



UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ
EXTENSIÓN EL CARMEN

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

Creada Ley No 10 – Registro Oficial 313 de noviembre 13 de 1985

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN


TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO AGROPECUARIO

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ESTRUCTURAS
HIDRÁULICAS DE PVC PARA EL ALMACENAMIENTO
EFECTIVO DE AGUA”**

AUTORA: Getial Moran Mercedes Nicole

DOCENTE TUTOR: Ing. José Randy Cedeño Zambrano. Mg.

El Carmen, enero, 2026

 Uleam <small>UNIVERSIDAD LAICA</small> <small>ELOY ALFARO DE MANABÍ</small>	NOMBRE DEL DOCUMENTO: CERTIFICADO DE TUTOR	CÓDIGO: PAT-01-F-010
	PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO	REVISIÓN: 1
	Página 1 de 1	

CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor de la Extensión en El Carmen de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Integración Curricular bajo la autoría de la estudiante **Getial Morán Mercedes Nicole**, legalmente matriculada en la carrera de Ingeniería Agropecuaria, período académico 2025 (2), cumpliendo el total de 384 horas, cuyo tema del proyecto es **“Implementación de un sistema de estructuras hidráulicas de PVC para el almacenamiento efectivo de agua”**.

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, y la originalidad de este, requisitos suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

El Carmen, 29 de enero de 2026.

Lo certifico,



Ing. José Randy Cedeño Zambrano, Mg.

Docente Tutor

Área: Agricultura, Silvicultura, Pesca y Veterinaria



Uleam
Extensión El Carmen

UNIVERSIDAD LAICA “ELOY ALFARO” DE

MANABÍ EXTENSIÓN EL CARMEN


APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Los miembros del Tribunal Examinador aprueban el Trabajo de Titulación con modalidad Proyecto Integrador, titulado **“Implementación de un sistema de estructuras hidráulicas de PVC para el almacenamiento efectivo de agua”**, cuya autora **Mercedes Nicole Getial Moran**, de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria y como Tutor de Trabajo de Titulación el Ing. José Randy Cedeño Zambrano, Mg.

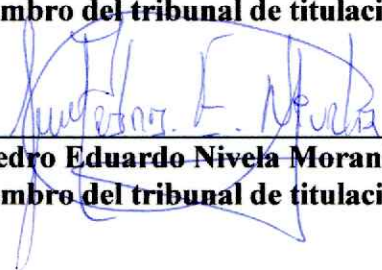
El Carmen, febrero de 2026



Ing. Marco Vinicio De la Cruz Chicaiza, MSc.
Presidente del tribunal de titulación



Ing. Nexar Vismar Cobeña Loor, Mg.
Miembro del tribunal de titulación



Ing. Pedro Eduardo Nivelá Morante, Mg.
Miembro del tribunal de titulación

 **Uleam**



DECLARACIÓN DE AUTORIA

La responsabilidad de este proyecto de Titulación: **“Implementación de un sistema de estructuras hidráulicas de PVC para el almacenamiento efectivo de agua”** corresponde exclusivamente a **Mercedes Nicole Getial Moran** con C.I 2351053661 y los derechos patrimoniales del mismo a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.

El Carmen – Manabí

Autora

Mercedes Nicole Getial Moran

C.I 2351053661

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, a mi madre, a mi padre, a mis hermanos Leidy, Brian y Gabriel a quienes amo con todo mi ser; ellos son mi motor, mi pilar y mi razón para seguir avanzando, del mismo modo agradezco a mis amigos que siempre me han acompañado y que gracias a ellos he cumplido esta meta, gratifico también su apoyo y fortaleza que han sido mi motivación y persistencia a lo largo de esta travesía.

Estoy extraordinariamente agradecida con la vida por ubicarme aquí, en este momento y en este lugar, culminando una etapa que no se repetirá, junto a personas que aprecio y echaré de menos un montón, pero que siempre estarán en mi corazón porque una parte de mi los recordara eternamente.

Agradezco de la misma manera la guía de mi tutor de tesis quien me ha sabido encaminar en esta investigación.

Gracias por el aprecio, la ayuda, las anécdotas y la firmeza compartida para escalar un eslabón más en mi existencia.

DEDICATORIA

A mis hermanos Leidy, Gabriel y Gerardo, por inspirarme a ser mejor persona y a nunca rendirme.

A mi padre, Cecilio Getial, por apoyarme en este proceso e impulsarme en mi vida profesional.

Y a mi mamá, Carmen Moran, porque sin ti, no hubiera llegado hasta aquí.

TABLA DE CONTENIDO

PORTADA	I
CERTIFICACION	II
TRIBUNAL DE TITULACIÓN	III
DECLARACION DE AUTORIA	IV
AGRADECIMIENTO	V
DEDICATORIA	VI
ÍNDICE DE TABLAS	X
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
ÍNDICE DE ANEXOS	IX
RESUMEN	X
SUMARY	XI
CAPÍTULO I	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 PLANTAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.2 JUSTIFICACIÓN	4
1.3 OBJETIVOS	5
1.3.1 Objetivo general	5
1.3.2 Objetivos específicos	5
1.3 HIPÓTESIS	5
1.5 METODOLOGÍA	6
1.5.1 Localización de la unidad de implementación	6
1.5.2 Caracterización agroecológica de la zona	6
1.5.3 Materiales y equipos	6
1.5.5 Tipo y enfoque de la investigación	7
1.5.6 Diseño de la investigación	8
1.5.7 Métodos de investigación	8
1.5.8 Toma de datos	8
1.5.9 Procesamiento y análisis de datos	9
CAPÍTULO II	10
2. MARCO TEÓRICO	10
2.1 Definición de términos	10

2.1.1 Estructuras hidráulicas	10
2.1.2 Tubería de conducción.....	10
2.1.3 Conducción por bombeo.....	10
2.1.4 Reservorio /cisterna	10
2.1.5 Volumen de agua almacenado.....	11
2.1.6 Propiedades de las estructuras hidráulicas de PVC	11
2.1.7 Tiempo de llenado del sistema	11
2.1.8 Caudal o gasto hídrico	12
2.1.8.1 Métodos para calcular el caudal	12
2.1.9 Flujo másico.....	13
2.1.10 Eficiencia en la conducción de agua	14
2.2 BASES TEÓRICAS.	15
2.2.1 Almacenamiento de agua.....	15
2.2.2 Importancia del almacenamiento de agua	15
2.2.3 Sistemas hidráulicos en ingeniería agrícola.....	16
2.2.4 Materiales y estructuras hidráulicas de PVC.....	18
2.3 Aplicaciones de estructuras de PVC en sistemas hidráulicos.....	19
2.4 Tipología de bombas utilizadas en sistemas de almacenamiento hídrico... 20	
2.5 Bomba sumergible Pedrollo (modelo 4SR 45G/30 – 3 HP).....	21
2.5.1 Características técnicas	21
2.5.2 Potencia nominal	22
2.5.3 Condiciones de operación	22
2.5.4 Criterios técnicos del equipo instalado.....	23
2.5.5 Curva hidráulica de la bomba sumergible Pedrollo	23
2.5.6 Caudal teórico de la bomba sumergible Pedrollo	25
2.5.7 Importancia del caudal teórico en el análisis del sistema	25
2.5.8 Relación con los sistemas de almacenamiento hídrico.....	26
2.6 TRABAJOS RELACIONADOS	26
CAPÍTULO III	29
3. DESARROLLO DE LA PROPUESTA.....	29
3.1DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA O PROCESO	29
3.1.1 Antecedentes	29
3.2DISEÑO DE TECNOLOGÍAS, HERRAMIENTAS O EQUIPOS A IMPLEMENTAR.....	30
3.2.1 Ubicación de la propuesta	30

3.2.2 Metodología de la propuesta	30
3.2.3 Diseño agronómico	36
3.2.4 Descripción funcional de los componentes del sistema	36
3.2.5 Esquema (sistema de estructuras hidráulicas de PVC)	38
3.2.6 Desglose de gastos	39
3.2.7 Cronograma	41
3.3 PLAN DE IMPLEMENTACIÓN	42
3.3.1 Presupuesto	42
3.4 DESCRIPCIÓN Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO, HERRAMIENTA O MÉTODO IMPLEMENTADO	42
3.4.1 Variable	42
3.4.2 Unidad experimental	43
3.4.3 Tratamientos	44
3.4.4. Características de las unidades experimentales	44
3.4.5 Análisis estadístico	45
3.5 RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	45
3.5.1 Variable eficiencia en la conducción de agua	45
3.5.2 Variable tiempo de llenado de la cisterna	46
3.5.3 Variable gasto hídrico	47
3.5.4 Variable Flujo másico	49
CAPÍTULO IV	50
4. CONCLUSIONES	50
4.1 Conclusiones	50
4.2 Recomendaciones	51
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	LII
ANEXOS	LXI

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Agroecología de la zona	6
Tabla 2. Ubicación del proyecto a implementar	30
Tabla 3. Desglose de gastos.....	40
Tabla 4. Servicios utilizados para la implementación del sistema de estructuras hidráulicas de PVC para el almacenamiento de agua.....	40
Tabla 5. Cronograma de actividades-primera fase 2025 (2).....	41
Tabla 6. Cronograma de actividades-segunda Fase 2025 (2).....	41
Tabla 7. Presupuesto de la implementación del sistema de estructuras de PVC para el almacenamiento efectivo de agua.....	42
Tabla 8. Esquema del Análisis de T	44
Tabla 9. Características de los tratamientos	44
Tabla 10. Características de la unidad experimental	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Curva hidráulica de la electrobomba Pedrollo (modelo 4SR 45G/30-3 HP).....	24
Figura 2. Área destinada para la implementación del sistema de conducción de agua mediante estructuras hidráulicas de PVC.	31
Figura 3. Tubería y conectores del sistema de conducción de agua.....	31
Figura 4. Conducción del agua mediante la apertura la llave de paso hacia la cisterna	32
Figura 5. Tubería de PVC 1”	32
Figura 6. Retiro del sistema de traslado de agua anterior.....	33
Figura 7. Evidencia de fallas mecánicas en el sistema conducción hídrico existente.....	33
Figura 8. Instalación del sistema de conducción de agua.....	34
Figura 9. Realización de pruebas del sistema implementado.....	34
Figura 10. Aplicación en campo del sistema de conducción de agua implementado ...	35
Figura 11. Entrega de acta de recepción de la implementación	35
Figura 12. Diseño agronómico del sistema de estructuras hidráulicas de PVC para la conducción de agua.	36
Figura 13. Esquema (sistema conducción de agua)	39
Figura 14. Eficiencia en la conducción de agua en la evaluación de la implementación de un sistema de estructuras hidráulicas de PVC para el almacenamiento efectivo de agua.	46
Figura 15. Tiempo de llenado en la evaluación de la implementación de un sistema de estructuras hidráulicas de PVC para el almacenamiento efectivo de agua.....	47
Figura 16. Gasto hídrico en la evaluación de la implementación de un sistema de estructuras hidráulicas de PVC para el almacenamiento efectivo de agua.....	48
Figura 17. Flujo másico en la evaluación de la implementación de un sistema de estructuras hidráulicas de PVC para el almacenamiento efectivo de agua.....	49

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Prueba t para medias de dos muestras pareadas de variable eficiencia en la conducción de agua.	LXI
Anexo 2. Prueba t para medias de dos muestras emparejadas de variable tiempo de llenado de la cisterna.	LXI
Anexo 3. Prueba t para medias de dos muestras emparejadas de la variable gasto hídrico.	LXI
Anexo 4. Prueba t para medias de dos muestras emparejadas de la variable flujo másico.	LXII
Anexo 5. Factura de Centro ferretero El Carmen.....	LXII
Anexo 6. Factura de Ferretería Ortiz.....	LXII
Anexo 7. Factura de Disensa.....	LXIII
Anexo 8. Transferencia a la ferretería Ortiz para la compra de la tubería de PVC...	LXIII
Anexo 9. Variable eficiencia en la conducción de agua.....	LXIV
Anexo 10. Variable tiempo de llenado de la cisterna.....	LXIV
Anexo 11. Variable gasto hídrico.....	LXIV
Anexo 12. Variable flujo másico.....	LXIV

RESUMEN

Se estableció los beneficios de la implementación del sistema de estructuras hidráulicas de PVC para el almacenamiento efectivo de agua en la granja experimental Río Suma de la “Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí” extensión El Carmen, ubicada en la provincia de Manabí, Ecuador. El uso de herramientas estadísticas como el análisis de T de Student permitió evaluar 2 tratamientos: Tratamiento 0 (sistema previamente instalado) las variables: eficiencia en la conducción de agua, tiempo de llenado del sistema, gasto hídrico y flujo másico antes de implementar en nuevo sistema, Tratamiento 1 (sistema actualmente implementado) las variables: eficiencia en la conducción de agua, tiempo de llenado del sistema, gasto hídrico y flujo másico después de la implementación. Antes de la implementación se valoró la variable eficiencia en la conducción de agua donde se registró que no hubo diferencias significativas entre los tratamientos obteniendo un promedio de eficiencia en el R1 (T0 sistema anterior) 9,95% y en el R2 (T1 sistema implementado) 11,63%, en la variable tiempo de llenado del sistema se determinó un promedio de tiempo en el R1 (T0 sistema anterior) 2157,9 segundos y en el R2 (T1 sistema implementado) 18482,2 segundos lo que demostró que existe diferencias significativas entre los tratamientos, en la variable gasto hídrico se percibió diferencias significativas entre los tratamientos siendo el promedio R1 (T0 sistema anterior) almacenó 0,00023 m³ /s, en el R2 (T1 sistema implementado) 0,00027 m³ /s, con respecto al flujo másico se indicó que en el R1 (T0 sistema anterior) obtuvo 0,23 kg/s y en el R2 (T1 sistema implementado) 0,27 kg/s, lo cual demostró la existencia de diferencias estadísticas significativas. En el análisis económico se determinó que el costo de inversión para implementar el sistema a base estructuras de PVC para el traslado de agua es de \$370,74.

Palabras claves: estructuras de PVC, almacenamiento, conducción de agua, eficiencia hidráulica, caudal.

SUMMARY

The benefits of implementing a PVC hydraulic structure system for effective water storage were established at the Río Suma experimental farm of the "Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí," El Carmen extension, located in the province of Manabí, Ecuador. The use of statistical tools such as Student's t-test allowed for the evaluation of two treatments: Treatment 0 (previously installed system) with variables such as water conduction efficiency, system filling time, water flow rate, and mass flow rate before implementation of the new system; and Treatment 1 (currently implemented system) with variables such as water conduction efficiency, system filling time, water flow rate, and mass flow rate after implementation. Before implementation, the water conveyance efficiency variable was assessed, revealing no significant differences between treatments. The average efficiency was 9.95% in R1 (previous system, T0) and 11.63% in R2 (implemented system, T1). Regarding system filling time, the average time was 2157.9 seconds in R1 (previous system, T0) and 18482.2 seconds in R2 (implemented system, T1), demonstrating significant differences between treatments. Significant differences were also observed in water flow rate, with R1 (previous system, T0) storing an average of 0.00023 m³/s and R2 (implemented system, T1) 0.00027 m³/s. Mass flow rate was 0.23 kg/s in R1 (previous system) and 0.27 kg/s in R2 (implemented system, T1). kg/s, which demonstrated that statistical differences do exist. The economic analysis determined that the investment cost to implement the system based on PVC structures for water transport is \$370.74.

Keywords: PVC structures, storage, hidraulic efficiency, water conveyance, flow rate.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

El agua es el recurso fundamental para el sector agrícola ya que es esencial en el crecimiento y desarrollo de los cultivos, proporcionando los nutrientes necesarios para su sobrevivencia (Rodríguez et al., 2024). A nivel mundial, la importancia del agua en la agricultura es aún más evidente, ya que la población mundial está en constante crecimiento, lo que significa que se requiere una mayor producción de alimentos para satisfacer la demanda, por lo tanto, es crucial utilizar este elemento de manera eficiente y sostenible en la agricultura con el fin de garantizar la seguridad alimentaria a largo plazo (Bonilla et al., 2021).

Así pues, es indispensable aumentar el nivel de conocimiento técnico de sistemas de riego en el sector agrícola, al mismo tiempo es crucial implementar tecnologías que permitan aprovechar el agua eficazmente, por tal motivo, resulta oportuno que los sectores tanto público como privados destinen recursos para que el sector agrario tome la iniciativa de aplicar dichas metodologías y procedimientos innovadores con el objetivo de conservar el recurso hídrico (López et al., 2024).

Los antecedentes más antiguos del uso del agua con propósitos agrícolas asociados con el almacenamiento y conservación surgen en Egipto y Mesopotamia hace unos 6000 años mediante la alteración de los cauces de los ríos para garantizar el abastecimiento de agua óptimo para la sociedad, así como sus actividades productivas, lo que dio la pauta inicial de las civilizaciones sedentarias y ha evolucionado con el uso de fuentes acuíferas superficiales como ríos y represas (López et al., 2024). Desde la antigüedad el almacenamiento hídrico ha sido clave para el desarrollo de las civilizaciones y agrícola lo cual ha permitido el establecimiento de sociedades permanentes marcando un hito en la evolución de la humanidad.

Durante la época de sequía en Latinoamérica, la disponibilidad de agua se ve perjudicada aunque existen varias herramientas empleadas para el abastecimiento tales como reservorios, líneas de fluidos, aljibes y tuberías de traslado hídrico que

lamentablemente son inaccesibles para gran parte de la población en zonas rurales debido a una desfavorable automatización en la distribución del recurso hídrico (Solano y Morice, 2020). Dando como resultado, pérdidas en las cosechas desencadenando un impacto económico negativo que afecta significativamente sobre la calidad de vida del productor agrícola.

En Ecuador, durante muchos años el manejo del agua se ha centrado en iniciativas orientadas a mejorar el aprovisionamiento más no su calidad, por lo que, dicha problemática se ve agravada debido a, la baja disponibilidad de los recursos económicos para la conservación de fuentes primarias y la falta de un buen criterio de manejo del recurso hídrico (Zambrano et al., 2022).

A nivel nacional, la producción agrícola tiene muchos factores que hacen que no se obtengan buenos rendimientos, uno de estos es la variabilidad de precipitaciones en la zona litoral del país, teniendo muchos sectores con escasez de agua y otros con excedentes de lluvias, sumado al poco manejo de los recursos hídricos por parte de las instituciones que tienen la competencia (Loaiza et al., 2022). Es por ello que, el presente trabajo pretende implementar un nuevo sistema para la conservación eficiente del agua mediante la instalación de estructuras hidráulicas de cloruro de polivinilo (PVC) en la Granja Experimental Rio Suma en el cantón El Carmen, zona que presencia fuertes sequías en la temporada cálida.

1.1 PLANTAMIENTO DEL PROBLEMA

El sector agrícola afronta serios desafíos asociados con el almacenamiento apropiado de agua, debido a que, gran parte del desperdicio de este recurso se origina por la falta de operatividad en los canales y la práctica indebida en los ductos de gestión del flujo hídrico provocando cuantiosas pérdidas (Villareal, et al., 2020). Representado así, el uso del recurso hídrico de suma importancia para el crecimiento en la productividad agrícola, con especial énfasis en zonas áridas y semiáridas, tomando en cuenta el cambio climático presente y venidero (Izquier, 2015).

Según las últimas investigaciones se ha identificado que, el almacenamiento y conducción deficiente de agua se sustenta en el desperdicio de la misma, en los canales primarios, secundarios y terciarios, las cuales son provocadas por infiltraciones propias de las cuencas hídricas, filtraciones por desarrollo de raíces, escapes mediante tuberías en mal estado, inundaciones y mantenimiento defectuoso de los conductos (Ortiz et al., 2021). En este sentido, resulta de gran importancia brindar nuevas alternativas que permitan el almacenamiento efectivo de agua, puesto que, uno de los problemas que afronta la Granja Experimental Río Suma, se debe a la exposición de las tuberías, las mismas que se encuentran deterioradas a causa de fallas mecánicas anteriores.

Específicamente, en la provincia costera de Manabí, la falta de conocimiento y uso de herramientas tecnológicas como material de apoyo para alcanzar óptimos rendimientos agrícolas, representan un declive significativo a nivel productivo, además, esta zona afronta graves problemas relacionados con el uso de insumos, recursos de calidad y escasez de riego en varias regiones (Fernández, et al., 2022). Por lo que, el desconocimiento de herramientas innovadoras relacionadas al sistema de conducción de agua, constituyen una barrera que limitan su implementación impidiendo que los agricultores utilicen la tecnología como ayuda en sus actividades prácticas.

El déficit de conocimiento e información sobre herramientas tecnológicas asociadas con el sistema de conducción de agua por parte de los agricultores limita su implementación sobre todo en la región litoral que enfrenta varios desafíos ligados al empleo de recursos óptimos, efectividad en el manejo de recursos y escases de agua durante la época de verano siendo este el caso de la provincia de Manabí cuya repercusión es de suma importancia ya que afecta directamente el rendimiento agrícola y sostenibilidad.

¿Qué impacto tiene la implementación de estructuras hidráulicas de PVC en la eficiencia del almacenamiento de agua en la Granja Experimental Río Suma?

1.2 JUSTIFICACIÓN

El presente estudio tiene como propósito incorporar un sistema de estructuras hidráulicas a base de tuberías de PVC dentro de la Granja experimental Rio Suma, con el objetivo de almacenar de manera eficiente el agua, siendo este recurso indispensable al momento de realizar labores de riego, de limpieza o tratamiento agrícola. En nuestro país las estaciones climáticas favorecen a la gran cantidad de hectáreas destinadas a la agricultura, sin embargo, el mal manejo de las cuencas hídricas han provocado la desaparición de muchos ríos y fuentes que irrigaban los cultivos, por lo cual, los fines investigativos de este trabajo, radican en su potencial para conservar el recurso hídrico de manera efectiva en una zona en la cual las altas temperaturas en el periodo de verano generan su escasez, siendo sustancial para los sectores productivos.

Hablar de un sistema de conducción de agua, hace referencia a aquel método formado por un área central, cuya función es la captación de agua así como su almacenamiento y un mecanismo que cuente con estructuras propicias para el traslado del recurso hídrico desde la estación hacia los sistemas de abastecimiento de una manera fácil y práctica (Zúñiga, 2020). En esta investigación se pretende aplicar de manera practica un sistema que permita la conservación adecuada del agua, evitando su desperdicio y desaprovechamiento al momento de ser transportada y utilizada, siendo los costos a nivel de implementación considerablemente bajos por lo que, representa un ahorro para el agricultor lo que mejora su economía y su calidad de vida. Al ser un sistema fácil de implementar, la instalación no concierne en tecnicismos, por lo cual es un sistema capaz de adaptarse a cualquier espacio con materiales fáciles de encontrar en la región.

Cabe destacar que, a nivel académico, este trabajo representa un aporte significativo para futuras investigaciones orientadas al manejo adecuado de agua y su conservación, permitiendo generar nuevas interrogantes e innovando la manera práctica del empleo de este preciado recurso para contrarrestar el impacto subyacente en el medio ambiente que afecta directamente sobre el sector agrícola. Además, invita a las empresas del sector agrícola a dar mejoras en la manera de administrar el recurso hídrico mediante un sistema de conducción de bajo costo y efectivo.

Finalmente, a nivel social tiene un impacto positivo en la comunidad agro productiva del país, puesto que, plantea modernas maneras innovadoras de optimizar los recursos naturales, permitiendo una reducción en la pérdida de cultivos debido a las fuertes sequías, incrementando la productividad y la economía mejorando el estilo de vida de los agricultores y de las nuevas generaciones.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general

- ✓ Implementar un sistema de estructuras hidráulicas de PVC para el almacenamiento efectivo de agua en la Granja Experimental Río Suma.

1.3.2 Objetivos específicos

- ✓ Transportar el recurso hídrico mediante un sistema de tuberías de PVC para el almacenamiento del agua en la cisterna de la Granja Experimental Río Suma.
- ✓ Determinar el caudal del sistema de conducción a través del cálculo del gasto, flujo y tiempo de llenado, como indicadores de la eficiencia del sistema implementado.
- ✓ Identificar las ventajas de implementar el sistema de estructuras de PVC a través de la comparación de los datos de tiempo de llenado y eficiencia de conducción hídrica recolectados en la Granja Experimental Río Suma.

1.3 HIPÓTESIS

Hipótesis nula: El sistema de conducción de agua mediante estructuras hidráulicas de PVC no incrementará la eficiencia en la conducción de agua, el gasto hídrico, el tiempo de llenado y el flujo másico en la Granja experimental Río Suma.

Hipótesis alternativa: El sistema de conducción de agua mediante estructuras hidráulicas de PVC incrementará el tiempo de llenado, el gasto hídrico, la eficiencia en la conducción y el flujo másico en la Granja Experimental Río Suma.

1.5 METODOLOGÍA

1.5.1 Localización de la unidad de implementación

La investigación se realizó en la Granja Experimental Rio Suma ubicada en el km 35, cantón El Carmen, de la provincia de Manabí, comprendiendo en el periodo del año 2025 en los meses de octubre y noviembre.

1.5.2 Caracterización agroecológica de la zona

La tabla 1 presenta las características agroecológicas de la zona donde se realizó la presente investigación.

Tabla 1

Agroecología de la zona

Altitud:	261 msnm
Clima:	Tropical húmedo.
Temperatura:	24-25 °C
Precipitación:	2800 mm.
Humedad relativa:	85 – 86%
Topografía:	Ligeramente irregular.
Clasificación bioclimática:	Bosque trópico húmedo.
Heliofanía:	1 064 h/1/a
Drenaje:	Natural.

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI, 2016)

1.5.3 Materiales y equipos

Los materiales y equipo utilizados en esta investigación se describen a continuación:

- ✓ Tubería PVC a presión
- ✓ Tees
- ✓ Uniones
- ✓ Tapones

- ✓ Bujes
- ✓ Válvulas check
- ✓ Cinta teflón
- ✓ Llaves ajustables
- ✓ Codo PVC 1”
- ✓ Cortatubos
- ✓ Abrazaderas
- ✓ Brocas
- ✓ Flexómetro
- ✓ Cuaderno de apuntes
- ✓ Lápiz

1.5.4 Equipos y accesorios

- ✓ Electrobomba sumergible
- ✓ Taladro
- ✓ Cronómetro

1.5.5 Tipo y enfoque de la investigación

El presente estudio corresponde a una investigación de tipo cuasi-experimental, debido a que se evaluó el comportamiento de un sistema antes y después de la implementación de estructuras de PVC, sin la retribución aleatoria de los grupos de estudio.

De acuerdo con Ramos (2021), los estudios cuasi-experimentales se caracterizan por la manipulación de al menos una variable dependiente, pero a diferencia de los análisis experimentales controlados los grupos no se asignan aleatoriamente sino se emplean grupos ya existentes.

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, el cual se caracteriza por el uso de mediciones numéricas y análisis estadístico para interpretar los resultados obtenidos durante el proceso de investigación permitiendo analizar el comportamiento del sistema de conducción del recurso hídrico en condiciones reales de operación ya que se contrastan los resultados obtenidos en dos momentos distintos del estudio.

1.5.6 Diseño de la investigación

El diseño de la investigación corresponde a un estudio comparativo, cuyo propósito principal es evaluar la eficiencia del sistema de conducción de agua hacia la cisterna, mediante el análisis relativo de datos obtenidos antes y después de la implementación del sistema de estructuras hidráulicas de PVC.

Para ello, se efectuó la medición de variables hidráulicas fundamentales como el caudal o gasto hídrico, el tiempo que tarda en llenarse el reservorio de almacenamiento y la eficiencia en la conducción del agua.

1.5.7 Métodos de investigación

Para el desarrollo de la investigación se emplearon los siguientes métodos de investigación:

- ✓ **Método descriptivo:** permite caracterizar el comportamiento del sistema de conducción de agua mediante la descripción de las variables hidráulicas evaluadas durante el proceso de llenado de la cisterna.
- ✓ **Método comparativo:** determina y analiza las diferencias entre los resultados obtenidos antes y después de la implementación del sistema de conducción con tuberías de PVC, permitiendo establecer mejoras en el desempeño hidráulico del sistema.

1.5.8 Toma de datos

La toma de datos se efectuó mediante mediciones directas en campo, registrando el tiempo necesario para el llenado de la cisterna, lo que facilitó calcular el caudal transportado por el sistema y volumen efectivamente entregado, consecutivamente, los datos obtenidos fueron organizados y analizados a través de herramientas estadísticas descriptivas, tales como tablas y representaciones gráficas, con el fin de identificar variaciones en la ejecución del sistema para de esta forma determinar el nivel de eficiencia alcanzado en la conducción del recurso hídrico.

1.5.9 Procesamiento y análisis de datos

Los datos recolectados durante la fase experimental permitieron el cálculo de las variables de esta investigación las cuales son fundamentales en el sistema de traslado del recurso hídrico, por lo tanto, se aplicaron expresiones matemáticas ampliamente empleadas en estudios hidráulicos los cuales permitieron evaluar el rendimiento del sistema antes y después de su implementación.

Los resultados de esta investigación fueron analizados mediante estadística descriptiva conjuntamente, se aplicó la prueba t de Student para muestras relacionadas, con un nivel de significancia del 5%, con el objetivo de determinar la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre el sistema de conducción anterior y el sistema implementado.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Definición de términos

2.1.1 Estructuras hidráulicas

Las estructuras hidráulicas comprenden el conjunto de tuberías y accesorios diseñadas para la conducción, captación y almacenamiento del recurso hídrico con la finalidad de permitir una gestión competente y apropiada en sistemas de abastecimiento de agua (Paz y Rosado, 2025).

2.1.2 Tubería de conducción

La tubería de conducción permite el transporte del agua desde la fuente de captación hasta la cisterna de almacenamiento, según lo mencionado por Renzo (2023), el uso de tubería de diversos materiales tales como acero o PVC siendo este último más económico y resistente a largo plazo, permite el traslado seguro del recurso hídrico.

2.1.3 Conducción por bombeo

Para adquirir el agua conservada en la profundidad del suelo se utiliza el sistema de conducción por bombeo debido a que no se puede captar el agua de manera directa, este procedimiento se caracteriza por pasar el agua captada en su totalidad a través de unos tubos de dimensiones magnas, de esta manera el método de captación cumple un desempeño electromecánico impulsando el afluente hacia la superficie (Monge, 2023).

2.1.4 Reservorio /cisterna

Al contrario de las reservas hídricas naturales como ríos y lagos, los reservorios como cisternas o tanques, permiten el almacenamiento de agua tanto en nivel y volumen beneficiando directamente su aplicación durante tiempo de escasez e independiente de las

condiciones climáticas por las que este atravesando una localidad. (Aranguren, Barrera y Páez, 2020). El análisis del presente trabajo se realizó en la cisterna de la Granja experimental Río Suma cuya capacidad de almacenamiento es de 5000 litros de agua la misma, que es utilizado dentro de los sistemas de riego y sistemas de producción pecuario del área de estudio.

2.1.5 Volumen de agua almacenado

Cuando se habla sobre el almacenamiento del recurso hídrico es importante mencionar el volumen puesto que este hace referencia a la cantidad de agua que puede ser contenida en un reservorio, en este caso, se utiliza una cisterna. La importancia del volumen de agua que se almacena está en su posterior utilidad, lo que permite visualizar el tipo de acción social tomada frente a las temporadas climatológicas, es por ello que, una buena infraestructura hídrica con redes de tuberías que abastezcan el agua garantizan su durabilidad y eficiencia en el tiempo (Bolados et al., 2022).

2.1.6 Propiedades de las estructuras hidráulicas de PVC

El cloruro de polivinilo o comúnmente conocido como PVC es uno de los polímeros más utilizados actualmente debido a sus propiedades y características físicas como son su resistencia, durabilidad, impermeabilizante, es ligero y fácil de transportar lo que, en un sistema de estructuras hidráulicas lo hace mayoritariamente eficiente (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 2016). Este estudio pretende utilizar estructuras a base de PVC con el fin de optimar el trabajo durante la conducción eficiente de agua, gracias a su adaptabilidad, resistencia y el bajo costo de inversión.

2.1.7 Tiempo de llenado del sistema

El tiempo de llenado de la cisterna que se utiliza en el presente proyecto será determinado por el caudal de agua transportado por el sistema, demostrando su efectividad con respecto a anteriores sistemas de conducción hídrica que han sido aplicados en este mismo lugar, por lo tanto, se define como el periodo requerido para que la cisterna alcance su capacidad total de almacenamiento. El tiempo depende directamente del caudal

transportado por el sistema de conducción y las características hidráulicas de la infraestructura instalada. En esta investigación, el tiempo de llenado representa un indicador crucial para comparar el desempeño del sistema actual respecto del sistema anterior (Mory, 2018).

El tiempo de llenado se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\mathbf{T}i\mathbf{e}m\mathbf{p}o = \frac{V}{Q}$$

Donde:

T = Tiempo de llenado en segundos

V = Volumen de la cisterna en (m³)

Q = Caudal de sistema en (m³/s)

2.1.8 Caudal o gasto hídrico

El caudal de agua es el volumen de agua que fluye a través de una sección transversal ya sea de un río, canal o conducto en un tiempo definido, la gestión eficiente del recurso hídrico, el diseño de infraestructuras hidráulicas, sistemas de abastecimiento y plantas de tratamiento se evalúa mediante su cuantificación, gracias a esto los sistemas hidráulicos proveen el suministro adecuado, evitan sobrecargas y administrar eficientemente el recurso hídrico (Quinga, 2022).

2.1.8.1 Métodos para calcular el caudal

a) Método volumétrico

Según Polo (2023), el método volumétrico radica en calcular el llenado de un recipiente es decir su volumen en un tiempo explícito en segundos, adquiriendo el caudal expresado en (l/s).

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

Donde

Q = Caudal l/s

V = Volumen de la cisterna en (m³)

T = Tiempo promedio en segundos

b) Método de Velocidad – Sección

Consiste en conseguir la medida de la velocidad de un elemento en una sección específica sobre el paso del agua con la finalidad de adquirir el caudal expresado en m³/s (Córdova, 2021)

$$Q = V * S$$

Donde:

Q = Caudal m³/s.

V = Velocidad del elemento en m/s

S = Sección determinada en m²

En el presente proyecto para calcular la variable de gasto hídrico se empleará la fórmula del método volumétrico.

2.1.9 Flujo másico

El flujo corresponde al movimiento continuo del agua a través de un conducto en un determinado tiempo, por otro lado, el flujo también puede ser expresado como el producto, este parámetro se encuentra directamente relacionado con el caudal volumétrico y la densidad del agua el cual se ve afectado por el diámetro de la tubería, la presión que ejerce la bomba, las características propias del área y las condiciones operativas del sistema, permitiendo analizar el comportamiento del fluido durante el proceso de bombeo y conducción (Martín et al., 2011). El flujo másico es un indicador importante en la eficiencia hidráulica y energética del sistema, la expresión matemática del flujo másico es:

$$\text{Flujo} = G * p$$

Donde:

F= Flujo en kg/ s

G= Gasto m³/ s

P = Densidad del agua

2.1.10 Eficiencia en la conducción de agua

La eficiencia es aquella capacidad para lograr resultados esperados haciendo uso de la mínima cantidad de recursos, en relación con la conducción de agua lo que se pretende es optimizar al máximo el recurso hídrico para que logre su objetivo satisfactoriamente. Un estudio realizado en el 2023 en Perú demostró que para que exista una conducción eficiente de agua deben existir ciertas condiciones y herramientas que lo permitan, en aquel trabajo se utilizaron tanto bombas de distintas magnitudes como un sifón con desniveles demostrando que un papel importante para trasportar el agua de manera eficiente es hacer uso del desnivel geográfico logrando llenar una cisterna de 200 litros en menor tiempo (Santillán, 2023).

La eficiencia en la conducción de agua se determinó mediante la relación entre el volumen esperado, producto resultante del cálculo del caudal nominal de la bomba y el tiempo de llenado, y el volumen efectivamente almacenado en la cisterna expresado en porcentaje, esta relación permitió evaluar el desempeño del sistema de conducción de estructuras de PVC, considerando que menores tiempos de llenado reflejan una mejor destreza del sistema implementado. Por lo tanto, la fórmula utilizada en esta investigación se expresa de la siguiente forma:

$$\eta = \frac{\text{Volumen esperado}}{\text{Volumen almacenado}} * 100$$

Donde:

η = eficiencia del sistema (%)

Volumen entregado = volumen de agua medido en la cisterna (m³)

Volumen esperado = volumen teórico calculado (m³)

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 Almacenamiento de agua

Desde los orígenes de la humanidad, el ser humano comenzó a aprovechar el agua superficial de los ríos, manantiales, riachuelos y arroyos como recursos esenciales para obtener agua y transportar alimentos, tales como Egipto con el Nilo y Mesopotamia que estaba ubicada entre dos ríos, el Tigris y el Éufrates, razón por la cual las zonas cercanas a estas cuencas hídricas fueron seleccionadas para fundar las primeras civilizaciones (Ávila et al., 2021). A si mismo según Ortega y Valerio, (2023) a nivel mundial se han empleado varias prácticas para el almacenamiento del agua entre las que destacan las estructuras de captación tipo sumidero utilizadas en la antigüedad por civilizaciones como Roma y Grecia, de la misma manera otras culturas antiguas desarrollaron infraestructuras como acueductos y cisternas lo cual permitió satisfacer las demandas de agua tanto para fines poblacionales como agrícolas, constituyendo un legado importante de esas sociedades.

En la actualidad el aprovechamiento de agua es un aspecto esencial debido al limitante acceso del recurso hídrico en diferentes territorios a nivel mundial, para ello se han empleado varias técnicas para almacenar agua tales como la recolección de agua de lluvia en techos y canaletas, sistemas de contención, como presas y embalses, que permiten conservar el recurso hídrico de ríos y quebradas, cosecha de agua pluvial, construcción de tanques y cisternas, etc. (Ahrestani et al., 2023). Lo cual resulta particularmente beneficioso en zonas que tienen acceso restringido a este recurso, además contribuye a la conservación y disminuye la necesidad de depender del suministro público (Atencio y Briceño, 2023).

2.2.2 Importancia del almacenamiento de agua

En la actualidad la variabilidad climática a potencializado la creciente escases del recurso hídrico, lo cual se ha convertido en una severa amenaza para la sostenibilidad del suministro de agua y la productividad agrícola en diversas regiones del mundo, varias investigaciones del Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias por sus siglas en ingles IFPRI proyectan que para el año 2025 habrá una reducción

significativa en la capacidad de producción de alimentos debido a la delimitada disponibilidad de agua, especialmente para riego (Sedano et al., 2024).

Según Murillo, Ponce y Loor (2024), El abastecimiento de agua no solo se ve amenazada por la demanda creciente, sino también por la alta irregularidad temporal de las fuentes y cuencas hídricas, especialmente durante los periodos de caudal mínimo, algunos fenómenos como la variabilidad en las lluvias, sequías prolongadas y eventos climáticos extremos afectan tanto la cantidad como la distribución temporal del recurso. Dicha condición provoca el almacenamiento de agua durante los periodos de abundancia para garantizar el abastecimiento en épocas de escasez, por tal motivo los sistemas hidráulicos como los construidos con estructuras de PVC, cisternas o aljibes se convierten en una alternativa para equilibrar los impactos de la irregularidad climática asegurando la disponibilidad continua del recurso (Boubakri et al., 2024).

2.2.3 Sistemas hidráulicos en ingeniería agrícola

En la agricultura los sistemas hidráulicos comprenden el conjunto de estructuras y mecanismos diseñados para captar, conducir, almacenar, regular y distribuir el agua con fines productivos y de conservación dado que son empleados en actividades como el riego, drenaje, abastecimiento de agua para ganado, control de erosión y almacenamiento en pozos o cisternas (Carrillo y Gómez, 2020).

Estos sistemas eran integrados por diferentes elementos como fuentes de abastecimiento, estructuras de captación, tuberías de conducción, tanques de almacenamiento y redes de distribución, lo cual permite gestionar el este recurso de manera eficiente, garantizando la disponibilidad hídrica adecuada para los cultivos (Cabrera et al., 2023). En el sector agrícola existes varios sistemas hidráulicos los cuales serán descritos en los siguientes párrafos.

2.2.3.1 Sistemas de riego

Un sistema de riego eficiente es el resultado de la evolución de la infraestructura hidráulica se ve influenciado por el uso tecnificado del recurso hídrico a nivel de parcela

o cultivo, su objetivo principal es suministrar a los cultivos el agua necesaria para completar su ciclo vegetativo, asegurando un desarrollo uniforme y altos rendimientos (Ortiz et al., 2021). Para reducir el consumo de agua además la sobreexplotación continua de este recurso en el país, es imprescindible adoptar tecnologías de riego modernas las cuales también contribuirán en el uso racional de este recurso (García et al., 2023).

Entre los métodos más conocidos están el riego por aspersión en el cual se emplean tuberías generalmente de PVC y aspersores que pulverizan el agua simulando la lluvia este sistema es muy eficiente ya que brinda uniformidad en la distribución, aunque requiere presión y energía adicional (Bentancor et al., 2022). Este sistema permite ahorrar el doble de agua en comparación con el riego superficial además de no necesitar que el suelo este nivelado para su implementación, por ende, es necesario controlar la cantidad de riego que el cultivo requiere dependiendo de su etapa fenológica.

De acuerdo con Stagno et al., (2024), el riego por goteo suministra agua directamente en la zona radicular mediante emisores ajustándose a las necesidades del cultivar así como el suelo, este tipo de sistemas de riego son altamente eficientes ya que se puede lograr una eficiencia superior al 90 %, además si se atribuye un manejo preciso del sistema se han logrado alcanzar conservaciones de alrededor del 50 % de humedad con métodos como el secado por fragmentos de las raíces por tal motivo es considerado el sistema más eficaz, pues minimiza pérdidas de agua y permite la aplicación de fertilizantes disueltos o también conocido como fertiirrigación.

2.2.3.2 Sistemas de drenaje agrícola

Para evacuar el exceso de agua del suelo provocado por lluvias intensas o por nivel freático elevado, se han diseñado sistemas de drenaje los cuales tienen como objetivo evitar la asfixia radicular y la pérdida de fertilidad de los cultivos así mismo el drenaje agrícola contribuye a mejorar la estructura del suelo además de proveer la automatización de las tareas culturales (Zubelzu et al., 2023).

Estos sistemas pueden ser superficiales o subterráneos, donde los drenajes externos se fundamentan en zanjales, canales o cunetas que recogen y desvían el agua

acumulada en la superficie del terreno los mismos que son beneficiosos en suelos planos representado una ventaja por su bajo costo de implementación; por otro lado los drenajes subterráneos se realiza mediante tuberías perforadas comúnmente de PVC instaladas en el interior del suelo, que proporcionan conservar el nivel freático a un espesor adecuado (Hidalgo et al., 2022).

2.2.3.3 Sistemas de almacenamiento hídrico

El almacenamiento del recurso agua ayuda a enfrentar periodos de sequía y variabilidad climática además de garantizar la sostenibilidad en la producción agrícola. Generalmente se utilizan reservorios o embalses los cuales acumulan grandes volúmenes de agua para riego estacional, cisternas que permiten almacenar y regular el flujo en proyectos de menor escala, especialmente en comunidades rurales, así como el empleo de tanques que recolectan agua pluvial para su uso en riego o consumo alternativo (Nuñez, 2018).

Un sistema de captación de agua permite almacenar el agua pluvial en canales o tubos de poli cloruro de vinilo para mitigar la escasez de este recurso en zonas rurales o de difícil acceso asegurando su disponibilidad a largo plazo, la misma que ofrece una opción factible de forma sostenible, motivo crucial para garantizar una gestión adecuada y prudente del recursos agua frente a las consecuencias medioambientales con el propósito de disminuir las dificultades afines con las lluvias extremas e inundaciones (Johnson y Geisendorf, 2022).

2.2.4 Materiales y estructuras hidráulicas de PVC

El PVC es un material ampliamente empleado en la fabricación de tuberías, accesorios y reservorios, permitiendo un transporte eficiente del agua en sistemas de almacenamiento y distribución característica muy particular que ha hecho que el empleo de este material en la construcción de estructuras hidráulicas adquiera relevancia en sistemas rurales y agrícolas debido a su durabilidad, ligereza y resistencia a la corrosión. El Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca [MAGAP] (2014), señala que el PVC presenta un comportamiento estable ante reacciones químicas y mecánicas,

lo que favorece su uso prolongado en ambientes húmedos, así como en contacto constante con agua.

Gracias a su peso reducido, estas estructuras facilitan el transporte y montaje en zonas rurales factor muy relevante para abaratar los costos logísticos y de instalación, las estructuras hidráulicas elaboradas con policloruro de vinilo incluyen tuberías de presión, conexiones en codos, tees, adaptadores, válvulas de control y componentes de unión que permiten un proceso de instalación sencillo (Llopis, 2020).

2.3 Aplicaciones de estructuras de PVC en sistemas hidráulicos

El policloruro de vinilo (PVC) se ha convertido en uno de los materiales más empleados en los sistemas hidráulicos debido a su calidad y bajo costo de implementación, el mismo es utilizado en una infinidad de infraestructuras relacionadas con la captación de agua de lluvia, sistemas de riego agrícola, canales de drenaje pluvial y estructuras para el almacenamiento del recurso hídrico (Ladino y Tejeiro, 2021).

En la captación de agua lluvia el uso de materiales de PVC en la infraestructura tal es el caso de bajantes, tuberías y conexiones que dirigen el agua desde techos o superficies hacia tanques de almacenamiento; permiten la difusión de esta técnica en programas de desarrollo rural, proyectos de vivienda sostenible así como estrategias de resiliencia urbana, ya que este permite construir sistemas funcionales, duraderos además de contar con bajos costos de implementación (Calderón y Rivera, 2020). Este tipo de infraestructura es fundamental en zonas rurales o de difícil acceso no solo porque permite aprovechar el agua pluvial como fuente complementaria para el consumo de dicho sector, limpieza y riego agrícola, sino que también resulta ser muy asequible debido a su bajo presupuesto.

De acuerdo con Ortiz y Mendoza (2024), las tuberías de PVC en sistemas de riego son ampliamente empleadas debido a su facilidad de instalación, bajo peso y resistencia a la corrosión, estas técnicas permiten la conducción eficiente del agua desde fuentes naturales o artificiales hasta los puntos de consumo agrícola, optimizando el uso del recurso y reduciendo pérdidas por filtraciones o evaporación. El riego es una técnica

agrícola que distribuye el agua de forma uniforme sobre los cultivos, simulando la lluvia natural mediante aspersores conectados a tuberías, comúnmente de PVC por su resistencia, bajo costo y facilidad de instalación; su estructura incluye una fuente de agua, un cabezal de control y tuberías principales y secundarias de PVC lo que facilita su uso y adaptación en diversas áreas de cultivo (López et al., 2024).

En los sistemas de almacenamiento de agua, el uso de tuberías de PVC resulta altamente eficiente debido a su resistencia, facilidad de instalación e inversión reducida, las cuales deben colocarse siguiendo el perfil del terreno para reducir presiones internas y optimizar su funcionamiento, alineándose lo mejor posible con el gradiente hidráulico (Poveda y Vizúete, 2024). Según Espinoza (2021) una correcta instalación de las tuberías de policloruro de vinilo permite disminuir los esfuerzos sobre el material y, por ende, abaratar su costo, además, en condiciones de alta presión, se pueden incorporar válvulas aliviadoras o tanques intermedios para proteger la estructura así mismo para evitar acumulación de sedimentos, es fundamental mantener velocidades mínimas de flujo entre 0,60 y 0,75 m/s, adaptadas a la calidad del agua.

La elección del PVC en estos sistemas se justifica no solo por su buena capacidad hidráulica, sino también por su durabilidad, bajo mantenimiento y resistencia a la corrosión, lo que lo convierte en una opción ideal para conducciones asociadas al almacenamiento y distribución eficiente del recurso hídrico (Segura et al., 2020).

2.4 Tipología de bombas utilizadas en sistemas de almacenamiento hídrico

Las infraestructuras hidráulicas de abastecimiento requieren de equipos de bombeo adecuados para trasladar el agua desde su fuente de captación hasta los reservorios, tanques o cisternas para su adecuado almacenamiento. En los sistemas de bombeo más empleados se encuentran las bombas centrífugas, las bombas sumergibles y las bombas periféricas cada una cuenta con características específicas según su contexto de operación, así como los puntos de captación hídrica.

En base a lo antes expuesto, las bombas centrífugas también conocidas como radiales son utilizadas con mayor frecuencia para sistemas de riego almacenamiento del recurso hídrico, pero con un enfoque destinado a trasvases superficiales y distancias

moderadas (García, 2020). Mientras que las bombas periféricas se usan en aplicaciones de menor caudal y presión tales como sistemas domésticos, jardinería o pequeños huertos, donde se requiere mantener una coerción estable en tuberías de diámetro reducido (Valencia et al., 2020).

Las bombas sumergibles son equipos hidráulicos diseñados para operar dentro del agua ya que su funcionamiento se basa en un motor sellado herméticamente, que impulsa el agua directamente desde la fuente de captación hacia la tubería de descarga con mínima intervención operativa, este tipo de bombas se emplean generalmente en proyectos de almacenamiento de agua donde la fuente hídrica se encuentra a una profundidad considerable (Gallego de la Sacristana, 2016).

La selección del tipo de bomba depende de factores como la profundidad de la fuente hídrica, el caudal requerido, la altura y la disponibilidad energética así mismo un diseño adecuado asegura el desempeño óptimo del sistema hidráulico y prolonga la vida útil de los componentes (Anaya, 2023).

2.5 Bomba sumergible Pedrollo (modelo 4SR 45G/30 – 3 HP)

2.5.1 Características técnicas

La bomba sumergible Pedrollo modelo 4SR 45G/30 de 3 HP, ha sido diseñado específicamente para el bombeo de agua limpia en pozos profundos y es ideal para proyectos de conducción hacia cisternas o tanques elevados en zonas rurales, este estudio considera estas peculiaridades propias de la fuente de captación donde se implementará este sistema a base de estructuras de PVC (Bremmer et al., 2007).

Según la ficha técnica de Pedrollo S.p.A. (2023), las bombas de la serie 4SR están fabricadas en acero inoxidable AISI 304 y tecno polímeros resistentes, lo que garantiza alta durabilidad frente a la corrosión y un funcionamiento eficiente en entornos subterráneos, pueden operar sumergidas hasta 100 metros bajo el nivel del agua y soportar un contenido máximo de arena de 150 g/m³, lo que las hace adecuadas para fuentes subterráneas.

2.5.2 Potencia nominal

El modelo 4SR 45G/30 cuenta con una potencia nominal de 3 HP equivalente a 2,2 KW, posee una descarga de 2 pulgadas, compatible con sistemas hidráulicos de tuberías en PVC de mediano caudal. Se trata de una bomba multietapas, es decir está compuesta por varios impulsores dispuestos en serie que permiten alcanzar una mayor presión sin incrementar el diámetro de la bomba apta para elevar el agua desde profundidades de hasta 50 m (Pedrollo S.p.A., 2023).

En los datos de la línea 4SR, los modelos “G” presentan caudales que pueden superar los 200 L/min dependiendo de la altura de impulsión, manteniendo una operación continua lo que permite cubrir un rango de alturas medias a altas, con una eficiencia hidráulica adecuada para aplicaciones rurales de almacenamiento, esta electrobomba incluye una válvula de retención integrada, que evita el retroceso del agua al apagar el equipo, protegiendo así la instalación hidráulica y prolongando la vida útil del sistema (Gozme, 2024).

2.5.3 Condiciones de operación

La bomba sumergible Pedrollo (2023), modelo 4SR 45G/30 – 3 HP opera bajo condiciones de inmersión total, siendo instalada a una profundidad que garantiza una adecuada captación del agua subterránea, el equipo trabaja de manera continua para impulsar el caudal requerido hacia la cisterna de almacenamiento, manteniendo una operación estable y segura.

El sistema de bombeo se encuentra acoplado a una red de tuberías de PVC, lo que contribuye a minimizar pérdidas por fricción y asegurar un transporte eficiente del agua, para ello las condiciones de operación toman en cuenta pautas como el caudal de trabajo, el tiempo de funcionamiento y la compatibilidad con el sistema hidráulico existente, con la finalidad de avalar el funcionamiento óptimo del equipo dentro del sistema de conducción implementado (Fernandez y Coanqui, 2025).

2.5.4 Criterios técnicos del equipo instalado

La selección de esta bomba, previamente instalada en el sistema de abastecimiento, se basa en criterios técnicos como la profundidad de la fuente hídrica, el caudal requerido, la compatibilidad con la tubería y su durabilidad, considerando que el lugar donde se realizara la implementación cuenta con un pozo profundo de aproximadamente 50 metros, por otra parte Díaz (2015), indica que la potencia y rango de caudal son factores claves que permiten asegurar el llenado de la cisterna en un tiempo adecuado, optimizando el transporte del recurso hídrico desde la fuente hasta el reservorio.

Además, este modelo presenta una alta confiabilidad operativa y un desempeño comprobado en sistemas de almacenamiento de agua en zonas rurales y agrícolas, lo que garantiza la continuidad del servicio y la reducción de pérdidas durante la conducción del recurso hídrico, las características previamente mencionadas justifican su elección como el equipo de bombeo más adecuado para el desarrollo del estudio.

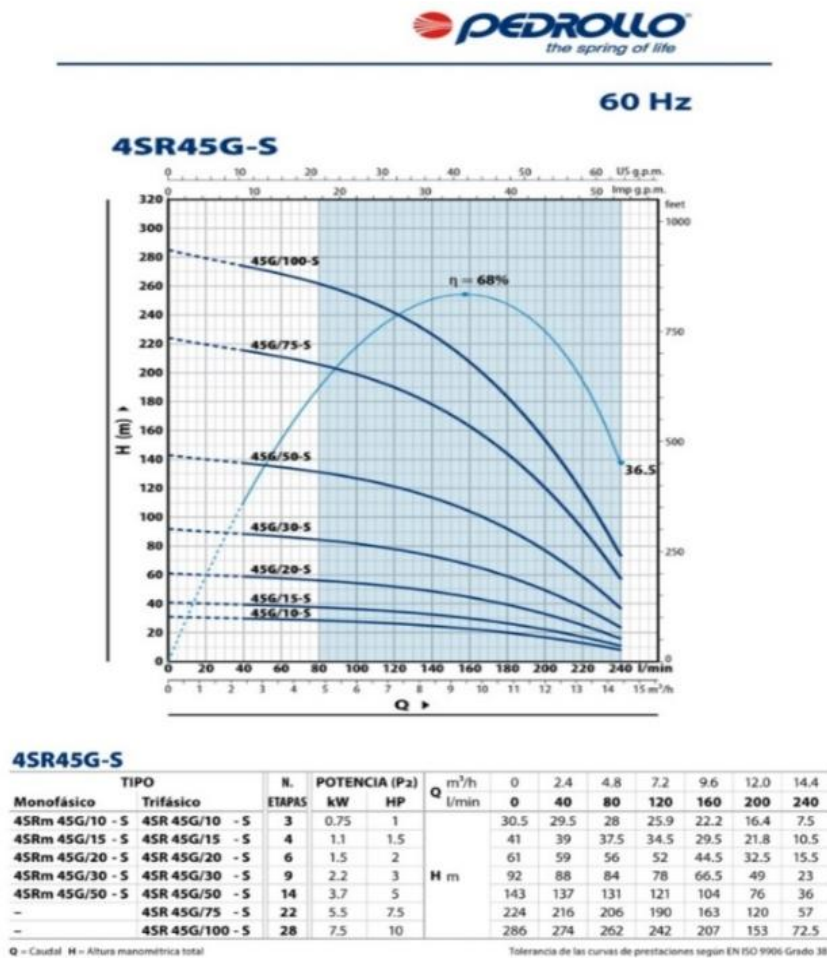
2.5.5 Curva hidráulica de la bomba sumergible Pedrollo

El comportamiento hidráulico de la bomba sumergible Pedrollo modelo 4SR 45G/30, se describe mediante la curva caudal-altura o generalmente expresada como curva Q–H suministrada por el fabricante, sus desempeños hidráulicos permiten reconocer la relación entre el caudal suministrado y la altura a la que el fluido es impulsado. Dichas curvas representan un instrumento técnico para estimar el caudal teórico del sistema, el volumen de agua transportado y el tiempo requerido para el llenado de la cisterna, los mismos que componen parámetros indispensables para evaluar la eficiencia en la conducción del recurso hídrico (Pedrollo S.p.A., 2023).

A continuación, en la figura 1 se muestra la curva hidráulica de la electrobomba sumergible Pedrollo 4SR 45G/30 – 3 HP donde se observa las condiciones y la altura manométrica de operación.

Figura 1

Curva hidráulica de la electrobomba Pedrollo (modelo 4SR 45G/30 – 3 HP).



Nota: En la figura se aprecia la curva hidráulica de la electrobomba sumergible Pedrollo 4SR 45G/30 – 3HP. Tomado de Pedrollo S.p.A. (2023).

Según lo mencionado por la curva hidráulica de la empresa Pedrollo (2023), el caudal de la bomba varía en función de la altura manométrica de operación, disminuyendo progresivamente a medida que esta se incrementa. En esta investigación, la curva hidráulica se emplea como referencia técnica para definir el caudal esperado del sistema de conducción, equivalente que será empleado en el cálculo de la eficiencia en la conducción del agua del sistema implementado, resultado proveniente de la comparación entre el volumen teórico estimado y el volumen efectivamente almacenado.

2.5.6 Caudal teórico de la bomba sumergible Pedrollo

De acuerdo con la curva hidráulica correspondiente al modelo antes descrito, el caudal teórico máximo puede alcanzar valores próximos a 220–240 L/min cuando la altura manométrica es baja. A medida que la altura manométrica aumenta, el caudal disminuye progresivamente, situándose en rangos aproximados de 160 a 200 L/min para alturas bajas a medias en condiciones típicas de sistemas de conducción hacia cisternas ubicadas a nivel del terreno, en el presente estudio se asignó al caudal esperado un valor de referencia de 200 l/min ya que la zona donde se implementara el sistema de conducción de agua cuenta con una altura manométrica media (Paz y Rosado, 2025).

Estos valores representan el desempeño teórico de la bomba bajo condiciones ideales de operación, según los ensayos y especificaciones propias del modelo de bomba, pero en la aplicación en campo, el caudal real puede estar influido por diversos factores, tales como la longitud del sistema de conducción, la presencia de accesorios hidráulicos, las pérdidas de carga por fricción y las condiciones específicas de instalación (Ortiz, 2025).

2.5.7 Importancia del caudal teórico en el análisis del sistema

El caudal teórico obtenido a partir de la curva hidráulica de la bomba constituye un parámetro fundamental para la evaluación del desempeño del sistema de conducción de agua. Este valor sirve como referencia para comparar el volumen de agua esperado con el volumen realmente almacenado en la cisterna durante el tiempo de llenado medido en campo (Díaz, 2015).

El caudal teórico de la bomba sumergible Pedrollo 4SR 45G/30 en esta investigación, se utiliza como base para el cálculo del volumen esperado y por ende para comprobar la eficiencia en la conducción de agua del sistema implementado, mediante este método es posible analizar de forma objetiva el comportamiento hidráulico del sistema, y compararlo con otros sistemas para identificar posibles pérdidas y examinar el impacto del diseño de la conducción sobre su funcionamiento combinado (Vidales, 2022).

2.5.8 Relación con los sistemas de almacenamiento hídrico

La selección del modelo 4SR 45G/30 es competente para sistemas de almacenamiento hídrico, ya que su rango de caudal y presión permite un llenado eficiente de cisternas de mediana capacidad, conjuntamente, su diseño multietapas otorga un funcionamiento estable y segura, reduciendo fluctuaciones en el caudal e incrementando la efectividad del sistema de conducción (Robayo et al., 2015).

La bomba sumergible previamente mencionada compone un elemento crucial dentro del sistema hidráulico de estructuras de PVC para trasladar el recurso hídrico hasta la fuente de almacenamiento, así como su caudal teórico, delimitado mediante la curva hidráulica del fabricante caracterizándose como un referente clave para la evaluación técnica y comparativa desarrollada en este estudio (Daza y Rodriguez, 2018).

2.6 TRABAJOS RELACIONADOS

Los sistemas hidráulicos eficientes con tuberías de PVC son de sumo interés para el sector agrícola y rural debido a su influencia en el aprovechamiento de las fuentes hídricas como causes, riachuelos, cuencas acuáticas, reservorios y agua pluvial con la finalidad de optimizar el uso del recurso hídrico en los cultivos, así como el abastecimiento de este recurso en las comunidades rurales, mismo que ha sido objeto de estudio en varias investigaciones (Becerra et al., 2023). A continuación, se presentan algunos estudios que permiten sustentar esta investigación.

“Diseño de las estructuras hidráulicas del sistema de abastecimiento de agua potable para mejorar la condición sanitaria de la población en la localidad de san pedro, distrito de Huallanca Perú”, este estudio demostró que la incorporación de estructuras de PVC mejora la calidad del servicio y reduce riesgos sanitarios en comunidades rurales con el propósito de enmendar la dependencia del recurso indicado. Para el diseño del sistema de abastecimiento hídrico se tomaron como referente los indicadores técnicos reportados en varias investigaciones, donde se establece que las áreas de captación y conducción deben tener sinergia con el caudal requerido, la longitud de las líneas hidráulicas y las características propias del reservorio. En este contexto, lo ideal es que

las estructuras de la fuente de captación cuenta con dimensiones proporcionales entre ancho y largo y líneas de traslado y aducción que permitan un transporte efectivo del agua, además la red de distribución debe contar con diámetros de tuberías acorde a la demanda y distancia asegurando una adecuada cobertura del sistema apoyándose en el uso de estructuras de PVC debido a sus propiedades físicas y de baja inversión (Polo, 2023).

Según Monge (2024), en su tesis denominada “Diseño de las estructuras hidráulicas, para mejorar el sistema de abastecimiento de agua potable del caserío La Florida, Perú”, en este estudio se evaluó y rediseñó el sistema antes mencionado sugiriendo el uso de tuberías de PVC clase 5 a 7.5 para diferentes sectores de distribución o ramales que conducen el agua hasta el reservorio, los resultados obtenidos presentaron una optimización en la presión de conducción y en el almacenamiento de agua en tanque de reserva, comprobando la eficiencia del policloruro de vinilo como material estructural en sistemas hidráulicos.

Otro aporte importante es el “ Estudio comparativo entre tuberías de PVC y canales de concreto en la línea de conducción del canal de riego El Manzano Perú”, según los resultados obtenidos en este estudio las tuberías de PVC presenta menor costo de instalación, mayor durabilidad y eficacia hídrica lo que lo convierte en una opción conveniente frente a estructuras tradicionales a fin de evitar pérdidas en la conducción y distribución, ya que la conducción del agua donde se utiliza tuberías de PVC es más factible económicamente dado que en el estudio mencionado la relación entre durabilidad y costes de construcción son proporcionalmente más equitativos que las estructuras de concreto simple (Ríos, 2019).

La investigación de Ramírez y Marín (2022), “Diseño de un sistema de recolección, almacenamiento y distribución para el aprovechamiento del agua lluvia en el conjunto mixto Las Vegas Plaza”, plantea el diseño integral un sistema de recolección de agua pluvial que está consignado tanto a la captación como a la conducción, almacenamiento y disposición final del agua, aunque este estudio está orientado a sistemas de agua potable en zonas urbanas y periféricas, sus aportes técnicos se pueden adaptar en los labores agrícolas y programas rurales con la intención de mejorar la administración del recurso hídrico. La presente información prioriza la necesidad de

incluir temas de sostenibilidad económica y social en el diseño de los sistemas asegurando de esta manera la aceptación comunitaria, así como la viabilidad en el futuro, dado que la implementación de estructuras de PVC debe garantizar tanto criterios técnicos como la factibilidad económica de los habitantes siendo efectivos, sostenibles y adaptados a las necesidades comunitarias.

Los estudios antes mencionados, respaldan el hecho de que la incorporación de estructuras de PVC como las tuberías en sistemas hidráulicos permite mejorar la eficiencia de conducción, asegurar la disponibilidad de agua además de reducir costes de mantenimiento lo cual comprueba que este material representa una alternativa asequible y sostenible, principios claves para la consolidación de la seguridad hídrica y alimentaria en comunidades rurales y urbanas (Daza y Rodríguez, 2018).

CAPÍTULO III

3. DESARROLLO DE LA PROPUESTA

3.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA O PROCESO

3.1.1 Antecedentes

De acuerdo con lo mencionado por Mendoza y Pérez (2024), el almacenamiento de agua ha sido una práctica esencial desde épocas inmemoriales, especialmente en regiones con periodos prolongados de sequía o disponibilidad irregular del agua. Con el pasar de los tiempos, distintas civilizaciones han desarrollado infraestructuras hidráulicas como cisternas, acueductos, embalses y presas, que permitieron captar y conservar el agua de ríos, arroyos y lluvias para su posterior uso doméstico, agrícola y urbano (Argudo, 2019).

El uso de materiales elaborados a base de poli cloruro de vinilo también conocido como PVC permite perfeccionar el diseño, la instalación y el traslado del agua hacia los sistemas de almacenamiento, gracias a sus ventajas particulares como la resistencia, durabilidad, facilidad de montaje y bajo costo de mantenimiento (Andrade y Colcha, 2021). Estas propiedades demuestran que las estructuras de PVC son una alternativa viable para zonas rurales y urbanas que demandan soluciones sostenibles para la gestión del eficiente del flujo hídrico (Becerra et al., 2023).

El almacenamiento hídrico mediante sistemas de traslado con infraestructura de PVC contribuye a optimizar el uso del agua, minimizando pérdidas por filtración, ficción o fugas mecánicas y facilita la integración con sistemas de captación de lluvia o redes de riego, garantizando un suministro constante y controlado para diversas aplicaciones además mejora la gestión del recurso hídrico en comunidades con limitaciones de infraestructura convencional (Ortega y Valerio, 2023).

3.2 DISEÑO DE TECNOLOGÍAS, HERRAMIENTAS O EQUIPOS A IMPLEMENTAR

3.2.1 Ubicación de la propuesta

El sistema de estructuras hidráulicas de PVC se instaló desde la fuente de captación, es decir el pozo de agua ubicado cerca de la cancha de césped, recorriendo una trayectoria de 200 metros hasta la cisterna de agua ubicada en la parte posterior del jardín de la granja experimental Rio Suma perteneciente a la carrera de Ing. Agropecuaria de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. Sus coordenadas fueron las siguientes:

Tabla 2

Ubicación del proyecto a implementar

Coordenadas	Latitud	Longitud
GPS	0°15' S	79°26' O

3.2.2 Metodología de la propuesta

El presente ensayo posee un enfoque experimental y técnico el mismo que se desarrollará en varias fases, iniciando con la planificación y diseño del sistema de almacenamiento de agua, seguido de la instalación física de las estructuras de PVC y la realización de pruebas para evaluar su capacidad y eficiencia. Luego de la instalación, se verificará un análisis crítico y comparativo para determinar la viabilidad técnica y operativa, así como la sostenibilidad a largo plazo del sistema asegurando que la propuesta no solo sea funcional, sino que además sea adaptable a comunidades o zonas con acceso limitado del recurso hídrico.

A continuación, en la figura 2 se aprecia el área destinada para el sistema de conducción de agua mediante estructuras hidráulicas de PVC, tomada desde la fuente de captación de agua hasta la fuente de almacenamiento de la misma.

Figura 2

Área destinada para la implementación del sistema de conducción de agua mediante estructuras hidráulicas de PVC.



Equipos y accesorios del sistema de conducción de agua a base de estructuras hidráulicas PVC

Figura 3

Tubería y conectores del sistema de conducción de agua.



Figura 4

Conducción del agua mediante la apertura la llave de paso hacia la cisterna.



Figura 5

Tubería de PVC 1".



Instalación del sistema de conducción de agua a base de estructuras de PVC:

Figura 6

Retiro del sistema de traslado de agua anterior.



Figura 7

Evidencia de fallas mecánicas en el sistema de conducción hidrico existente.



Figura 8

Instalación del sistema a base de estructuras de PVC.



Ejecución de pruebas del sistema implementado:

Figura 9

Realización de pruebas del sistema implementado.



Uso del sistema de conducción de agua con estructuras hidráulicas de PVC:

Figura 10

Aplicación en campo del sistema de conducción de agua implementado.



Entrega de acta de recepción de la implementación:

Figura 11

Entrega de acta de recepción de la implementación.

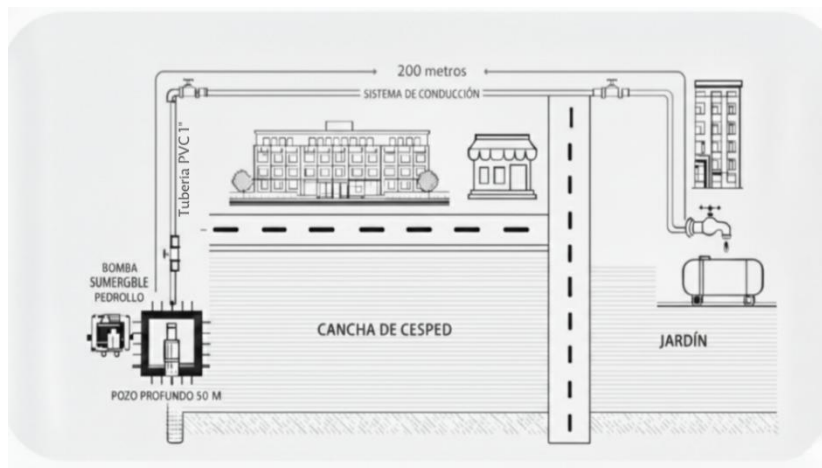


3.2.3 Diseño agronómico

A continuación, en la figura 11 se describe el diseño agronómico de esta investigación, en la figura se puede apreciar la fuente de captación el cual es un pozo profundo de 50 metros donde se encuentra sumergida la electrobomba Pedrollo 4SR 45G/30 – 3 HP, asimismo se puede observar el sistema de conducción a base de estructuras de PVC cuya trayectoria es de 200 metros hasta llegar a la fuente de almacenamiento hídrico.

Figura 12

Diseño agronómico del sistema de estructuras hidráulicas de PVC para la conducción de agua.



3.2.4 Descripción funcional de los componentes del sistema

a) Tubería

✓ Manguera 1" PVC

Conducto flexible que cuenta con un diámetro de una pulgada, permite el traslado eficiente del agua desde la fuente de captación hasta la zona de abastecimiento para su futura distribución.

Material: PVC flexible de alta resistencia

Uso: Línea principal de conducción del sistema

b) Cierre y control de líneas

✓ Llave de paso 1" PVC blanca

Unidades que permiten controlar el caudal del agua en distintos sectores del sistema, además su función es suministrar y mantener el flujo continuo hasta que este llegue a la cisterna.

Material: PVC reforzado

Uso: Control del flujo y cierre de líneas

c) Conectores y adaptadores

✓ Abrazadera 1" (32-35 MM)

Dispositivo de detención que permite fijar la manguera a las conexiones o llaves de paso para evitar el desprendimiento por presión, asegurando la estabilidad del sistema de conducción.

En varios diseños de sistemas de abastecimiento y en redes de distribución hídrica estos componentes son ampliamente utilizados ya que cuentan con materiales anti-corrosivos.

Material: Acero inoxidable

Diámetro: Ajustable de 32 a 35 ms.

✓ Unión Flex 1" P/manguera

Accesorios empleados para unir tramos de manguera o para realizar reparaciones en la línea principal de la red de conducción.

Material: PVC

Uso: Empalme o extensión de la línea de abastecimiento

✓ Codo 1" roscable

Material empleado para evitar que el fluido se estanque en las esquinas o en rincones de 90° garantizando que el agua llegue hacia la cisterna con la misma presión que inicio el traslado de la fuente de captación hacia su destino de almacenamiento.

Material: PVC blanco

Uso: Permite el paso libre del fluido en los márgenes de las líneas de conducción.

d) Materiales selladores

✓ Teflón

Componente utilizado para garantizar la sujeción en las uniones enroscadas cuyo objetivo es evitar las fugas de agua y mejorar la durabilidad de las conexiones.

Uso: Sellado de roscas en llaves y uniones.

✓ Pasta Polimex

Material empleado para pegar tuberías o como producto adherente de uniones enroscadas o ajustadas, suele complementar el uso del teflón y refuerza el sellado hermético.

Uso: Asegurar la unión entre accesorios y conexiones.

Beneficios esperados

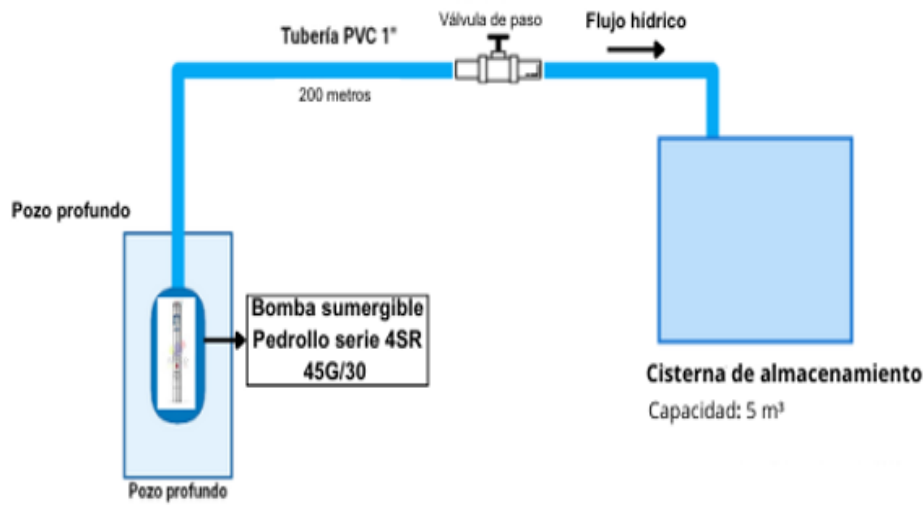
- ✓ Reducción de pérdidas de agua por fugas operativas.
- ✓ Mejora en la disponibilidad para uso agrícola, doméstico y comunitario.
- ✓ Sistemas con funcionalidad muy práctica.
- ✓ Bajo costo de instalación de las tuberías de PVC, así como su mantenimiento.
- ✓ Contribución a la sostenibilidad y resiliencia de comunidades frente a sequías.
- ✓ Disminución de costos asociados a sistemas tradicionales de almacenamiento.

3.2.5 Esquema (sistema de estructuras hidráulicas de PVC)

El esquema que se observa en la figura 12, representa de manera general el sistema de conducción de agua mediante estructuras hidráulicas de PVC, cuyo objetivo es trasladar el agua desde un pozo profundo de aproximadamente de 50 m hasta una cisterna de almacenamiento cuyas dimensiones son de 2,5 m de largo, 2 m de ancho y 1 m de altura. El procedimiento inicia con la captación del agua subterránea mediante el uso de una bomba sumergible existente de la marca Pedrollo, la misma que impulsa el caudal a lo largo de una tubería de PVC instalada cuya trayectoria es de 200 metros, asimismo para que el sistema sea técnico cuenta con mecanismos de control, tal es el caso de la llave de paso cuya función es regular el flujo hídrico y garantizar un funcionamiento eficiente del sistema.

Figura 13

Esquema (sistema conducción de agua)



3.2.6 Desglose de gastos

El coste total de los materiales empleados en el sistema de estructuras hidráulicas de PVC para el almacenamiento de agua se amplía en la Tabla 2, en el cual se toman en cuenta los componentes de la línea de conducción por sus funciones. Unos de los materiales más importantes es la manguera reforzada de PVC de 1 pulgada, de la cual se utilizaron dos rollos de 100 metros con un costo unitario de \$40,00 generando un subtotal de \$80,00 por otro lado, se incorporaron cuatro válvulas de paso de PVC de 1 pulgada para el control de flujo, cuyo valor fue de \$12,00. La selección de estos elementos de policloruro de vinilo garantiza resistencia del sistema para el traslado y almacenamiento del recurso hídrico.

De igual manera, el uso correcto de diámetro y medidas estándares, así como el uso de materiales durables y con propiedades físicas resistentes a la corrosión optimiza la funcionalidad del sistema facilitando y llenado más pertinente, además, es complementario porque ayuda al mantenimiento preventivo, asegurando de esta forma su operabilidad a largo plazo.

Tabla 3*Desglose de gastos*

Descripción	Precio unitario	Cantidad	Subtotal
Manguera 1" PVC reforzado 100 m	40,00	2	80,00
Llave de paso 1" PVC Blanca	3,00	4	12,00
Unión Flex 1" P/manguera	0,45	4	1,80
Abrazadera 1" (32-35)	0,80	4	3,20
Teflón Grande	3,50	1	3,50
Pasta Polimex	12,00	1	12,00
Reducción Bushing	0,90	2	1,80
Codo 1p roscable	1,40	1	1,40
Subtotal			115,70
IVA (13 %)			15,04
Total			\$ 130,74

El presupuesto necesario destinado para la implementación del sistema de estructuras hidráulicas de PVC para el traslado de agua hacia la cisterna se detalla en la siguiente tabla. La mano de obra es el indicar clave para que la implementación se lleve a cabo a que, su costo asciende a los \$200,00. Este valor representa el trabajo técnico del personal capacitado para la instalación del sistema de conducción, así como su respectiva prueba de funcionamiento garantizando la integridad de las estructuras para su futuro uso, además esto es clave para asegurar que el sistema opere a cabalidad minimizando las pérdidas del recurso hídrico por fugas o fallas de ejecución. El segundo rubro analizado corresponde al transporte de los materiales cuya inversión fue de \$10.

Tabla 4*Servicios utilizados para la implementación del sistema de estructuras hidráulicas de PVC para el almacenamiento de agua.*

Detalle	Cantidad	Precio	Subtotal
Mano de obra			200,00
Transporte bulto	1	10,00	10,00
Sub-total			210,00
IVA (13%)			0,00
Total			210,00

3.3 PLAN DE IMPLEMENTACIÓN

3.3.1 Presupuesto

En la tabla 6, se detalla los diversos costos de la instalación y mantenimiento técnico del sistema de conducción de agua a base de estructuras de PVC. Los materiales directos constituyen el rubro más relevante con un valor de 130,74 dólares, este valor se debe a todos los utensilios como las tuberías de poli cloruro de vinilo, llaves de paso, uniones etc., herramientas indispensables del sistema de conducción hídrico que necesitan de una inversión significativa de capital.

Por otra parte, los servicios de instalación y mano de obra presentaron costos de 210,00 dólares lo cual evidencia la importancia de contar con recurso técnico y capacitado como aval de la correcta operación y resistencia a largo plazo.

Tabla 7

Presupuesto destinado para implementar el sistema de estructuras de PVC para el almacenamiento efectivo de agua.

Detalle	Subtotal
Materiales	130,74
Mano de obra	210,00
Mantenimiento anual	30,00
Total	370, 74

Inversión otorgada por parte de la titular de este trabajo de investigación para obtener el grado de la carrera de ingeniería agropecuaria.

3.4 DESCRIPCIÓN Y PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO, HERRAMIENTA O MÉTODO IMPLEMENTADO

3.4.1 Variable

Las variables son conceptos abstractos que toman diferentes valores o características que representan atributos de los objetos de estudio abstractos o concretos,

su variabilidad se determina por las condiciones de contorno espacio-temporales propias de las unidades de análisis; sin embargo, si las entidades no pueden adoptar distintos valores, serán expresadas como constantes (Rodríguez et al., 2021). De acuerdo con Arias y Covinos (2021), una variable puede caracterizarse como una particularidad, propiedad o cualidad de los elementos, entidades o hechos en estudio que es posible cuantificarse y en ocasiones muestra cambios de un individuo a otro o en distintos periodos dentro del mismo.

Las variables se clasifican según su función en variables independientes y dependientes. Dentro de los diseños experimentales la variable independiente es el procedimiento que se controla o modifica con el objetivo de analizar su influencia en el comportamiento de otras variables (Hernández et al., 2018). Por otro lado, la variable dependiente en estudios experimentales refleja los cambios o reacciones que se miden y que dan origen a los resultados obtenidos tras manipular la variable independiente (Coronel, 2022).

Variable independiente:

- ✓ Sistema de conducción de agua con estructuras de PVC

Variable dependiente:

- ✓ Eficiencia en la conducción de agua
- ✓ Tiempo de llenado de la cisterna
- ✓ Gasto hídrico
- ✓ Flujo másico

3.4.2 Unidad experimental

La unidad experimental estuvo conformada por cada medición independiente del tiempo del llenado del sistema, en total se obtuvieron 20 unidades experimentales; 10 unidades experimentales tomadas antes de implementar el sistema de conducción de agua y 10 unidades experimentales tomadas después de implementar el sistema.

3.4.3 Tratamientos

A continuación, en la tabla 8 y 9 se detallan los tratamientos evaluados y las características de los tratamientos:

Tabla 8

Esquema del Análisis de T.

Fuente de variación	Prueba de T
Total (n)	20
Tratamientos	2

Tabla 9

Características de los tratamientos.

Tratamientos	Número de medición del tiempo de llenado de la cisterna	Descripción
T0	10	Sistema de conducción de agua anterior
T1	10	Sistema de conducción de agua con estructuras de PVC

3.4.4. Características de las unidades experimentales

Para evaluar el desempeño del sistema de conducción con estructuras de PVC se compararon mediciones antes (T_0) y después (T_1) de la implementación, para ello se realizó 10 repeticiones por fase dando un total de 20 unidades experimentales tomando en cuenta que el volumen de referencia de la cisterna es de 5000 L, esta comparación estadística se efectuará mediante prueba de t pareada.

Tabla 10

Características de la unidad experimental

Características de las unidades experimentales	
Volumen de la cisterna	5 m ³
Número de unidades experimentales	20
Numero de repeticiones por fase	10
Unidad de medida de tiempo	Segundos (s)
Tipo de prueba	Prueba t pareada

3.4.5 Análisis estadístico

La prueba de T es una herramienta estadística ampliamente empleada para comparar la media de dos grupos de datos y evaluar si presentan significativamente diferencias entre los mismos (Gonzales et al., 2024). Existen algunos tipos de prueba de t de Student entre los más conocidos son prueba de t de muestras independientes o apareadas y la prueba de t de muestras relacionadas o pareadas; esta última se empleará para realizar el análisis estadístico de esta investigación.

La prueba de t pareada proporciona información relevante para verificar si existen diferencias significativas en el gasto y flujo obtenido, así como, la eficiencia en la conducción hídrica mediante la implementación de un sistema de estructuras hidráulicas de PVC para el almacenamiento efectivo de agua, al utilizar el mismo volumen de referencia bajo las mismas condiciones de la bomba y la misma hora del día. El análisis estadístico se efectuó con un nivel de significancia de 0.05 empleando Excel como herramienta para procesar y comparar los datos obtenidos.

Distribución de la prueba t de Student

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{s(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)} = \frac{\bar{d}}{s\bar{d}}$$

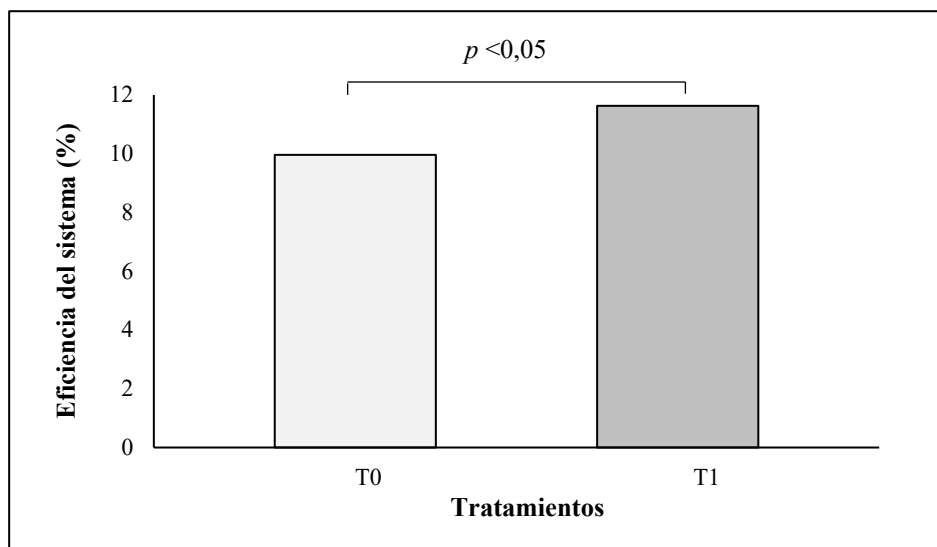
3.5 RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

3.5.1 Variable eficiencia en la conducción de agua

En base a los resultados de la variable eficiencia del sistema, se observó que el tratamiento T1 presentó valores superiores frente a T0, lo que evidencia una reducción de pérdidas y mayor eficiencia del sistema de conducción implementado. La prueba t de Student para muestras emparejadas mostró diferencias estadísticamente significativas demostrando ($p < 0,05$), donde el valor de la media del T0 fue de 6,97%, mientras que el T1 alcanzó un valor promedio de 8,14%, siendo este último más elevado en comparación con el sistema anterior, indicando el aprovechamiento óptimo del caudal disponible hacia la cisterna de almacenamiento.

Figura 14

Eficiencia en la conducción de agua en la evaluación de la implementación de un sistema de estructuras hidráulicas de PVC para el almacenamiento efectivo de agua.



Nota: A continuación, se describe la simbología de cada tratamiento T0: Sistema de conducción de agua anterior. T1: Sistema de conducción de agua con estructuras de PVC. Diferencia significativa según prueba t de Student ($p < 0,05$).

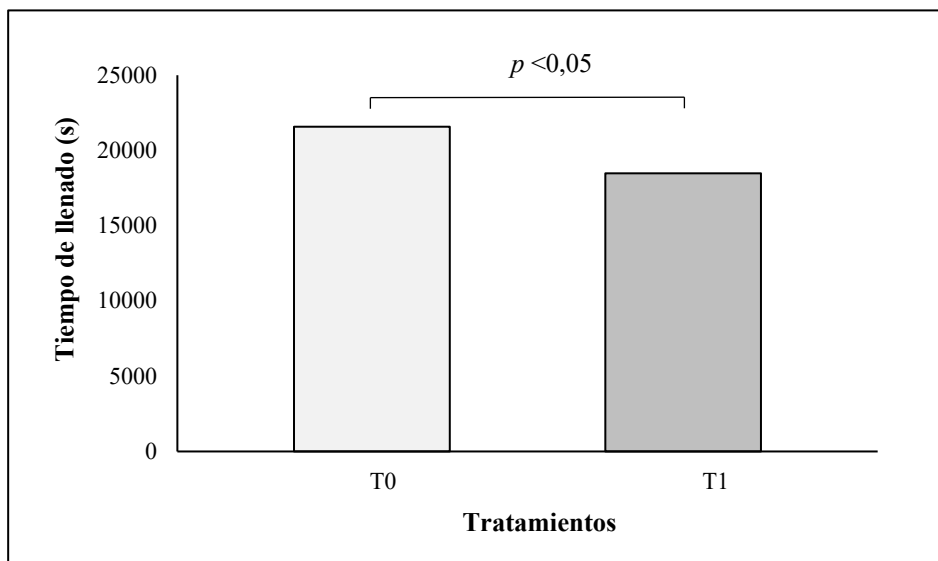
Estos resultados coinciden con lo mencionado por Moreno (2025), quien señala que la eficiencia en los sistemas de conducción y almacenamiento de agua están intrínsecamente relacionados por la calidad de la infraestructura hidráulica y del adecuado dimensionamiento de los componentes, además destaca que el uso de materiales resistentes, como el PVC, reduce pérdidas por fricción y fugas, lo que se traduce en aprovechamiento óptimo del recurso hídrico y superior eficiencia operativa.

3.5.2 Variable tiempo de llenado de la cisterna

De acuerdo con el análisis de la variable tiempo de llenado, se determinó que el sistema implementado (T1) presenta un menor tiempo promedio en comparación con el sistema anterior (T0), evidenciando una mejora en la eficiencia del proceso de conducción de agua. La prueba t de Student indicó la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre ambos tratamientos dado que ($p < 0,05$) además, la media obtenida para el T0 es 21571,9 segundos, mientras que T1 es 18482,2 segundos, corroborando que la implementación del sistema disminuye el tiempo requerido para el llenado de la cisterna.

Figura 15

Tiempo de llenado en la evaluación de la implementación de un sistema de estructuras hidráulicas de PVC para el almacenamiento efectivo de agua.



Nota: A continuación, se describe la simbología de cada tratamiento T0: Sistema de conducción de agua anterior. T1: Sistema de conducción de agua con estructuras de PVC. Diferencia significativa según prueba t de Student ($p < 0,05$).

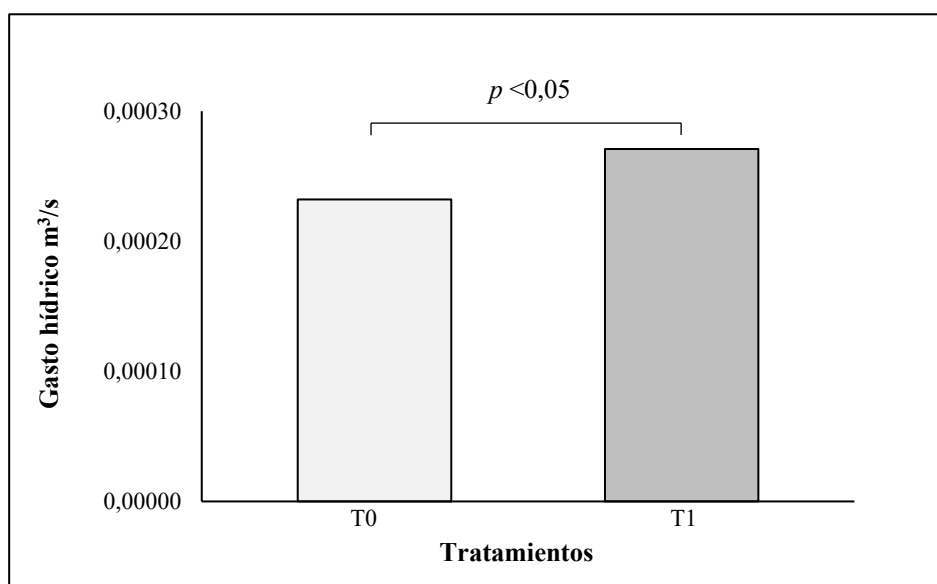
Tal como señalan Müller et al. (2020), la capacidad de los equipos de bombeo y las condiciones del sistema influyen en el tiempo requerido para alcanzar un volumen de almacenamiento específico, es decir los resultados obtenidos podrían estar relacionados con las condiciones de operación del sistema de bombeo y las características hidráulicas de la tubería. Por lo tanto, el tiempo de llenado obtenido en el presente estudio evidencia que el sistema de conducción implementado optimiza el proceso de almacenamiento hídrico, mejorando la disponibilidad del recurso en comparación con el sistema anterior.

3.5.3 Variable gasto hídrico

En base a los resultados obtenidos para la variable gasto hídrico, se determinó que existe una diferencia estadísticamente significativa entre el sistema anterior (T0) y el sistema implementado (T1) en concordancia con la prueba t de Student para muestras emparejadas ya que su valor es de ($p < 0,05$). La media del gasto T1 ($0,00027 \text{ m}^3/\text{s}$) fue superior a la del sistema T0 ($0,00023 \text{ m}^3/\text{s}$), lo que demuestra una mejora en el rendimiento hidráulico del sistema de conducción implementado.

Figura 16

Gasto hídrico en la evaluación de la implementación de un sistema de estructuras hidráulicas de PVC para el almacenamiento efectivo de agua.



Nota: A continuación, se describe la simbología de cada tratamiento T0: Sistema de conducción de agua anterior. T1: Sistema de conducción de agua con estructuras de PVC. Diferencia significativa según prueba t de Student ($p < 0,05$).

Estos resultados concuerdan con lo mencionado por Hidalgo (2017), donde señala que el caudal representa el volumen de agua que atraviesa una sección en un intervalo de tiempo determinado y constituye un parámetro fundamental para el análisis de sistemas hidráulicos, ya que permite evaluar el rendimiento del transporte de agua. Asimismo, Calderón y Pozo (2011), indican que la medición del gasto hídrico mediante el método volumétrico facilita la recaudación de cálculos específicos del flujo real, lo cual permite la comparación entre el comportamiento teórico y el comportamiento en campo del sistema, además acotan que el caudal medido en campo puede verse influenciado en gran medida por factores como el diámetro de la tubería, el material de conducción y las condiciones de operación del sistema de traslado.

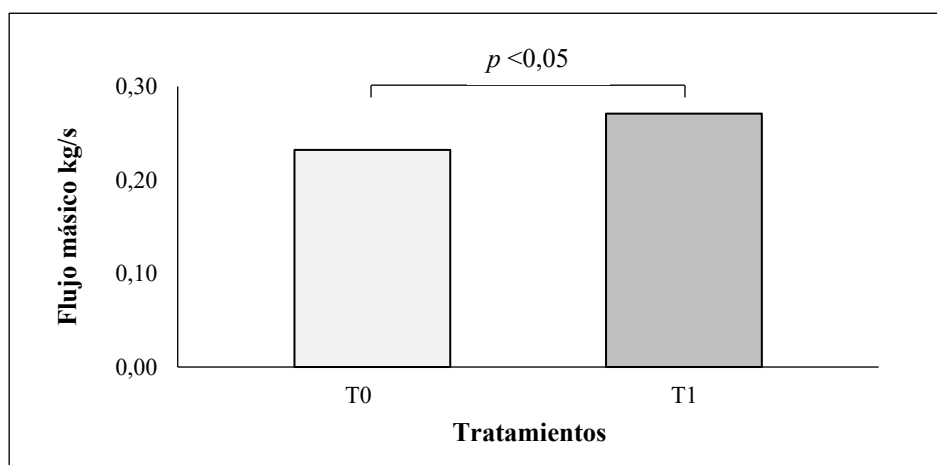
En función de lo expuesto, el análisis del gasto hídrico obtenido en esta investigación confirma su importancia como variable clave para la evaluación del desempeño hidráulico del sistema, ya que permite interpretar de manera integral el desempeño electromecánico de la bomba y el funcionamiento de las estructuras hidráulicas de PVC utilizadas.

3.5.4 Variable Flujo másico

Respecto a la variable flujo, el análisis estadístico mediante la prueba t de Student confirmó la existencia de diferencias significativas ($p < 0,05$) y, la media del T0 es de 0,23 mientras que T1 obtenido es de 0,27; lo que sugiere un incremento en la eficiencia del transporte del agua dado que los resultados indican que el sistema implementado (T1) alcanzó mayores valores promedio en comparación con el sistema antes existente (T0).

Figura 17

Flujo másico en la evaluación de la implementación de un sistema de estructuras hidráulicas de PVC para el almacenamiento efectivo de agua.



Nota: A continuación, se describe la simbología de cada tratamiento T0: Sistema de conducción de agua anterior. T1: Sistema de conducción de agua con estructuras de PVC. Diferencia significativa según prueba t de Student ($p < 0,05$).

Según Çengel et al. (2018), el flujo másico constituye un parámetro clave en el análisis de sistemas de almacenamiento, debido a que integra tanto las características físicas del fluido como las condiciones de operación del sistema, en síntesis, los valores de flujo másico obtenidos reflejan la capacidad del sistema para movilizar la masa de agua de forma continua y controlada.

En este contexto, los resultados del presente trabajo confirman que el sistema hidráulico implementado mantiene un flujo másico acorde con el gasto hídrico evaluado, lo cual se evidencia en un llenado efectivo de la cisterna además de fomentar el análisis integral del funcionamiento del sistema hidráulico.

CAPÍTULO IV

4. CONCLUSIONES

4.1 Conclusiones

La investigación permitió evaluar la eficiencia del sistema de conducción de agua mediante la implementación de estructuras hidráulicas de PVC en la Granja Experimental Río Suma. Los resultados demostraron que el sistema actualmente incorporado mejora el desempeño hidráulico y optimiza el almacenamiento de agua en comparación con el sistema precedente.

Los resultados indicaron un incremento en la efectividad del sistema implementado a través de la reducción significativa en el tiempo de llenado de la cisterna y una notable eficiencia en el transporte del agua gracias a la disminución de pérdidas por fallas mecánicas, físicas o abolladuras ya que el presente sistema fue íntegramente renovado contando con estructuras de PVC completamente nuevas.

De la misma manera, las variables gasto hídrico y flujo másico presentaron valores superiores en el sistema implementado, reflejando un excelente aprovechamiento del caudal y un mayor rendimiento hidráulico del sistema de tuberías de PVC, estas diferencias fueron estadísticamente significativas en base a la prueba de T.

Entre las limitaciones del estudio se considera el periodo específico de evaluación, por lo que se recomienda realizar estudios en diferentes condiciones de ejecución, así como, en distintas estaciones del año. En síntesis, el sistema de conducción con tuberías de PVC conforma una solución técnica, eficiente y viable para el almacenamiento efectivo del recurso hídrico.

4.2 Recomendaciones

- ✓ Se sugiere dar mantenimiento adecuado y oportuno al sistema de conducción de agua mediante estructuras de PVC con apoyo técnico para garantizar el traslado eficiente del flujo hídrico hacia la cisterna de almacenamiento y reducir el tiempo de llenado de la misma. Un manejo pertinente contribuye al uso apropiado del agua incrementando el rendimiento en la agricultura además de ser una fuente de desarrollo sostenible en lugares con escasez hídrica.

- ✓ Realizar evaluaciones periódicas del caudal de agua a través del cálculo del gasto, flujo y tiempo de llenado de la cisterna, como mecanismo de control para verificar la eficiencia del sistema de conducción.

- ✓ Replicar el sistema de estructuras hidráulicas de PVC en otras zonas del área de investigación, aplicando los mismos indicadores evaluados en este estudio, con el fin de corroborar su desempeño y ventajas operativas. Además, es importante dar a conocer a la población los beneficios de este tipo de sistemas de conducción de agua dado que resulta ser una opción altamente viable en cuanto a términos de capacidad hidráulica, resistencia a la corrosión, flexibilidad y bajo costo de implementación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahrestani, Z., S, S., & Motejadded Emrooz, H. (2023). Una visión general de los métodos de captación de agua atmosférica, el camino inevitable del futuro en el suministro de agua. *RSC Advances.*, 13(15), 5.
<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10073925/pdf/RA-013-D2RA07733G.pdf>
- Anaya, D. (2023). Evaluación y mejoramiento de las estructuras hidráulicas para mejorar el sistema de abastecimiento de agua potable del caserío de Paquishca, distrito de Huaraz, Provincia de Huaraz, región de Áncash - 2023.
<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/34424/1/D-CD88302.pdf>
- Andrade, C., & Colcha, J. (2021). “Rediseño de la obra de captación, línea de conducción, reservorio y planta de tratamiento para el sistema de agua potable de la comunidad san Vicente de andoas, cantón Pedro Vicente Maldonado provincia de Pichincha”. *Repositorio Universidad Politécnica Salesiana.*, 4(1), 84-85.
<http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19996>
- Argudo, J. (2019). La gestión del agua en Distintas civilizaciones: De Grecia a la actualidad. *Revista Dialnet.*, 4(1), 61-63.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7401435>
- Arias, J., & Covinos, M. (2021). Diseño y metodología de la investigación. *Enfoques Consulting EIRL.*, 2(3), 12.
https://repositorio.concytec.gob.pe/bitstream/20.500.12390/2260/1/Arias-Covinos-Dise%c3%bl0_y_metodologia_de_la_investigacion.pdf
- Atencio, R., & Briceño, A. (2023). Cosecha de humedad atmosférica: Nuevos materiales y tecnologías bioinspirados para mitigar la escasez de agua. *Ciencia en Revolución.*, 9(2), 5.
<https://cienciaenrevolucion.com.ve/index.php/cienciaenrevolucion/article/view/96/116>
- Ávila, E., Ríos, A., Morejón, Y., & Campos, B. (2021). Evolución histórica de las fuentes energéticas empleadas en el abasto de agua y riego agrícolas. *Revista Ingeniería Agrícola.*
<https://www.redalyc.org/journal/5862/586269368008/586269368008.pdf>
- Becerra, D., Acosta, C., & Leyton, J. (2023). Gestión del recurso hídrico en la ruralidad, mediante estrategias de fortalecimiento comunitario. *Repositorio Universidad*

- Libre de Cali*, 20(1), 9-12.
<https://www.redalyc.org/journal/2654/265478502011/html/>
- Bentancor, L., Durán, P., & Pedocchi, F. (2022). Sistema de aforo para sistemas de riego que utilizan mangueras colapsables, Ribagua. 9(2), 41-52.
<https://doi.org/10.1080/23863781.2023.2218043>
- Bolados, M., Frangkou, M., Monsalve, T., & Pereira, V. (2022). Abastecimiento de agua potable por camiones aljibe durante la megasequía. Un análisis hidrosocial de la provincia de Petorca, Chile. *EURE*, 48(145), 1-22.
<https://www.scielo.cl/pdf/eure/v48n145/0717-6236-eure-48-145-0004.pdf>
- Bonilla, C., Rubio, Y., & Bonilla, S. (2021). Afectación por derrames de crudo ocasionados por acciones subversivas al oleoducto Caño Limón Coveñas.
<https://ojs.unipamplona.edu.co/index.php/aaas/article/view/2572>
- Boubakri, N., García-Prats, A., Carricondo-Antón, J., Jiménez-Bello, M., & Pulido-Velázquez, M. (2024). Mejorando la sostenibilidad del riego en cítricos en contextos de escasez de agua: AquaCitrus como solución innovadora.
https://www.researchgate.net/publication/391750595_Mejorando_la_sostenibilidad_del_riego_en_citricos_en_contextos_de_escasez_de_agua_AquaCitrus_como_solucion_innovadora
- Bremmer, C., Harris, G., Kosmala, A., Nicholason, B., Ollre, A., Percy, M., . . . Solanki, S. (2007). Tecnologías en evolución: Bombas eléctricas sumergibles.
https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/34542117/BOMBAS_ELECTRICAS-libre.pdf?1409061849=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DTecnologias_en_evolucion_Bombas_elect ric.pdf&Expires=1768698311&Signature=Vze1Qksx7HnAH6SSk41KOpG4-NRl71CukTYkO7eUuyiQ
- Cabrera, G., Rosillo, E., & Zhiñin, H. (2023). Autorizaciones para uso y aprovechamiento del agua en la provincia de Loja. <http://doi.org/10.47840/ReInA.5.2.1916>
- Calderón, J., & Pozo, C. (2011). Diseño y construcción de un banco de pruebas para pérdidas de carga en tuberías y accesorios con simulación.
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/16432/1/UPS-KT00162.pdf>
- Carrillo-Huerta, M., & Gómez, E. (2020). La tecnología en el uso sostenible del agua para riego en México. El caso del acuífero de Tecamachalco, Puebla, 2017. *Panorama Económico*, 27–56. <https://doi.org/10.29201/peipn.v15i30.33>

- Córdova, S. (2021). Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable en el anexo San Andrés. *Repositorio institucional Ancash*.
<https://hdl.handle.net/20.500.13032/23233>
- Coronel, C. (2022). Las variables y su operacionalización. Universidad de Ciencias Médicas. <http://scielo.sld.cu/pdf/amc/v27/1025-0255-amc-27-e8775.pdf>
- Daza, L., & Rodriguez, J. (2018). Diagnóstico de la línea de conducción del acueducto comunitario de ciudad Porfía.
<https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/98a0e050-a12b-4eb0-ba1d-899130a65437/content>
- Díaz, R. (2015). Criterios de selección de tecnologías sostenibles de generación de energía para riego en invernaderos.
https://oa.upm.es/39490/1/RODRIGO_DIAZ_MENDEZ.pdf
- Espinoza, A. (2021). Evaluación Técnica Económica en Implementación de Tuberías HDPE frente al PVC en la Línea de Conducción del Sistema Agua Potable, C.P. Maraycera, Ayacucho 2021. *Universidad Cesar Vallejo Perú*.
<https://www.academia.edu/download/112266338/478653398.pdf>
- Fernandez, C., & Coanqui, L. (2025). DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA UNA BOMBA HIDRÁULICA SUMERGIBLE DE 1 HP DESTINADA AL RIEGO EN LA LOCALIDAD DE TACAMANI A 3820 MSNM.
<https://repositorio.unaj.edu.pe/bitstreams/a4328313-b5cb-4c93-99fe-09037f2e2d9c/download>
- Fernández, G., Moreno, F., Guerrero, L., & Molina, D. (2022). El internet de las cosas en la producción agrícola de Manabí- Ecuador. . *Revista Latinoamérica de Ciencias Sociales y Humanidades.*, 3(22), 600. <https://orcid.org/0000-0003-1028-1224>
- Gallego de la Sacristana, S. (2016). Instalación de una bomba sumergible para suministro de agua de un pueblo de Tanzania que trabaja por medio de una fuente de energía renovable. *Archivo Digital UPM*.
https://oa.upm.es/43399/1/TFG_Sergio_Gallego_de_la_Sacristana.pdf
- García, A. (2020). Diseño y simulación de una bomba centrífuga mediante su prototipo virtual. Escuela técnica superior de ingenieros industriales y de telecomunicación Universidad de Cantabria.

- <https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/20358/430583.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- García, J., Bautista, F., & Reyes, E. (2023). Factores que condicionan la tasa de adopción de sistemas de riego tecnificados en México. *Agronomía mesoamericana*. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/index>
- Gonzales, I., García, A., & Solís, C. (2024). Evaluación de la Efectividad del Curso Propedéutico: Aplicación de Prueba t-pareada. <https://doi.org/10.29105/vtga10.3-495>
- Gozme, H. (2024). Diseño de un sistema de bombeo de agua mediante paneles fotovoltaicos para el riego de una parcela en la Comunidad Chimpa Jallapisi de Azángaro. *Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez*. <https://repositorio.uancv.edu.pe/server/api/core/bitstreams/7f50015f-5430-4b59-a16c-63f0flaae706/content>
- Hernandez, E. (2014). *Hidrodinámica*. <http://www.uaeh.edu.mx/virtual/virtual/index.php>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2018). Metodología de la investigación. *McGraw-Hill / Interamericana editores, S.A. de C.V.*, 4(2), 130. https://uniclanet.unicla.edu.mx/assets/contenidos/254857_DOC_2023-03-01_18:46:18.pdf
- Hidalgo, G., Vaquez, S., & Araya, F. (2022). Análisis cualitativo de sostenibilidad social de sistemas de drenaje urbano en Chile. *I2(1)*, 4. <https://doi.org/10.22320/07190700.2022.12.01.03>
- Hidalgo, L. (2017). Estos resultados concuerdan con lo señalado por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), que indica que el caudal representa el volumen de agua que atraviesa una sección en un intervalo de tiempo determinado y constituye un parámetro fundamental. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/18851/1/CD-8242.pdf>
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, (. (s.f.). Emisión de reportes de parámetros meteorológicos e hidrológicos. <https://www.gob.ec/inamhi/tramites/emision-reportes-parametros-meteorologicos-hidrologicos>
- Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. (2016). Documentación toxicológica para el establecimiento del límite de exposición profesional del cloruro de polivinilo (PVC) (DLEP 105).

<https://www.insst.es/documents/94886/289981/DLEP+105.pdf/8b1ac9ad-eb47-40b8-851d-a1c062de654f>

- Ladino, A., & Tejeiro, K. (s.f.). Elaboración de un Tablero Didáctico de Instalaciones Hidrosanitarias para Vivienda como Herramienta Pedagógica para el Laboratorio de Hidráulica de la Universidad Cooperativa de Colombia Sede Villavicencio. *Universidad Cooperativa de Colombia*.
<https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/1fdea55d-8ad6-470f-8691-91f8cd44216e/content>
- Llopis, A. (2020). Estructura de plásticos. . *Repositorio Universidad Alicante*. .
https://rua.ua.es/bitstream/10045/108383/1/Estructuras_de_plastico_Llopis_Vidal_Adrian.pdf
- Loaiza, M., Nieto, C., Sanabria, C., & Burgos, B. (2022). Ruta óptima para conducción de agua desde el embalse san vicente hasta la comuna Salanguillo (Santa Elena - Ecuador). https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i6.3635
- López, M., Ramírez, E., Moreno, Y., Rodríguez, H., & Segura, M. (2024). La Importancia de los Sistemas de Riego para el Uso Eficiente del Agua en la Agricultura. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar.*, 8(4), 13.
<https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/download/12587/18210/>
- Martín, I., Salcedo, R., Font, & R. (2011). Mecánica de fluidos.
<https://rua.ua.es/server/api/core/bitstreams/9ec13ca0-f548-41c1-a524-ed14f5be67e1/content>
- Mendoza, A., & Pérez, M. (2024). Propuesta de un sistema de riego automatizado Por micro aspersión para las áreas verdes de la Universidad nacional de Jaén.
https://repositorio.unj.edu.pe/bitstream/UNJ/777/5/T_Mendoza%20Soto%20y%20Perez%20Guevara_IME_2024.pdf
- Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. (2014). Manual de Riego Parcelario.
<https://balcon.mag.gob.ec/mag01/magapaldia/HOMBRO%20A%20HOMBRO/manuales/Manual%20de%20riego%20parcelario.pdf>
- Ministerio de agricultura, p. y. (2024). *Riego por aspersión*.
<https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/plataforma-de-conocimiento-para-el-medio-rural-y-pesquero/observatorio-de-tecnologias-probadas/material-de-riego/aspersion.aspx>

- Monge, N. (2023). Diseño de las estructuras hidráulicas, para mejorar el sistema de abastecimiento de agua potable del caserío la florida, distrito de Cabana, provincia de Pallasca, región Áncash. *ULADECH*, *I*(1), 11. <https://hdl.handle.net/20.500.13032/35459>
- Moreno, J. (2025). Evaluación de la eficiencia de conducción en el Sistema de Riego Limas Conduriaco, parroquia 27 de Abril, cantón Espíndola, provincia de Loja. *Universidad Nacional de Loja. Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables. Carrera de Ingeniería Agrícola*. <https://dspace.unl.edu.ec/items/3546e7fe-daaa-4c25-bc80-45774170f1c6>
- Mory, A. (2018). Evaluación de la fórmula de flujo másico con fines de aprovechamiento del agua que se producea partir del sistema de captación de niebla en la zona de san pedro de carpish – chinchao – huánuco. *Universidad nacional hermilio valdizán*. <http://scielo.sld.cu/pdf/riha/v44n4/1680-0338-riha-44-04-74.pdf>
- Müller, T., Leise, P., Lorenz, I., Altherr, L., & Pelz, P. (2020). Optimización y validación del diseño y operación de sistemas de bombeo para el suministro de agua en edificios de gran altura. <https://scispace.com/pdf/optimization-and-validation-of-pumping-system-design-and-4omotnh6vh.pdf>
- Murillo, D., Ponce, M., & Loor, D. (2024). Soluciones ingenieriles para preservar y optimizar el recurso hídrico. *Journal Científica MQRInvestigar.*, *8*(4), 5954-5973. <https://doi.org/10.56048/MQR20225.8.4.2024.5954-5973>
- Núñez, N. (2018). Optimización de la capacidad instalada y operación de un sistema de riego híbrido fotovoltaico con almacenamiento hídrico. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/159575>
- Ortega, K., & Valerio, L. (2023). Captación y almacenamiento pluvial como modelo histórico para conservación del agua en los Andes peruanos. *Desafíos, Revista científica de ciencias sociales y humanidades*. *14*(1), 2-6. <https://doi.org/10.37711/desafios.2023.14.1.385>
- Ortiz, A., & Mendoza, M. (2024). propuesta de desarrollo de un sistema de riego inteligente, utilizando tecnología Pyboard. *Revista de Desarrollo sustentable, Negocios, Emprendimiento y Educación.*, *6*(5), 31-42. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9527910>

- Ortiz, R., Pazmiño, J., & Chile, M. (2021). Eficiencia en el sistema de riego Tumbaco, Ecuador. *Revista Ciencias Agrarias*, 5(2), 1-10. <https://doi.org/10.18779/cyt.v14i1.443>
- Ortiz, Y. (2025). *Característica caudal-presión para una bomba de desplazamiento positivo*. <https://ojs.revistadelos.com/ojs/index.php/delos/article/view/4859/2703>
- Paz, M., & Rosado, M. (2025). Optimización de la línea de conducción para mejorar el suministro de agua potable en el Fuerte Arica- Villa El Edén de ITE, 2024. <https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/98a0e050-a12b-4eb0-ba1d-899130a65437/content>
- Pedrollo, S.p.A. (2023). Ficha técnica: Bomba sumergible modelo 4RS. https://www.pedrollo.com.co/public/allegati/4SR_ES_60Hz.pdf
- Polo, J. (2023). Diseño de las estructuras hidráulicas del Sistema de abastecimiento de agua potable para mejorar la condición sanitaria de la Población en la localidad de san pedro, Distrito de huallanca, provincia de huaylas, Departamento de ancash. *ULADECH*, 2(1), 13. <https://hdl.handle.net/20.500.13032/34586>
- Poveda, W., & Vizúete, M. (2024). Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para el recinto Yumes, Cantón Palestina en la Provincia del Guayas. *Universidad Politécnica Salesiana*. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/27664/1/UPS-GT005133.pdf>
- Quinga, E. (2022). Diseño de un sistema de distribución de agua agrícola en las comunidades La Dolorosa y El Panecillo, Tungurahua para mejorar la eficiencia del uso del recurso hídrico. *Repositorio Universidad Politécnica Salesiana.*, 2(1), 74-75. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/23945>
- Ramírez, O., & Marín, S. (2022). Diseño de un sistema de recolección, almacenamiento y distribución para el aprovechamiento del agua lluvia en el conjunto mito Las Vegas Plaza.
- Ramos, C. (2021). Diseños de investigación experimental. *CienciAmérica: Revista de divulgación científica de la Universidad Tecnológica Indoamérica*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7890336>
- Renzo, A. (2023). “Diseño hidráulico del sistema de agua potable del sector El Rodeo parroquia Río Chico - Cantón Portoviejo”. *Universidad Nacional Estatal del Sur de Manabí*.

- <https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/6122/1/Quimiz%20Lino%20Renzo%20Alexander.pdf>
- Ríos, R. (2019). Estudio comparativo de la línea de conducción con concreto y tubería PVC en canal de riego El Manzano. *Universidad Nacional de San Martín*. <https://hdl.handle.net/20.500.14414/12717>
- Rivera, L., & Calderón, D. (s.f.). Diseño de un sistema de captación, almacenamiento y readecuación de las aguas pluviales para el Hotel Alejandría Resort, en el municipio de San Gil, Santander. *Universidad Santo Tomás*, 1(1), 15. <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/3664602?show=full>
- Robayo, F., Silva, D., & Mosquera, D. (2015). Sistema de control automatizado en planta de cargue de agua potable para camiones cisterna. *Revista Ingeniería y Región*, 13(1), 172-173. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5432284>
- Rodríguez, C., Breña, J., & Esenarro, D. (2021). Las variables en la metodología de la investigación científica. *Área de innovación y desarrollo, S.L.*, 1(2), 33. <https://doi.org/10.17993/IngyTec.2021.78>
- Rodríguez, I., Remendiz, C., Salgado, F., & Hernández, D. (2024). La importancia del agua en la agricultura. <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/xahni/article/view/13001/11529>
- Sedano, K., Carvajal, Y., & Ávila, A. (2024). Variabilidad climática, cambio climático y gestión integrada del riesgo de inundaciones en Colombia. *Revista Latinoamericana Colciencias*. [https://semillas.org.co/apc-aa-files/353467686e6667686b6c676668f16c6c/articulo%2013%20\(46:47\).pdf](https://semillas.org.co/apc-aa-files/353467686e6667686b6c676668f16c6c/articulo%2013%20(46:47).pdf)
- Segura, X., Tubilla, V., Cárdenas, D., Roncal, E., & Chinchay, C. (2020). Aspectos técnicos a tener en cuenta en el diseño de instalaciones de agua utilizando tuberías de polipropileno en vez de PVC. *Pontificia universidad católica del Perú*. <https://tesis.pucp.edu.pe/server/api/core/bitstreams/f35b8c48-46c1-4252-860f-3307548516a7/content>
- Solano, K., & Morice, V. (2020). Diseño de sistema inteligente para la distribución equitativa de agua en la GAM, Costa Rica.
- Stagno, F., Brambilla, M., Rocuzzo, G., & Assirelli, A. (2024). Water Use Efficiency in a Deficit Irrigated Orange Orchard. *Horticulturae*, 10(5), 4958. <https://doi.org/10.3390/horticulturae10050498>

- Valencia, G., Acebedo, C., & Duarte, J. (2020). Desarrollo de una metodología para la predicción de curvas características en bombas periféricas. *ibi revista de investigación, administración e ingeniería.*, 8(2), 58-60. <https://doi.org/10.15649/2346030X.756>
- Vidales, J. (2022). "Diseño de un sistema de bombeo de agua utilizando energía solar fotovoltaica". <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>
- Villareal, F., Arrieta, A., Jimenez, M., Miranda, J., Rayes, M., & Zizilia, Z. (2020). inteligente., Analisis de las causas de desabasto de agua y propuesta de mejora con implementacion de riego.
- Zambrano, J., Delgado, A., Zambrano, E., & Peñaherrera, S. (2022). Contaminantes biológicos presentes en fuentes de agua del centro-sur de la provincia de Manabí, Ecuador.
- Zubelzu, S., Bernal, C., Esteve, P., López, J., & Gómez, M. (2023). Análisis coste-beneficio de sistemas de drenaje urbano sostenible. https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=en&oe=ASCII&user=4XHTuooAAAAJ&pagesize=100&citation_for_view=4XHTuooAAAAJ:RYcK_YIVTxYC
- Zúñiga, K. (2020). "Más de 67 mil personas afectadas por falta de agua,". <https://www.multimedios.cr/nacional/mas-de-67-mil-personas-afectadas-por-faltade->

ANEXOS

Anexo 1. Prueba t para medias de dos muestras pareadas de variable eficiencia en la conducción de agua.

	<i>T0 Sistema anterior</i>	<i>T1 Sistema implementado</i>
Media	6,97	8,14
Varianza	0,08763733	0,12549451
Observaciones	10	10
Coefficiente de correlación de Pearson	0,1984531	
Diferencia hipotética de las medias	0,00	
Grados de libertad	9	
Estadístico t	-8,904805309	
P(T<=t) una cola	4,65662E-06	
Valor crítico de t (una cola)	1,833112933	
P(T<=t) dos colas	0,0000093	
Valor crítico de t (dos colas)	2,2621572	

Anexo 2. Prueba t para medias de dos muestras emparejadas de variable tiempo de llenado de la cisterna.


	<i>T0</i>	<i>T1</i>
Media	21571,9	18482,2
Varianza	807205,88	630279,51
Observaciones	10	10
Coefficiente de correlación de Pearson	0,197311322	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	9	
Estadístico t	9,087314466	
P(T<=t) una cola	0,000003945	
Valor crítico de t (una cola)	1,833112933	
P(T<=t) dos colas	0,0000079	
Valor crítico de t (dos colas)	2,2621572	

Anexo 3. Prueba t para medias de dos muestras emparejadas de la variable gasto hídrico.

	<i>T0</i>	<i>T1</i>
Media	0,00023	0,00027
Varianza	0,00000000010	0,00000000014
Observaciones	10	10
Coefficiente de correlación de Pearson	0,198453151	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	9	
Estadístico t	-8,904805309	
P(T<=t) una cola	0,000004657	
Valor crítico de t (una cola)	1,833112933	
P(T<=t) dos colas	0,0000093	
Valor crítico de t (dos colas)	2,2621572	

Anexo 7. Factura de Disensa.

N&M MATERIALES DE CONSTRUCCION
RUC: 2390632447001
Dirección: AVENIDA LOS COLONOS 331 Y AV CHONE
Teléfono: (098) 092-5015
E-mail: disensamurillo@yahoo.com



Página: 1/1
Usuario: vendedor1
Fecha Impresión: 01/08/2025 13:36:01
Impreso desde: VENTAS2

COTIZACIÓN NO. 0000313
Punto de Venta: PUNTO DE VENTA 1
F. Emisión: 01/08/2025

Cliente: CONSUMIDOR FINAL
Identificación: 9999999999999
Dirección: CONSUMIDOR FINAL

Caja: CAJA ELECTRONICA 101
F. Validez: 16/08/2025

E-mail:
Teléfono:

Código	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio	% Desc	Prec.Desc	Subtotal
1-94003288	LLAVE VALVULA ESFERICA 1" CABO NARANJA	5.00	UNIDAD	5.1304	0.00		25.6520
1-91000954	TEE PP R/R 1"	10.00	UNIDAD	2.0870	0.00	5.1304	20.8700
1-91000875	CODO PP R/R 1" * 90º	8.00	UNIDAD	1.6957	0.00		13.5656
1-91000922	REDUCTOR PP R/R 1" * 3/4"	12.00	UNIDAD	1.2609	0.00	1.6957	15.1308
1-91000895	NEPLO PP C/TUERCA 1"	10.00	UNIDAD	0.9565	0.00	1.2609	9.5650
1-91000767	NEPLO FLEX 1/2"	35.00	UNIDAD	0.6957	0.00	0.9565	24.3495
1-00002194	ABRAZADERA 1 DIM	35.00	UNIDAD	0.6087	0.00	0.6957	21.3045
1-94002684	MANOMETRO DISLOP	1.00	UNIDAD	4.8696	0.00	0.6087	4.8696
1-91007367	TEFLON AMARILLO GRANDE	1.00	UNIDAD	1.0000	0.00	4.8696	1.0000
1-91000936	POLIMEX 50CC	1.00	UNIDAD	6.4783	0.00	1.0000	6.4783
1-91000899	NEPLO R/R C/TUERCA PP 3/4	12.00	UNIDAD	0.6957	0.00	6.4783	8.3484
1-91000795	UNION FLEX 1"	5.00	UNIDAD	0.9565	0.00	0.6957	4.7825

ESTA COTIZACIÓN NO GARANTIZA STOCK NI CAMBIO DE PRECIOS SIN PREVILO AVISO.

Plastigard

Descuento 0.00
Subtotal 15.00% \$155.92
Subtotales Netos: \$ 155.92
IVA 15.00% \$23.39
Total IVA: 23.39
ICE: 0.00
Total 179.31

Anexo 8. Transferencia a la ferretería Ortiz para la compra de la tubería de PVC.





¡Transferencia exitosa!
Comprobante: 146435592

Monto	\$ 191.50
Costo de transacción	\$ 0.00
Fecha	18 ago 2025

Cuenta origen	
Nombre	Getial Moran Mercedes...
Número de cuenta	2209987336

Cuenta destino	
Nombre	Ortiz Capa Marlon Vi...
Número de cuenta	*****5860
Banco	Banco Pichincha
Correo electrónico	No registrado

Anexo 9. Variable eficiencia en la conducción de agua.



Anexo 10. Variable tiempo de llenado de la cisterna.



Anexo 11. Variable gasto hídrico.



Anexo 12. Variable flujo másico.



Tesis - Getial Nicole antiplagio

3%
Textos sospechosos

0% **Similitudes (ignorado)**
0% similitudes entre comillas
0% entre las fuentes mencionadas

< 1% **Idiomas no reconocidos**

3% **Textos potencialmente generados por la IA**

Nombre del documento: Tesis - Getial Nicole antiplagio.docx
ID del documento: f1791f2e813907f8efbe6b5de512b7cbac4db6df
Tamaño del documento original: 5,28 MB

Depositante: Jose Cedeño Zambrano
Fecha de depósito: 30/1/2026
Tipo de carga: interface
fecha de fin de análisis: 30/1/2026

Número de palabras: 11.929
Número de caracteres: 78.482

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes principales detectadas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	doi.org La importancia del agua en la agricultura https://doi.org/10.29057/xahni.v2i3.13001	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (56 palabras)
2	repositorio.uladech.edu.pe Diseño de las estructuras hidráulicas del sistema d... https://repositorio.uladech.edu.pe/handle/20.500.13032/34586	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (27 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	bibliotecadigital.oducal.com Evaluación y mejoramiento de las estructuras hid... https://bibliotecadigital.oducal.com/Record/ir-20.500.13032-34825/Similar	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (26 palabras)
2	Documento de otro usuario #429a2c Viene de de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (13 palabras)
3	repositorio.uladech.edu.pe https://repositorio.uladech.edu.pe/bitstream/20.500.13032/35011/1/EVALUACION_SISTEMA...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (10 palabras)
4	hdl.handle.net Cantidad y Calidad de Agua Superficial para Riego en Épocas de ... https://hdl.handle.net/20.500.12848/4936	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (10 palabras)

Fuente ignorada Estas fuentes han sido retiradas del cálculo del porcentaje de similitud por el propietario del documento.

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	Tesis - Getial Nicole antiplagio.docx Tesis - Getial Nicole antiplagio #aa1a24 Viene de de mi biblioteca	100%		Palabras idénticas: 100% (11.929 palabras)