

**UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**TESIS PARA OBTENER
EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

**EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL SIFÓN
INVERTIDO PARA EXTRACCIÓN DE AGUA BAJO
DIFERENTES TOPOGRAFÍAS EN LA LOCALIDAD DE
CHACHAPOYAS**

Autor: Bach. José Antonio Eduar Medina Rimarachín

Asesor: Ing. Emanuel Tafur Revilla

Registro:(.....)

CHACHAPOYAS – PERÚ

2024

DEDICATORIA

Primeramente, a Dios por haberme guiado y permitido llegar hasta este punto de mi vida, el que me acompaña y siempre me levanta de mis continuos tropiezos y de haberme dado la fuerza y voluntad necesaria para enfrentar los obstáculos que se han presentado a lo largo de mi vida.

Segundo; a mi madre quien es una de las grandes y mejores personas que admiro, respeto y quiero mucho que siempre ha estado allí en los buenos y malos momentos, por su incondicional apoyo e infinito amor.

AGRADECIMIENTO

Me gustaría mostrar mi más sincero agradecimiento a los docentes de la facultad de Ingeniería Civil y Ambiental de la UNTRM, por su entrega, esfuerzo y compromiso que han contribuido de manera extraordinaria en nuestra formación profesional

Realmente agradezco al asesor y miembros del jurado calificador por su tiempo en la revisión de esta tesis para poder culminarlo.

**AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE
MENDOZA DE AMAZONAS**

Dr. Jorge Luis Maicelo Quintana

RECTOR

Dr. Oscar Andrés Gamarra Torres

VICERRECTOR ACADÉMICO

Dra. María Nelly Luján Espinoza

VICERRECTORA DE INVESTIGACIÓN

Ph.D. Ricardo Edmundo Campos Ramos

DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

VISTO BUENO DEL ASESOR DE LA TESIS



UNTRM

REGLAMENTO GENERAL
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE
BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

ANEXO 3-L

VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

El que suscribe el presente, docente de la UNTRM (x)/Profesional externo (), hace constar que ha asesorado la realización de la Tesis titulada EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL SIFÓN INVERTIDO PARA EXTRACCIÓN DE AGUA BAJA DIFERENTES TOPOGRAFÍAS EN LA LOCALIDAD DE CHACHAPOYAS. del egresado, JOSE ANTONIO EDUAR MEDINA RIMARACHIN de la Facultad de INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL. Escuela Profesional de INGENIERÍA CIVIL de esta Casa Superior de Estudios.



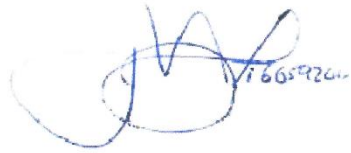
El suscrito da el Visto Bueno a la Tesis mencionada, dándole pase para que sea sometida a la revisión por el Jurado Evaluador, comprometiéndose a supervisar el levantamiento de observaciones que formulen en Acta en conjunto, y estar presente en la sustentación.

Chachapoyas, 10 de JULIO de 2024

Emanuel Tafur Revilla
Firma y nombre completo del Asesor

Ing. Emanuel Tafur Revilla

JURADO EVALUADOR DE LA TESIS

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Hugo Alex Bazán Durand', with a date '16/05/2020' written to the right.

Dr. Hugo Alex Bazán Durand
PRESIDENTE

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Wildor Gosgot Angeles', written in a cursive style.

Mg. Wildor Gosgot Angeles
SECRETARIO

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Antony Atilio Visalot Camus', written in a cursive style.

Ing. Antony Atilio Visalot Camus
VOCAL

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS



ANEXO 3-Q

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

Los suscritos, miembros del Jurado Evaluador de la Tesis titulada:

EVALUACION DEL FUNCIONAMIENTO DEL SIEM INVERTIDO PARA LA EXTRACCION DE AGUA
BAJO DIFERENTES TOPOGRAFIAS EN LA LOCALIDAD DE CHACHAPOYAS

presentada por el estudiante ()/egresado (X) MEDINA RIMARACHIN, JOSÉ ANTONIO EDUAR

de la Escuela Profesional de INGENIERIA CIVIL

con correo electrónico institucional 7008567851@UNTRM.EDU.PE

después de revisar con el software Turnitin el contenido de la citada Tesis, acordamos:

- a) La citada Tesis tiene 24 % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es menor (X) / igual () al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM.
- b) La citada Tesis tiene _____ % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es mayor al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM, por lo que el aspirante debe revisar su Tesis para corregir la redacción de acuerdo al Informe Turnitin que se adjunta a la presente. Debe presentar al Presidente del Jurado Evaluador su Tesis corregida para nueva revisión con el software Turnitin.



Chachapoyas, 16 de JULIO del 2024


SECRETARIO


VOCAL


PRESIDENTE

OBSERVACIONES:

.....
.....

REPORTE TURNITIN


Evaluación del funcionamiento del sifón invertido para extracción de agua bajo diferentes topografías en la localidad de Chachapoyas

INFORME DE ORIGINALIDAD

24% INDICE DE SIMILITUD	22% FUENTES DE INTERNET	11% PUBLICACIONES	14% TRABAJOS DEL ESTUDIANTE
-----------------------------------	-----------------------------------	-----------------------------	---------------------------------------

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	7%
2	repositorio.untrm.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	repositorio.unac.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	handwiki.org Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas Trabajo del estudiante	1%
6	Liang Zhang, Hongwen Jing, Yaoyao Meng, Hanxiang Liu. "Experimental Study on the Damage Characteristics and Fracture Behaviour of Rock-like Materials with Weak Interlayer Zones", KSCE Journal of Civil Engineering, 2022 Publicación	1%


Dr. Hugo Alex Bazán
Durand

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS



UNTRM

REGLAMENTO GENERAL
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE
BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

ANEXO 3-5

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

En la ciudad de Chachapoyas, el día 09 de AGOSTO del año 2024, siendo las 5:00 Pm horas, el aspirante: JOSÉ ANTONIO EDUAR MENDOZA RIMBACCIÓN, asesorado por ING. EMANUEL TAEVA REVILLA defiende en sesión pública presencial () / a distancia () la Tesis titulada: EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA INVERTIDO PARA EXTRACCIÓN DE AGUA BAJO DIFERENTES TOPOGRAFÍAS EN LA LOCALIDAD DE OYSHAYAN para obtener el Título Profesional de INGENIERO CIVIL, a ser otorgado por la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas; ante el Jurado Evaluador, constituido por:

Presidente: DR. WILDO ALEX BAZÁN DURAND

Secretario: MA. WILDOE ROSSET ANGELIS

Vocat: ING. ANTONY ANÍBAL USALOT CAMUS

Procedió el aspirante a hacer la exposición de la Introducción, Material y métodos, Resultados, Discusión y Conclusiones, haciendo especial mención de sus aportaciones originales. Terminada la defensa de la Tesis presentada, los miembros del Jurado Evaluador pasaron a exponer su opinión sobre la misma, formulando cuantas cuestiones y objeciones consideraron oportunas, las cuales fueron contestadas por el aspirante.

Tras la intervención de los miembros del Jurado Evaluador y las oportunas respuestas del aspirante, el Presidente abre un turno de intervenciones para los presentes en el acto de sustentación, para que formulen las cuestiones u objeciones que consideren pertinentes.

Seguidamente, a puerta cerrada, el Jurado Evaluador determinó la calificación global concedida a la sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional, en términos de:

Aprobado () por Unanimidad () / Mayoría () Desaprobado ()

Otorgada la calificación, el Secretario del Jurado Evaluador lee la presente Acta en esta misma sesión pública. A continuación se levanta la sesión,

Siendo las 6:30 Pm horas del mismo día y fecha, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional.


SECRETARIO


VOCAT


PRESIDENTE

OBSERVACIONES:

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS	iv
VISTO BUENO DEL ASESOR DE LA TESIS	v
JURADO EVALUADOR DE LA TESIS	vi
CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS	vii
REPORTE TURNITIN	viii
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS	ix
ÍNDICE GENERAL	x
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
I. INTRODUCCIÓN	16
II. MATERIAL Y MÉTODOS	23
2.1 Metodología	23
2.2 Ubicación geográfica	23
2.3 Unidad de estudio	25
2.4 Variable de estudio	25
2.5 Diseño y construcción del sistema de sifón invertido	25
2.6 Cálculo de alturas del sifón y altura de salida del sifón	26
2.7 Funcionamiento y caudal máximo extraído del sifón invertido	28
III. RESULTADOS	32
3.1 Extracción de agua con el sistema de sifón invertido	32
3.1.1 Caudal extraído por el sifón invertido	32
3.1.1.1 Caudal extraído con altura del sifón de 1 metro	32
3.1.1.2 Caudal extraído con altura del sifón de 2 metros	36
3.1.1.3 Caudal extraído con altura de sifón de 4 metros	39
3.1.2 Funcionamiento del sifón	44

IV. DISCUSIÓN	47
V. CONCLUSIONES	50
VI. RECOMENDACIONES	51
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	52
VIII. ANEXOS.....	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas geográficas del espejo de agua.....	27
Tabla 2. Coordenadas geográficas de la altura del sifón	27
Tabla 3. Coordenadas geográficas de la altura de salida del sifón	27
Tabla 4. Caudal promedio extraído a diferentes alturas de salida del sifón con un 1 metro de altura del sifón.....	32
Tabla 5. Diez pruebas de caudal extraído por cada altura de salida del sifón con un 1m de altura de sifón.....	33
Tabla 6. Datos para la prueba de Shapiro – Wilk, para una altura del sifón de 1 metro	34
Tabla 7. Datos para la correlación de Spearman de 1 metro de altura de salida del sifón y caudal extraído	35
Tabla 8. Caudal promedio extraído a diferentes alturas de salida del sifón con 2 metros de altura del sifón	36
Tabla 9. Diez pruebas de caudal extraído por cada altura de salida del sifón con un 2m de altura de sifón.....	36
Tabla 10. Datos para la prueba de Shapiro – Wilk, para una altura del sifón de 2 metros ..	38
Tabla 11. Datos para la correlación de Spearman de 2 metros de altura de salida del sifón y caudal extraído	39
Tabla 12. Caudal promedio extraído a diferentes alturas de salida del sifón con 4 metros de altura del sifón	40
Tabla 13. Diez pruebas de caudal extraído por cada altura de salida del sifón con un 4m de altura de sifón.....	40
Tabla 14. Datos para la prueba de Shapiro – Wilk, para una altura del sifón de 4 metros ..	42
Tabla 15. Datos para la correlación de Spearman de 4 metros de altura de salida del sifón y caudal extraído	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del proyecto de investigación	24
Figura 2. Sifón invertido de 1/2"	26
Figura 3. Estación total de la marca SOUTH N40	26
Figura 4. Brazo ascendente del sifón	28
Figura 5. Brazo descendente del sifón	29
Figura 6. Conexión de ambos brazos del sifón	29
Figura 7. Válvula ubicada al final del brazo descendente del sifón	30
Figura 8. Medición del caudal extraído por cada altura de salida	31
Figura 9. Caudal extraído promedio a un 1 metro de altura del sifón y en relación a la altura de salida del sifón	33
Figura 10. Caudal extraído promedio a 2 metros de altura del sifón y en relación a la altura de salida del sifón	37
Figura 11. Caudal extraído promedio a 4 metros de altura del sifón y en relación a la altura de salida del sifón	41
Figura 12. Funcionamiento a 1 metro de altura de sifón con cada una de las alturas de salida	44
Figura 13. Funcionamiento a 2 metros de altura de sifón con cada una de las alturas de salida	45
Figura 14. Funcionamiento a 4 metros de altura de sifón con cada una de las alturas de salida	45
Figura 15. Funcionamiento a 6, 8, 10, 11 y 15 metros de altura de sifón con cada una de las alturas de salida	46

RESUMEN

Trasvasar agua desde una fuente de aguas arriba, hasta una zona situada por debajo de esta fuente pasando por un punto más alto entre ambos extremos, se utilizan bombas que funcionan con energía no renovable, lo que perjudica al medio ambiente. La presente investigación pretende evaluar el funcionamiento del sifón invertido y caudal máximo extraído de agua bajo diferentes topografías en Chachapoyas. se realizó la experimentación del sifón con alturas de sifón que van desde 1, 2, 4, 6, 8, 10, 11 y 15 metros, cada una de estas con alturas de salida de 0.5, 1, 5, 10 y 15 metros. Los resultados revelaron que el sifón funcionó hasta una altura de sifón de 4 metros, el caudal máximo extraído fue en la altura de salida de 15 metros, para 1 metro de 0.31 L/seg., 2 metros de 0.29 L/seg y 4 metros de 0.27 L/seg. Se concluye que mientras más altura de salida mayor es el caudal y que el funcionamiento del sifón depende de la altura de salida independientemente de la presión atmosférica.

Palabras clave: sifón invertido, funcionamiento, caudal máximo, altura.

ABSTRACT

To transfer water from an upstream source to an area below this source, passing through a higher point between both ends, pumps are used that operate with non-renewable energy, which is harmful to the environment. The present investigation aims to evaluate the operation of the inverted siphon and maximum water flow extracted under different topographies in Chachapoyas. The siphon was tested with siphon heights ranging from 1, 2, 4, 6, 8, 8, 10, 11 and 15 meters, each with outlet heights of 0.5, 1, 5, 10 and 15 meters. The results revealed that the siphon worked up to a siphon height of 4 meters, the maximum flow extracted was at the outlet height of 15 meters, for 1 meter 0.31 L/seg., 2 meters 0.29 L/seg. and 4 meters 0.27 L/seg. It is concluded that the higher the outlet height, the higher the flow rate and that the operation of the siphon depends on the outlet height independently of the atmospheric pressure.

Key words: inverted siphon, operation, maximum flow rate, head.

I. INTRODUCCIÓN

El uso del sifón no es de ahora, si no que tiene años que se viene utilizando e investigando, es así que dentro de los escritos del Codex Atalticus, Leonardo plantea esta tecnología para llevar agua de un canal de una orilla a otra (Camerota, 2021), también antes de la década de 1950 cuando no se tenía conocimiento de las bombas sumergibles, hay registros en el continente europeo que se utilizaban en la captación de agua subterráneas (Bartak & Grischek, 2018).

Hoy en día la tecnología del sifón está siendo utilizada en un sin número de soluciones útiles como es el caso drenaje de suelos (Chen, Xu, Sun, & Yu, 2016) y (Sun, y otros, 2018), también se ha propuesto como solución en intercambiar mareas entre el océano y un estuario (De Gennaro & Wright, 2007), así como en el intercambio de presión con el aire en la explotación de la energía hidroeléctrica de baja altura (French & Widden, 2001), en plantas naturales de tratamiento de aguas residuales (Chaloupka & Dunajský, 2022) y entre otros estudios.

Un sifón en forma general se podría decir que es un conducto en forma de “U” invertida, que tiene un extremo inicial que está en contacto con el líquido a desaguar, un extremo final que necesariamente tiene que estar más bajo que la altura del nivel de superficie del líquido a desaguar, además existe un punto entre ambos que tiene una altura más alta de todo el conducto, el líquido empieza ascender por una diferencia de presión hidrostática es decir aparece una diferencia entre la presión del medio ambiente en el inicio del sifón y presión manométrica que se sitúa en la zona más alta del sistema, el proceso de succión del líquido será interrumpido si el nivel del líquido de la entrada cae por debajo del extremo inicial, permitiendo así el ingreso del aire al conducto, hay veces que se coloca en el extremo final un depósito con líquido y se sumerge esta parte del sifón, esto se realiza para no dejar entrar aire, lo cual podría generar un problema, que el nivel del líquido de la entrada y salida se igualen y el flujo se paralice (Verma, Bian, Rojali, Ozecik, & Leon, 2020), (Leon & Verma, 2019), (Temporelli & De Novellis, 2010) y (Zanje, Bian, Verma, Yin, & Leon, 2022).

Las ventajas que ofrece el sifón es el seguro y eficiente transporte de agua, son simples de costo bajo, su mantenimiento es menor en comparación al de un sistema de bombeo y lo mejor es que ahorra energía en su funcionamiento porque no necesita un recurso externo renovable o no renovable, sino que es gracias a sus características internas y al ambiente exterior que lo rodea, convirtiéndose así en un método complaciente para el medio ambiente (Zhang, Xie, & Zhang, 2018) y (Zanje, Bian, Verma, Yin, & Leon, 2022).

Durante mucho tiempo se viene investigando sobre variables que están directamente relacionadas con el funcionamiento del sifón, a inicios del siglo XX se tenía conocimiento que la fuerza que accionaba la circulación del líquido a través del sifón era proporcional a la altura de salida, además se afirmaba que el sifón depende de la presión atmosférica, así también la altura máxima de funcionamiento es igual a la altura barométrica (Minor, 1914).

Aparecieron investigaciones como el caso de (Planinšič & Sliško, 2010), que a través de experimentos pedagógicos donde ensayó un sifón con secciones cambiantes en su longitud, cuyos experimentos se basaron la crítica de Hero donde explica que al colocar el lado de la tubería de ascenso más ancha de lo normal de tal manera que contenga más peso del líquido que el lado de la tubería de descenso, no presentaría el efecto de que la tubería de descenso por contener mayor cantidad de líquido va jalar el peso de la tubería de ascenso, este esfuerzo mental que hizo son validados a través de los experimentos mencionados.

Así han seguido apareciendo afirmaciones en el curso de conocer el funcionamiento del sifón, como es el caso que se dice que a pesar que la altura máxima del sifón es aproximadamente 10.3 metros a nivel de mar, en la construcción del sifón en campo esta se limita menos de 6 metros, porque aparecen perdidas de carga y que el agua se evaporará antes que la presión del sistema descienda a presión de vacío (Qin, y otros, 2019), también se señala que sifones contruidos con pequeños diámetros y alturas de alimentación bajas pueden funcionar sin ningún problema, pero sifones contruidos con grandes diámetros o instalados con una gran altura se tiene que gestionar el aire de manera eficaz y novedoso (Fang, Yuan, Zhang, Weng, & Liu, 2018).

Pero han pasado los años que, para la interpretación del funcionamiento del sifón, han surgido tres teorías, una es la teoría de la hidrostática y creen que la presión atmosférica es fundamental, pero hay quienes mencionan que la cohesión de los líquidos es el principal factor y hay otros que exponen que ambas teorías son importantes (Potter & Barnes, 1971) y (Hughes & Gurung, 2014). Las investigaciones de (Hughes S. W., 2011) y (Richert & Binder, 2011) afirman que la presión atmosférica y la gravedad interpretada como una polea donde la parte que tiene mayor peso tira al que tiene menor peso son los parámetros importantes del funcionamiento del sifón y no las fuerzas intermoleculares o cohesión de líquidos, sin embargo (Planinšič & Sliško, 2010) afirma que la cohesión es el factor importante del funcionamiento del sifón.

Pero lo que ha tomado gran importancia en el estudio de funcionamiento del sifón es la altitud en el cual se realiza la experimentación, en la mayor parte de investigaciones mencionan que la altura máxima de funcionamiento a nivel del mar es aproximadamente 10 metros, en la investigación de (Hughes & Gurung, 2014) a través de una cámara hipobárica simulan diferentes altitudes y se admite que a mayor altitud los 10 metros de altura máxima disminuye.

Para Potter & Barnes (1971), en su artículo “El sifón”, se traza como objetivo la explicación del funcionamiento del sifón, para lo cual repasa las teorías de la hidrostática de líquidos y la dinámica de un líquido ideal no viscoso, luego hace un cambio en la dinámica de un líquido ideal para considerar el efecto de la viscosidad que está presente en los líquidos, realiza pruebas experimentales, para así analizar factores profundos sobre el funcionamiento del sifón y plantear una posible teoría. Concluyendo como resultando que en la práctica es decir cuando se usa el sifón expuesto al ambiente, el líquido que hay en su interior pueden tener aire disuelto, impurezas y pequeñas burbujas, lo cual se hace útil suponer que la presión en el punto más alto del sifón sea igual a la presión atmosférica, por lo que la altura máxima al que funciona el sifón estará restringido por esta afirmación, además concluye que el funcionamiento del sifón no depende de la presión atmosférica sino de la cohesión que hay en las moléculas del líquido.

A similitud Hughes S. W. (2010) a través de “Un ejemplo práctico de un sifón en funcionamiento”, que busca comprobar que el funcionamiento del sifón no depende de la presión atmosférica, para eso realiza experimentos en un salón de clase, de los cuales en uno de sus experimentos demostró que el caudal que sale del sifón depende de la altura de salida del sifón y no de la presión atmosférica, y concluye que la presión atmosférica no es la fuerza motriz de un sifón.

Esta afirmación lo vuelve recalcar Hughes S. W. (2011) en su artículo “El secreto del sifón”, donde su objetivo principal es describir mediante un experimento cómo funciona un sifón y a la vez esta afirmación sirva como una de las bases para discutir su funcionamiento, lo que realizó es la construcción de un sifón donde el nivel del agua del envase de alimentación del sifón se mantiene constante durante todo su funcionamiento, observándose que por un mecanismo natural el caudal que entra al envase de alimentación es el mismo que sale del sifón, manteniendo así un nivel constante, si se aumenta el caudal y el nivel de envase de alimentación aumenta ligeramente, esto hace que aumente la altura del sifón y consecuentemente aumente el caudal de salida del sifón, y nuevamente da lugar a un nivel constante, la conclusión a la que llega es que los sifones comunes a presión atmosférica funcionan debido a la gravedad y no tiene que ver la presión atmosférica.

Por otra parte Ramette & Ramette (2011) en su producto “Conceptos sifónicos examinados: un sifón de gas carbónico y sifones en vacío”, donde pretende averiguar cuáles son los principios de la acción de los sifones, donde se hicieron dos sifones, uno de dióxido de carbono gaseoso y otro sometido a presión reducida, de donde se deduce que el fluido presente en el sifón su densidad debe ser superior a la del ambiente, para que funcione el sifón debe existir la gravedad y que la presión atmosférica debe ser lo suficientemente alta para neutralizar la gravedad en la parte ascendente del sifón, la conclusión a la que llega es que los sifones comunes a presión atmosférica funcionan debido a la gravedad y no tiene que ver la presión atmosférica.

También Leon & Alnahit (2016) realizó “Un sistema de sifón teledirigido para la gestión dinámica del almacenamiento de agua”, cuyo objetivo es un estudio experimental, numérico (3D) y analítico del inicio de flujos de sifón que se regularan con una válvula aguas abajo para manipulaciones rápidas y lentas de la válvula, para lo cual se investigaron tres profundidades iniciales de agua en el tanque aguas arriba, cuatro posiciones finales que eran diferentes a la apertura de la válvula y se contó con tres tiempos de apertura de la válvula, se buscó que la parte superior del sifón la presión absoluta se mantenga por debajo de la presión atmosférica (10.3 metros de altura de agua), y así la presión manométrica en este punto sea negativa y no se paralice el flujo del sifón, en consecuencia del estudio se observó que el inicio del flujo es independiente al tiempo de apertura de la válvula y que el sifón es un método eficaz para gestionar dinámicamente humedales de control de inundaciones y el almacenamiento de estanques.

Igualmente, Sun y otros (2018) en su “Estudio de un caso de deslizamiento de tierras inducido por precipitaciones en el que interviene una capa intermedia débil y su tratamiento mediante el método de drenaje por sifón”, lo que pretende es analizar la causa de deformación y las características hidráulicas de este deslizamiento apoyándose en la monitorización del desplazamiento del talud, las precipitaciones y la carga hidráulica, para eso se hizo simulaciones numéricas para entender la estabilidad del talud antes y después de las precipitaciones, además se empleó una técnica de drenaje mediante sifón para bajar el nivel freático y controlar la estabilidad del talud, donde encontraron un limitante cuando las perforaciones se hicieren a más de 10 metros que por razones propias puede originar en la parte superior del sifón un cumulo de aire que no permitirá el flujo continuo del líquido, por lo que optaron por una menor altura, concluyendo que el método de drenaje por sifón es eficaz de bajo costo y construcción rápida y es aplicable solo para deslizamientos que aparecen a causa de la subida de agua subterránea.

En cambio Bartak & Grischek, 2018 en su escrito “Captación de aguas subterráneas mediante pozos sifón: diseño hidráulico y ahorro de energía”, se propuso a investigar el ahorro energético de pozos sifónicos frente a un equipo alternativo con bombas sumergibles, para el desarrollo estimó primero el ahorro teórico para un ejemplo donde el diseño es ficticio y que solo se considera los niveles de agua y las tasas de extracción calculados y luego paso a realizar un estudio de ahorro real en dos instalaciones de filtración de ribera que funcionan con bombas sumergibles y sifón, del análisis se tuvo conocimiento que el ahorro energético real es desde 36% hasta 69%, esto es confirmado por los cálculos teóricos, también concluye que el sifón no es posible construir en todos los emplazamientos, y su funcionamiento tiende ser limitado porque la altura del sifón no debe superar los 8 metros y en cambio el uso de las bombas sumergibles es más flexible.

Otro caso inédito estudia Boatwright y otros (2015) en su apartado “El límite de altura de un sifón”, trata de ver a través de un experimento la altura máxima del sifón, para lo cual realizó una desgasificación del agua antes del experimento, el resultado es que el sifón funciona a una altura de 15 metros al nivel del mar y concluye que los sifones funcionan teniendo en cuenta la gravedad y la cohesión molecular. Otra variable de estudio es dado por Hughes & Gurung (2014), en su estudio “Exploración del límite entre un sifón y un barómetro en una cámara hipobárica”, pretende aclarar el modo de obrar de un sifón, para eso instaló un sifón a una altura de 1.5 metros dentro de una cámara hipobárica con la finalidad de tener bajas presiones y poder explorar su comportamiento, obteniendo como resultado que el caudal del líquido transportado por el sifón se mantiene más o menos constante y que no depende de la presión atmosférica, hasta que esta sea baja y provoque cavitación, se observa que a medida que la altitud es mayor llega un punto que el sifón tiene una máxima altura de 1.5 metros, es así que la altitud es una condicionante de la altura máxima del sifón, concluye que la presión atmosférica explica el principio hidrostático y la cohesión molecular el principio dinámico del sifón.

Y finalmente hablaremos del cauda de extracción Santillan Gomez (2023) realizó la “Evaluación de la eficiencia de un sifón invertido con bomba de ariete hidráulico para la conducción de agua”, se propuso como objetivo general la evaluación de la eficiencia del sifón invertido para extraer agua de un pozo, y la bomba de ariete hidráulico como un

mecanismo para elevar agua sin el uso de energía convencional, el sistema se concibió con materiales comunes para que sea fácil su réplica, los ensayos para el sifón se ubicaron a desniveles de altura de salida de 1, 2, 3 y 4 metros y para el sifón los desniveles de funcionamiento son 3, 5 y 10 metros, el resultado del caudal extraído por el sifón fue entre 15,95 litros/minutos hasta 59.06 litros/minutos, siendo el máximo para el mayor desnivel de 10 metros, concluyendo que el sistema es idóneo para transportar agua de fuentes lentas y en diferentes formas de topografía.

II. MATERIAL Y MÉTODOS

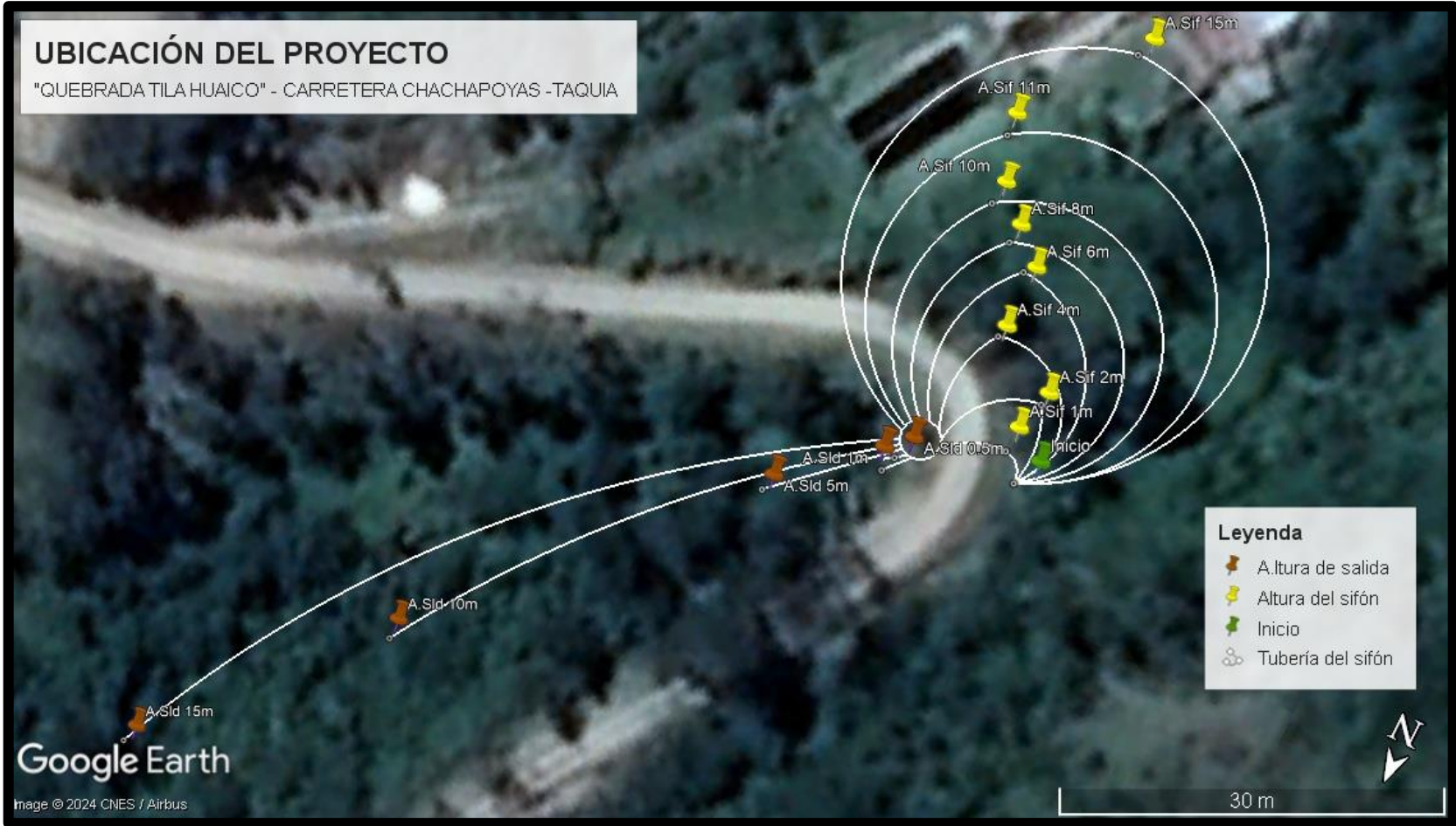
2.1 Metodología

El tema de investigación es de un enfoque cuantitativo, porque se va tratar de validar la altura máxima de funcionamiento del sifón y determinar el caudal máximo de extracción por cada configuración de altura del sifón y altura de salida, a través de una sucesión ordenada de procesos; el alcance es descriptivo porque la altura máxima y el caudal máximo de extracción existe base teórica con lo cual será sometido a un análisis; y un estudio de caso con varias mediciones, ósea diversificación de medidas tanto de la altura del sifón y altura de salida del sifón, así como varias repeticiones para consecuentemente determinar el caudal máximo y altura máxima del sifón (Hernández-Sampieri & Mendoza Torres, 2018).

2.2 Ubicación geográfica

El área de investigación geográficamente está ubicada en la quebrada “Tila Huaico”, en la carretera Chachapoyas – Taquia (Figura 1). Se eligió esta fuente de agua porque existe un caudal necesario para la experimentación, las coordenadas aproximadas de su ubicación son al Este: 184969 y Norte: 9307706

Figura 1. Ubicación del proyecto de investigación



Fuente: Elaboración propia con Google Earth.

2.3 Unidad de estudio

La unidad de estudio es el sifón invertido, de carácter dirigida de tipo teórica o conceptual porque se realiza antes de la recolección de datos y trata de entender el concepto o teoría del funcionamiento del sifón (Hernández-Sampieri & Mendoza Torres, 2018).

2.4 Variable de estudio

La investigación tiene las siguientes variables:

VARIABLES DEPENDIENTES: (1) Validar el funcionamiento del sifón y (2) Caudal de máximo de extracción.

VARIABLES INDEPENDIENTES: (1) Altura del sifón y (2) Altura de salida.

2.5 Diseño y construcción del sistema de sifón invertido

Se realizó el diseño y construcción del prototipo de sifón invertido para extraer agua, basándose en la investigación de Santillan Gomez (2023). El sistema se construyó con materiales comunes que suelen ser utilizados en las redes de abastecimientos de agua a comunidades y materiales reciclables como tubos PVC de 1/2 pulgada, válvulas de 1/2 pulgada, accesorios de PVC de 1/2 pulgada y balde de pintura como se aparecía en la Figura 2.

Figura 2. Sifón invertido de 1/2"



Fuente: Elaboración propia

2.6 Cálculo de alturas del sifón y altura de salida del sifón

Se han realizado las mediciones de las alturas para la ubicación adecuada de la altura del sifón y altura de salida, para lo cual se utilizó una estación total de la marca SOUTH N40 (Figura 3), equipo topográfico práctico para este tipo de situaciones, obteniéndose los siguientes resultados como se muestra en la Tabla 1, Tabla 2 y Tabla 3.

Figura 3. Estación total de la marca SOUTH N40



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 1. Coordenadas geográficas del espejo de agua

Inicio del sifón	Este	Norte	Altitud
Espejo de agua	184968.472	9307706.293	2378.353

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2. Coordenadas geográficas de la altura del sifón

Alturas del sifón	Este	Norte	Altitud
1 metro	184970.351	9307703.954	2379.358
2 metros	184969.400	9307698.741	2380.354
4 metros	184975.525	9307694.693	2382.358
6 metros	184976.099	9307688.357	2384.357
8 metros	184978.463	9307686.412	2386.355
10 metros	184981.506	9307683.806	2388.356
11 metros	184983.128	9307677.661	2389.358
15 metros	184975.912	9307666.394	2393.355

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3. Coordenadas geográficas de la altura de salida del sifón

Alturas de salida	Este	Norte	Altitud
0.5 metros	184978.973	9307708.981	2377.852
1 metros	184979.502	9307710.558	2377.350
5 metros	184988.616	9307717.245	2373.348
10 metros	185015.173	9307747.637	2368.351
15 metros	185035.809	9307770.474	2363.353

Fuente: Elaboración propia.

2.7 Funcionamiento y caudal máximo extraído del sifón invertido

Para la experimentación se utilizó las aguas de la quebrada “Tila Huaico”. Para que el sifón funcione, lo primero que se hace es el llenado de agua de los brazos del sifón con el dispositivo de cebado, hasta que no contenga aire en su interior (Figuras 5 y 6), luego se conectan ambos brazos mediante un accesorio de tubería PVC (Figura 7) e inmediatamente se abre la válvula de control ubicado al final del brazo descendente del sifón (Figura 8). Después, se verifica el funcionamiento del sifón con alturas del sifón que van desde 1, 2, 4, 6, 8, 10, 11 y 15 metros, con cada una las siguientes alturas de salida de 0.5, 1, 5, 10 y 15 metros, en las condiciones favorables de funcionamiento del sifón se realizó las mediciones de caudal y así obtener el máximo, para lo cual, se utilizó un cronómetro y un recipiente graduado, además aclarar que por cada condición favorable de funcionamiento se realizó 10 repeticiones para mejor sustento estadístico.

Figura 4. Brazo ascendente del sifón



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5. Brazo descendente del sifón



Fuente: Elaboración propia.

Figura 6. Conexión de ambos brazos del sifón



Fuente: Elaboración propia.

Figura 7. Válvula ubicada al final del brazo descendente del sifón



Fuente: Elaboración propia.

Figura 8. Medición del caudal extraído por cada altura de salida



Fuente: Elaboración propia.

III. RESULTADOS

3.1 Extracción de agua con el sistema de sifón invertido

3.1.1 Caudal extraído por el sifón invertido

3.1.1.1 Caudal extraído con altura del sifón de 1 metro

La Figura 10 nos muestra que el caudal extraído promedio en relación a la altura de salida del sifón de acuerdo a la Tabla 4 y el Tabla 5. A 0.5 metros de altura de salida se obtuvo un caudal extraído de agua de 0.10 L/seg., a 1 metro un caudal extraído de 0,14 L/seg., a 5 metros un caudal extraído de 0,29 L/seg., a 10 metros un caudal extraído de 0,30 L/seg. y a 15 metros 0,31 L/seg. Asimismo, se determinó la ecuación cúbica el cual modela el comportamiento de los valores de caudal extraído y altura de salida.

Tabla 4. Caudal promedio extraído a diferentes alturas de salida del sifón con un 1 metro de altura del sifón

	Alturas de salida (metros)				
	0.5	1	5	10	15
Caudal Extraído Promedio (L/seg.)	0.10	0.14	0.29	0.30	0.31

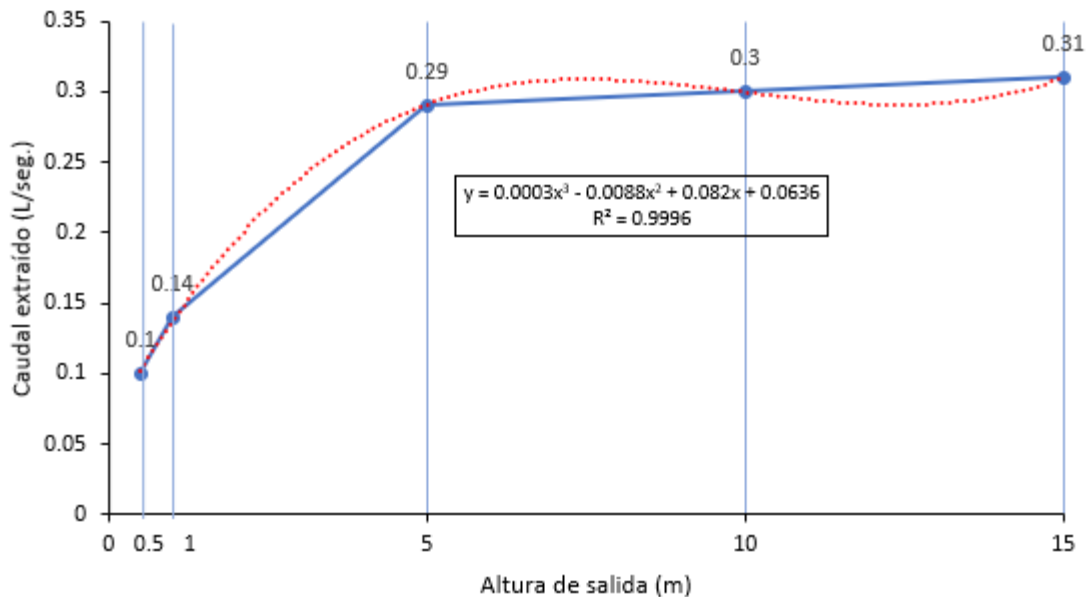
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5. Diez pruebas de caudal extraído por cada altura de salida del sifón con un 1m de altura de sifón

Altura de salida (metros)	Número de pruebas (litros/segundo)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0.5	0.1011	0.1021	0.0994	0.1043	0.0988	0.1008	0.0992	0.1000	0.1011	0.1001
1	0.1460	0.1463	0.1432	0.1442	0.1460	0.1458	0.1471	0.1420	0.1423	0.1424
5	0.2927	0.2928	0.2926	0.2884	0.2957	0.2983	0.2942	0.2912	0.2855	0.2852
10	0.2950	0.3080	0.2987	0.2923	0.3015	0.2983	0.2915	0.2968	0.3049	0.2967
15	0.2974	0.3219	0.3127	0.3199	0.3126	0.3069	0.3147	0.3107	0.3059	0.3141

Fuente: Elaboración propia.

Figura 9. Caudal extraído promedio a un 1 metro de altura del sifón y en relación a la altura de salida del sifón



Fuente: Elaboración propia.

También, se determinó que conforme se incrementa la altura de salida del sifón aumenta el caudal de extracción, esto se realizó mediante el Análisis estadístico de correlación de Spearman de acuerdo al siguiente proceso:

i. Prueba de normalidad para determinar si utilizar estadística paramétrica y no paramétrica:

Plantear las hipótesis

Ho: Los datos tienen una distribución normal

Ha: Los datos no tienen una distribución normal

Nivel de significancia

Confianza: 95%

Significancia (alfa): 5%

Prueba estadística a emplear

Emplearemos la prueba de Shapiro – Wilk

Tabla 6. Datos para la prueba de Shapiro – Wilk, para una altura del sifón de 1 metro

	Estadístico	gl	P
Altura de Salida (Metros)	0.888	50	0.000
Caudal extraído (Litros/Segundo)	0.746	50	0.000

Fuente: Elaboración propia.

Criterio de decisión

Si $p < 0,05$ rechazamos la Ho y acepto la Ha

Si $p \geq 0,05$ aceptamos la Ho y rechazamos la Ha.

Criterios de decisión

Como $p = 0 < 0,05$ entonces rechazamos la Ho y acepto la Ha, es decir los datos no tienen una distribución normal, por lo tanto, aplicaremos estadística no paramétrica.

ii. Aplicamos correlación de Spearman

Planteamos la Hipótesis

Ho: $\rho = 0$ (No existe correlación)

Ha: $\rho \neq 0$ (Si existe correlación)

Nivel de Significancia

Alfa: 0.05

Prueba estadística

Correlación de Spearman

Regla de decisión

Si $p < 0,05$, aceptamos la Ha y rechazamos la Ho

Si $p \geq 0,05$, rechazamos la Ha y aceptamos la Ho

Resultados y Conclusiones

Tabla 7. Datos para la correlación de Spearman de 1 metro de altura de salida del sifón y caudal extraído

	ρ	p	N
Altura de salida – Caudal extraído	0.955	0	50

Fuente: Elaboración propia.

Como $p = 0 < 0,05$, por lo tanto, existe relación significativa entre la altura de salida del sifón y el caudal extraído. Esta relación es directa, es decir, a mayor altura de salida de sifón mayor caudal extraído, además la relación es alta ($\rho = 0.955$).

3.1.1.2 Caudal extraído con altura del sifón de 2 metros

La Figura 11 nos muestra que el caudal extraído promedio en relación a la altura de salida del sifón de acuerdo a la Tabla 8 y Tabla 9. A 0.5 metros de altura de salida se obtuvo un caudal extraído de agua de 0.08 L/seg., a 1 metro un caudal extraído de 0,12 L/seg., a 5 metros un caudal extraído de 0,26 L/seg., a 10 metros un caudal extraído de 0,28 L/seg. y a 15 metros 0,29 L/seg. Asimismo, se determinó la ecuación cúbica el cual modela el comportamiento de los valores de caudal extraído y altura de salida.

Tabla 8. Caudal promedio extraído a diferentes alturas de salida del sifón con 2 metros de altura del sifón

	Alturas de salida (metros)				
	0.5	1	5	10	15
Caudal Extraído Promedio (l/s)	0.08	0.12	0.26	0.28	0.29

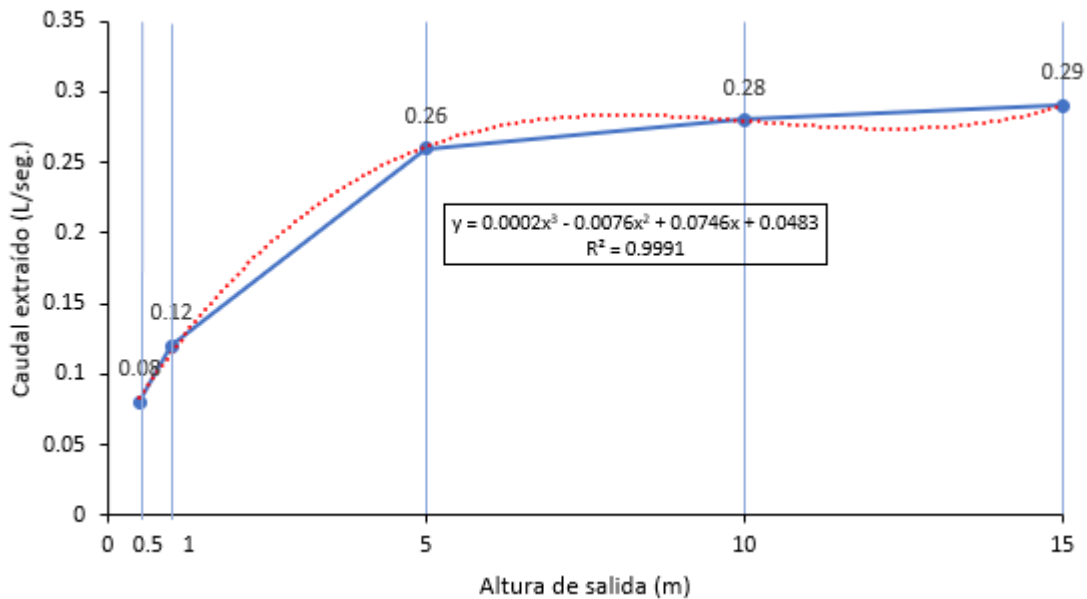
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9. Diez pruebas de caudal extraído por cada altura de salida del sifón con un 2m de altura de sifón

Altura de salida (metros)	Número de pruebas (litros/segundo)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0.5	0.0847	0.0845	0.0842	0.0847	0.0849	0.0848	0.0848	0.0841	0.0841	0.0847
1	0.1157	0.1163	0.1168	0.1178	0.1164	0.1182	0.1196	0.1175	0.1193	0.1192
5	0.2571	0.2534	0.2589	0.2561	0.2623	0.2507	0.2562	0.2513	0.2558	0.2600
10	0.2776	0.2731	0.2757	0.2744	0.2785	0.2814	0.2780	0.2782	0.2796	0.2802
15	0.2929	0.2882	0.2902	0.2923	0.2955	0.2869	0.2988	0.2857	0.2904	0.2830

Fuente: Elaboración propia.

Figura 10. Caudal extraído promedio a 2 metros de altura del sifón y en relación a la altura de salida del sifón



Fuente: Elaboración propia.

También, se determinó que conforme se incrementa la altura de salida del sifón aumenta el caudal de extracción, esto se realizó mediante el Análisis estadístico de correlación de Spearman de acuerdo al siguiente proceso:

i. Prueba de normalidad para determinar si utilizar estadística paramétrica y no paramétrica:

Plantear las hipótesis

Ho: Los datos tienen una distribución normal

Ha: Los datos no tienen una distribución normal

Nivel de significancia

Confianza: 95%

Significancia (alfa): 5%

Prueba estadística a emplear

Emplearemos la prueba de Shapiro – Wilk

Tabla 10. Datos para la prueba de Shapiro – Wilk, para una altura del sifón de 2 metros

	Estadístico	gl	P
Altura de Salida (Metros)	0.888	50	0.000
Caudal extraído (Litros/Segundo)	0.759	50	0.000

Fuente: Elaboración propia.

Criterio de decisión

Si $p < 0,05$ rechazamos la H_0 y acepto la H_a

Si $p \geq 0,05$ aceptamos la H_0 y rechazamos la H_a .

Criterios de decisión

Como $p = 0 < 0,05$ entonces rechazamos la H_0 y acepto la H_a , es decir los datos no tienen una distribución normal, por lo tanto, aplicaremos estadística no paramétrica.

ii. Aplicamos correlación de Spearman

Planteamos la Hipótesis

$H_0: \rho = 0$ (No existe correlación)

$H_a: \rho \neq 0$ (Si existe correlación)

Nivel de Significancia

Alfa: 0.05

Prueba estadística

Correlación de Spearman

Regla de decisión

Si $p < 0,05$, aceptamos la H_a y rechazamos la H_0

Si $p \geq 0,05$, rechazamos la H_a y aceptamos la H_0

Resultados y Conclusiones

Tabla 11. Datos para la correlación de Spearman de 2 metros de altura de salida del sifón y caudal extraído

	ρ	p	N
Altura de salida – Caudal extraído	0.980	0	50

Fuente: Elaboración propia.

Como $p = 0 < 0,05$, por lo tanto, existe relación significativa entre la altura de salida del sifón y el caudal extraído. Esta relación es directa, es decir, a mayor altura de salida de sifón mayor caudal extraído, además la relación es alta ($\rho = 0.980$).

3.1.1.3 Caudal extraído con altura de sifón de 4 metros

La Figura 11 nos muestra que el caudal extraído promedio en relación a la altura de salida del sifón de acuerdo a la Tabla 12 y Tabla 13. A 0.5 metros de altura de salida se obtuvo un caudal extraído de agua de 0.00 L/seg., a 1 metro un caudal extraído de 0,00 L/seg., a 5 metros un caudal extraído de 0,21 L/seg., a 10 metros un caudal extraído de 0,24 L/seg. y a 15 metros 0,27 L/seg. Asimismo, se determinó la ecuación cúbica el cual modela el comportamiento de los valores de caudal extraído y altura de salida.

Tabla 12. Caudal promedio extraído a diferentes alturas de salida del sifón con 4 metros de altura del sifón

	Alturas de salida (metros)				
	0.5	1	5	10	15
Caudal Extraído Promedio (l/s)	0.00	0.00	0.21	0.24	0.27

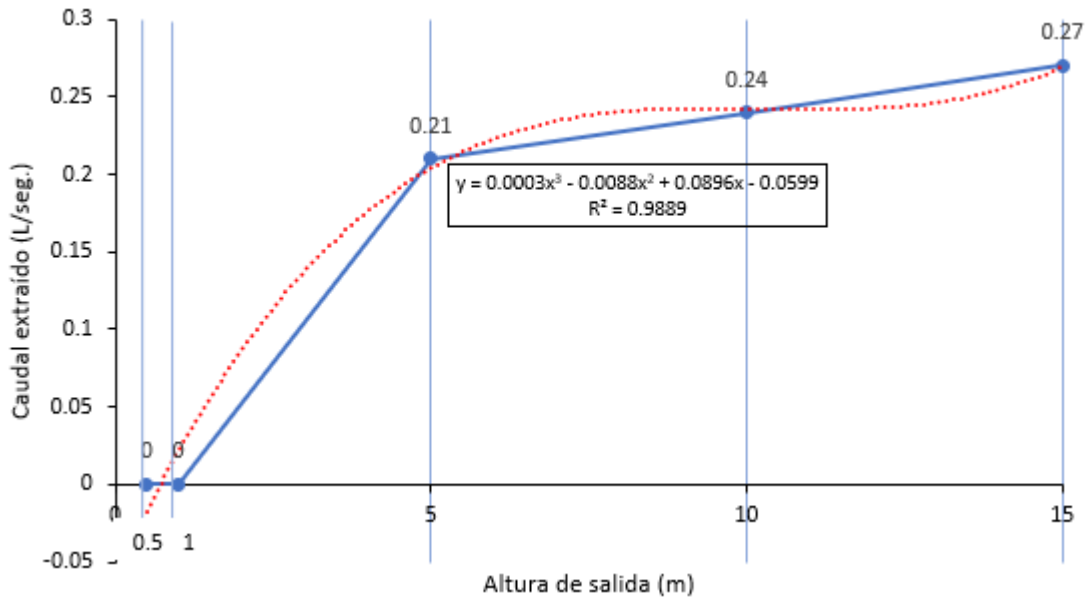
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13. Diez pruebas de caudal extraído por cada altura de salida del sifón con un 4m de altura de sifón

Altura de salida (metros)	Número de pruebas (litros/segundo)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0.5	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
5	0.2148	0.2151	0.2173	0.2157	0.2137	0.2157	0.2156	0.2138	0.2133	0.2147
10	0.2459	0.2444	0.2389	0.2370	0.2405	0.2442	0.2450	0.2413	0.2468	0.2453
15	0.2661	0.2676	0.2647	0.2673	0.2692	0.2675	0.2620	0.2649	0.2663	0.2625

Fuente: Elaboración propia.

Figura 11. Caudal extraído promedio a 4 metros de altura del sifón y en relación a la altura de salida del sifón



Fuente: Elaboración propia.

También, se determinó que conforme se incrementa la altura de salida del sifón aumenta el caudal de extracción, esto se realizó mediante el Análisis estadístico de correlación de Spearman de acuerdo al siguiente proceso:

i. Prueba de normalidad para determinar si utilizar estadística paramétrica y no paramétrica:

Plantear las hipótesis

Ho: Los datos tienen una distribución normal

Ha: Los datos no tienen una distribución normal

Nivel de significancia

Confianza: 95%

Significancia (alfa): 5%

Prueba estadística a emplear

Emplearemos la prueba de Shapiro – Wilk

Tabla 14. Datos para la prueba de Shapiro – Wilk, para una altura del sifón de 4 metros

	Estadístico	gl	P
Altura de Salida (Metros)	0.888	50	0.000
Caudal extraído (Litros/Segundo)	0.711	50	0.000

Fuente: Elaboración propia.

Criterio de decisión

Si $p < 0,05$ rechazamos la H_0 y acepto la H_a

Si $p \geq 0,05$ aceptamos la H_0 y rechazamos la H_a .

Criterios de decisión

Como $p = 0 < 0,05$ entonces rechazamos la H_0 y acepto la H_a , es decir los datos no tienen una distribución normal, por lo tanto, aplicaremos estadística no paramétrica.

ii. Aplicamos correlación de Spearman

Planteamos la Hipótesis

$H_0: \rho = 0$ (No existe correlación)

$H_a: \rho \neq 0$ (Si existe correlación)

Nivel de Significancia

Alfa: 0.05

Prueba estadística

Correlación de Spearman

Regla de decisión

Si $p < 0,05$, aceptamos la H_a y rechazamos la H_0

Si $p \geq 0,05$, rechazamos la H_a y aceptamos la H_0

Resultados y Conclusiones

Tabla 15. Datos para la correlación de Spearman de 4 metros de altura de salida del sifón y caudal extraído

	ρ	p	N
Altura de salida – Caudal extraído	0.962	0	50

Fuente: Elaboración propia.

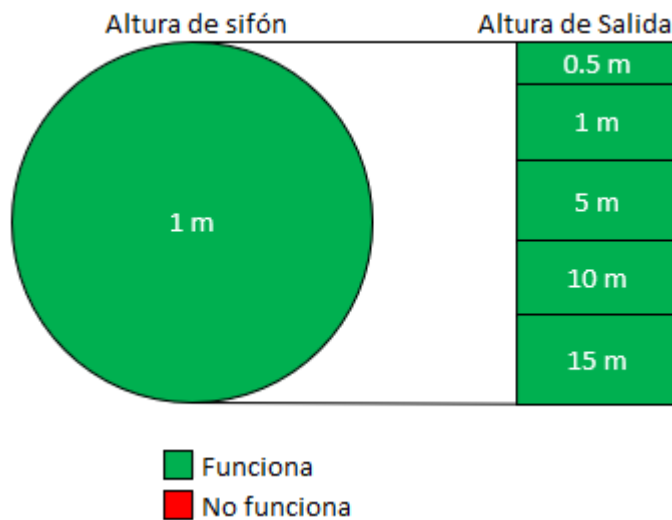
Como $p = 0 < 0,05$, por lo tanto, existe relación significativa entre la altura de salida del sifón y el caudal extraído. Esta relación es directa, es decir, a mayor altura de salida de sifón mayor caudal extraído, además la relación es alta ($\rho = 0.980$).

Hay que considerar que la pruebas se realizaron con alturas de sifón que van desde 1 metro hasta 15 metros y cada una de ellos con alturas de salida de 0.5, 1, 5, 10 y 15 metros, ya no presentamos resultados de 6, 8, 10, 11 y 15 metros de altura de sifón porque el sifón dejó de funcionar a esas alturas, por lo cual no hay caudal extraído.

3.1.2 Funcionamiento del sifón

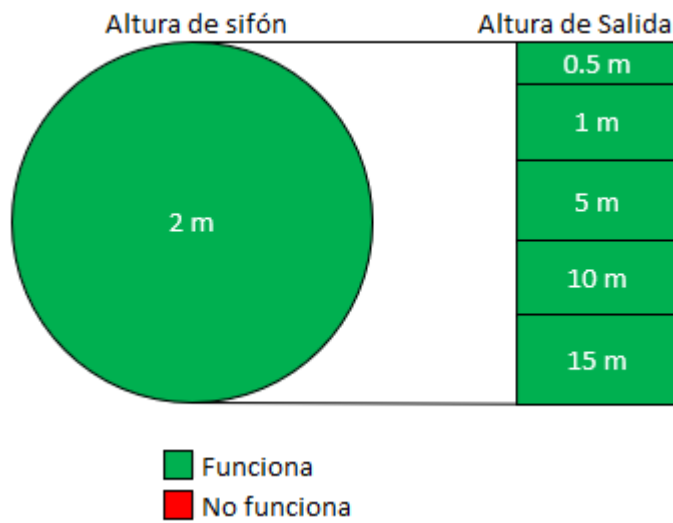
Se determinó el funcionamiento del sifón con las ocho alturas del sifón (1, 2, 4, 6, 8, 10, 11 y 15 metros), cada uno de ellos con cinco alturas de salida del sifón (0.5, 1, 5, 10 y 15 metros). Obteniéndose como resultado que el sifón funciono hasta 4 metros de altura de sifón (Figura 15), además hay que notar que con alturas de sifón de 1 y 2 metros funcionó con todas las alturas de salida (Figura 13 y figura 14 respectivamente) y con una altura de 4 metros funcionó solo con alturas de salida de 5, 10, 15 metros.

Figura 12. Funcionamiento a 1 metro de altura de sifón con cada una de las alturas de salida



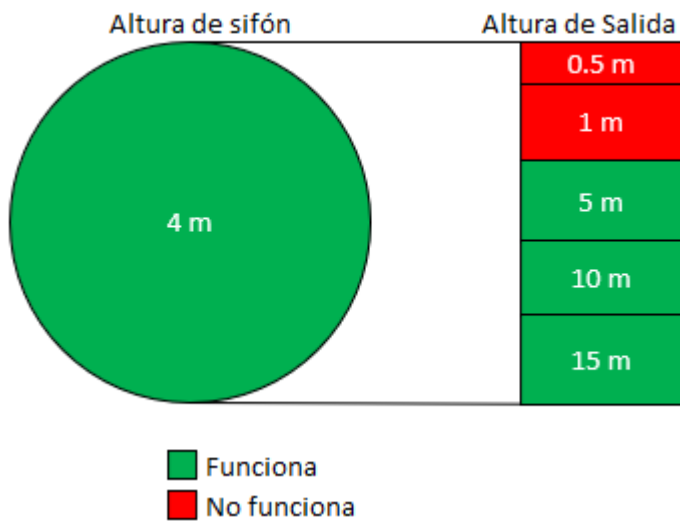
Fuente: Elaboración propia.

Figura 13. Funcionamiento a 2 metros de altura de sifón con cada una de las alturas de salida



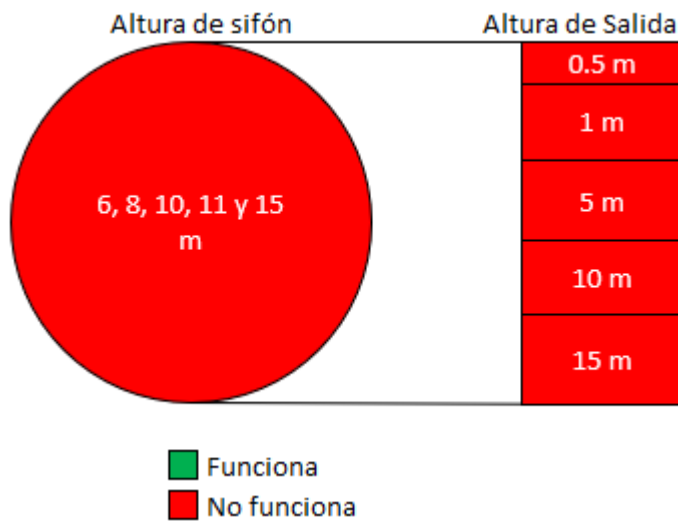
Fuente: Elaboración propia.

Figura 14. Funcionamiento a 4 metros de altura de sifón con cada una de las alturas de salida



Fuente: Elaboración propia.

Figura 15. Funcionamiento a 6, 8, 10, 11 y 15 metros de altura de sifón con cada una de las alturas de salida



Fuente: Elaboración propia.

IV. DISCUSIÓN

La mayor parte de las investigaciones colocadas en este documento como es el caso de (Planinšič & Sliško, 2010), (Potter & Barnes, 1971), (Hughes S. W., 2010), (Hughes S. W., 2011), (Ramette & Ramette, 2011), (Boatwright, Hughes, & Barry, 2015) y (Hughes & Gurung, 2014), que pretenden conocer el funcionamiento del sifón para ello su experimentación lo han realizado en laboratorios y con tubería de diámetros pequeños que no son utilizados para el sistema de abastecimiento de agua de poblaciones rurales, aunque hay investigaciones tal es caso de (Qin, y otros, 2019), (Leon & Alnahit, 2016), (Chen, Xu, Sun, & Yu, 2016), (De Gennaro & Wright, 2007), (French & Widden, 2001) y (Chaloupka & Dunajský, 2022), que han realizado sus investigaciones en campo o a escala real, pero con una finalidad practica de un fin especifico, pero no hay investigaciones de un formato más general, como es el caso de la presente investigación que sus resultados engloba a un gran número de casos específicos para su aplicación, aunque este orientado a la extracción de agua como sistema de abastecimiento, pero que ha manipulado variables como es altura del sifón y altura de salida del sifón que amplifica el campo de su aplicación, solamente se detalla en el presente documento un caso idéntico porque su aplicación es en campo como es el caso que narra (Santillan Gomez, 2023), aunque no utilizó todas la variables que se estudia en esta investigación.

En el presente documento se menciona que para la puesta en marcha del sifón, primero se llena ambos brazos del sifón con ayuda del componente de cebado, luego se une los dos brazos y finalmente se abre la válvula del extremo descendente del sifón y se comprueba su funcionamiento, pues en un principio la forma de construcción del sifón no fue así, sino como lo especifica (Santillan Gomez, 2023), que el dispositivo de cebado se conecta en primer lugar a ambos brazos del sifón, luego se procede con el llenado de los dos extremos del sifón, se cierran las válvulas del dispositivo de cebado para luego abrir la válvula de extremo descendente del sifón y verificar su funcionamiento, dada las circunstancias de la experimentación y utilizando esta primera manera de construir el sifón no funcionó por eso es que se dejó de lado y se construyó llenado primero los extremos del sifón y luego uniéndolos, aunque se reconoce que el sistema de sifón no tiene que tener ninguna burbuja de aire para su funcionamiento, pero en este caso específico a pesar que al unir generamos

una pequeña burbuja si funcionó normalmente el sifón.

Según (Verma, Bian, Rojali, Ozecik, & Leon, 2020), (Leon & Verma, 2019), (Temporelli & De Novellis, 2010) y (Zanje, Bian, Verma, Yin, & Leon, 2022), un sifón es un sistema que necesariamente el extremo final de la tubería descendente tiene que estar por debajo del extremo inicial de la tubería ascendente, si no se cumple este requisito, por ejemplo si el extremo inicial de la tubería de ascenso cae por debajo del extremo final de la tubería de descenso o se igualan estos dos extremos, el proceso de succión del sifón es interrumpida, en esta investigación los resultados nos indican que a pesar que el extremo final de la tubería de descenso estaba por debajo del extremo inicial de la tubería de descenso el sifón dejó de funcionar, es el caso de 4 metros de altura del sifón con 0.5 y 1 metro de altura de salida y para 6 metros con la altura de salida que va desde 0.5 metros hasta 15 metros, que no se obtuvo resultados.

Según Potter & Barnes (1971), para el funcionamiento del sifón han surgido tres teorías, la primera es la teoría de la hidrostática y creen que la presión atmosférica es fundamental, la segunda es creer que la cohesión de los líquidos es el principal factor y la tercera es ambas teorías son importantes, si embargo Hughes S. W. (2011) en su investigación da notar una cuarta teoría donde concluye que los sifones funcionan debido a la gravedad, es así que han surgido varias investigaciones para probar estas teorías, como es el caso de Qin y otros (2019) mencionan que la altura máxima de funcionamiento del sifón es 10.3 metros a nivel del mar por la presión atmosférica que existe a esa altura y si se verifica en campo esta altura se limita a menos de 6 metros por pérdida de cargas que puede existir, Hughes S. W. (2011) y Richert & Binder (2011) afirman que la presión atmosférica y la gravedad son los parámetros importantes del funcionamiento del sifón y no las fuerzas intermoleculares o cohesión de líquidos, Planinšič & Sliško (2010) afirma que la cohesión es el factor importante del funcionamiento del sifón, Ramette & Ramette (2011) menciona que los sifones comunes funcionan debido a la gravedad y no tiene que ver la presión atmosférica, Boatwright y otros (2015) concluye que los sifones funcionan teniendo en cuenta la gravedad y la cohesión molecular, de todas estas investigaciones se aprecia que siguen en un constante dilema en ver cual es la principal teoría de funcionamiento del sifón, pero para esta investigación en particular si bien es cierto funcionó hasta 4 metros de altura del sifón y con las alturas de

salidas del sifón presentes en esta metodología, como el investigador se acoplo a los rangos de alturas que presento en el proyecto de tesis, sin embargo realizó una prueba extra con una altura de salida mayor a los 15 metros y se logró verificar que el sifón funcionó con una altura de 6 metros, esto llama la atención ya que a 4 metros necesitó una altura de salida mayor a 1 metro para el funcionamiento del sifón e igual pasó par 6 metros, se podría decir que la gravedad es el agente principal de funcionamiento del sifón.

Santillan Gomez (2023) obtine resultados mayores de caudal para alturas mayores de salida del sifón, esto se comprueba en esta investigación que a mayor altura de salida es mayor el caudal de extracción.

V. CONCLUSIONES

- ❖ Se logro construir el sifón con tubería PVC de 1/2", a solo 1, 2, y 4 metros de altura del sifón, para 1 y 2 metros la altura de salida del sifón fue de 0.5, 1, 5, 10 y 15 metros y para 4 metros solamente las alturas de salida del sifón fueron de 5, 10 y 15 metros.
- ❖ El sifón funcionó hasta una altura del sifón máxima de 4 metros, con alturas de salida del sifón de 5, 10 y 15 metros, además el factor principal de funcionamiento es la gravedad ya que a medida que el sifón va teniendo más altura es necesario mayor altura de salida.
- ❖ El caudal máximo está relacionado con la altura de salida del sifón porque a mayor altura es mayor el caudal, es así que para una altura del sifón de 1 metro y una altura máxima de salida de 15 metros el caudal extraído es 0.31 L/seg., para una altura de 2 metros y una altura máxima de salida de 15 metros el caudal extraído es 0.29 L/seg. y para una altura de 4 metros y una altura máxima de salida de 15 metros el caudal extraído es 0.27 L/seg.

VI. RECOMENDACIONES

- ❖ Buscar alternativas de extracción de agua sin la necesidad de que estas funcionen por la acción de un agente energético no renovable.
- ❖ Corroborar mediante otras investigaciones con alturas de salida del sifón mayores a 15 metros y verificar si logra funcionar el sifón a una altura mayor de 4 metros, dado que este resultado en esta investigación fue la altura máxima de funcionamiento del sifón.
- ❖ Investigar mejoras al sifón invertido, tal es caso de verificar por cada altura del sifón cual es la altura de salida más eficiente, verificar si el caudal de extracción depende del diámetro de tubería del sifón, ósea mientras más grande es el diámetro mayor es el caudal de extracción de agua.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

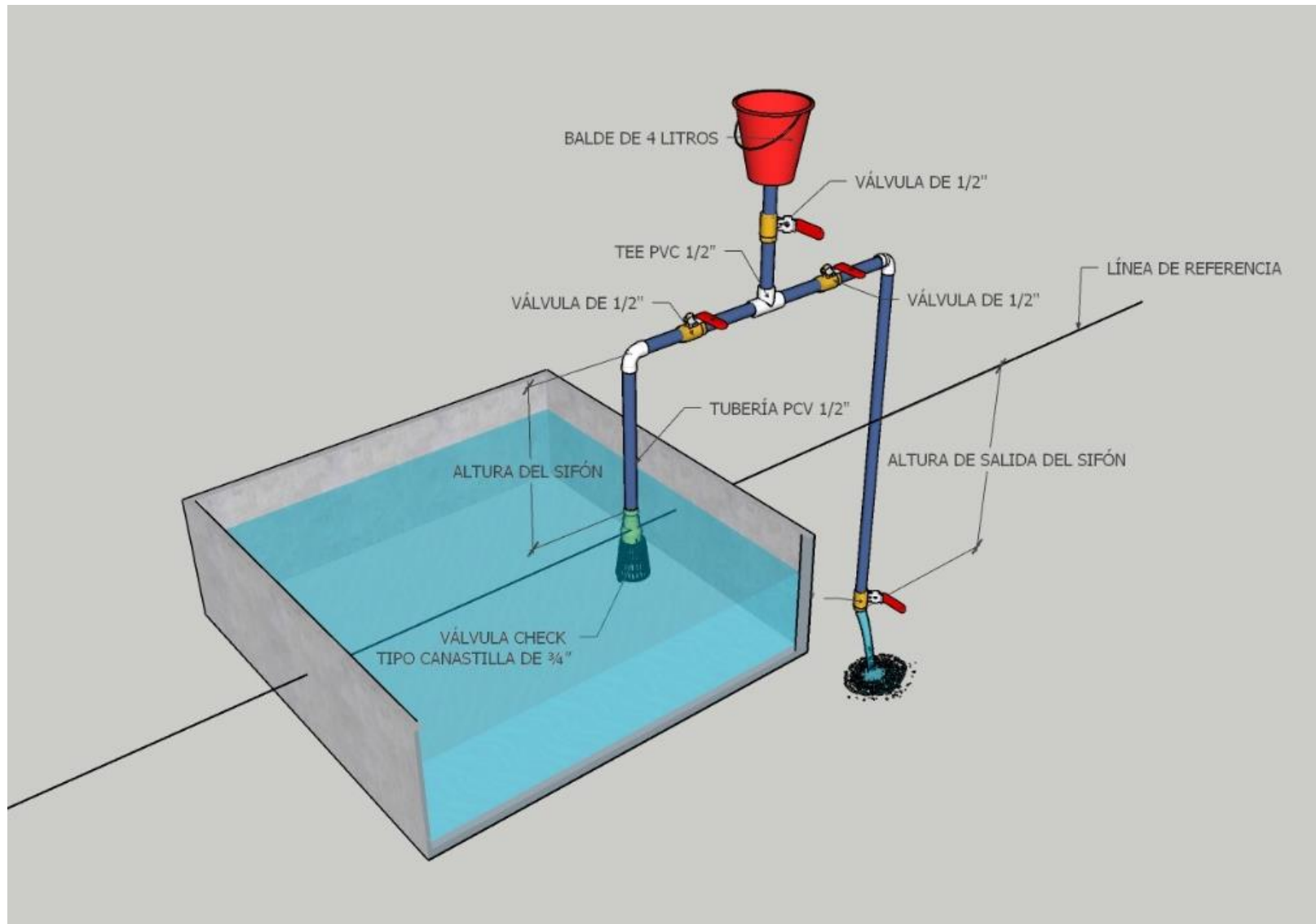
- Bartak, R., & Grischek, T. (2018). Groundwater abstraction through siphon wells-hydraulic design and energy savings. *Water (Switzerland)*, 10(570). doi:10.3390/w10050570
- Boatwright, A., Hughes, S., & Barry, J. (2015). The height limit of a siphon. *Scientific Reports*, 5(16790). doi:10.1038/srep16790
- Camerota, F. (2021). Leonardo and the Florence Canal. Sheets 126- 127 of the Codex Atlanticus. *Substantia*, 4(1), 37-50. doi:10.13128/Substantia-817
- Chaloupka, O., & Dunajský, M. (2022). EXTERNAL INFLUENCES AFFECTING THE HYDRAULICS OF AUTOMATIC SIPHONS FOR VERTICALLY FLOWING FILTERS. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM*, 22, 71-78. doi:10.5593/sgem2022V/3.2/s12.09
- Chen, X., Xu, Y., Sun, H., & Yu, W. (2016). Analysis on the self-dredging capability of siphon drainage pool of debris flow based on the movable bed model. *Journal of Zhejiang University, Science Edition*, 43(5), 587-592. doi:10.3785/j.issn.1008-9497.2016.05.016
- De Gennaro, N., & Wright, R. (2007). Tidal Siphon: Alternative to a Jetty-Hardened Inlet. *Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering*, 133(3), 200-2012. doi:10.1061/(ASCE)0733-950X(2007)133:3(200)
- Fang, Y., Yuan, S., Zhang, J., Weng, Y., & Liu, J. (2018). Utilizing siphon for effective management of air in gravity-fed water pipelines. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 45(7), 559-569. doi:10.1139/cjce-2017-0490
- French, M., & Widden, M. (2001). The exploitation of low-head hydropower by pressure interchange with air, using siphons. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part A: Journal of Power and Energy*, 215(2), 223-230. doi:10.1243/0957650011538497

- Hughes, S. W. (2010). A practical example of a siphon at work. *Physics Education*, 45. doi:10.1088/0031-9120/45/2/006
- Hughes, S. W. (2011). The secret siphon. *Physics Education*, 46, 298-302. doi:10.1088/0031-9120/46/3/007
- Hughes, S., & Gurung, S. (2014). Exploring the boundary between a siphon and barometer in a hypobaric chamber. *Scientific Reports*, 4(4741). doi:10.1038/srep04741
- Leon, A., & Alnahit, A. (2016). A remotely controlled siphon system for dynamic water storage management. 6th International Symposium on Hydraulic Structures: Hydraulic Structures and Water System Management, ISHS 2016, 1-11. doi:10.15142/T3690628160853
- Leon, A., & Verma, V. (2019). Towards smart and green flood control: Remote and optimal operation of control structures in a network of storage systems for mitigating floods. *World Environmental and Water Resources Congress 2019: Watershed Management, Irrigation and Drainage, and Water Resources Planning and Management - Selected Papers from the World Environmental and Water Resources Congress 2019*, 177-189. doi:10.1061/9780784482339.019
- Minor, R. S. (1914). WOULD A SIPHON FLOW IN A VACUUM? EXPERIMENTAL ANSWERS. *School Science and Mathematics*, 14(2), 152-155. doi:10.1111/j.1949-8594.1914.tb16014.x
- Planinšič, G., & Sliško, J. (2010). The pulley analogy does not work for every siphon. *Physics Education*, 45, 356-361. doi:10.1088/0031-9120/45/4/005
- Potter, A., & Barnes, F. (1971). The siphon. *Physics Education*, 6(005), 362-366. doi:10.1088/0031-9120/6/5/005
- Qin, L., Leon, A., Bian, L.-L., Dong, L.-L., Verma, V., & Yolcu, A. (2019). A Remotely-Operated Siphon System for Water Release from Wetlands and Shallow Ponds. *IEEE Access*, 7, 157680-157687. doi:10.1109/ACCESS.2019.2950270

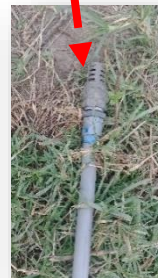
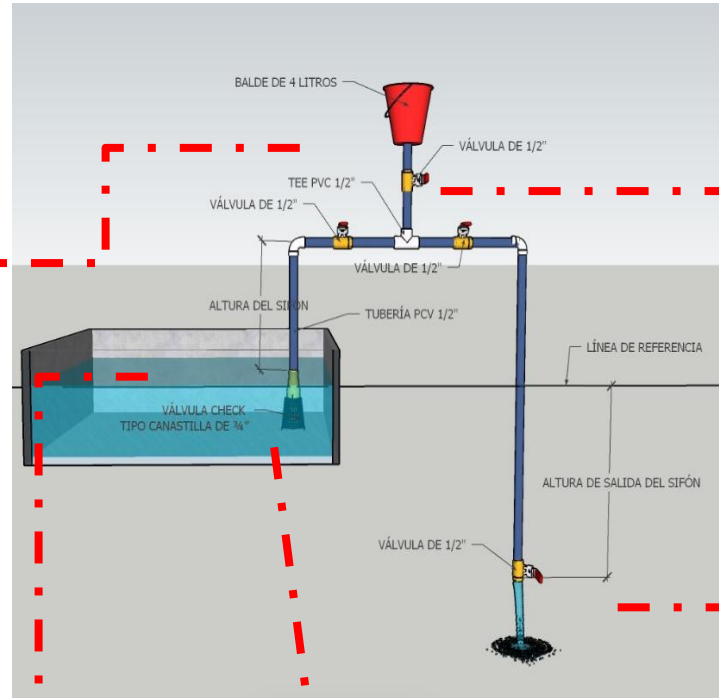
- Ramette, J., & Ramette, R. (2011). Siphonic concepts examined: A carbon dioxide gas siphon and siphons in vacuum. *Physics Education*, 46, 412-416. doi:10.1088/0031-9120/46/4/006
- Richert, A., & Binder, P.-M. (2011). Siphons, revisited. *Physics Teacher*, 49, 78-80. doi:10.1119/1.3543576
- Santillan Gomez, H. (2023). Evaluación de la eficiencia de un sifón invertido con bomba de ariete hidráulico para la conducción de agua. Cahchapoyas, Amazonas, Perú.
- Sun, H.-Y., Pan, P., Lü, Q., Wei, Z.-L., Xie, W., & Zhan, W. (2018). A case study of a rainfall-induced landslide involving weak interlayer and its treatment using the siphon drainage method. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 78, 4063-4074. doi:10.1007/s10064-018-1365-8
- Temporelli, G., & De Novellis, F. (2010). Hydraulic engineering of inverted siphons in Roman age: A review. *Water Science and Technology: Water Supply*, 10(3), 445-452. doi:10.2166/ws.2010.110
- Verma, V., Bian, L., Rojali, A., Ozecik, D., & Leon, A. (2020). A remotely controlled framework for gravity-driven water release in shallow and not shallow storage ponds. *World Environmental and Water Resources Congress 2020: Emerging and Innovative Technologies and International Perspectives - Selected Papers from the Proceedings of the World Environmental and Water Resources Congress 2020*, 12-22.
- Zanje, S., Bian, L., Verma, V., Yin, Z., & Leon, A. (2022). Siphon Break Phenomena Associated With Pipe Leakage Location. *Journal of Fluids Engineering, Transactions of the ASME*, 144(11). doi:10.1115/1.4054654
- Zhang, J., Xie, L., & Zhang, X. (2018). Resistance loss analysis and structure optimization of conical diffuser in siphon rectifying device. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 163(012111). doi:10.1088/1755-1315/163/1/012111

VIII. ANEXOS

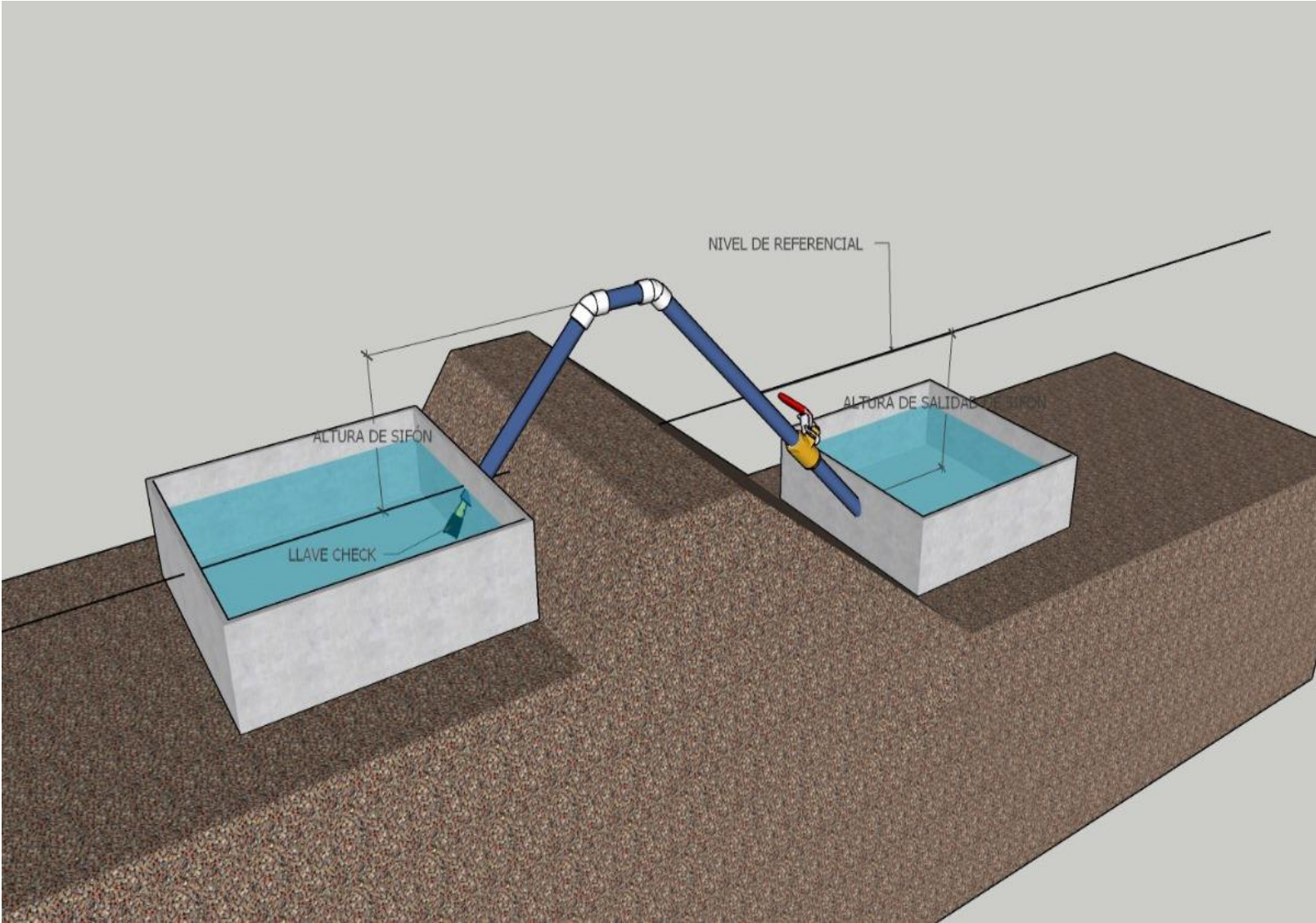
ANEXO 01: Esquema isométrico del sifón utilizando el dispositivo de cebado para el llenado de los brazos.



ANEXO 02: Esquema del sifón utilizado en la presente investigación con el dispositivo de cebado para el llenado de los brazos.



ANEXO 03: Esquema isométrico de experimentación variando la altura del sifón y altura de salida.



ANEXO 04: Esquema isométrico de experimentación variando la altura del sifón y altura de salida.

