229	218	235	232	230	230	230	230
2016	50,2	205,4	82,3	137,7	103,7	33,8	51,3	26,8	55,2	130,6	118,4	4,0
2017	122,7	3,5	226,0	238,0	225,1	208,7	214,5	211,7	216,7	20,2	105,6	58,7
2018	40,6	48,7	97,3	169,5	83,2	59,5	71,0	21,7	64,2	60,1	46,5	2,1
2019	398,2	389,2	450,8	435,7	430,8	406,0	398,2	395,8	394,0	397,9	405,0	411,3
MAXIMOS	398,2	389,2	450,8	435,7	430,8	406,0	398,2	395,8	394,0	397,9	405,0	411,3
MINIMO	40,6	3,5	82,3	137,7	83,2	33,8	51,3	21,7	55,2	20,2	46,5	2,1
PROMEDIO MES	203,4	205,4	226,0	238,0	225,1	208,7	214,5	211,7	216,7	191,8	203,4	183,6
PROMEDIO DIA	65,6	73,3	72,9	79,3	72,6	69,6	69,2	68,3	72,2	61,9	67,8	59,2

