



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ELÉCTRICA**

**“Diseño de bomba de ariete para abastecimiento de agua en  
reservorio de 350 m<sup>3</sup> con fines agrícolas – Cañete”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**Ingeniero Mecánico Electricista**

**AUTORES:**

Quispe Ordoñez, Fredy Omar ([orcid.org/0000-0002-1603-3507](https://orcid.org/0000-0002-1603-3507))

Zamora Mejia, Jorge Anthony ([orcid.org/0000-0002-8288-8060](https://orcid.org/0000-0002-8288-8060))

**ASESOR:**

Dr. Salazar Mendoza, Anibal Jesus ([orcid.org/0000-0003-4412-8789](https://orcid.org/0000-0003-4412-8789))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Modelamiento y Simulación de Sistemas Electromecánicos

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

CHICLAYO – PERÚ

2023

## Dedicatoria

*Dedicado a mis queridos y amados padres Jorge y Elva que, con el apoyo incondicional, su amor, paciencia y mucho esfuerzo, que me brindaron para poder lograr mi objetivo, agradecerles por enseñarme las buenas prácticas de la vida, saber luchar para conseguir mis sueños con mucha valentía, y a no tener miedo a las adversidades ya que tengo el apoyo de mi dios. A mi pareja e hija que siempre me dieron las fuerzas necesarias y las ganas de no retroceder, de una u otra manera están acompañándome en mi logro profesional.*

***Zamora Mejía Jorge Anthony***

*Dedicado a mis padres y hermanos por todo el apoyo y el esfuerzo que demostraron para que yo pueda llegar a convertirme en una persona con valores y un futuro profesional. A mi esposa por su fortaleza, tenacidad, comprensión y su apoyo incondicional sobre todo en los momentos más difíciles. A mis hijos porque son el motivo de todos mis esfuerzos, de ser cada día mejor.*

***Quispe Ordoñez Fredy Omar***

## **Agradecimiento**

*En primeras instancias agradecer a mi padre celestial que siempre estuvo ahí en cada decisión y logro obtenido, darle las gracias por llenar de felicidad a toda mi familia*

*De igual manera agradecer a la universidad cesar vallejo por la gran acogida que me tuvo y la oportunidad que me brindo para poder lograr mis metas, agradecido con mis compañeros de trabajo que me brindaron su amistad plena y en especial agradecer a mis docentes gracias a ellos por su esfuerzo y dedicación y una gran paciencia para enseñarnos.*

***Zamora Mejía Jorge Anthony***

*Agradecer a Dios por la vida y darme la fortaleza de lograr mis objetivos. Agradecer a mi hijo Omar Matheo que aun en su condición de salud me ha demostrado la fuerza y la voluntad de seguir adelante en los peores momentos siendo uno de los pilares para lograr mis objetivos. A mi esposa he hijos por ser parte mi vida en lo bueno y lo malo y demostrarme su amor, apoyo y comprensión. A mis docentes por su esmero y dedicación en transmitir los conocimientos necesarios para ser un excelente profesional. A la universidad Cesar Vallejo por darme la oportunidad de ser un excelente profesional.*

***Quispe Ordoñez Fredy Omar***

## Índice contenidos

Carátula .....	i
Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice contenidos .....	iv
Índice de tablas .....	v
Índice de figuras .....	vi
Resumen .....	viii
Abstract .....	ix
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	3
III. METODOLOGÍA .....	13
3.1 Tipo y diseño de investigación .....	13
3.2 Variables y Operacionalización .....	13
3.3 Población, muestra y muestreo .....	13
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	14
3.5 Procedimiento .....	15
3.6 Método de análisis de datos .....	16
3.7 Aspectos éticos .....	16
IV. RESULTADOS .....	17
V. DISCUSIÓN .....	77
VI. CONCLUSIONES .....	80
VII. RECOMENDACIONES .....	81
REFERENCIAS .....	82
ANEXOS .....	87

## Índice de tablas

Tabla 1. Detallamos los datos de medidas del reservorio existente.....	17
Tabla 2. Cuadro de demanda hídrica: .....	18
Tabla 03: Análisis de la inversión inicial del proyecto.....	74
Tabla 04: Análisis de los egresos del proyecto. ....	75
Tabla 05: Análisis de los ingresos del proyecto.....	75
Tabla 06: Análisis de los ingresos del proyecto.....	76

## Índice de figuras

<b>Figura 1:</b> Sistema de bombeo con ariete.....	6
<b>Figura 2:</b> Propagación del golpe de ariete en una tubería.....	7
<b>Figura 3:</b> Proceso de una válvula al final de la tubería que sale de un depósito...	8
<b>Figura 4:</b> Detalles de las partes más importantes del sistema de bombeo .....	9
<b>Figura 5:</b> Principios de funcionamiento. ....	11
<b>Figura 6:</b> Ubicación de bomba de ariete a utilizar. ....	12
<b>Figura 7:</b> Esquema secuencial según procedimiento aplicado al informe del proyecto de investigación. ....	15
<b>Figura 8:</b> Fundo los álamos (6.5 Hectáreas) – Reservoirio 350m <sup>3</sup> . ....	17
<b>Figura 9:</b> Se observa en imagen adjunta cultivo existente de pitahaya .....	18
<b>Figura 10:</b> Datos de riego recomendado por cada año . ....	19
<b>Figura 11:</b> Agujero de 1/8" en manguera a utilizar o gotero auto compensado de 4 lt/hr.....	20
<b>Figura 12:</b> Riego moderado en floración y fruto. ....	21
<b>Figura 13:</b> Fruto en óptimas condiciones por el riego adecuado que se utilizó...	22
<b>Figura 14:</b> Fruto en proceso de pudrición por exceso de agua. ....	22
<b>Figura 15:</b> En las imágenes adjuntas se muestra el canal nuevo imperial, con un caudal aproximado de 8 m <sup>3</sup> /segundos. ....	24
<b>Figura 16:</b> Características técnicas de la disposición de agua según licencia de agua emitido por el ANA.....	25
<b>Figura 17:</b> Se muestra esquema del sistema de bombeo, indicando la altura de alimentación (Ha).....	26
<b>Figura 18:</b> Altura que necesitamos lograr alcanzar. ....	27
<b>Figura 19:</b> ingreso del ducto de alimentación. ....	28
<b>Fuente:</b> Elaboración propia.....	28
<b>Figura 20:</b> perdidas locales por instalación. ....	33
<b>Figura 21:</b> sistema de bombeo mediante un ariete hidráulico. ....	46
<b>Figura 22:</b> Caudal necesario para alimentar el ariete hidráulico.....	52
<b>Figura 23:</b> Válvula de impulso. ....	53
<b>Figura 24:</b> Cuerpo del ariete hidráulico. ....	56
<b>Figura 25:</b> válvula regula con resorte. ....	57
<b>Figura 26:</b> Componentes de la válvula de impulso.....	58

<b>Figura 27:</b> Perdidas en la tubería de impulsión. ....	62
<b>Figura 28:</b> Dimensiones del embolo de la válvula de impulso. ....	66
<b>Figura 28:</b> vástago de la válvula. ....	67
<b>Figura 29:</b> Dimensiones del resorte inoxidable de la válvula de impulso. ....	67
<b>Figura 31:</b> sección de la válvula de impulso. ....	68
<b>Figura 32:</b> cuerpo de la válvula de aire. ....	71
<b>Figura 33:</b> Proceso de compresión de aire debido a la entrada de agua al tanque pulmón. ....	72
<b>Figura 34:</b> Tanque pulmón. ....	72

## Resumen

El actual proyecto de tesis expone la realidad problemática del fundo los Álamos, que tiene falta de abastecimiento de un reservorio de 350 m<sup>3</sup> con fines agrícolas, aquí se muestra propuestas de impulsión basados en diferentes tipos de bombas arietes siendo muy eficientes en lo tecnológico, ecológicos y accesibles, beneficiando al fundo y comunidad cercana.

El proyecto consiste en el diseño de un equipo que usa parte del caudal de un río, y es conducido por diferencia de altura a la bomba de ariete, la bomba convierte por golpe de ariete la velocidad del agua a energía de presión que permite impulsar parte del agua ingresada a un reservorio elevado.

Se calcula la demanda hídrica que permita cubrir la demanda, selección y diseño de dispositivos que conforman el sistema de bombeo, se hace un análisis costo beneficio del sistema de bombeo.

Finalmente se concluye con los resultados del diseño cumpliendo con los objetivos del proyecto.

**Palabras clave:** Bomba de ariete, golpe de ariete, altura.



## **Abstract**

This thesis project exposes the problematic reality of the Los Álamos farm, which lacks a supply of a 350 m<sup>3</sup> reservoir for agricultural purposes, here are shown drive proposals based on different types of ram pumps, being very technologically efficient, ecologically and accessible, benefiting the farm and the nearby community.

The project consists of the design of a device that uses part of the flow of a river, and is driven by a difference in height to the water hammer pump. The pump converts the speed of the water by water hammer into pressure energy that allows it to drive part of water entering an elevated reservoir.

The water demand is calculated to cover the demand, selection and design of devices that make up the pumping system, a cost benefit analysis of the pumping system is made.

Finally, it concludes with the results of the design fulfilling the objectives of the project.

**Keywords:** water hammer, water hammer, height.

## I. INTRODUCCIÓN

En el ámbito internacional, la bomba de ariete hidráulico es un equipo automático de bombeo de agua generalmente utilizado para bombear agua potable y de riego en áreas montañosas y rurales que tienen escasez de energía. En el pasado, se analizó y optimizó fabricando varios prototipos y realizando experimentos y comparaciones (Liangshui et al. – 2018).

La creciente preocupación por los impactos del uso de combustibles que nos pueden causar daño en el medio ambiente, así como el incremento del precio de la electricidad, ha generado un interés renovado en dicha tecnología. El campo de acción de la bomba de ariete en áreas remotas donde la red eléctrica no está disponible agrega valor de investigación a la tecnología. (Mebrat et al. 2021).

Las condiciones actuales son las que definen la realidad problemática, y se basa en la falta de abastecimiento de agua hacia un reservorio elevado, esta limitante ocasiona que los terrenos eriazos existentes en la localidad no puedan ser convertidos en un corto plazo a tierras agrícolas y socialmente los pobladores carecen de este recurso hídrico tan importante para el desarrollo de la agricultura, ganadería y el propio consumo humano. Como se carece de energía eléctrica en la zona se ha optado por el uso de la energía renovable, para disminuir presupuesto en el sistema de bombeo y a la vez amigable con el medio ambiente. Tenemos diferentes formas de energías renovables como la hidráulica, eólica y fotovoltaica como recurso.

En la provincia de Cañete, lamentablemente existen tierras que se encuentran a un nivel por encima del recurso hídrico, ocasionando dificultades en la disponibilidad del agua vital para el desarrollo agronómico.

El fundo los Álamos, ubicado en la provincia de Cañete, distrito de Quilmana, anexo la Huerta, cuenta con 6.5 hectáreas de tierras eriazas y que necesitan ser convertidas a tierra cultivable, sin embargo, existe el problema que el agua disponible se encuentra 12 metros por debajo del nivel de terreno existente. Actualmente, el terreno cuenta con un reservorio de 350 m<sup>3</sup> ubicado a una altura de 30 metros por encima del nivel del espejo de agua disponible, este recurso

hídrico proviene de un canal de regadío llamado Canal Nuevo imperial con un caudal de 8.0 m<sup>3</sup> /seg. Aproximadamente.

Por todas estas condiciones y restricciones la problemática radica en cómo abastecer de agua un reservorio de 350 m<sup>3</sup>.

De acuerdo a lo expresado se puede formular el problema de investigación: ¿Cómo abastecer un reservorio de agua de 350 m<sup>3</sup>, mediante la elaboración de una bomba de ariete?

El presente proyecto de tesis se justifica debido a que permitirá el abastecimiento de agua para uso agrícola aumentando así la frontera agrícola, así como incrementar la producción del cultivo, empleando la energía hidráulica en beneficio del medio ambiente ya que se dejaría de emplear el generador que usa combustible fósil.

Por tal motivo se evaluaron diferentes sistemas y se determinó que una de las formas sería el uso de una bomba de ariete. Y para esto se planteó los siguientes objetivos de investigación, donde se define como Objetivo general: “Diseñar una bomba de ariete para el abastecimiento de agua en un reservorio de 350 m<sup>3</sup>, con fines agrícolas en la provincia de Cañete”, y que tiene por objetivos específicos:

- Calcular la demanda hídrica en la zona, según el cultivo a desarrollar.
- Determinar los parámetros de diseño del sistema de bombeo, que permita cubrir la demanda.
- Selección y diseño de dispositivos que conforman el sistema de bombeo.
- Elaborar el presupuesto del sistema de bombeo, mostrando su costo beneficio.

## II. MARCO TEÓRICO

Se realizó un estudio de factibilidad de un proyecto de inversión de ariete hidráulico con los métodos adecuados de riego. El ariete hidráulico es un dispositivo de bombeo de agua respetuoso con el medio ambiente que no consume combustible ni electricidad. (Hatipoglu, 2018).

Este estudio actual fue diseñado para determinar el efecto del diseño mejorado para un efecto significativo en el flujo, Estudio de análisis y simulación. Este estudio se propuso evaluar la eficacia del nuevo diseño hacia mejorando el rendimiento general de la bomba. Estos experimentos confirmaron que al agregar un mecanismo de control a la entrega de componentes de nuevo diseño y la válvula de desecho han mejorado aproximadamente un 20% más de eficiencia que el diseño actual. (Ramasamy, 2017).

La bomba de ariete hidráulico funcionó perfectamente. Se observó que si el agua en el tanque disminuyó el tiempo entre carreras aumentó y la bomba para trabajar. Acortar el trazo aumentó la frecuencia de los trazos. Así, un cierto la cantidad de agua debe mantenerse para bombear agua a través de la bomba de ariete satisfactoriamente. (Mondol, 2017).

Las hojas de cálculo y diseño, constituye una herramienta útil para simular el Golpe de ariete en redes de tuberías. Sin embargo, gasta más memoria computacional y toma más tiempo para completar el tiempo de simulación de ejecución. (Twyman, 2017)

Un método para el diseño óptimo y análisis de la eficiencia de la bomba de ariete hidráulico con se presenta la simulación numérica y el experimento modelo. Los índices de evaluación y el modelo numérico son propuestos en primer lugar. El cálculo numérico puede ser para obtener una estructura óptima según comparación de índices de evaluación, por lo tanto, reduce el número de prototipos y experimentos modelo. Después, se proporciona la teoría y el método de diseño en una plataforma experimental ajustable y de cabeza alta, de modo que la cabeza de entrega se pueda controlar y regular fácilmente en laboratorio. (Xinlei Guo, 2018).

Los principales factores recomendados por los fabricantes de bombas y el manual son; la diferencia en altura de la fuente de agua y ubicación de la bomba (caída vertical como cabeza de suministro)  $H_s$ , la diferencia de altura entre la ubicación de la bomba y el lugar de almacenamiento o uso del tanque (altura de entrega)  $H_D$ , la cantidad de flujo del fuente o suministro por minuto  $Q_s$ , la distancia de la tubería de impulsión, la cantidad de agua requerida (caudal de bombeo tasa)  $Q_D$ , y la distancia de la tubería de entrega al almacenamiento. La condición del sitio de suministro y entrega. La cabeza y la descarga de suministro  $Q_s$  deben medirse primero antes de que se pueda elegir un tamaño de ariete para bombear al nivel requerido. Velocidad. (Radzi, 2019).

Como resultado se puede relacionar la eficiencia con la cantidad de agua que se lograría bombear con la bomba de ariete hidráulico. La finalidad de este estudio es determinar la eficiencia de la bomba de ariete hidráulico probando los valores o parámetros que nos determine la eficiencia idónea y el mayor caudal de bombeo posible. (Dávila, 2020)

La ubicación donde será analizada para incluir una bomba mediante el golpe de ariete alineándose con diferentes valores o parámetros procedentes para su montaje y un excelente aprovechamiento del mismo. (Sánchez Piscoya, 2020).

En los prototipos de las bombas de ariete hidráulico, se tiene como rendimiento volumétrico indicados en el informe realizado que para 1 metro de desnivel en el ingreso de la bomba tenemos como resultado 1.34% en función a la evaluación de un desnivel de bombeo insatisfecha, por no lograr bombear la altura proyectada, Con 2 metros de desnivel de alimentación con 6.04%, Con 3 metros de desnivel de alimentación con 11.41%, Con 4 metros de desnivel de alimentación con 18.12%. (Medina Guevara, 2021).

El uso de la bomba de ariete cumple con el abastecimiento de agua en la zona, sumando las ventajas como no depender de energía eléctrica y del combustible fósil, porque el ariete hidráulico es autosostenible. Su naturaleza en función a su estructura se basa en aprovechar la energía potencial y cinética del agua debido a un diferencial de altura y el caudal disponible. Esta propuesta de impulsión utiliza alternativas de los sistemas hidráulicos, que toma como fuente de energía

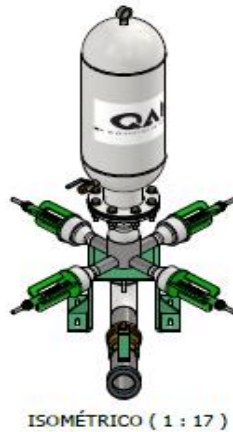
renovable como el agua y a su vez al establecer este sistema se genera energía limpia, sin productos remanentes tóxicos ni contaminantes. (Chero, 2018).

La bomba de ariete hidráulico es una maquinaria automática de impulsión de agua, que transforma la energía potencial de elevación baja de un gran volumen de agua en una pequeña energía potencial de elevación alta a través de la apertura y el cierre periódicos de la válvula de golpe y la válvula de entrega. La bomba funcionaría de manera ineficiente o incluso fallaría si las válvulas estuvieran mal diseñadas. (Li J. et al. – 2021).

Las pruebas de campo de la bomba de ariete concluyeron que sus parámetros de rendimiento no dimensionales se ajustan perfectamente a las curvas de escala teóricas. Las investigaciones demostraron además que si bien los arietes tenían más eficiencia (53–62 %), no podían manejar más de 40–50 l/s de descarga. (Kesharwani S. et al. – 2021).

## Definición de sistema de bombeo por golpe de ariete.

El sistema de bombeo consta de un conjunto de elementos (tuberías, Contenedores, válvulas, manómetros, codos, etc.). Que permitan el paso de agua por ellos Almacenamiento temporal de líquidos a través de tuberías. Características de flujo y presión requeridas por varios sistemas y procesos.

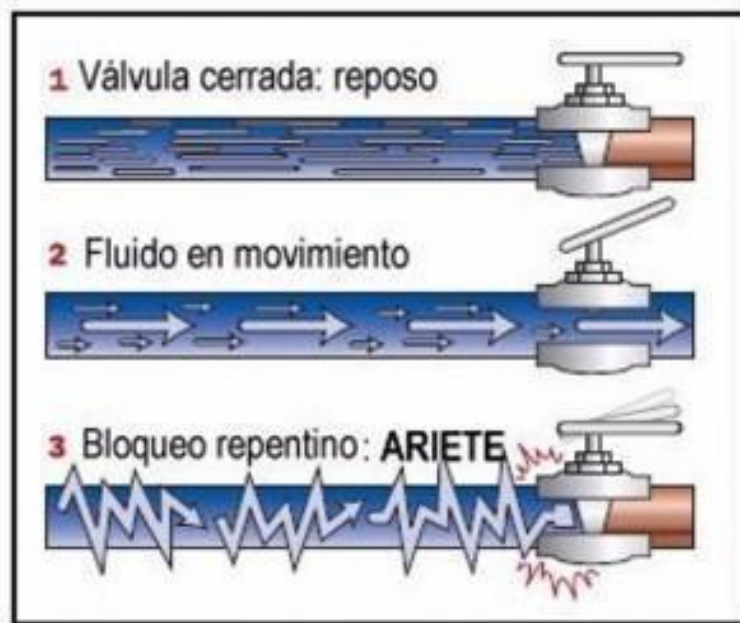


**Figura 1:** Sistema de bombeo con ariete.

**Fuente:** propios medios

## Golpe de ariete

Se llama golpe de ariete al evento hidráulico temporal o transitorio que se produce por la alteración o cambio en la velocidad del líquido transportado. Este evento hidráulico se basa en la propagación de ondas de presión y depresión en trayecto de los conductos, esto en la conversión de energía cinética en energía presión y elástica. El golpe de ariete debe ser controlado para evitar daños por sobrepresión en las tuberías y accesorios.



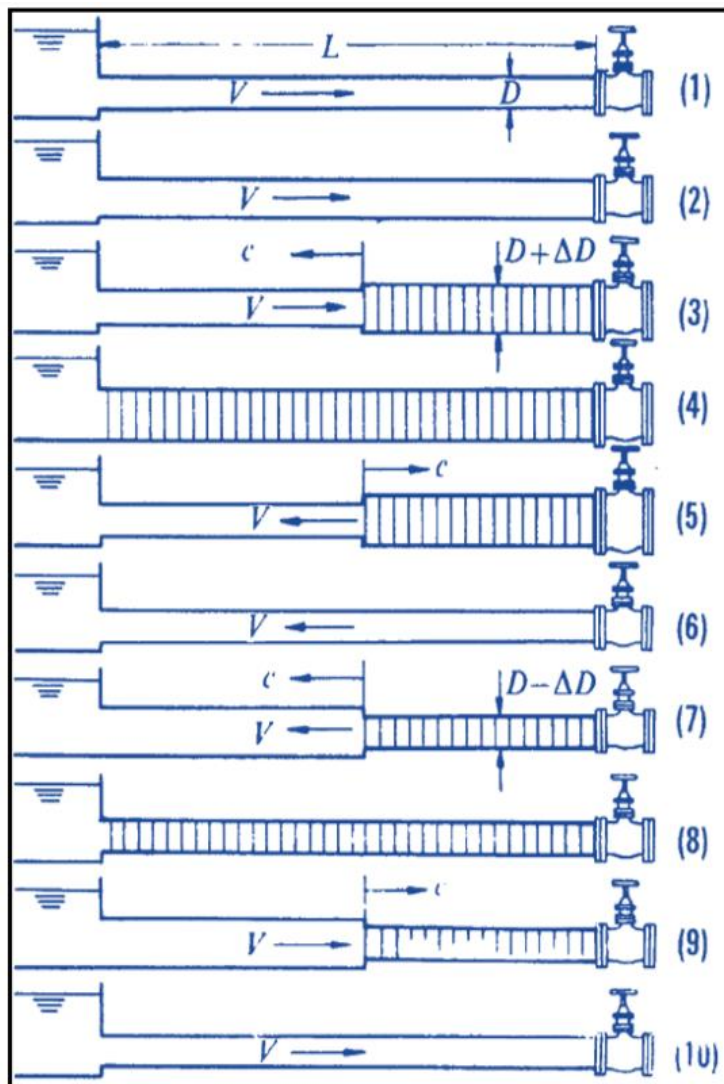
**Figura 2:** Propagación del golpe de ariete en una tubería.

Se muestra las diferentes condiciones de las tuberías con su válvula, la primera en reposo válvula totalmente cerrada, la segunda con el fluido en movimiento válvula completamente abierta, la tercera tenemos un bloqueo repentino el cual empieza a ejercer el llamado ariete.

En muchos de los casos, la presencia de este cambio significa un problema, También puede causar sobrepresión en los sistemas de suministro de fluidos. Incluso destruir el sistema. Aun así, utilizaremos este fenómeno en nuestro proyecto actual, Obtenga valiosos beneficios al mantener la presión en su sistema de tuberías Dependiendo del enfoque técnico, esto puede conducir a alternativas suministro de fluidos. Para estudiar este fenómeno, tendremos que abandonar dos suposiciones Comúnmente utilizado: fluidos incompresibles y equilibrio porque El golpe de ariete es un fenómeno temporal y, por lo tanto, es una condición variable. Así, el tubo ya no es rígido y el líquido es comprimible. Aunque la válvula no se puede cerrar inmediatamente, debe ser Tales consideraciones deben tenerse en cuenta en los casos prácticos.



A continuación, detallamos cada reacción de la tubería en su proceso:

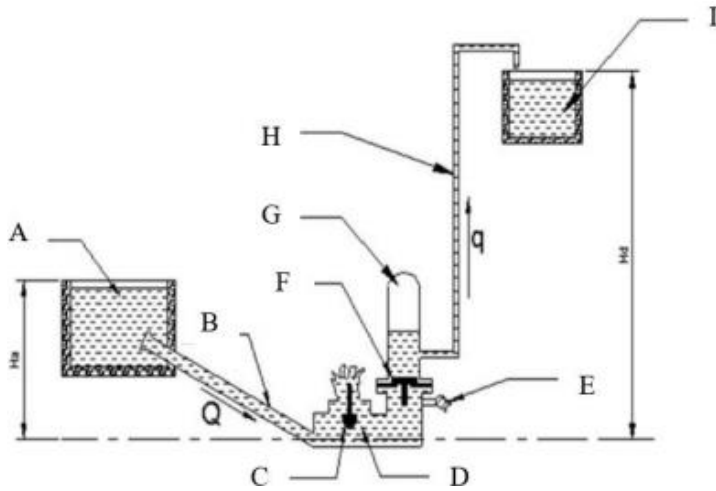


**Figura 3:** Proceso de una válvula al final de la tubería que sale de un depósito.

**Fuente:** (mataix, 1986).

### Estructura típica de ariete hidráulico.

La estructura de cada cilindro hidráulico varía según su modelo, pero el principio de funcionamiento sigue siendo el mismo.



**Figura 4:** Detalles de las partes más importantes del sistema de bombeo el cual se describirá en la parte siguiente.

**Fuente:** <https://www.researchgate.net/publication/317031378>

*H<sub>a</sub>*: altura útil de la entrada de agua y el punto más bajo del pistón.

*H<sub>d</sub>*: La altura a la que sube el nivel del agua, como ariete de referencia.

A: Entrada de agua o depósito de recogida.

B: ducto de alimentación o impulsión.

C: válvula impulsora.

D: cajas de válvulas.

E: Válvula de aire.

F: válvula de retención.

G: Cámara de aire.

H: Tubo de escape.

I: tanque de drenaje.

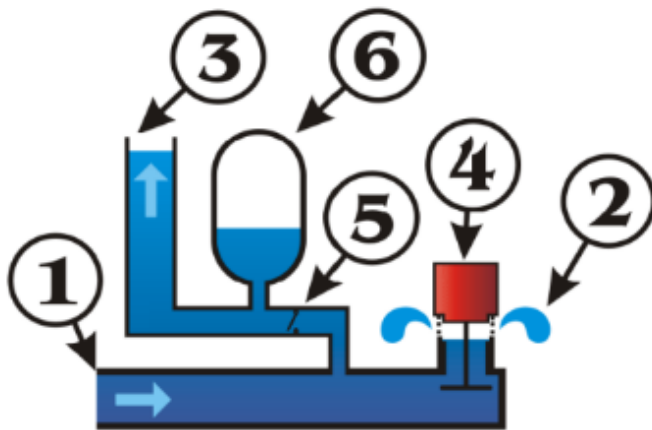
### **Eficiencia.**

Una eficiencia energética típica es del 60%, pero es posible hasta el 80%. Esto no debe confundirse con la eficiencia volumétrica, que relaciona el volumen de agua entregada al total de agua tomada de la fuente. La porción de agua disponible en la tubería de entrega se reducirá en la proporción de la entrega diríjase al cabezal de suministro. Así, si la fuente está a 2 metros por encima del ariete y el agua se eleva a 10 metros por encima del ariete, solo el 20% del agua suministrada puede ser disponible, el otro 80% se vierte a través de la válvula de desagüe. Estas proporciones asumen 100% de eficiencia energética. El agua real suministrada se reducirá aún más por factor de eficiencia energética. Por ejemplo, si la eficiencia energética es del 70%, el agua entregada será el 70% del 20%, es decir, el 14%. Suponiendo un cabezal de suministro de 2 a 1 a la relación de cabeza de entrega y 70% de eficiencia, el agua entregada sería el 70% de 50%, es decir, 35%. Las proporciones muy altas de entrega a cabezal de suministro generalmente dan como resultado disminución de la eficiencia energética. Los proveedores de arietes a menudo proporcionan tablas que dan los resultados esperados. Proporciones de volumen basadas en pruebas reales.

### **Principio de funcionamiento.**

En la figura 5 se muestra un ariete hidráulico simplificado. Inicialmente, la válvula de desecho [2] está abierta y la válvula de entrega [3] está cerrado. El agua en el tubo de entrada [4] comienza a fluir bajo la fuerza de la gravedad y recoge velocidad y energía cinética hasta que la fuerza de arrastre creciente cierra la válvula de desagüe.

El impulso del flujo de agua en la tubería de entrada contra el desagüe ahora cerrado. Válvula provoca un golpe de ariete que eleva la presión en la bomba, abre la válvula de entrega [3], y obliga a que fluya un poco de agua en la tubería de suministro. Porque esta agua está siendo forzada cuesta arriba a través de la tubería de suministro más lejos de lo que es cayendo cuesta abajo desde la fuente, el flujo se ralentiza; cuando el flujo se invierte, la válvula de retención (5) de entrega se cierra. Mientras tanto, el golpe de ariete del cierre de la válvula de desecho también produce un pulso de presión que se propaga hacia arriba tubo de entrada a la fuente donde se convierte en un pulso de succión que se propaga hacia atrás por el tubo de entrada. Este pulso de succión, con el peso o resorte en la válvula, abre la válvula de desecho y permite que el proceso comience de nuevo.



**Figura 5:** Principios de funcionamiento.

**Fuente:** <https://www.researchgate.net/publication/317031378>

### **Ubicación de bomba de ariete.**

La etapa más primordial es saber dónde vamos a ubicar nuestra bomba ya que teniendo estos datos podemos determinar los parámetros de diseño y el buen funcionamiento.



**Figura 6:** Ubicación de bomba de ariete a utilizar.

**Fuente:** Propios medios.

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1 Tipo y diseño de investigación**

El tipo de investigación es aplicada, porque es aquella que permite emplear los conceptos y teorías del diseño mecánico para poder realizar diseño de bomba de ariete para el abastecimiento de agua en reservorio de 350 m<sup>3</sup> con fines agrícolas – Cañete.

El diseño que logramos utilizar para la investigación es No Experimental transversal, porque no habrá manipulación en las variables. Los datos se obtuvieron según su desarrolló en un momento dado.

#### **3.2 Variables y Operacionalización**

**Variable independiente:**

Diseño de bomba de ariete.

**Variable dependiente:**

Abastecimiento de agua en reservorio de 350 m<sup>3</sup> con fines agrícolas – Cañete.

La tabla de Operacionalización de variables lo encontraremos en el Anexo 01.

#### **3.3 Población, muestra y muestreo**

**Población:**

La población está definida por las diferentes alturas comprendidas entre el nivel del afluente hidráulico y la ubicación de la bomba en el sector rural de Cañete.

**Muestra:**

La muestra son las diferentes alturas de trabajo respecto al nivel de la fuente de agua y la bomba en el fundo los Álamos ubicado en el anexo la Huerta distrito de Quilmana.

**Muestreo:**

En este caso la muestra es no probabilística, está dirigida y orientada por conveniencia de acuerdo a lo que se necesitábamos investigar.

**3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos****Técnicas:**

Las técnicas que se usaron para la presente investigación y su aplicación en campo es la observación.

**Observación:**

Aplicamos la observación simple de tal manera que el observador y el observado participaron de forma más natural y viable, usando instrumentos para la recolección de toda la información de nuestra muestra.

**Revisión bibliográfica**

En el proceso de búsqueda de información de investigación, se seleccionó solo información relevante y coherente con la realidad problemática.

**Análisis documental**

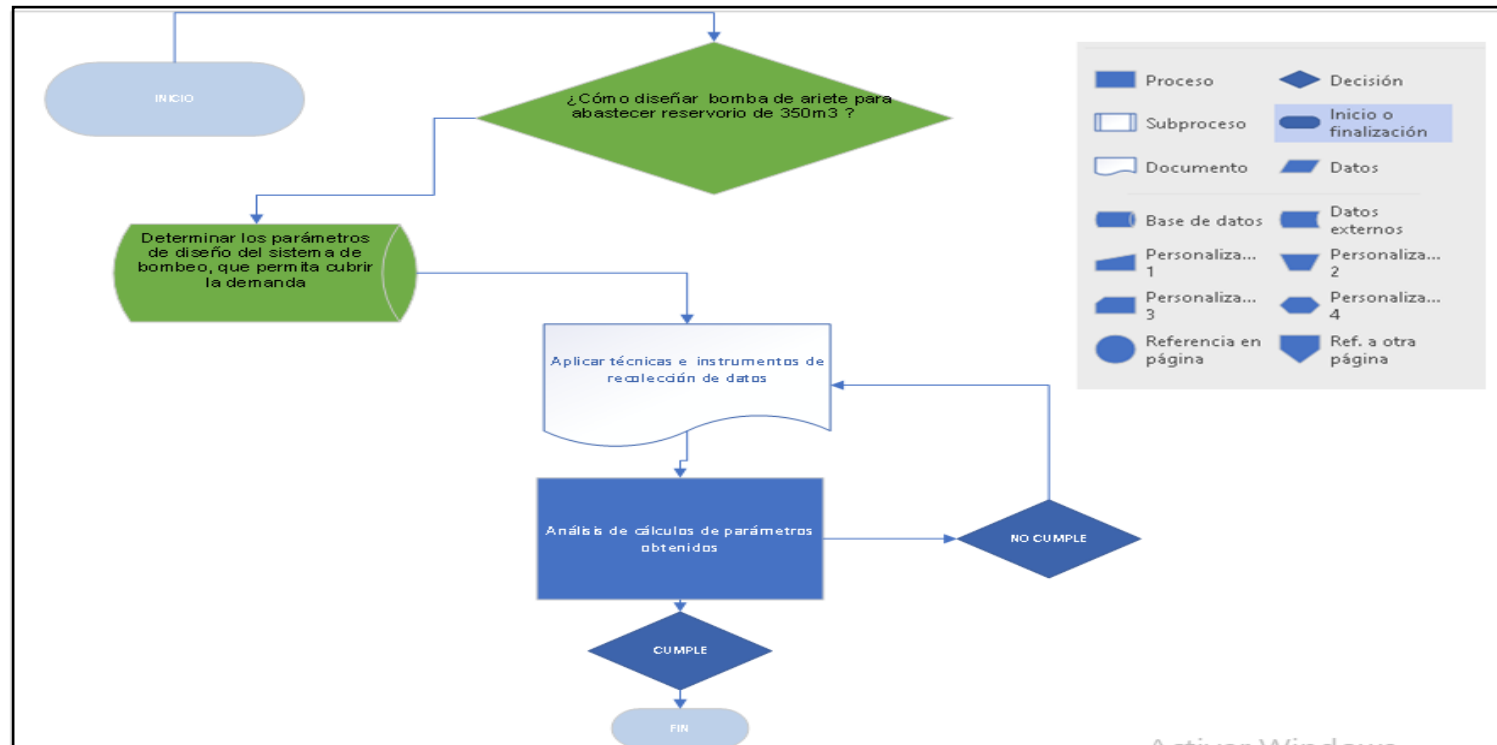
Para esta técnica se aplicó una evaluación exigente a los antecedentes y artículos con la finalidad de contar con información idónea y específica para este proyecto de investigación, la naturaleza de las fuentes de información proviene de proyectos de investigación, artículos, libros, revistas indexadas y páginas web. Todo este proceso de análisis nos sirvió para diseñar y determinar adecuadamente el bombeo con ariete hidráulico.

**Instrumento**

Son los procedimientos o actividades, que sirvieron para conseguir la información suficiente para resolver los principales objetivos de la investigación, en este caso como instrumento utilizamos la ficha de apuntes.

### 3.5 Procedimiento

El procedimiento que empleamos lo detallaremos a continuación:



**Figura 7:** Esquema secuencial según procedimiento aplicado al informe del proyecto de investigación.

**Fuente:** Propios medios.



### **3.6 Método de análisis de datos**

Los cálculos obtenidos para este proyecto se procesaron manualmente, pero todos los parámetros necesarios se determinaron utilizando un programa informático como, software de diseño de dibujo de AutoCAD, el Inventor para el diseño de las piezas mecánicas de la bomba de ariete, el software Microsoft Excel para desarrollar nuestro presupuesto que nos llevara a poder implementar el proyecto de diseño de una la bomba de ariete.

### **3.7 Aspectos éticos**

En la revisión de la investigación utilizada para el desarrollo del proyecto no ha cambiado, es decir, se ha tenido en cuenta el criterio de autores de referencia y material bibliográfico, se evitará cualquier forma de plagio o reproducción siempre en busca de la originalidad.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. \_Calcular la demanda hídrica en la zona, según el cultivo a desarrollar

El cultivo a desarrollar es Pitahaya roja (hylocereus), en un área de 3 hectáreas ubicado en el valle de cañete, la fuente de agua se encuentra a en el límite del terreno.



**Figura 8:** Fundo los álamos (6.5 Hectáreas) – Reservorio 350m<sup>3</sup>.

**Fuente:** Propios medios.

**Tabla 1.** Detallamos los datos de medidas del reservorio existente.

Largo de borde (m)	16
Ancho de borde (m)	8
Talud (Grado °)	60°
Altura de reservorio (m)	4.0
Caudal de ingreso existente	4" – 10 lt/s
Diámetro de Tubería Descarga	3"
Tiempo de llenado – Con motobomba	5 horas

**Fuente:** Propios medios.



**Figura 9:** Se observa en imagen adjunta cultivo existente de pitahaya con 3000 plantas por hectárea, aquí se tiene instalado sistema de riego tecnificado con goteros de 4 lt/hr.

**Fuente:** propios medios.

En el siguiente cuadro tenemos unos datos obtenidos.

**Tabla 2. Cuadro de demanda hídrica:**

<b>DEMANDA HIDRICA</b>						
<b>AREA DE CULTIVO</b>		<b>3 HECTAREAS</b>				
<b>Ítem</b>	<b>Cultivo</b>	<b>Cant.</b>	<b>Und.</b>	<b>Área (hectáreas)</b>	<b>demanda semanal (lt)</b>	<b>demanda total (lt)</b>
1	Pitahaya	3000	plantas	3	35	315000

**Fuente:** propios medios

**Nota:** Según la cantidad de área de cultivo que vamos a trabajar tenemos un resultado de la demanda total de 315000 litros / semana, la fuente se basa en la experiencia de un ingeniero agrónomo que trabaja en el Fundo los Álamos.

#### 4.1.1. \_Métodos de Riego

Para lograr un adecuado riego utilizaremos mangueras de goteo dos uno por lado en cada línea de plantas a cultivar. Con goteras de 0.5m, cada agujero de 1/8", el consumo de agua por planta según el clima en que nos encontramos tenemos que es 16 litros en verano y en invierno consume 8 litros semanalmente.

Al seleccionar el tipo de manguera a utilizar para el riego tenemos que tener en cuenta el tiempo que va a desarrollar el bulbo húmedo y a la vez tener un muestreo del tipo de terreno donde se cultivara el producto.

Es recomendable aplicar al menos 1 litro de agua con goteras en cada riego, en invierno podemos aplicar un riego semanal, en cambio en primavera y otoño aplicaremos dos veces por semana, y 3 riegos semanales en verano por el calor que radia el sol.

Otro dato importante es que se debe cortar el riego cuando el fruto está en proceso de maduración ya que este producto es muy delicado y tiende a rajarse por exceso de agua.

Año	Litros / semana / planta
1	7 a 15
2	10 a 20
3	18 a 30
4	25 a 35
5	35 o según Eto

Figura 10: Datos de riego recomendado por cada año .

Fuente: <https://www.redagricola.com/pe/pitahaya-un-dragon-asoma-entre-los-campos-del-peru>

#### 4.1.2\_ ¿cuál es el tipo de riego que debemos utilizar?

Como sabemos la pitahaya es una planta de tipo cactus, el cual no se requiere de abundancia de agua. El cual muchos optan por elegir un riego moderado en los primeros dos años del cultivo para lograr un óptimo desarrollo, después el riego es especialmente en floración ya que si aplicamos agua en la época de sequía podemos alterar el ciclo de floración es decir disminuir la cantidad de floración y por el cual también afectaría en la cantidad del producto final.

Como lo habíamos mencionado el mejor método de riego sería por goteo ya que podemos controlar el agua que la plantación necesita y así también disminuir los costos de mantenimiento del cultivo e incrementar las ganancias del agricultor.



**Figura 11:** Agujero de 1/8" en manguera a utilizar o gotero auto compensado de 4 lt/hr.

**Fuente:** <https://agriculturaecuatoriana.home.blog/2018/12/19/manejo-agronomico-del-cultivo-de-pitahaya/>



**Figura 12:** Riego moderado en floración y fruto.

**Fuente:** <https://universofrutal.click/frutas-exoticas/riego-cuantas-veces-se-riega>

#### **4.1.3.\_ ¿Qué tan importante es el riego adecuado de las pitahayas?**

Un riego adecuado para este producto es muy fundamental para lograr un buen crecimiento y una óptima producción de este fruto

La escasez de agua puede ser perjudicial para la planta ya que puede ocasionar la muerte de la plantación o disminuir la calidad y abundancia de la fruta.

En tanto como la escasez de agua, también tenemos el exceso de agua ya que si aplicamos demasiada agua a la plantación podemos generar enfermedades en la raíz y disminuir el cultivo del fruto.



**Figura 13:** Fruto en óptimas condiciones por el riego adecuado que se utilizó.

**Fuente:** <https://www.frutamare.com/como-cultivar-pitaya/>



**Figura 14:** Fruto en proceso de pudrición por exceso de agua.

**Fuente:** <https://archivo.infojardin.com/tema/que-le-esta-pasando-a-mi-pitaya.88998/>

#### **4.1.4. \_ factores el cual afectan en la frecuencia del riego.**

Existen muchos factores que afectan la frecuencia de riego en las pitahayas.

- El clima
- El suelo
- El tamaño de la planta
- la temporada del año

Tenemos que llevar un control de la humedad del suelo, verificando si existe humedad y si el suelo se encuentra seco debajo de 2 a 3 pulgadas tenemos que aplicar agua.

También observando la planta podemos controlarlo, si existe hojas amarillas o caídas eso nos indica que la plantación necesita agua.

Otro dato a considerar es el clima ya que en el calor tenemos que aplicar frecuentemente más agua que en todas las estaciones siguientes.

#### **4.2. \_ Determinar los parámetros para lograr el diseño del sistema de bombeo, que permita cubrir la demanda.**

Para determinar una buena instalación de la bomba de ariete, los primeros datos que tenemos que tener en conocimiento son 3 puntos muy importantes.

- Caudal aprovechable (litros/minutos)
- Altura de alimentación - Ha (metros)
- Altura de Impulsión - Hi (metros)



#### 4.2.1.\_Caudal aprovechable (litros/minutos)


Los datos requeridos para este diseño son de mucha importancia, se evaluó las distintas variaciones de los caudales de la fuente existente (Canal nuevo imperial - Cañete). En las investigaciones realizadas a la comisión de regantes del canal nuevo imperial, se encontró que el caudal nominal del canal es de 8.0 m<sup>3</sup>/segundo ò 8000 litros/segundo, la reducción del caudal según las épocas de sequía es de hasta un 50% (4.0 m<sup>3</sup>/segundo ò 4000 litros/segundo).



**Figura 15:** En las imágenes adjuntas se muestra el canal nuevo imperial, con un caudal aproximado de 8 m<sup>3</sup>/segundos.

**Fuente:** Elaboración propia.

Actualmente el fundo cuenta con licencia de agua emitido por la Autoridad nacional del Agua (ANA), con la resolución directoral RD897-2020-Ana -AAA – Cañete – fortaleza, aquí se autoriza al uso del agua con un volumen de agua de 42 777,73 m3/año.



de Organización y Funciones, aprobado por Decreto Supremo N°018-2017-MINAGRI;

**SE RESUELVE:**

**ARTÍCULO 1°.- Otorgar** la licencia de uso de agua superficial para uso agrario a favor de don FREDY OMAR QUISPE ORDOÑEZ, para el predio con Código asignado N°206000, de acuerdo con el siguiente detalle:

**CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE OTORGAMIENTO DEL USO DE AGUA SUPERFICIAL**

Usuario	DNI	Tipo de Fuente / Tipo de Uso	Datos del predio		Volumen máximo otorgado (m <sup>3</sup> /año)	
			Código	Área Bajo Riego (ha.)		
QUISPE ORDOÑEZ, FREDY OMAR	41557909	Superficial/ Agrario	206000	4,00	42 777,73	
Organización de Usuarios		Datos de la Asignación de Agua		Ubicación Política		
Junta de Usuarios	Del Sector Hidráulico Menor Cañete	Bloque de Riego	N° 07 La Huerta		Distrito	Quilmaná
		Código del Bloque	PCAN-3408-B07			
Sub Sector Hidráulico	Nuevo Imperial	Fuente de Agua	Río Cañete		Provincia	Cañete
Comisión de Usuarios	Canal Nuevo Imperial	Canal de Riego	CD Nuevo Imperial	Departamento	Lima	

**Figura 16:** Características técnicas de la disposición de agua según licencia de agua emitido por el ANA.

**Fuente:** Elaboración propia.

#### 4.2.2. \_ Altura de alimentación - Ha (metros).

Es la diferencia de altura que se refleja entre el caudal a suministrar hacia el punto de instalación de la bomba, esta diferencia de niveles es el eje principal de la instalación, sabiendo que mientras más altura mayor es el rendimiento del equipo. Tal cual necesitamos lograr la mayor caída posible para lograr un óptimo funcionamiento del ariete, sabiendo que la altura mínima a instalar es de 1 metro y la altura máxima es de 20 metros (chero, 2018).

Eso quiere decir que:

$$1\text{m} \leq Ha \leq 20\text{m}$$

Una vez que ganamos altura, necesitamos contar para alcanzar el nivel deseado de alimentación. Usaremos las fórmulas matemáticas utilizadas por el fabricante de equipos de Bombeo Williamson HiFlo Ram menciona que para alcanzar una altura optima de alimentación desarrollo la siguiente ecuación (F.1).

$$H_a = \frac{1}{10} * H_i \dots\dots\dots (F.1)$$

Datos:

$H_a$ : Altura de alimentación.

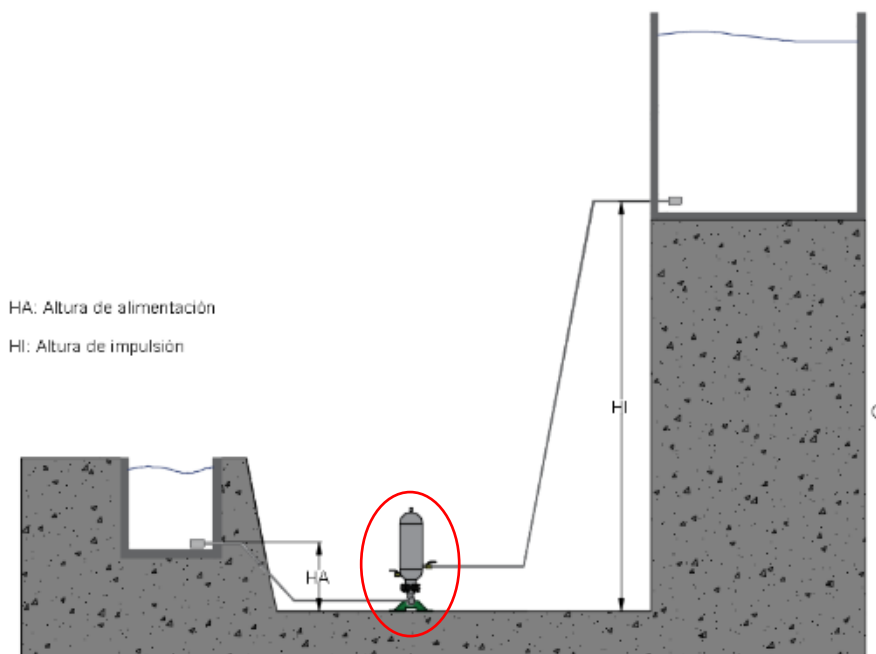
$H_i$ : Altura de impulsión.

El desnivel de trabajo en terreno es de 3.0 metros, las referencias que se tomaron fueron los siguientes:

Nivel de fuente hídrica +3.00 metros

Nivel de ingreso de bomba de ariete 0 .00 metros

$$H_a = 3.0 \text{ m.}$$



**Figura 17:** Se muestra esquema del sistema de bombeo, indicando la altura de alimentación ( $H_a$ ).

**Fuente:** Elaboración propia.

### 4.2.3. \_Altura de impulsión (Hi).

La altura entregada para el trabajo que debe hacer una bomba para impulsar un líquido a un nivel en el que pueda usarse para funciones de riego, almacenamiento de agua, distribución, tratamiento de agua, etc. La altura de entrega suele estar en metros.



**Figura 18:** Altura que necesitamos lograr alcanzar.

**Fuente:** Elaboración propia.

Lo más importante a tomar a tener en cuenta es el caudal que va ser aprovechable, ya que por medio de esto lograremos calcular los diferentes accesorios tanto así como las tuberías de alimentación y descarga para así lograr una óptima eficiencia de la bomba. Si por motivos de mayor necesidad se requiere una elevación del fluido tendríamos que elevar más la caída del caudal prolongado en la tubería de alimentación.

#### 4.2.4. Tuberías de alimentación.

El sistema de tuberías de suministro e impulsión tiene 2 objetivos:

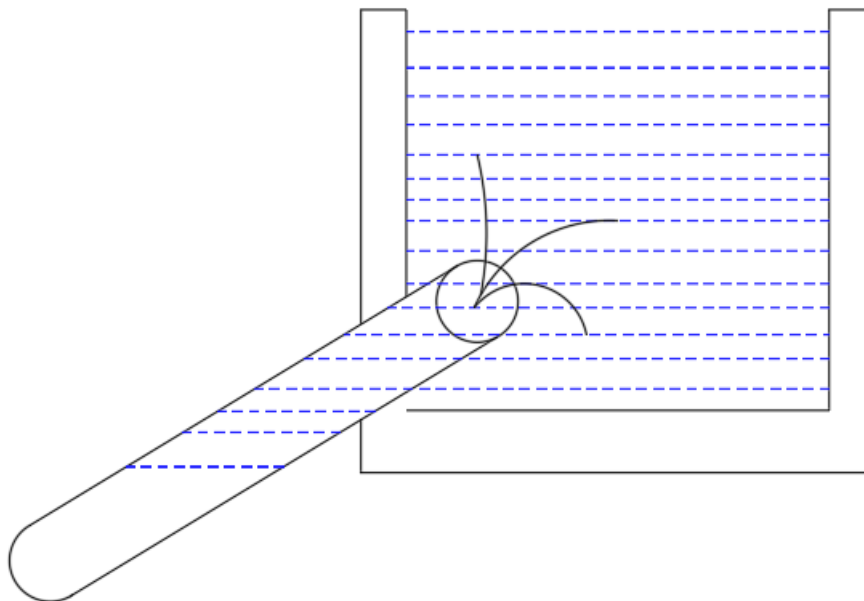
- Facilita el ingreso del agua del rio hacia la bomba de ariete ganando una velocidad máxima. La entrada del tubo debería estar en forma de trompeta sino de lo contrario tendríamos problemas con la corriente ya que puede romperse y generar torbellinos en el agua, el cual produce perdidas de fricción generando gases el cual forman pequeñas burbujas el cual se convierten en un peligro ya que actúa como colchones neumáticos dañando el rendimiento del ariete según los estudios de weinmann.

$$L_a = 4 * H_a \quad \dots\dots\dots(F.2).$$

Datos:

La: Longitud de tubería de alimentación.

Ha: Altura de Alimentación



**Figura 19:** ingreso del ducto de alimentación.

**Fuente:** Elaboración propia.

- Soportar el efecto que genera el golpe de ariete, motivos principales para recomendar el uso de tubería de alta presión, como los tubos de acero galvanizado, tubo de hierro, ya que todos estos materiales tienen una alta resistividad.

En sus investigaciones resalta que los ángulos deberían estar entre 10° y 45° con la parte horizontal, por lo tanto, procederemos en tratar de obtener el ángulo más recto posible para un desempeño óptimo al calcular el ángulo que forma el ducto de alimentación con el terreno según (Romero Guerrero y Lorenzo Gutiérrez 2014):

$$\sin \theta = \frac{H_a}{L_a} \dots\dots\dots(F.3).$$

Intentaremos que el ducto de alimentación obtenga una prolongación mayor a 10 m y menor a 30 m, cumpliendo con la comparación, es decir:

$$10m < L_a < 30m$$

Las mediciones de longitud y diámetro del ducto de alimentación de agua. Son un factor importante en el correcto funcionamiento de los arietes hidráulicos, ya que se encargan de dirigir el fluido desde la entrada de agua al cilindro y Resisten las ondas de presión creadas por el golpe de ariete. S.B Watt mencionó que las siguientes condiciones son las más adecuadas:

$$\frac{L_a}{150} \leq D_a \leq \frac{L_a}{500} \dots\dots\dots(F.4).$$

$D_a$ : Diámetro de tubería de alimentación.

El correcto funcionamiento dependerá del buen vínculo entre la longitud ( $L_a$ ) y el diámetro ( $D_a$ ).

#### 4.2.5.\_ Caudal de alimentación

Es el volumen de líquido que pasa por la tubería de alimentación en un tiempo predeterminado.

##### 4.2.5.1. \_ Ecuación de Reynolds

La ecuación de Reynolds (Re) es una ecuación adimensional se utiliza para transmitir imágenes para describir el desplazamiento de los fluidos. Indicando si la corriente sigue condiciones de flujo laminar o turbulento, y se calcula de la siguiente manera:

$$Re = \frac{V * D_a}{\nu} \dots \dots \dots (F.5).$$

Datos:

Re = Número de Reynolds.

V = Velocidad del fluido en la tubería (m/s).

$\nu$  = Viscosidad cinética del fluido ( $m^2/s$ ).

$NRE < 2000$  Flujo laminar.

$NRE > 4000$  Flujo turbulento.

$2000 < NRE < 4000$  Flujo impredecible

#### 4.2.5.2. \_ Rugosidad relativa.

Se expresa como la correlación entre el diámetro del ducto y la rugosidad promedio de la pared de la tubería.

Donde:

$$Er = \frac{Eacero}{D_a} \dots\dots\dots (F.6).$$

$Er$ : Rugosidad relativa.

$D_a$ : Diámetro de tubería de alimentación.

$Eacero$ : Rugosidad absoluta (m).

#### 4.2.5.3.\_ Factor de fricción.

Obteniendo la condición que es flujo laminar, el coeficiente de fricción y la rugosidad se puede calcular utilizando la ecuación de Poiseuille:

$$\gamma = \frac{64}{Re} \dots\dots\dots (F.7).$$

Coeficiente de fricción para una tubería lisa en régimen turbulento se puede calcular usando la ecuación de Blasius:

$$\gamma = \frac{0.316}{Re} \dots\dots\dots (F.8).$$

En ductos rugosas, el coeficiente de fricción depende mucho de Reynolds  $Re$  y la rugosidad relativa  $er$  se pueden obtener usando Ecuación de Colebrook-White.

$$\frac{1}{\sqrt[2]{\gamma}} = -2 * \log \left( \frac{Er}{3.7} + \frac{2.51}{Re * \sqrt[2]{\gamma}} \right) \dots\dots\dots (F.9).$$

$\gamma$ : Factor de fricción

$Re$ : Numero de Reynolds



#### 4.2.5.4.\_ Pérdidas por factor de fricción en la tubería de alimentación.

Cuando el líquido fluye a través de una tubería, tubería o cualquier equipo, la pérdida de energía se debe a la fricción dentro del conducto, para lograr obtener los datos de perdidas utilizamos la ecuación de Darcy-Weisbach:

$$hf_{alim} = \gamma * \frac{L_a * V^2}{D_a * 2 * g} \dots\dots\dots (F.10).$$

Datos:

$hf_{alim}$  = Pérdidas por fricción (m).

$\lambda$  = Factor de fricción.

$D_a$  = Diámetro interno de la tubería (m).

$L_a$  = Longitud de la tubería de suministro (m).

Teniendo en cuenta que el régimen de trabajo es turbulento utilizaremos esta fórmula:

$$Q_{alim} = 2.2148 * \pi * \sqrt{\left(\frac{D_a * hf_{alim}}{L_a}\right) * \log\left(\frac{\epsilon r}{3.7} + \frac{0.566 * v}{D_a} * \sqrt{\frac{L_a}{hf_{alim}}} * 10\right)} \dots\dots (F.11).$$

Datos:

$hf_{alim}$ : Caudal de alimentación (l/s).

$hf$ : Pérdidas por fricción (m).

$\epsilon r$ : Rugosidad relativa.

$D_a$ : Diámetro interno de la tubería (m).

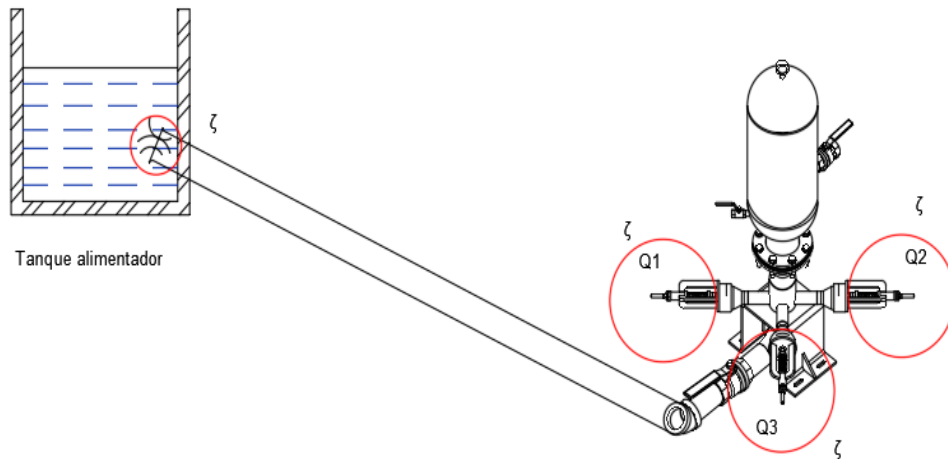
$L_a$ : Longitud de la tubería de suministro (m).

#### 4.2.6.\_ Evaluación de los coeficientes de resistencia locales

Para evaluar los coeficientes de arrastre ( $\zeta$ ), observaremos desde el ingreso de la tubería de alimentación hasta los pistones del ariete y desde allí averiguaremos dónde están las pérdidas locales.

Teniendo en cuenta que los pistones de impulso, por igual, obtendrán la misma pérdida de resistencia, ya que en cada válvula el flujo se distribuye proporcionalmente.

La siguiente figura muestra los puntos donde ocurrieron pérdidas locales durante la instalación.



**Figura 20:** pérdidas locales por instalación.

**Fuente:** elaboración propia.

Formula a utilizar es la siguiente según como lo planteo J. Krol después de realizar pruebas experimentales:

$$R_s = \frac{2.43 - 1.06 * S + 10^{(0.95 - 13.30 * S)}}{S} \dots\dots\dots (F.12).$$

Datos:

$S$ : Carrera de la válvula de impulso (pulg).

$R_s$ : Perdida en válvula de impulsión.

**4.2.7.\_ Caudal utilizado para abastecer el ariete hidráulico.**

Debemos considerar que las cuatro válvulas son idénticas y cumplen la misma función para lograr obtener un óptimo resultado. Por lo tanto, a continuación, mostraremos la siguiente relación del área que se necesitara para lograr obtener el caudal total:

$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4$$

Donde:

$$Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q_4$$

$$Q_T = 4 * Q_1$$

$$Q_1 = \frac{Q_T}{4}$$

Para hallar el area total utilizaremos:

$$A_T = A_1 + A_2 + A_3 + A_4$$

$$A_1 = A_2 = A_3 = A_4$$

$$A_T = 4 * A_1$$

$$A_T = 4 \left( \frac{\pi * D_{salida}^2}{4} - \frac{\pi * D_{pist}^2}{4} \right) \dots\dots\dots (F.13).$$

Datos:

$A_T$  : Area total de válvulas de impulso.

$D_{salida}$  : Diámetro salida de válvula de impulso.

$D_{pist}$  : Diámetro exterior de piston.

Para lograr calcular el caudal total utilizaremos la sgte formula:

$$\sum C = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5 + C_6 + C_7$$

$$Q_T = A_T \sqrt{\frac{2 * g * H_a}{1 + \gamma * \frac{L_a}{D_{salida}} + \sum C}} \dots\dots\dots (F.14).$$

- Datos:
- $\gamma$ : Factor de fricción
  - $g$ : Aceleración de la gravedad
  - $Q_T$ : Caudal total de ingreso
  - $H_a$ : Altura de alimentación
  - $L_a$ : Longitud de tubería de alimentación
  - $D_{salida}$ : Diámetro salida de válvula de impulso
  - $\sum C$ : Sumatoria de coeficientes de Resistencia

Logrando obtener el caudal total también debemos de conocer el caudal por válvula independientemente.

$$Q_1 = \frac{Q_T}{4} \dots\dots\dots (F.15).$$

**4.2.8. \_ Velocidad en las válvulas de impulso (VVI).**

Teniendo en cuenta que las válvulas son primordiales para el trabajo del equipo, se propone la siguiente fórmula para obtener su velocidad de impulso.

$$V_{VI} = \sqrt{\frac{2 * g * H_a}{1 + \gamma * \frac{L_a}{D_a} + \sum C}} \dots\dots\dots (F.16).$$

$\gamma$ : Factor de fricción

$V_{VI}$  : Velocidad de válvula de impulso.

$D_{pist}$  : Diámetro exterior de pistón

$g$  : Aceleración de la gravedad

$H_a$  : Altura de alimentación

$L_a$  : Longitud de tubería de alimentación

$\sum C$  : Sumatoria de coeficientes de Resistencia

**4.2.9. \_ La duración del período.**

Para nuestros cálculos emplearemos los tiempos encontrados en los métodos desarrollados por J. Eytelwein.

$$T = T_a + T_b + T_r \dots\dots\dots (F.17).$$

$T_a$ : Tiempo de aceleración (s).

$T_b$ : Tiempo de bombeo (s).

$T_r$ : Tiempo de recuperación (s).

$T$ : Tiempo total de un periodo (s)

#### 4.2.10. \_ Caudal de un ciclo.

##### 4.2.10.1.\_ Caudal desperdiciado en un ciclo trabajado.

Las áreas de descarga de las cuatro válvulas se toman en cuenta para lograr determinar el caudal residual que logramos generar.

$$Q_{des} = \frac{1}{T} * 4 * \frac{\pi * D_{salida}^2}{4} \left( \int_0^{T_a} V_{VI} * t dt + \int_{T_a+T_b}^{T_a} V_{VI} * t dt \right) \dots\dots\dots (F.18).$$

Datos:

$D_{SV}$ : Diámetro de salida final de válvula de impulso.

$V_{VI}$ : Velocidad de válvula de impulso.

$T_a$ : Tiempo de aceleración (s).

$T_b$ : Tiempo de bombeo (s).

$T_r$ : Tiempo de recuperación (s).

$T$ : Tiempo total de un periodo (s).

$Q_{des}$ : Caudal desechado en un ciclo de trabajo (l/ciclo).

##### 4.2.10.2.\_ Caudal de bombeo en 1 ciclo de trabajo (Qb).

Se tendrá en cuenta toda el área de ingreso de la válvula de retención para obtener el caudal de la bomba.

$$qb = \frac{1}{T} * \frac{\pi * D_{check}^2}{4} * \int_{T_a}^{T_a+T_b} V_{VI} * t dt \dots\dots\dots (F.19).$$

Datos:

$D_{check}$ : Diámetro de válvula check.

$V_{VI}$ : Velocidad de válvula de impulso.

$T$ : Tiempo de duración de un periodo.

$qb$ : Caudal de bombeo en un ciclo de trabajo (l/ciclo).

#### 4.2.11.\_ Presión dinámica ( $P_{dinámica}$ ).

La presión dinámica de una válvula es muy importante tener en cuenta y conocer sus datos, utilizaremos la siguiente fórmula:

$$P_{dinamica} = \frac{\rho_{agua} * V_{VI}^2}{2} \dots\dots\dots (F.20).$$

Datos:

$\rho_{agua}$  : Densidad del agua a 20°.

$V_{VI}$ : Velocidad de válvula de impulso.

#### 4.2.12.\_ Energía cinética.

La energía cinética es la aceleración de un objeto con masa estática, que refleja la velocidad, sabiendo que la energía posee un objeto en movimiento.

$$E_C = \frac{m * V^2}{2}$$

$$E_C = \frac{Q_{ciclo} * \rho_{agua} * V_{VI}^2}{2} \dots\dots\dots (F.21).$$

Datos:

$\rho_{agua}$  : Densidad del agua a 20°.

$V_{VI}$ : Velocidad de válvula de impulso.

#### 4.2.13.\_ Pérdidas en la tubería de impulsión ( $h_{fi}$ ).

Teniendo en cuenta que hay pérdidas en el momento de impulsar el agua utilizaremos la sgte fórmula para lograr tener los datos disponibles:

$$h_{fi} = \gamma * \frac{L_{imp} * V_{imp}^2}{D_i * 2 * g} \dots\dots\dots (F.22).$$

Datos:

$L_{imp}$ : Longitud de tubería de impulsión.

$h_{fi}$ : Pérdidas en tubería de impulsión.

$V_{imp}$ : Velocidad asumida para la impulsión.

Perdidas locales un dato muy importante:

$$h_{loc} = C_1 * \frac{V_{imp}^2}{2 * g} \dots\dots\dots (F.23).$$

Datos:

$h_{loc}$ : Pérdidas locales (m).

$g$ : Aceleración de la gravedad (m/s<sup>2</sup>).

$V_{imp}$ : Velocidad asumida para la impulsión. (m/s).

$\zeta$ : Coeficiente a dimensional de Pérdidas locales.

Para hallar la pérdida por inercia también utilizaremos la sgte formula:

$$h_{iner} = \frac{L_{imp}}{g} * \frac{V_{imp}}{dt} \dots\dots\dots (F.24).$$

Datos:

$h_{iner}$ : Pérdidas inerciales (m).

$L_{imp}$ : Longitud de tubería de impulsión (m).

$V_{imp}$ : Velocidad asumida para la impulsión. (m/s).

#### 4.2.15.\_ Altura que desarrolla el ariete (H).

Para lograr un buen rendimiento tenemos que conocer la altura que el ariete hidráulico logra desarrollar.

$$H = H_i + h_{fi} + h_{loc} + h_{iner} \dots\dots\dots (F.25).$$

Datos:

H: altura de desarrollo del ariete.

#### 4.2.16.\_ Fenómenos físicos dentro del ariete hidráulico.

##### 4.2.16.1.\_ Celeridad en la onda de presión.

Calcular la velocidad de la onda de presión utilizaremos la sgte fórmula matemática de Joukowski.

$$a = \frac{\sqrt{\frac{E_0}{\rho}}}{\sqrt{1 + \frac{E_0 \cdot D_a}{E \cdot \delta}}} \dots\dots\dots (F.26).$$

Datos:

$E_0$ : Modulo de elasticidad de volumen Del fluido (N/m<sup>2</sup>).

a: Celeridad onda elástica del fluido en la tubería

$\rho$ : Densidad del fluido (kg/m<sup>3</sup>).

$E_0$ : Módulo de elasticidad del material de la

$D_a$ : Diámetro de la tubería de alimentación (m).

$\delta$ : Espesor de la tubería (m).

##### 4.2.16.2.\_ Tiempo de cierre de la válvula.

Recopilar el tiempo de cierre de una válvula es un dato muy importante que lo realizaremos utilizando la siguiente formula según el matemático Allievi.

$$T_{cv} = \frac{2 \cdot L_a}{a} \dots\dots\dots (F.27).$$

Datos:

$T_{cv}$ : tiempo de cierre de válvula.

a: Celeridad onda elástica del fluido en la tubería.

$L_a$ : Diámetro de la tubería (m).



#### 4.2.16.3.\_ Sobrepresión existente dentro del ariete.

Al producirse una sobrepresión en la carcasa del pistón puede dañar al equipo por eso recurriremos a obtener sus datos utilizando la siguiente fórmula:

$$\Delta p = \rho * a * V_{VI} \dots\dots\dots (F.28).$$

Datos

a: Celeridad onda elástica del fluido en la tubería.

$\rho$ : Densidad del fluido (kg/m<sup>3</sup>).

$V_{VI}$ : Velocidad de válvula de impulso.

Teniendo los datos de sobrepresión también lograremos calcular la presión máxima según la expresión matemática de J. Ma. Mayol pero antes de eso debemos hallar la carga máxima:

$$\Delta H = \frac{V_{VI} * a}{g} \dots\dots\dots (F.29).$$

$$H_{max} = H_a + \Delta H \dots\dots\dots (F.30).$$

$$P_{max} = \rho * g * H_{max} \dots\dots\dots (F.31).$$

Datos:

*P<sub>max</sub>*: Presión maxima del ariete.

*H<sub>max</sub>*: Carga maxima del ariete.

Luego de calcular la presión máxima también debemos tener en cuenta la presión mínima utilizando la expresión matemática de J. Ma. Mayol el cual hallaremos primero obteniendo la altura mínima:

$$H_{min} = H_a - \Delta H \dots\dots\dots (F.32).$$

$$P_{min} = \rho * g * H_{min} \dots\dots\dots (F.33).$$

Datos:

*P<sub>min</sub>*: Presión minima del ariete.

*H<sub>min</sub>*: Carga minima del ariete.

#### 4.2.17.\_ Coeficiente de arrastre en la válvula de impulso.

Para lograr el cálculo desarrollaremos la formula según lo planteo J. Krol en sus investigaciones.

$$C_a = \frac{0.345 - 0.250 * S + 10^{(0.52 - 6.85 * S)}}{S} \dots\dots\dots (F.34).$$

Datos:

Ca: coeficiente de arrastre.

S: carrera de la válvula de impulso (pulg).

#### 4.2.18.\_ Fuerza hidráulica entre las válvulas de impulsión.

Este fenómeno ocurre cuando la válvula empieza a cerrarse ahí aplica una fuerza hidráulica, y se calcula con la formula.

$$F_h = C_a \left( \frac{\rho * A_{vi}^2}{g} \right) \dots\dots\dots (F.35).$$

$A_{vi}$ : Área proyectada de la válvula de impulso (m2).

$F_h$ : Fuerza hidráulica sobre las válvulas.

#### 4.2.19.\_ Peso de la válvula de impulso.

Teniendo en cuenta el peso de la válvula obtendremos datos para el óptimo funcionamiento del equipo, Para lograr hallar el máximo peso de la válvula desarrollaremos la fórmula matemática determinada por J. KROL.

$$0 < P_{vi} < \frac{A_{vi} * H_a * \rho * C_a}{M}$$

Datos:

P<sub>vi</sub>: peso máximo de válvula de impulso.

A<sub>vi</sub>: Área proyectada de la válvula de impulso (m2)

Donde el máximo peso de la válvula será:

$$M = h_{fi} + h_{loc} + h_{iner}$$

M: Sumatoria de pérdidas.

$$P_{vi} < \frac{A_{vi} * H_a * \rho * C_a}{M} \dots\dots\dots (F.36).$$

Datos:

$P_{vi}$ : peso máximo de válvula de impulso.

$A_{vi}$ : Área proyectada de la válvula de impulso (m<sup>2</sup>)

$C_a$ : coeficiente de arrastre.

$\rho$ : densidad (kg/m<sup>3</sup>).

$H_a$ : altura de alimentación.

#### 4.2.19.1. \_Peso del pistón de la válvula.

$$P_{pist} = V_{hdpe} * \rho_{hdpe}$$

$$P_{pist} = \pi(R^2 - r^2)e * \rho_{hdpe} \dots\dots\dots (F.37).$$

Datos:

$P_{pist}$ : Peso del pistón (kg).

$\rho_{hdpe}$ : Densidad de la tubería hdpe.

#### 4.2.19.2. \_Peso del vástago.

$$V_{vas} = \frac{\pi * 0.0127^2}{4} m^2 * L_{vast} \dots\dots\dots (F.38).$$

$$P_{vast} = V_{vas} * \rho_{inox} \dots\dots\dots (F.39).$$

Datos:

$P_{vast}$ : Peso del vástago (kg).

$\rho_{inox}$ : Densidad de acero inoxidable.

$L_{vast}$ : Longitud del vástago (m).

#### 4.2.19.3.\_ **Peso de la tuerca.**

$$P_{total} = V_{tuerca} * 6 \dots\dots\dots(F.40).$$

Datos:

$P_{tuerca}$  : Peso de la tuerca.

$P_{total}$  : Peso total de las tuercas.

El impulso que la válvula logra en su peso total es:

$$P_{tot} = P_{pist} + P_{vast} + P_{resorte} \dots\dots\dots (F.41).$$

#### 4.2.20.\_ **Resistencia cortante en la válvula de impulso.**

La tensión debida a la deformación por cortante se calcula por el método de la sección:

La sección de corte de la válvula se calcula con la formula.

$$A_{cort} = \pi * D_{salida} * h_c \dots\dots\dots (F.42).$$

$D_{salida}$  : Diámetro salida de válvula de impulso

$h_c$  : Espesor de Pistón

$A_{cort}$  : Area de corte de la válvula

La fuerza que actúa sobre el punto de contacto de la válvula lo calcularemos a partir de la sobrepresión creada instantáneamente por el choque hidráulico:

$$F_a = \Delta p * A_{cort} \dots\dots\dots (F.43).$$

Datos:

Fa: Fuerza aplicada sobre el área de contacto de la válvula.

Acort: Área de corte de la válvula.

El esfuerzo cortante permisible se calcula utilizando la fórmula:

$$E_{perm} = 0.6 * R_{traccion} \dots\dots\dots (F.44).$$

$E_{perm}$ : Esfuerzo permisible.

$R_{traccion}$ : Resistencia de tracción.

Para lograr calcular el esfuerzo se formula lo sgte:

$$E_{cort} = \frac{F_a}{A_{cort}} \dots\dots\dots (F.45).$$

Datos:

$E_{cort}$ : Esfuerzo cortante.

$F_a$ : Fuerza aplicada sobre el área de contacto de la válvula.

#### 4.2.21.\_ Potencia utilizada del ariete hidráulico.

$$P_{ut} = P e_a * q b * h_{iner} \dots\dots\dots (F.46).$$

$P_{ut}$ : Potencia utilizada (J).

$P e_a$ : Peso específico (N/m<sup>3</sup>).

$q b$ : Caudal de bombeo (m<sup>3</sup>/s).

$h_{iner}$ : Pérdidas inerciales (m).

#### 4.2.22.\_ Potencia recibida.

Desarrollando la fórmula obtendremos la potencia recibida:

$$P b = (Q_{des} + q b) P e_a * H_a \dots\dots\dots (F.47)$$

$P b$ : Potencia recibida (J).

#### 4.2.23.\_ Eficiencia.

Para analizar la eficiencia utilizaremos la fórmula:

$$n = \frac{qb*Hi}{(Q_{des}+qb)H_a} * 100 \dots\dots\dots (F.48).$$

$n$ : Eficiencia.

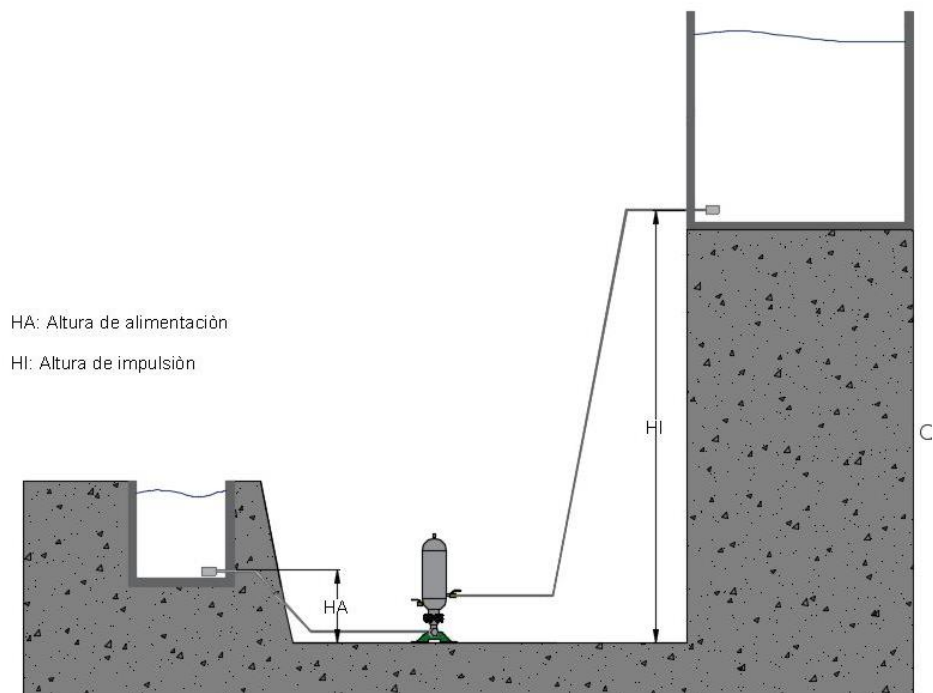
#### 4.3.21.\_ Rendimiento volumétrico.

El rendimiento lo podemos obtener con la siguiente formula:

$$n_v = \frac{qb}{(Q_{des}+qb)} * 100 \dots\dots\dots (F.49).$$

$n_v$ : Rendimiento volumétrico

### 4.3. \_ Selección y diseño de elementos que conforman el sistema de bombeo.



**Figura 21:** sistema de bombeo mediante un ariete hidráulico.

**Fuente:** Elaboración propia.

#### 4.3.1.\_ Estudio previo.

##### 4.3.1.1.\_ Altura de impulsión (Hi).

Usaremos un altímetro barométrico para el cálculo altura en terreno.

$$H_i = 30 \text{ m}$$

##### 4.3.1.2.\_ Calculando la altura alimentación (Ha).

Logrando obtener la altura se utilizará la fórmula (F.1).

$$H_a = \frac{1}{10} * H_i = 3 \text{ m}$$

Ha= Altura de alimentación.

La altura obtenida se encuentra dentro de los límites:

$$1 \text{ m} \leq 3 \text{ m} \leq 40 \text{ m}$$

##### 4.3.1.3.\_ Cálculo de la longitud de la tubería de alimentación (L).

$$L_a = 4 * H_a = 12 \text{ m}$$

$$10 \text{ m} \leq 12 \text{ m} \leq 30 \text{ m}$$

Romero Guerrero y Lorenzo Gutiérrez confirmaron en su investigación que este ángulo debe estar entre 10° y 45°, por lo que seguiremos calculando el ángulo que forma la tubería de suministro de agua con el suelo:

$$\sin \theta = \frac{H_a}{L_a}$$

$$\sin \theta = \frac{3}{12}$$

$$\sin \theta = 0.25$$

$$\theta = \sin^{-1}(\theta) = 14^\circ$$



#### 4.3.1.4.\_ Elección de la tubería de alimentación.

$$\frac{L_a}{150} \leq D_a \leq \frac{L_a}{500}$$

$D_a$  = diámetro recomendado

$$x = \frac{L_a}{500} = 24 \text{ mm}$$

$$y = \frac{L_a}{150} = 80 \text{ mm}$$

$$D_a = y = 80 \text{ mm}$$

El diámetro seleccionado para la tubería de suministro es  $\phi$  3" (84.9mm), este diámetro está entre los límites establecidos. El material a seleccionar es una tubería de hierro galvanizado.

$$D_a = D = 80 \text{ mm}$$

Da: diámetro de alimentación.

#### 4.3.1.5.\_ Calculando la tubería de impulsión (Di).

Para decretar el diámetro del ducto de impulsión resolveremos posteriormente esta ecuación:

$$Di = \frac{D_a}{1.5}$$

$$Di = \frac{80}{1.5} = 53 \text{ mm}$$

Los datos obtenidos con respecto al ducto de impulsión es  $\phi$  2".

### 4.3.2.\_ Cálculo del caudal aprovechable.

Para decretar el caudal aprovechable, se debe encontrar el modelo de régimen de trabajo, se logrará calcular las pérdidas por fricción y locales, teniendo en cuenta que el caudal aprovechable está en funciones de estas variables.

#### 4.3.2.1.\_ Evaluación del modelo de régimen.

Para decretar el modelo de régimen asumiremos que la velocidad del fluido es 1.6 m/s, con una temperatura de 20°C en la ubicación de la bomba.

Viscosidad cinemática:

$$v = 1.011 * 10^{-6} \frac{m^2}{s}$$

$$V = 1.6 \frac{m}{s}$$

$$Re = \frac{V * D_a}{v}$$

$$Re = \frac{1.6 \frac{m}{s} * 80 \text{ mm}}{1.011 * 10^{-6} \frac{m^2}{s}} = 1.266 * 10^5$$

Así que estamos tratando con un régimen de flujo turbulento.

#### 4.3.2.2.\_ Cálculo de la rugosidad relativa.

$$Er = \frac{Eacero}{D_a}$$

$$Er = \frac{1.50 \cdot 10^{-4} \text{ m}}{80 \text{ mm}} = 0.002$$

#### 4.3.2.3.\_ Cálculo del factor de fricción ( $\lambda$ ).

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 * \log \left( \frac{Er}{3.7} + \frac{2.51}{Re * \sqrt{\lambda}} \right)$$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 * \log \left( \frac{0.002}{3.7} + \frac{2.51}{1.266 * 10^5 * \sqrt{\lambda}} \right)$$

$$\lambda = 0.0244$$

$\lambda$ = Factor de fricción.

Re= Numero de Reynolds.

#### 4.3.2.4.\_ Cálculo de las pérdidas por fricción en la tubería de alimentación ( $h_f$ ).

Utilizando la formula (F.10) desarrollaremos:

$$h_{f_{alim}} = \lambda * \frac{L_a * V^2}{D_a * 2 * g} = 0.399 \text{ m}$$

$\lambda$  = Factor de fricción.

$h_{f_{alim}}$  = Perdida por fricción en tubería de alimentación

$L_a$  = longitud de tubería de alimentación.

Otra forma de realizar el cálculo del factor es utilizando el diagrama de Moody.

Ahora calcularemos el caudal de alimentación, tomando en cuenta de que el régimen de operación es turbulento, utilizaremos la sgte formula (F°11):

$$Q_{alim} = 2.2148 * \pi * \sqrt[2]{\left(\frac{D_a^5 * h_{falim}}{L_a}\right) * \log\left(\frac{Er}{3.7} + \frac{0.566 * v}{D_a} * \sqrt[2]{\frac{L_a}{h_{falim}} * 10}\right)}$$

$$Q_{alim} = 2.2148 \frac{m^3}{s} * \pi * \sqrt[2]{\left(\frac{0.08^5 * 0.399 m}{12 m}\right) * \log\left(\frac{Er}{3.7} + \frac{0.566 * (1.011 * 10^{-6})}{80} * \sqrt[2]{\frac{12 m}{0.399 m} * 10}\right)}$$

$$Q_{alim} = 7.331 \frac{L}{s}$$

#### 4.3.3.\_ Determinar los coeficientes de resistencia locales.

El cálculo del factor de pérdida de la válvula de choque se determinará utilizando la formula (F.12), el cual S es la elevación de la válvula, S = 0,39 pulg. (1 cm). Esta fórmula es la adecuada para válvulas con un peso entre 0,1 y 0,8 kg.

$$s = 0.39$$

$$R_s = \frac{2.43 - 1.06 * S + 10^{(0.95 - 13.30 * S)}}{S}$$

$$R_s = \frac{2.43 - 1.06 * 0.39 + 10^{(0.95 - 13.30 * 0.39)}}{0.39}$$

$$R_s = 5.17$$

Los coeficientes de resistencia se determinarán de acuerdo al anexo 5 Y 6:

$$C_1 = 0.29$$

$$C_5 = R_s = 5.171$$

$$C_2 = 0.29$$

$$C_6 = R_s = 5.171$$

$$C_3 = 5.7$$

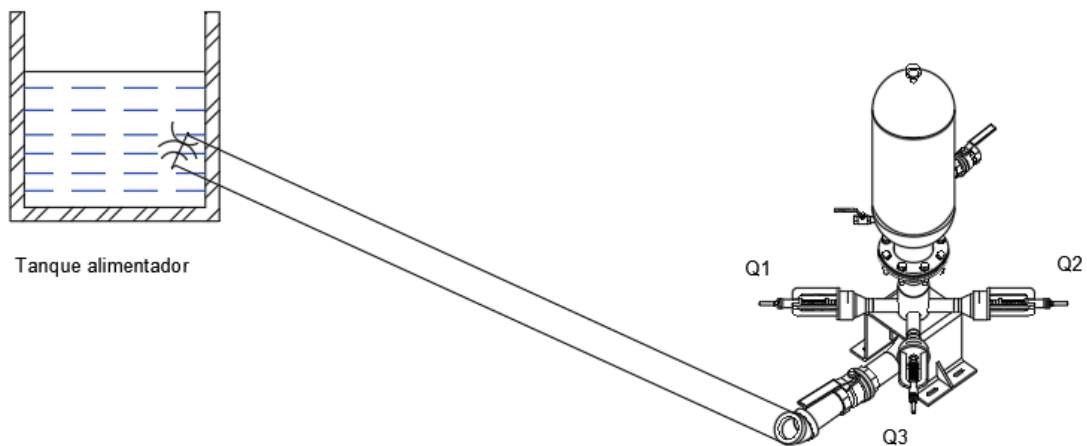
$$C_7 = R_s = 5.171$$

$$C_4 = R_s = 5.171$$

$\zeta_x$ : Coeficiente de Resistencia.

#### 4.3.4.\_ Calculando el caudal utilizado para abastecer el ariete hidráulico.

Lograr alimentar el ariete hidráulico tendremos que sumar los caudales que ejercen cada válvula al impulsar el fluido. Para una mayor explicación ver figura 22.



**Figura 22:** Caudal necesario para alimentar el ariete hidráulico.

**Fuente:** Elaboración propia.

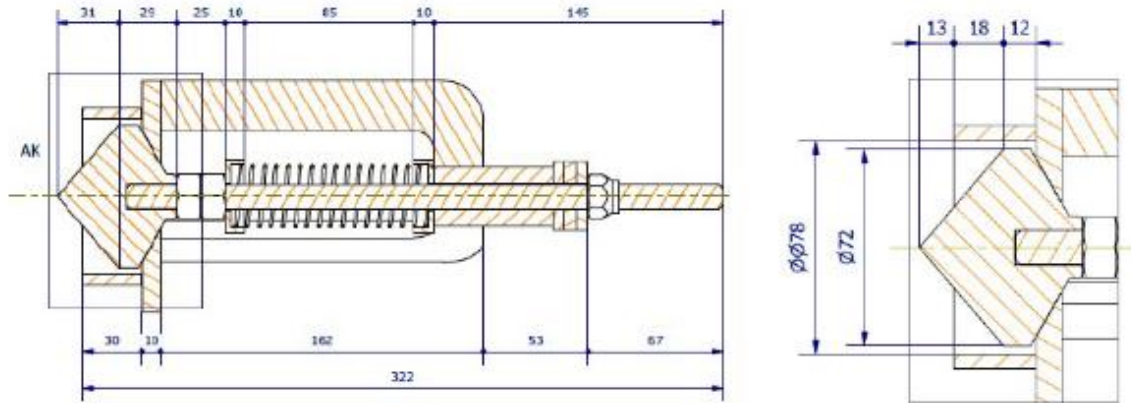
En la figura 23 se detalla las medidas de la válvula que logrará impulsar el fluido, el caudal se obtendrá mediante el siguiente dato:

$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4$$

$$Q_T = 4 * Q_1$$

$$Q_1 = \frac{Q_T}{4}$$

Ahora procederemos a obtener adecuadamente el total del área de descarga de la válvula de impulsión, tenemos que notar que las cuatro válvulas son idénticas; por lo que, el área total de producción se obtendrá encontrando el área de salida de la válvula y multiplicándola por cuatro.



**Figura 23:** Válvula de impulso.

**Fuente:** Elaboración propia.

Utilizando la formula (F.13) hallaremos el área total de cuatro válvulas:

$$D_{salida} = 0.078 \text{ m} \quad D_{pist} = 0.0663 \text{ m}$$

$$A_T = A_1 + A_2 + A_3 + A_4$$

$$A_1 = A_2 = A_3 = A_4$$

$$A_T = 4 * A_1$$

$D_{salida}$  : Diámetro salida de válvula de impulso

$D_{pist}$  : Diámetro exterior de pistón

$A_T$  : Área total de válvulas de impulso.

$$A_T = 4 \left( \frac{\pi * D_{salida}^2}{4} - \frac{\pi * D_{pist}^2}{4} \right)$$

$$A_T = 4 \left( \frac{\pi * 0.078^2}{4} - \frac{\pi * 0.0663^2}{4} \right)$$

$$A_T = 0.005 \text{ m}^2$$

$$A_1 = \frac{A_T}{4} = 0.001 \text{ m}^2$$

Para calcular el caudal total de ingreso utilizaremos la formula (F.14) que se expresa como una función de caudal.

$$\sum C = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5 + C_6 + C_7 = 29.96$$

$$Q_T = A_T \sqrt{\frac{2 * g * H_a}{1 + \lambda * \frac{L_a}{D_{salida}} + \sum C}}$$

$$Q_T = 0.005 \sqrt{\frac{2 * g * 3 \text{ m}}{1 + 0.0244 * \frac{12 \text{ m}}{0.078 \text{ m}} + \sum C}}$$

$$Q_T = 7.3 \frac{l}{s}$$

$\lambda$  = Factor de fricción

$g$ : Aceleración de la gravedad

$Q_T$ : Caudal total de ingreso

$H_a$ : Altura de alimentación

$L_a$ : Longitud de tubería de alimentación

$\sum C$ : Sumatoria de coeficientes de Resistencia

$D_{salida}$ : Diámetro salida de válvula de impulso

Como resultado se necesita 7.47 l/s para abastecer un ariete hidráulico de cuatro válvulas.

Por lo tanto, la formula (F.15) nos ayudara a calcular el caudal por válvula:

$$Q_1 = \frac{Q_T}{4} = 1.824 \frac{l}{s}$$

#### 4.3.5.\_ Calculando la velocidad en las válvulas de impulso (V<sub>VI</sub>).

Para calcular la velocidad de las válvulas utilizaremos la formula (F.16).

$$V_{VI} = \sqrt{\frac{2 * g * H_a}{1 + \gamma * \frac{L_a}{D_a} + \Sigma C}}$$

$$V_{VI} = \sqrt{\frac{2 * g * 3 m}{1 + 0.0244 * \frac{12 m}{80} + 29.96}}$$

$$V_{VI} = 1.36 \frac{m}{s}$$

$L_a$ : Longitud de tubería de alimentación.

$H_a$ : Altura de alimentación.

$\Sigma \zeta$ : Sumatoria de coeficientes de Resistencia.

$V_{VI}$ : Velocidad de válvula de impulso.

$g$ : Aceleración de la gravedad.

$\lambda$ : Factor de fricción.

$D_{pist}$ : Diámetro exterior de pistón.

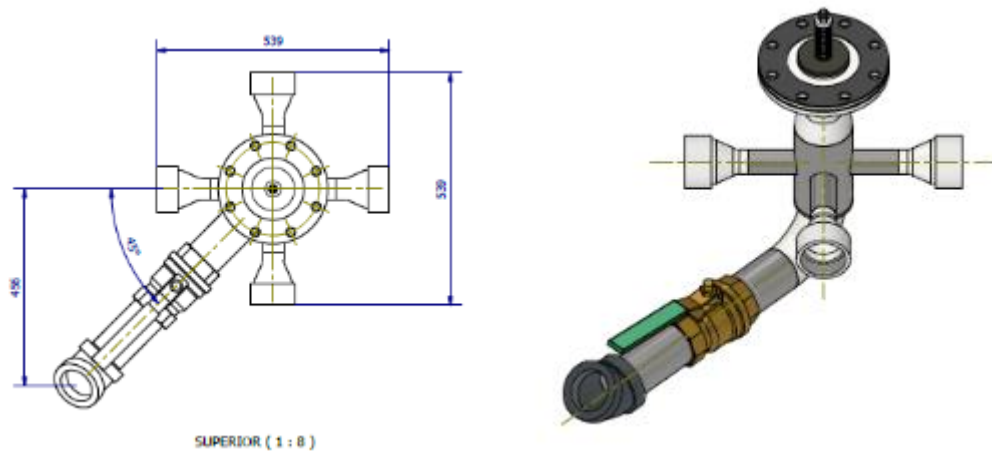
Concluyendo que 1.36 m/s es la máxima velocidad que logra alcanzar las válvulas de impulsión.



#### 4.3.6.\_ Diseño de accesorios del ariete hidráulico.

##### 4.3.6.1.\_ Cuerpo del ariete.

Los elementos internos como válvulas de impulso, descarga y cámara de aire; se colocaran en el cuerpo del ariete. El cuerpo debería soportar las presiones internas que es producido mediante los golpes de ariete.



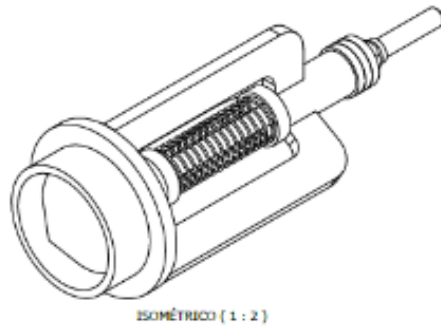
**Figura 24:** Cuerpo del ariete hidráulico.

**Fuente:** elaboración propia.

Al momento del montaje del cuerpo con las válvulas utilizamos bridas, las cuales nos permiten reducir los fenómenos de cambios en la sección de salida de las válvulas.

##### 4.3.6.2.\_ Válvula regulada con resorte.

Para lograr diseñar estos tipos de válvulas implican muchos factores uno de ellos es calcular previamente el tipo de resorte a utilizar, este resorte comanda el recorrido de desplazamiento de la válvula. La gran ventaja que tiene estas válvulas es su operación ya sea horizontal o vertical. Según figura



**Figura 25:** válvula regula con resorte.

**Fuente:** Elaboración propia.

#### **4.3.6.3\_ Diseñando las válvulas de impulsión.**

Puntos importantes y necesarios para diseñar la válvula de impulsión.

- La junta de la válvula de impulsión debe estar lo más apretada posible para que la válvula funcione de la mejor manera.
- La disposición de la válvula deberá permitir una apertura fácil de la válvula y un cierre rápido de la misma.
- Las válvulas deben ajustarse para garantizar la máxima eficiencia de bombeo.

##### **A.\_ Diámetro del pie de la válvula de impulsión.**

La válvula debe ser capaz de soportar las tensiones a las que estará sujeta, montaje de la válvula y la ventaja de ajustar su carrera y velocidad de cierre cambiando el juego de contrapesos.

##### **B.\_ Agujero de salida de agua en la válvula de impulsión.**

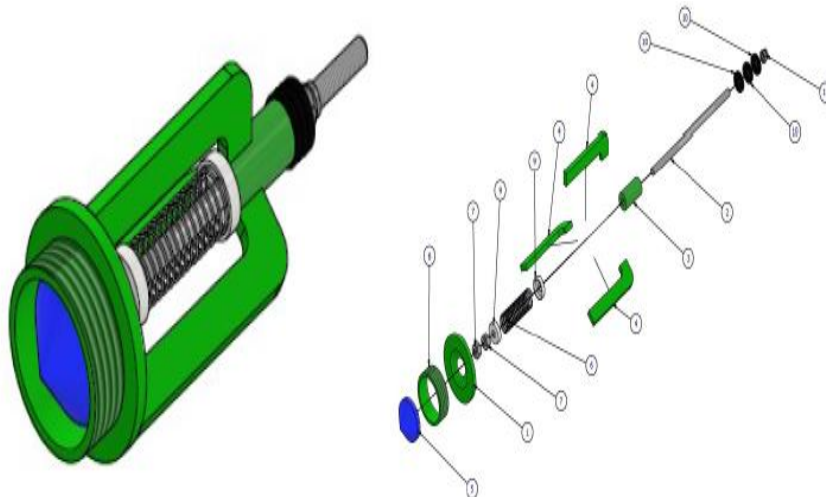
La salida de agua está especificada a 33,0 mm para lograr una mayor estanqueidad cuando la válvula está cerrada.

##### **C.\_ Espesor del pie de la válvula de impulsión.**

Para el cuerpo de la válvula de impulsión se decidió utilizar un tapón de polietileno de alta densidad de 72,0 mm de diámetro y 60,0 mm de espesor.

#### D.\_ Longitud y diámetro del vástago de la válvula de impulso.

El cuerpo tendrá una longitud de 300 mm para que haya espacio suficiente para colocar el peso, tuerca, contratuerca y cambio de carrera. El diámetro de rodadura seleccionado es de 12,00 mm (1/2 pulgada). El émbolo debe tener ancho lo suficientemente para que el agua logre empujarlo, así logrando cerrar la válvula. Este evento debe ser lo más rápido y limpio. Para cerrar la válvula rápidamente, es importante que el vástago de la válvula de pulso se coloque en posición horizontal, de lo contrario, para que el cierre de la válvula sea limpio, la superficie de contacto del obturador (brida) con el obturador debe tener un buen acabado superficial. .terminar para obtener estanqueidad.



**Figura 26:** Componentes de la válvula de impulso.

**Fuente:** elaboración propia.

#### 4.3.7.\_ Calculando la duración de un periodo.

Para nuestros cálculos usaremos los tiempos encontrados en los métodos desarrollados por J. Eytelwein, que nos dice que el tiempo de aceleración es de 0,9 segundos, teniendo también como dato el tiempo de bombeo que es de 0,052 segundos y el tiempo de retroceso es de 0,048 segundos. El período de tiempo se calcula sustituyendo estos valores en la fórmula (F.17):

$$T_a = 0.9 \text{ seg} \quad T_b = 0.052 \text{ seg} \quad T_r = 0.048 \text{ seg}$$

$$T = T_a + T_b + T_r$$

$$T = 0.9 + 0.052 + 0.048$$

$$T = 1 \text{ seg}$$

$T_a$ : Tiempo de aceleración (s).

$T_b$ : Tiempo de bombeo (s).

$T_r$ : Tiempo de recuperación (s).

$T$ : Tiempo total de un periodo.

#### 4.3.8.\_ Cálculo de todo el caudal de un ciclo.

Utilizaremos las fórmulas (F.18) Y (F.19), para lograr obtener el caudal de bombeo y el caudal de desperdicio, mediante las cuatro válvulas.

Datos:

$Q_b$ : caudal de bombeo.

$Q_{desp}$ : caudal de desperdicio.

##### 4.3.8.1.\_ Calculando el caudal desechado en 1 ciclo de trabajo.

Las áreas de descarga de las cuatro válvulas se toman en cuenta para lograr determinar el caudal residual que logramos generar (F.18).

$$Q_{des} = \frac{1}{T} * 4 * \frac{\pi * D_{salida}^2}{4} \left( \int_0^{T_a} V_{VI} * t dt + \int_{T_a+T_b}^{T_a} V_{VI} * t dt \right)$$

$$Q_{des} = \frac{1}{1 \text{ seg}} * 4 * \frac{\pi * 0.078 \text{ m}^2}{4} \left( \int_0^{0.9 \text{ seg}} 1.36 * t dt + \int_{0.9 \text{ seg}+0.052 \text{ seg}}^{0.9 \text{ seg}} 1.36 * t dt \right)$$

$$Q_{des} = 0.9 \text{ l por ciclo}$$

Datos:  $D_{salida}$ : Diámetro salida de válvula de impulso

$T$ : Tiempo total de un periodo (s)

$T_a$ : Tiempo de aceleración (s)

$T_b$ : Tiempo de bombeo (s)

$T_r$ : Tiempo de recuperación (s)

$Q_{des}$ : Caudal desechado en un ciclo de trabajo (l/ciclo)

#### 4.3.8.2.\_ Calculando el caudal de bombeo en 1 ciclo de trabajo (Qb).

Se tendrá en cuenta toda el área de ingreso de la válvula de retención para obtener el caudal de la bomba utilizando la formula (F.19).

$$D_{check} = 96 \text{ mm}$$

$$qb = \frac{1}{T} * \frac{\pi * D_{check}^2}{4} * \int_{T_a}^{T_a+T_b} V_{VI} * t dt$$

$$qb = \frac{1}{1} * \frac{\pi * 96^2}{4} * \int_{0.9}^{0.9+0.052} 1.36 * t dt$$

$$qb = 0.475 \text{ l por ciclo}$$

$D_{check}$  = Diámetro de válvula check.

$V_{VI}$ : Velocidad de válvula de impulso.

$T$  = Tiempo de duración de un periodo

$qb$ : Caudal de bombeo en un ciclo de trabajo (l/ciclo)

Ahora continuaremos en lograr el cálculo de los litros acabados por el ariete en un ciclo de trabajo, utilizaremos la siguiente formula.

$$Q_{ciclo} = Q_{des} + qb$$

$Q_{des}$ : Caudal desechado en un ciclo de trabajo (l/ciclo)

$$Q_{ciclo} = 9.774 \text{ l por ciclo}$$

$qb$ : Caudal de bombeo en un ciclo de trabajo (l/ciclo)

#### 4.3.9.\_ Calculando la presión dinámica ( $P_{dinámica}$ ).

Lograremos calcular la presión dinámica de las válvulas con la siguiente fórmula (F.20):

$$\rho_{agua} = 998.29 \frac{kg}{m^3}$$

$$P_{dinamica} = \frac{\rho_{agua} * V_{VI}^2}{2}$$

$\rho_{agua}$ : Densidad del agua a 20°

$V_{VI}$ : Velocidad de válvula de impulso.

$$P_{dinamica} = 0.009 \text{ bar}$$

#### 4.3.10.\_ Calculando la energía cinética.

La energía cinética es la aceleración de un objeto con masa en reposo. Indica la velocidad, es decir, la energía que posee un objeto en movimiento. Cuanto mayor sea el caudal obtenido de agua. Cuanto mayor sea la fuerza, mayor será la energía del impacto utilizaremos la formula (F.21).

La energía cinética disponible es:

$$E_C = \frac{m * V^2}{2}$$

$\rho_{agua}$ : Densidad del agua a 20°

$$E_C = \frac{Q_{ciclo} * \rho_{agua} * V_{VI}^2}{2}$$

$V_{VI}$ : Velocidad de válvula de impulso.

$$E_C = 9.068 J$$

#### 4.3.11.\_ Calculando las pérdidas en la tubería de impulsión (h<sub>fi</sub>).

Para calcular las pérdidas por fricción desarrollaremos la formula (F.22).

$$L_{imp} = 500 m \quad V_{imp} = 1 m/s$$

$h_{fi}$ : Pérdida en tubería de impulsión.

$$h_{fi} = \gamma * \frac{L_{imp} * V_{imp}^2}{D_i * 2 * g}$$

$L_{imp}$ : Longitud de tubería de impulsión

$V_{imp}$ : Velocidad asumida para la impulsión.

$$h_{fi} = 9.751 m$$

Para calcular las perdidas locales desarrollaremos la formula (F.23), utilizando codos de 45° su coeficiente es  $\zeta = 0.32$

$$h_{loc1} = C_1 * \frac{V_{imp}^2}{2 * g} = 0.016 m$$

$$h_{loc2} = C_2 * \frac{V_{imp}^2}{2 * g} = 0.016 m$$

$$h_{loc} = h_{loc1} + h_{loc2}$$

$$h_{loc} = 0.033 m$$

$h_{loc}$ : Pérdidas locales (m)

$g$ : Aceleración de la gravedad (m/s<sup>2</sup>)

$V_{imp}$ : Velocidad asumida para la impulsión. (m/s).

$\zeta$ : Coeficiente dimensional de Pérdidas locales.

Calcularemos las pérdidas inerciales desarrollando la formula (F.24).

$$V_{imp} = 1 \text{ m/s} \quad L_{imp} = 500 \text{ m} \quad dt = 150 \text{ s}$$

$$h_{iner} = \frac{L_{imp}}{g} * \frac{V_{imp}}{dt}$$

$$h_{iner} = 0.34 \text{ m}$$

$h_{iner}$  : Pérdidas inerciales (m).

$L_{imp}$  : Longitud de tubería de impulsión (m)

$V_{imp}$  : Velocidad asumida para la impulsión. (m/s).

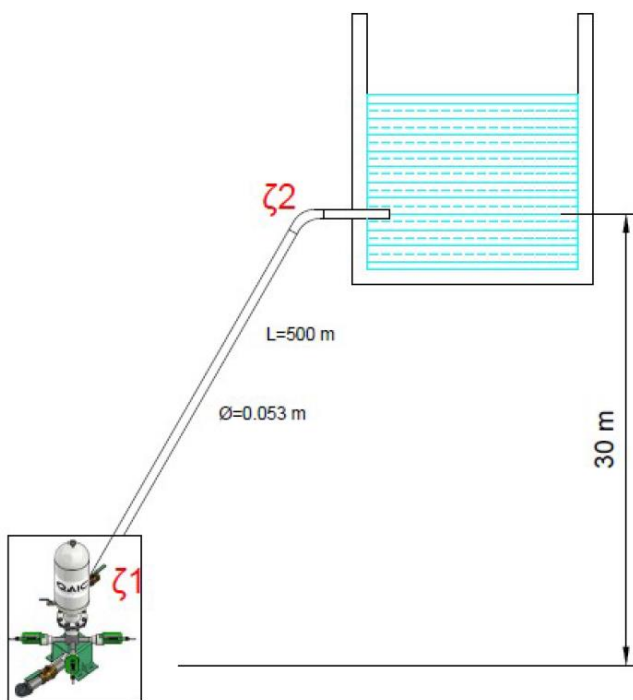
#### 4.3.12.\_ Calculando la altura que desarrolla el ariete (H).

Utilizaremos la formula (F.25).

$$H_i = 30 \text{ m}$$

$$H = H_i + h_{fi} + h_{loc} + h_{iner}$$

$$H = 40.124 \text{ m}$$



**Figura 27:** Pérdidas en la tubería de impulsión.

**Fuente:** elaboracion propia.

#### 4.3.13.\_ Calcular los fenómenos físicos dentro del ariete hidráulico.

##### 4.3.13.1.\_ Calculando la celeridad en la onda de presión.

Calcular la velocidad o la velocidad de la onda de presión utilizaremos la fórmula (F.26).

$$E_o = 2200 \text{ MPa} \quad \rho = 998.2 \text{ kg/m}^3 \quad D_a = 0.08 \text{ m} \quad E = 3.1 \text{ GPa}$$

$$\delta = 0.0025 \text{ m}$$

$$a = \frac{\sqrt{\frac{E_o}{\rho}}}{\sqrt{1 + \frac{E_o * D_a}{E * \delta}}}$$

$$a = 304.888 \text{ m/s}$$

##### 4.3.13.2.\_ Calculando el tiempo de cierre de la válvula.

Para el cálculo del tiempo de cierre en la válvula usaremos la fórmula matemática de Allievi (F.27).

$$T_{cv} = \frac{2 * L_a}{a}$$

$$T_{cv} = 0.079 \text{ s}$$

Obteniendo el resultado del tiempo de cierre de la válvula tenemos que es un cierre rápido  $t=0.079\text{s}$ , estos ensayos lo realizamos en campo donde se va a instalar en la ciudad de cañete.

##### 4.3.13.3.\_ Calculando la sobrepresión existente dentro del ariete.

Calcule la sobrepresión que se produce en la carcasa del pistón utilizando la fórmula (F.28):

$$\Delta p = \rho * a * V_{VI}$$

$$\Delta p = 4.149 \text{ bar}$$



Tenemos un cierre rápido, el cual la sobrepresión que es generada por el ariete lo podemos calcular con la formula (F.29).

$$\Delta H = \frac{V_{VI} * a}{g}$$

$$\Delta H = 42.386 \text{ m}$$

Calculamos la máxima presión con la siguiente formula, antes debemos calcular la carga máxima al instalar utilizando la formula (F.30).

$$H_{max} = H_a + \Delta H$$

$$H_{max} = 45.386 \text{ m}$$

La presión máxima en la instalación se calcula con la fórmula (F.31)

$$P_{max} = \rho * g * H_{max}$$

$$P_{max} = 4.443 \text{ bar}$$

Calculamos la mínima presión con la siguiente formula, antes debemos calcular la carga mínima al instalar utilizando la formula (F.32).

$$H_{min} = H_a - \Delta H$$

$$H_{min} = -39.386 \text{ m}$$

La presión mínima en la instalación utilizando la formula (F.33): es:

$$P_{max} = \rho * g * H_{max}$$

$$P_{max} = -3.856 \text{ bar}$$

#### 4.3.14.\_ Calculando el coeficiente de arrastre en la válvula de impulso.

Para lograr el cálculo desarrollaremos la formula (F.34).

$$C_a = \frac{0.345 - 0.250 * S + 10^{(0.52 - 6.85 * S)}}{S}$$

$$C_a = 0.628$$

$C_a$ : Coeficiente de arrastre.

#### 4.3.15.\_ Calculando la fuerza hidráulica entre las válvulas de impulsión.

Este fenómeno ocurre cuando la válvula empieza a cerrarse ahí aplica una fuerza hidráulica, y se calcula con la formula (F.35).

$$F_h = C_a \left( \frac{\rho * A_{vi}^2}{g} \right) \quad A_{vi} = \frac{\pi * D_{salida}^2}{4} = 0.005 \text{ m}^2$$

$$F_h = 0.567 \text{ kg}$$

$A_{vi}$ : Área proyectada de la válvula de impulso (m<sup>2</sup>).

#### 4.3.16.\_ Calculando el peso de la válvula de impulso.

Para lograr hallar el máximo peso de la válvula desarrollaremos la siguiente relación.

$$P_{vi} < \frac{A_{vi} * H_a * \rho * C_a}{M}$$

$P_{vi}$ : Peso máximo de válvula de impulso.

Donde el máximo peso de la válvula será utilizando la formula (F.36):

$$A_{vi} = 0.005 \text{ m}^2$$

$$M = h_{fi} + h_{loc} + h_{iner} = 10.124 \text{ m}$$

$$P_{vi} < \frac{A_{vi} * H_a * \rho * C_a}{M}$$

$$P_{vi} = 0.887 \text{ kg/m}$$

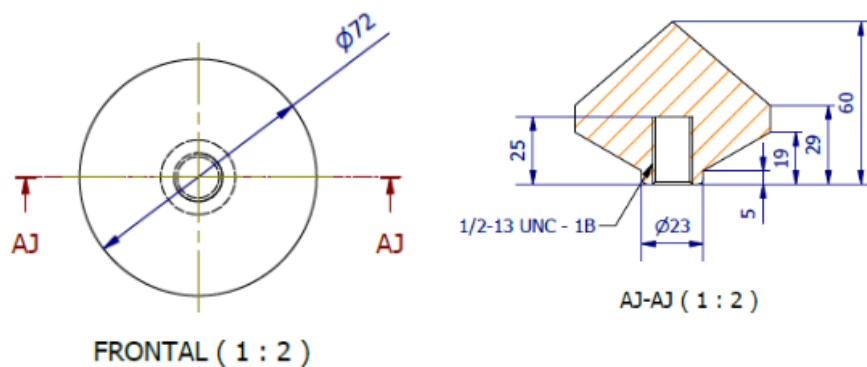
Como se puede ver, el peso de la válvula debe ser menor que el peso máximo de la válvula de refuerzo de elevación de arrastre, por lo que el peso de la válvula debe estar dentro de los siguientes rangos:

$$0 < P < P_{vi}$$

A continuación procederemos a calcular el peso de la válvula de impulso.

#### 4.3.16.1. \_Peso del pistón de la válvula.

Utilizando la fórmula (F.37).



**Figura 28:** Dimensiones del embolo de la válvula de impulso.

**Fuente:** Elaboración propia.

$$R = 0.036 \text{ m} \quad r = 0.006 \text{ m} \quad e = 0.060 \text{ m} \quad \rho_{hdpe} = 961 \text{ kg/m}^3$$

$$P_{pist} = V_{hdpe} * \rho_{hdpe}$$

$$P_{pist} = \pi(R^2 - r^2)e * \rho_{hdpe}$$

$$P_{pist} = 0.228 \text{ kg}$$

$P_{pist}$ : Peso del pistón (kg).

$\rho_{hdpe}$ : Densidad de la tubería hdpe

#### 4.3.16.2. \_Peso del vástago

Utilizando la formula (F.38) y (F.39) lograremos hallar el peso del vástago.

$$L_{v\text{ast}} = 0.3 \text{ m} \quad \rho_{\text{inox}} = 7930 \text{ kg/m}^3$$

$$V_{\text{vas}} = \frac{\pi * 0.0127^2}{4} \text{ m}^2 * L_{v\text{ast}}$$

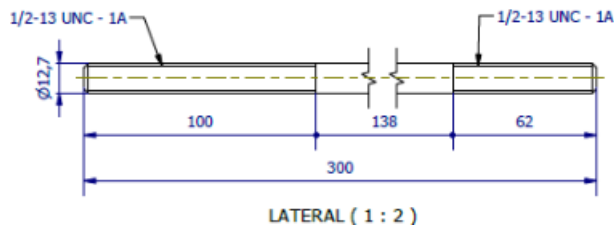
$$P_{v\text{ast}} = V_{v\text{ast}} * \rho_{\text{inox}}$$

$$P_{v\text{ast}} = 0.301 \text{ kg}$$

$P_{v\text{ast}}$  : Peso del vástago (kg).

$\rho_{\text{inox}}$  : Densidad de acero inoxidable.

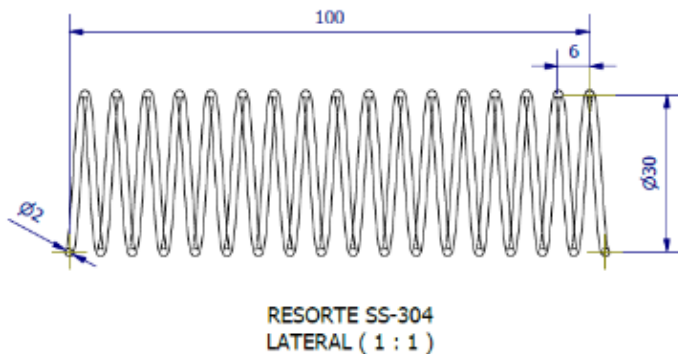
$L_{v\text{ast}}$  : Longitud del vástago (m).



**Figura 28:** vástago de la válvula.

**Fuente:** elaboración propia.

#### 4.3.16.3. \_Peso del resorte \_ inox.



**Figura 29:** Dimensiones del resorte inoxidable de la válvula de impulso.

**Fuente:** Elaboración propia.

$$P_{\text{resorte}} = 0.200 \text{ kg} \quad \text{Esta información es propia de nuestras pruebas}$$

#### 4.3.16.4.\_ Peso de la tuerca.

Para obtener los datos del peso de la tuerca utilizaremos la formula (F.40) y (F.41):

$$P_{tuerca} = 0.011 \text{ kg}$$

$$P_{total} = P_{tuerca} * 6$$

$$P_{total} = 0.066 \text{ kg}$$

La válvula de impulso su peso total es:

$$P_{tot} = P_{pist} + P_{vast} + P_{resorte}$$

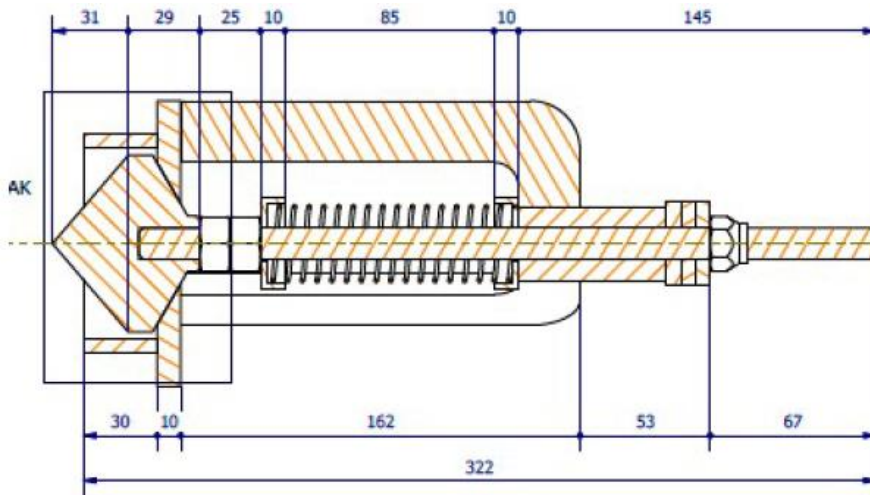
$$P_{tot} = 0.73 \text{ kg}$$

La válvula tiene un peso que está dentro del rango.

$$0 < 0.730 \text{ Kg} < 0.887 \text{ Kg}$$

#### 4.3.17.\_ Calculando la resistencia cortante en la válvula de impulso.

La tensión debida a la deformación por cortante se calcula por el método de la sección:



**Figura 31:** sección de la válvula de impulso.

**Fuente:** Elaboración propia.

La sección de corte de la válvula se calcula con la fórmula (F.42):

$$h_c = 0.03 \text{ m}$$

$$A_{cort} = \pi * D_{salida} * h_c$$

$h_c$ : Espesor de Pistón

$$A_{cort} = 0.007 \text{ m}^2$$

$D_{salida}$ : Diámetro salida de válvula de impulso

La fuerza que actúa sobre el área de contacto de la válvula se calcula a partir de la sobrepresión creada instantáneamente por el choque hidráulico utilizando la fórmula (F.43):

$$E_{cort} = \frac{F_a}{A_{cort}}$$

$F_a$ : Fuerza aplicada sobre el área de contacto de la válvula.

$\Delta p$ : Sobrepresión de la válvula.

$$F_a = (3.05 * 10^3)N$$

$A_{cort}$ : Área de corte de la válvula.

El esfuerzo cortante permisible se calcula utilizando la fórmula (F.44), donde el HDPE tiene una resistencia a la tracción de 30 MPa.

$$E_{traccion} = 30 \text{ MPa}$$

$$E_{perm} = 0.6 * R_{traccion}$$

$$E_{perm} = (1.8 * 10^7)Pa$$

$E_{perm}$ : Esfuerzo permisible.

$R_{traccion}$ : Resistencia de tracción.

Ahora procedemos a calcular el esfuerzo utilizando la fórmula (F.45):

$$E_{cort} = \frac{F_a}{A_{cort}} = (4.149 * 10^5)Pa \leq E_{perm}$$

$E_{cort}$ : Esfuerzo cortante.

#### 4.3.18.\_ Calculando la potencia utilizada del ariete.

Para lograr obtener la potencia utilizada desarrollaremos la formula (F.46):

$$Pe_a = 9980 \frac{N}{m^3}$$

$$P_{ut} = Pe_a * qb * h_{iner} = 1.68 J$$

$Pe_a$  : Peso específico (N/m<sup>3</sup>).

$qb$ : Caudal de bombeo (m<sup>3</sup>/s).

$h_{iner}$ : Pérdidas inerciales (m).

$PU$  : Potencia utilizada (J).

#### 4.3.19.\_ Calculando la potencia recibida.

Desarrollando la fórmula (F.47), obtendremos la potencia recibida:

$$Pb = (Q_{des} + qb)Pe_a * H_a$$

$$Pb = 217.191 J$$

$Pb$ : Potencia recibida (J).

#### 4.3.20.\_ Calculando la eficiencia.

Para analizar la eficiencia utilizaremos la fórmula (F.48):

$$n = \frac{qb * Hi}{(Q_{des} + qb)H_a} * 100$$

$$n = 68.261 \%$$

$n$ : Eficiencia.

#### 4.3.21.\_ Calculando el rendimiento volumétrico.

El rendimiento lo podemos obtener con la siguiente formula (F.49):

$$n_v = \frac{qb}{(Q_{des} + qb)} * 100$$

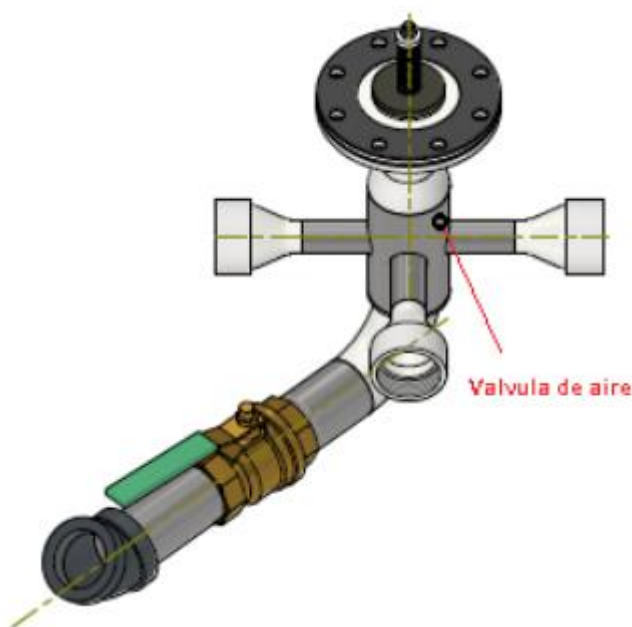
$$n_v = 6.826 \%$$

$n_v$ : Rendimiento volumétrico

#### 4.3.22.\_ Diseñando una válvula de aire.

Una válvula de aire o ventilación le permite mantener la cantidad correcta de aire en la cámara. El aire en la cámara de aire puede ser absorbido por el flujo turbulento de agua que ingresa a la válvula de cierre, o puede perderse a medida que ingresa a la tubería de descarga. El aire perdido debe recuperarse con una válvula de aire que debe calibrarse para expulsar un pequeño chorro mientras admite aire constantemente en cada carrera de compresión.

Cabe señalar que, si el respirador es muy grande la cámara se llenará de aire para que el pistón solo bombee aire. Si la ventilación es demasiado pequeña o no es lo suficientemente ancha, no circulará suficiente aire a través del pistón, lo que hará que el pistón ejerza demasiada presión sobre la válvula, creando un riesgo de ruptura. Por estas razones, algunos expertos recomiendan una holgura de la válvula de aire de uno a dos milímetros.



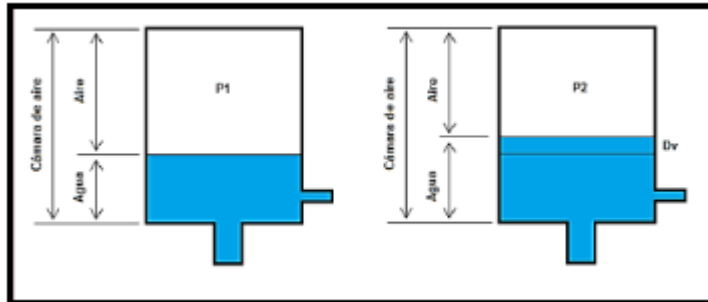
**Figura 32:** cuerpo de la válvula de aire.

**Fuente:** Elaboración propia.



#### 4.3.23. \_ Diseño de la cámara de aire.

Según la recomendación de Callata y Bernardino, 2021, el rango del volumen de tanque pulmón debe ser en 20 y 100 veces el volumen suministrado en un ciclo, también se ha comprobado por muchos fabricantes que el nivel de agua apropiado deberá ser cuando esté por encima del nivel de la tubería de salida o impulsión.

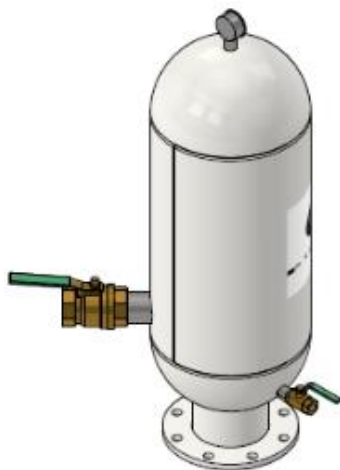


**Figura 33:** Proceso de compresión de aire debido a la entrada de agua al tanque pulmón

**Fuente:** Callata y Bernardino, 2021.

#### 4.3.24. \_ Capacidad del tanque pulmón ( $V_{tp}$ )

Elemento que se encarga de controlar el caudal de agua hacia la tubería de impulsión o descarga, su utilidad se basa en amortiguar el golpe de ariete, en este proceso usa la sobrepresión acumulada para iniciar la impulsión del agua hacia un reservorio elevado.



**Figura 34:** Tanque pulmón.

**Fuente:** Elaboración propia.

Rango de volumen recomendado

$$20 * qb \leq V_{tp} \leq 100 * qb$$

$$V_{tp} = 95 * qb \quad \text{Se asume para el cálculo}$$

$$V_{tp} = 47.04 L$$

$$D_{tp} = 300 \text{ mm} \quad \text{Se asume diámetro}$$

$$L_{tp} = \frac{V_{tp} * 4}{\pi * D_{tp}^2}$$

$$L_{tp} = 0.666 \text{ m}$$

$V_{tp}$ : Volumen total del tanque Pulmón

$D_{TP}$ : Diámetro de tanque Pulmón.

$L_{tp}$ : Longitud total del tanque Pulmón

**4.4.- Elaborar el presupuesto del sistema de bombeo, mostrando su costo beneficio.**

**Tabla 03: Análisis de la inversión inicial del proyecto.**

Ítem	Descripción	Und.	Cant.	P. Unitario	P.Total
				Soles	Soles
<b>1.0</b>	<b>Preliminares</b>				<b>450.00</b>
1.1	Computadoras y laptops, para el ensayo (Costo de uso)	Unid.	1.00	300.00	300.00
1.2	Artículos de oficina (Lapiceros, Reglas, corrector, Hojas, agendas, etc.)	Unid.	1.00	150.00	150.00
<b>2.0</b>	<b>Suministro de materiales</b>				<b>1,825.00</b>
2.1	Tubo Ø 2" - SCH 40 - 0.5 m	Unid.	4.00	20.00	80.00
2.2	Tubo Ø 3" - SCH 40 - 0.4 m	Unid.	1.00	30.00	30.00
2.3	Tubo Ø 5" - SCH 40 - 0.1 m	Unid.	1.00	20.00	20.00
2.4	Niple 2"	Unid.	1.00	10.00	10.00
2.5	Niple 3"	Unid.	1.00	15.00	15.00
2.6	Brida 3"	Unid.	2.00	25.00	50.00
2.7	Brida 4"	Unid.	2.00	45.00	90.00
2.8	Brida 5"	Unid.	2.00	90.00	180.00
2.9	Reducción concéntrica 3" - 1 1/2"	Unid.	4.00	38.00	152.00
2.10	Tanque de GNV 50 litros	Unid.	1.00	150.00	150.00
2.11	Válvulas de bola 1/2" - bronce	Unid.	1.00	28.00	28.00
2.12	Válvulas de bola 2" - bronce	Unid.	1.00	160.00	160.00
2.13	Válvulas de bola 3" - bronce	Unid.	1.00	240.00	240.00
2.14	Empaquetaduras	Unid.	6.00	15.00	90.00
2.15	Pernos INOX 1/2" , Tuercas y arandelas 1/2"	Unid.	30.00	3.50	105.00
2.16	Resorte inoxidable	Unid.	8.00	15.00	120.00
2.17	Eje inox 1/2" - 1.20m	Unid.	1.00	15.00	15.00
2.18	Émbolos de teflón	Unid.	4.00	60.00	240.00
2.19	Manómetro	Unid.	1.00	50.00	50.00
<b>3.0</b>	<b>Habilitado, armado y fabricación</b>				<b>1,200.00</b>
3.1	Habilitado de piezas	días	4.00	100.0	400.00
3.2	Armado de ariete	días	2.00	100.0	200.00
3.3	Soldeo	días	2.00	150.0	300.00
3.4	Arenado y pintura	Unid.	1.00	300.0	300.00
				<b>Total, S/.</b>	<b>3,475.00</b>

**Tabla 04: Análisis de los egresos del proyecto.**

<b>Proyecto:</b> Diseño de bomba de ariete para abastecimiento de agua en reservorio de 350 m3 con fines agrícolas – Cañete					
				<b>PP0011-2022</b>	
Ítem	Descripción	Und.	Cant.	P. Unitario	P. Total
				Soles	Soles
1.0	Mantenimiento				80.00
1.1	Mantenimiento mensual	Unid.	1.00	80.00	80.00
<b>Costo directo total ( no incluye IGV)</b>				<b>Sub. Total s/</b>	<b>80.00</b>

**Fuente:** Elaboración propia.

**Tabla 05: Análisis de los ingresos del proyecto.**

ítem	Descripción	Cant.	Und.	Costo (s/.) - mensual	sub total
01	Ingreso o Ahorro de combustible.	3	Hectáreas	140	S/ 420.00

<b>NOTA:</b>	
Se ha tomado como ingreso, el ahorro de combustible mensual de motobomba existente para abastecer reservorio de 350m3 y el consumo en base al cultivo de 3 hectáreas.	<b>S/ 420.00</b>

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 06: Análisis de los ingresos del proyecto.**

Inversion inicial	s/ 3.475.00
Tiempo(meses)	12

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>INGRESO</b>	S/ 3,475.00	S/ 420.00	S/ 420.00	S/ 420.00	S/ 420.00	S/ 420.00	S/ 420.00	S/ 420.00	S/ 420.00	S/ 420.00	S/ 420.00	S/ 420.00	S/ 420.00
<b>EGRESO</b>	S/ -	S/ 80.00	S/ 80.00	S/ 80.00	S/ 80.00	S/ 80.00	S/ 80.00	S/ 80.00	S/ 80.00	S/ 80.00	S/ 80.00	S/ 80.00	S/ 80.00
<b>FLUJO NETO</b>	S/ 3,475.00	S/ 340.00	S/ 340.00	S/ 340.00	S/ 340.00	S/ 340.00	S/ 340.00	S/ 340.00	S/ 340.00	S/ 340.00	S/ 340.00	S/ 340.00	S/ 340.00
<b>SALDO ACTUALIZADO 1%</b>	S/ 3,475.00	S/ 336.63	S/ 333.30	S/ 330.00	S/ 326.73	S/ 323.50	S/ 320.30	S/ 317.12	S/ 313.98	S/ 310.88	S/ 307.80	S/ 304.75	S/ 301.73
<b>SALDO ACTUALIZADO ACUMULADO</b>	S/ 3,475.00	S/ 3,138.37	S/ 2,805.07	S/ 2,475.07	S/ 2,148.33	S/ 1,824.83	S/ 1,504.54	S/ 1,187.41	S/ 873.43	S/ 562.55	S/ 254.76	S/ 49.99	S/ 351.73

<b>TASA (mes)</b>	<b>1.0%</b>
<b>VNA</b>	<b>S/3,826.73</b>

<b>VAN</b>	<b>S/ 351.73</b>
<b>TIR - MENSUAL</b>	<b>2.6%</b>
<b>PRI</b>	<b>11 meses</b>

**VALOR ACTUAL NETO**  
**TASA INTERNA DE RETORNO - MENSUAL**  
**PERIODO DE RETORNO DE INVERSION**

Fuente: Elaboración propia

## V. DISCUSIÓN.

En esta investigación se planteó el primer objetivo específico calcular la demanda hídrica en la zona, según el cultivo a desarrollar. (Hatipoglu, 2018) Estudia todos los métodos actuales de riego sobre todo los más idóneos llegando a la conclusión que el sistema de bomba de ariete se distingue de los diversos sistemas de bombeo al no usar combustible ni electricidad siendo conservador con el medio ambiente, por nuestra parte coincidimos en el criterio de conservación del medio ambiente y la no dependencia al combustible y electricidad, la bomba de ariete usa energía limpia y lo transforma en sobre presión para poder impulsar agua, basado en estos parámetros y la información del tipo de cultivo se establece la demanda hídrica. También (Chero, 2018) propone un diseño de bombeo que tenga como fuente alimentación energías renovables, sin excedentes contaminantes, nuestro diseño se alinea completamente a este criterio sobre el uso de energías renovables como fuente de energía, se usan los datos del tipo de cultivo y se estima la demanda hídrica, a partir de aquí se hacen los cálculos para el diseño de nuestra bomba de ariete y por tal el sistema de bombeo para abaster el reservorio de 350 m<sup>3</sup> necesarios para el riego del cultivo de pitahaya.

El segundo objetivo específico determinar los parámetros de diseño del sistema de bombeo, que permita cubrir la demanda, (Radzi, 2019) Indica que los factores más importantes que recomiendan los fabricantes son la altura de alimentación ( $H_a$ ) y la altura de impulsión ( $H_i$ ), todos estos parámetros deberán cuantificarse para poder hacer el diseño de la bomba de ariete y cumplir con las alturas de impulsión solicitadas. Se ha determinado cada parámetro fundamental para nuestro informe que fue basado en diversos estudios y poder hacer un correcto diseño de nuestra bomba de ariete, estos parámetros iniciales son altura de alimentación que va desde la fuente de agua hasta nuestra bomba de ariete propuesta, altura de impulsión (desde nuestra bomba de ariete hasta el nivel del reservorio existente de 350 m<sup>3</sup>), longitud de tubería de alimentación (distancia de la fuente de agua a la bomba de ariete), longitud de tubería de impulsión (distancia entre la bomba de ariete y el reservorio existente).

Otro parámetro importante es la relación entre el caudal de impulsión y el caudal de desperdicio, a mayor desperdicio mas fuerte es el golpe de ariete generando mayores presiones en la tubería de alimentación y esto a su vez comprimiendo mas el aire del tanque pulmón y finalmente incrementando la altura de impulsión.

El tercer objetivo específico, Selección y diseño de dispositivos que conforman el sistema de bombeo. (Medina Guevara, 2021) Según su informe concluye que para 3 metro de desnivel obtuvo un rendimiento volumétrico de 11.41%, por nuestros cálculos realizados obtuvimos a 3 metros de desnivel un rendimiento volumétrico de 6.8%, nuestro rendimiento volumétrico es menor, pero significa que nuestra eficiencia aumenta y por tal podemos alcanzar el caudal y las alturas solicitadas según nuestro objetivo general. En el diseño tenemos relaciones importantes referidos a los componentes de nuestra bomba de ariete como el caudal de desperdicio y por tal la velocidad en las válvulas de golpe, esto sumado a la longitud de la tubería de alimentación nos permite variar nuestra sobrepresión al momento que se genera el golpe de ariete, usando los valores de celeridad y velocidad.

(Kesharwani S. et al. – 2021). Se concluye que los parámetros de diseño de campo guardan valores cercanos a los teóricos con eficiencias que están entre 53 – 62%, en nuestros cálculos se obtuvieron según los parámetros de diseño una eficiencia de la bomba de ariete de 68.2%, mostrando una eficiencia que nos permite cumplir el objetivo general. Estos resultados podrían ser mejorados manipulando nuestras variables (diámetros de tuberías, alturas, tiempo de cierre de válvulas de golpe, cantidad de válvulas de golpe, caudal de desperdicio de las válvulas de golpe, diámetro de válvula de aire, etc.), pero para nuestro proyecto nos basamos en recomendaciones teóricos y prácticos descritos en nuestros antecedentes.

Nuestra bomba de ariete muestra resultados que permiten alcanzar los requerimientos de demanda hídrica, usando energía renovable sin generar impactos al medio ambiente.

El tercer objetivo específico, Selección y diseño de dispositivos que conforman el sistema de bombeo. Se calculo y selecciono en base a las recomendaciones teóricas de nuestros antecedentes las tuberías, válvulas de bola, cantidad y diseño de las válvulas de golpe, Tanque pulmón. Finalmente se obtuvo un caudal de impulsión de  $q_b = 0,475$  litros/ minut. Cubriendo la demanda hídrica solicitada en 8 días de bombeo constante, se observó que manipulando variables del sistema de bombeo como diámetros de tuberías en la alimentación e impulsión y altura de alimentación, también en la bomba de ariete como el tiempo de cierre de válvula de golpe, caudal de desecho, volumen de tanque pulmón se podría obtener mejoras significativas.

El cuarto objetivo específico, Elaborar el presupuesto del sistema de bombeo, mostrando su costo beneficio. Se procedió a realizar las evaluaciones de los costos de inversión (Inversión inicial, egresos, ingresos y análisis económico), en cuanto a la inversión inicial se tiene un costo de S/ 3575.00, un egreso de S/ 80.00 nuevos soles mensuales, este costo se basa en los mantenimientos que el equipo requiere para su correcta operación, los ingresos con un monto de S/ 800.00 nuevos soles mensuales (este costo se asume como ingreso el ahorro generado al cambiar de una motobomba a bomba de ariete), finalmente se realizó el análisis económico obteniendo un VAN(Valor actual neto) de S/ 4628.44, un TIR(tasa interna de retorno mensual) de 2.6%, PRI(periodo de retorno de inversión) de 11 meses.

En base a este análisis se obtuvo una TIR anual de 31.2% haciendo un proyecto rentable.



## VI. CONCLUSIONES.

- Habiendo realizado las investigaciones y cálculos respectivos, se puede concluir que se cumplió con el objetivo general “Diseñar una bomba de ariete para el abastecimiento de agua en un reservorio de 350 m<sup>3</sup>, con fines agrícolas en la provincia de Cañete”, como base se tomó los argumentos y teorías encontrados en los antecedentes de esta tesis.
- En base a los parámetros iniciales, se realizaron los cálculos de diseño de la bomba de ariete, para abastecer un reservorio de 350 m<sup>3</sup>, se obtuvo como resultado un caudal de bombeo  $q_b = 0.495$  l/segundo, esto quiere decir que se obtuvo un caudal diario de 47.2 m<sup>3</sup>/día, por tal se concluye que con este resultado el reservorio de 350 m<sup>3</sup> se podrá llenar en 8 días cumpliendo con el objetivo general de esta tesis y acorde con el plan de riego calculado.
- Los cálculos realizados nos dan como resultado una eficiencia energética del 68.2% y un rendimiento volumétrico de 6.8%, de acuerdo a los diferentes estudios de los antecedentes de esta tesis podemos definir que un factor importante en las eficiencias es la relación entre la altura de alimentación e impulsión y que mientras se tenga más altura de alimentación el equipo se vuelve más eficiente.
- El rendimiento volumétrico calculado es de 6.8%, según los antecedentes este valor se encuentra en el promedio, al contar con 4 válvulas de golpe estos permiten liberar mejor el caudal de alimentación y por tal reduce la eficiencia volumétrica, pero logra mejorar la eficiencia energética, al contar con 4 válvulas de golpe estos alivian los impactos producidos en el cierre o bloqueo del flujo de agua al distribuir las sobrepresiones internas de la bomba. En consecuencia, se incrementa la vida útil de los elementos de dichas válvulas.
- Se obtuvo los siguientes resultados altura de alimentación  $H_a = 3.0$  m, altura de impulsión  $H_i = 30.0$  m, diámetro de tubería de alimentación  $D_a = 3$ ”, diámetro de tubería de impulsión  $D_i = 2$ ”, caudal de alimentación  $Q_{lim} = 7.33$

l/s, caudal de bombeo  $q_b=0.495$  l/s, caudal desechado  $Q_{des}=6.8$  l/s. los materiales y accesorios generan en el sistema pérdidas causadas por fricción (pérdidas en la tubería, locales, inerciales), en conclusión se obtuvo una altura total que deberá alcanzar la bomba de ariete  $H=40.12$  m, quiere decir que se tienen pérdidas de 10.12 m.

## VII. RECOMENDACIONES.

- Para aumentar el caudal de bombeo y reducir los tiempos de llenado del reservorio de 350m<sup>3</sup>, será necesario incrementar la altura de alimentación, también incrementar el diámetro de la tubería de alimentación y descarga, siempre y cuando se demande más agua o se amplíe el área de cultivo.
- En cuanto a las pérdidas encontradas una forma para reducir la pérdida en la tubería de impulsión es aumentar el diámetro de la tubería y así evitar pérdidas por fricción.
- Es importante contar más de una válvula de golpe, esto ayuda a distribuir las cargas o presiones internas en el proceso de bombeo para alargar la vida útil de los accesorios.
- Se recomienda usar material inoxidable en los accesorios o piezas que están en contacto con el agua (Ejes, resortes, tuercas, bridas).

## REFERENCIAS

- Chero, A. (2018). Diseño de un sistema de bombeo mediante ariete hidráulico. Universidad de Piura. Piura: repositorio institucional Pirhua.
- Dávila, P. (2020). Evaluación de la eficiencia de una bomba de ariete hidráulico. Lima: repositorio. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12840/3571>
- Moot, R. (1996). Mecánica de fluidos aplicada. México: PEARSON.  
<https://avdiaz.files.wordpress.com/2008/10/fluidos-mott-6ed.pdf>.
- Hatipoğlu, T. (2018). Análisis de factibilidad de un proyecto de inversión en bombas de ariete hidráulico. Revista árabe geociencias, 20. Doi: 10.1007/s12517-018-3491-9.
- Medina Guevara, R. (2021). Evaluación del rendimiento y eficiencia del ariete hidráulico variando su altura de alimentación, sector hueco de la oveja. Chachapoyas: repositorio. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/85017>
- Mondol, S. (2017). Design, manufacture and test a hydraulic ram. Department of mechanical engineering, 10,41. doi:10.13140/rg.2.2.11626.72641.
- Radzi, S. s. (2019). Design, analysis and fabrication of utm hydraulic ram pump. Indonesian journal of electrical engineering and computer science, 1, 2,5. Doi: 10.11591/ijeecs.v17.i1.pp213-221
- Ramasamy, M. (2017). A significant effect on flow analysis & simulation study of. Automotive engineering research Group (aerg), 2, 11,13. doi:10.1088/1757-899x/257/1/012076
- Lorenzo Gutiérrez, L., & Mancebo Piqueras, J. A. (s.f.). Primeras Jornadas Internacionales sobre Bombas Manuales y de Ariete. Madrid: Universidad Politécnica.
- Mataix, C. (1986). Mecánica de Fluidos y Maquinas Hidráulicas". México.

- Watt, S. (1974). *A Manual on the Hydraulic Ram for Pumping Water*. Silsoe, Bedford: Intermediate Technology Development Group.
- Sánchez Piscocoya, K. G. (2020). Viabilidad técnica económica para la instalación de un sistema de bombeo con golpe de ariete en el distrito de Suyo-Piura. Piura: repositorio. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12893/8759>
- Twyman, J. (2017). Análisis del golpe de ariete usando un método de diferencias finitas implícito. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 1, 10. <http://dx.doi.org/10.4067/s0718-33052018000200307>.
- Utn - Frba. (2010). Propiedades físicas del agua. *Hidráulica Gral. Y Aplicada*, pág 1.
- Xinlei Guo, J. I. (2018). Optimal design and performance analysis of hydraulic Ram pump system. *Institution of mechanical engineers part a journal of power and energy*, 2, 4, 15. Doi: 10.1177/0957650918756761. <https://conver2.files.wordpress.com/2012/11/ingenieria-claudio-mataix-mecanica-de-fluidos-y-maquinas-hidraulicas1.pdf>.
- Weinmann, P. (2004). *El ariete hidráulico: Teoría y práctica de un gran invento caído en desuso*.
- Romero Guerrero, J. M., & Lorenzo Gutiérrez, L. (2014). *El ariete hidráulico. Proyecto e instalación en Ntongui (Angola)*. Obtenido de *Diseño y Tecnología para el Desarrollo*.
- Hussin, NSM, Gamil, SA, Amin, NAM, Safar, MJA, Majid, MSA, Kazim, MNFM and Nasir, NFM (October 2017). Design and analysis of water pumping system with hydraulic ram. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 908, No. 1, p. 012052). PIO Publication.
- Diwan, P., Patel, A., & Sahu, L. (2016). Design and manufacture of hydraulic ram with efficiency improvement methods. *International Journal of Engineering and Current Scientific Research (IJCESR)*, 3 (4), 5-13.
- Pawlick, M., Vaughn, D., & Plumblee, J. (2022). Determination of the feasibility of the hydraulic ram pump. *Journal of Humanitarian Engineering*.

- Suarda, M., Sucipta, M. and Dwijana, IGK (June 2019). Investigation of the flow pattern in a hydraulic ram pump in various designs and settings of its drain valve. In IOP Lecture Series: Materials Science and Engineering (Vol. 539, No. 1, p. 012008). PIO Publication.
- Ahmad, R., Sarip, S., Hashim, KAB, and Suhot, MA (December 2020). Design and development of a hydraulic ram pump for rural communities. In 2020 IEEE 8th R10 Humanitarian Technology Conference (R10-HTC) (pp. 1-5). IEEE.
- Sucipta, M. and Suarda, M. (June 2019). Research and analysis on the performance of the hydraulic ram pump in various designs of its suction valve. In IOP Lecture Series: Materials Science and Engineering (Vol. 539, No. 1, p. 012007). PIO Publication.
- Mahmud, M.S., and Rahman, A. (2020). Design, manufacturing and performance testing of a hydraulic ram pump system. *Journal of Mechanics and Machines*, 2 (1), 1-8.
- Januddi, F.S., Huzni, M.M., Effendy, M.S., Bakri, A., Mohammad, Z., and Ismail, Z. (October 2018). Development and testing of hydraulic ram pump (hydram): experiments and simulations. In IOP Lecture Series: Materials Science and Engineering (Vol. 440, No. 1, p. 012032). PIO Publication.
- Kumar, H., Beyene, T., Ofgaa, G., Kaso, M., Rao, P.N., and Negassa, T. (2016). Pollution-free design and manufacturing of hydraulic ram pumps for villages in mountainous areas. In *t. J. Mech. Eng. Res. and Technology*, 2 (2), 15.
- Mbiu, R. N., Maranga, S. M., & Mwai, M. (2022, March). Performance testing of hydraulic ram pump. In *Proceedings of the Sustainable Research and Innovation Conference* (pp. 6-8).
- Sarip, S., Radzi, A. M., Hong, T. S., Mohammad, R., Yakub, M. F., Suhot, M. A., & Kaidi, H. M. (2019). Design, analysis and fabrication of UTM hydraulic ram pump for water supply in remote areas. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 17(1), 213-221.

- Evangelista, S., Tortora, G. and Viccione, G. (2023). Experimental and numerical CFD modeling of the hydrodynamic effects induced by a ram pump waste valve. *Sustainability*, 15(17), 13104.
- Asvapoositkul, W., Juruta, J., Tabtimhin, N., and Limpongsa, Y. (2019). Determination of hydraulic ram pump performance: experimental results. *Advances in Civil Engineering*, 2019.
- Dhaiban, H. T. (2019). Experimental study of the performance of a ram water pump. *EUREKA: Physics and Engineering*, (1), 22-27.
- Yussupov, Z., Yakovlev, A., Sarkynov, Y., Zulpykharov, B., and Nietalieva, A. (2022). Results of the study of hydraulic ram technology for lifting water from water courses. *International Journal of Engineering Sciences*, 177, 103713.
- Suarda, M., Ghurri, A., Sucipta, M. and Kusuma, IGBW (July 2018). Research on drain valve characterization to optimize the performance of the hydraulic ram pump. In *Proceedings of the AIP conference (Vol. 1984, No. 1)*. AIP Publication.
- Jafri, M., Bale, J.S., and Thei, A.R. (2020). Experimental study of the effect of the diameter of the discharge and delivery valves on the efficiency of 3-inch hydraulic ram pumps. *International Journal of Machinery and Fluid Systems*, 13 (3), 615-622.
- Sarma, D., Das, M., Brahma, B., Pandwar, D., Rongphar, S., and Rahman, M. (2016). Research and optimization of parameters of a hydraulic ram pump using the taguchi method. *Journal of the Institution of Engineers (India): Series C*, 97, 551-559.
- Kharel, P., Sah, SK, Tandon, D., Timilsina, K.P., and Giri, P. (2022). Design, Manufacturing and Performance Analysis of Hydraulic Ram Pump.
- Kesharwani, S., Tripura, K., & Singh, P. (2021). Performance of the classic hydraulic ram pump compared to modern hydraulic turbine pumps for low drive heads. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part A: Journal of Power and Energy*, 235 (6), 1463-1486.

Lukanga, G. (2019). Design and construction of a ram pump (Doctoral thesis, Makerere University).

Radiyan, MF, Wibowo, BS and Sakti, FT (October 2019). Performance evaluation and efficiency rating of a prototype hydraulic ram pump with height variations. In FROPIL (Teknik Sipil Professional Forum) (Vol. 7, No. 1, pp. 47-53).

## ANEXOS

**Anexo 1: Cuadro de Operacionalización de variables.**

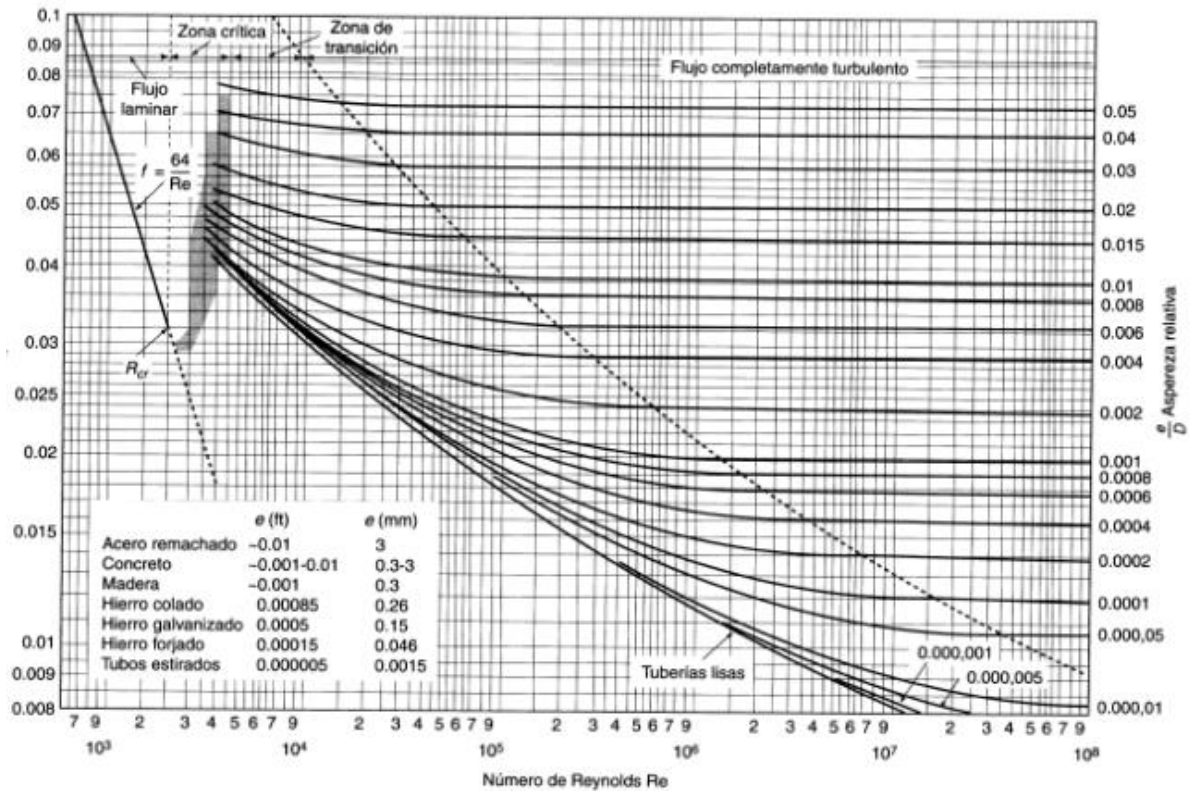
Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicadores	Escala de medición
<p><b>Independiente</b> Diseño de bomba de ariete</p>	<p>El diseño es resolver y darle formulación a un plan y así satisfacer una necesidad específica o resolver un problema particular. Si el plan resulta en la creación de algo físicamente real, entonces el producto debe ser funcional, seguro, confiable, competitivo, útil, que pueda fabricarse y comercializarse. El diseño es un proceso innovador y altamente iterativo (Richard G. Y J Keith, 2012)</p>	<p>Es el desarrollo de un mecanismo pueda transformar la energía cinética a energía potencial.</p>	<p>Velocidad (m/s)  Altura (m)</p>	<p>De razón</p>
<p><b>Dependiente</b> Abastecimiento de agua en reservorio de 350 m3.</p>	<p>Un sistema de abastecimiento de agua potable consiste en un conjunto de obras necesarias para captar, conducir, tratar, almacenar y distribuir el agua desde fuentes naturales ya sean subterráneas o superficiales hasta las viviendas de los habitantes que serán favorecidos con dicho sistema. (D. Cárdenas y E. Patiño 2005).</p>	<p>Acción de acumular agua en un recipiente (Volumen), para ser aprovechado posteriormente.</p>	<p>Volumen (m3)</p>	<p>De razón</p>



## Anexo 2 - Propiedades físicas del agua

Temperatura	Densidad	Viscosidad	Viscosidad cinemática	Módulo de elasticidad volumétrica	Tensión superficial	Presión de vapor
	$\rho$	$\mu$	$\nu$	$K$	$\sigma$	$P_v$
C°	Kg/m <sup>3</sup>	N.s/m <sup>2</sup> . 10 <sup>-3</sup>	m <sup>2</sup> /s. 10 <sup>-6</sup>	Pa. 10 <sup>-7</sup>	N/m. 10 <sup>-2</sup>	Pa
0	<b>999,9</b>	<b>1,792</b>	<b>1,792</b>	<b>204</b>	<b>7,62</b>	<b>588</b>
1	999,9	1,732	1,732			
2	1000,0	1,674	1,674			
3	1000,0	1,619	1,619			
4	1000,0	1,568	1,568			
5	<b>1000,0</b>	<b>1,519</b>	<b>1,519</b>	<b>206</b>	<b>7,54</b>	<b>882</b>
6	1000,0	1,473	1,473			
7	999,9	1,429	1,429			
8	999,9	1,387	1,387			
9	999,8	1,348	1,348			
10	<b>999,7</b>	<b>1,310</b>	<b>1,310</b>	<b>211</b>	<b>7,48</b>	<b>1.176</b>
11	999,6	1,274	1,274			
12	999,5	1,239	1,240			
13	999,4	1,206	1,207			
14	999,3	1,175	1,176			
15	<b>999,1</b>	<b>1,145</b>	<b>1,146</b>	<b>214</b>	<b>7,41</b>	<b>1.666</b>
16	999,0	1,116	1,117			
17	998,8	1,088	1,089			
18	998,6	1,060	1,061			
19	998,4	1,034	1,036			
20	<b>998,2</b>	<b>1,009</b>	<b>1,011</b>	<b>220</b>	<b>7,36</b>	<b>2.447</b>
21	998,0	0,984	0,986			
22	997,8	0,961	0,963			
23	997,6	0,938	0,940			
24	997,5	0,916	0,918			
25	997,1	0,895	0,898	222	7,26	
26	996,8	0,875	0,878			
27	996,5	0,855	0,858			
28	996,3	0,836	0,839			
29	996,0	0,818	0,821			
30	<b>995,7</b>	<b>0,800</b>	<b>0,803</b>	<b>223</b>	<b>7,18</b>	<b>4.297</b>
35	994,1	0,723	0,727	224	7,10	
40	<b>992,2</b>	<b>0,656</b>	<b>0,661</b>	<b>227</b>	<b>7,01</b>	<b>7.400</b>
45	990,2	0,599	0,605	229	6,92	
50	<b>988,1</b>	<b>0,549</b>	<b>0,556</b>	<b>230</b>	<b>6,82</b>	<b>12.22</b>
55	985,7	0,506	0,513	231	6,74	
60	<b>983,2</b>	<b>0,469</b>	<b>0,477</b>	<b>228</b>	<b>6,68</b>	<b>19.60</b>
65	980,6	0,469	0,478	226	6,58	
70	<b>977,8</b>	<b>0,406</b>	<b>0,415</b>	<b>225</b>	<b>6,50</b>	<b>30.70</b>
75	974,9	0,380	0,390	223	6,40	
80	<b>971,8</b>	<b>0,357</b>	<b>0,367</b>	<b>221</b>	<b>6,30</b>	<b>46.40</b>
85	968,6	0,336	0,347	217	6,20	
90	<b>965,3</b>	<b>0,317</b>	<b>0,328</b>	<b>216</b>	<b>6,12</b>	<b>68.20</b>
95	961,9	0,299	0,311	211	6,12	
100	<b>958,4</b>	<b>0,284</b>	<b>0,296</b>	<b>207</b>	<b>5,94</b>	<b>97.50</b>

### Anexo 3 - Diagrama de Moody



Fuente: (UTN - FRBA, 2010)

## Anexo 4 - Coeficiente de Resistencia según P.G. Kiseliov

Entrada en el tubo para bordes agudos.....	$\zeta = 0.50$
Entrada suave en el tubo.....	$\zeta = 0.50 - 0.20$
Ensanchamiento repentino.....	$\zeta = \left(1 - \frac{A_1}{A_2}\right)^2$
Estrechamiento repentino.....	$\zeta = 0.5 \left(1 - \frac{A_1}{A_2}\right)^2$
Cono de transición (para $d_2 = 2d_1$ ).....	$\zeta = 5.0$
Cono de transición (para $d_2 \approx 0.5d_1$ ).....	$\zeta = 0.20$
Giro brusco a $90^\circ$ .....	$\zeta = 1.20$
Giro suave a $90^\circ$ .....	$\zeta = 0.15$
Salida del tubo por debajo del nivel.....	$\zeta = 1.0$
Válvula de disco totalmente abierta.....	$\zeta = 0.10$
Válvula de compuerta totalmente abierta.....	$\zeta = 0.11 - 0.12$
Diferentes robinetes totalmente abiertos.....	$\zeta = 5.0$
Válvulas de sujeción con bombas provistas de mallas.....	$\zeta = 10.0$
Entrada suave en el canal.....	$\zeta = 0.10$
Entrada en el canal con bordes de entrada agudos (con presión lateral).....	$\zeta = 0.40$
Estrechamiento suave del canal.....	$\zeta = \left(1 - \frac{A_1}{A_2}\right)^2$
Estrechamiento suave del canal ( $A_2 < A_1$ ).....	$\zeta = 0.10$

Fuente: Pashkov, N.N., Dolqachev, F.M., (1985), Hidráulica y máquinas hidráulicas, Editorial Mir Moscú -Rusia.

## Anexo 5 - Coeficientes de Resistencia según Frank M. White.

Diámetro nominal, in									
	Roscado				Acoplado				
	1/2	1	2	4	1	2	4	8	20
Válvulas (abiertas):									
Globo	14	8,2	6,9	5,7	13	8,5	6,0	5,8	5,5
Compuerta	0,30	0,24	0,16	0,11	0,80	0,35	0,16	0,07	0,03
De retención	5,1	2,9	2,1	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
De ángulo	9,0	4,7	2,0	4,5	4,5	2,4	2,0	2,0	2,0
Codos:									
45° normal	0,39	0,32	0,30	0,29					
45° suave					0,21	0,20	0,19	0,16	0,14
90° normal	2,0	1,5	0,95	0,64	0,50	0,39	0,30	0,26	0,21
90° suave	1,0	0,72	0,41	0,23	0,40	0,30	0,19	0,15	0,10
180° normal	2,0	1,5	0,95	0,64	0,41	0,35	0,30	0,25	0,20
180° suave					0,40	0,30	0,21	0,15	0,10
«Tees»									
Flujo directo	0,90	0,90	0,90	0,90	0,24	0,19	0,14	0,10	0,07
Flujo lateral	2,4	1,8	1,4	1,1	1,0	0,80	0,64	0,58	0,41

Fuente: (M. White, 2004)

## Anexo 6 – Ficha de apuntes

<b>FICHA DE APUNTES</b>
-------------------------

<b>1._ INFORMACION GENERAL:</b>
---------------------------------

PROPIETARIO:

DEPARTAMENTO:
---------------

DISTRITO:
-----------

ANEXO:
--------

<b>INFORMACION RECAUDADA</b>
------------------------------

<b>2._ DESCRIPCION DE LA FUENTE DE ALIMENTACION:</b>
--

TIPO:

UBICACIÓN:
------------

NOMBRE:
---------

CAUDAL:
---------

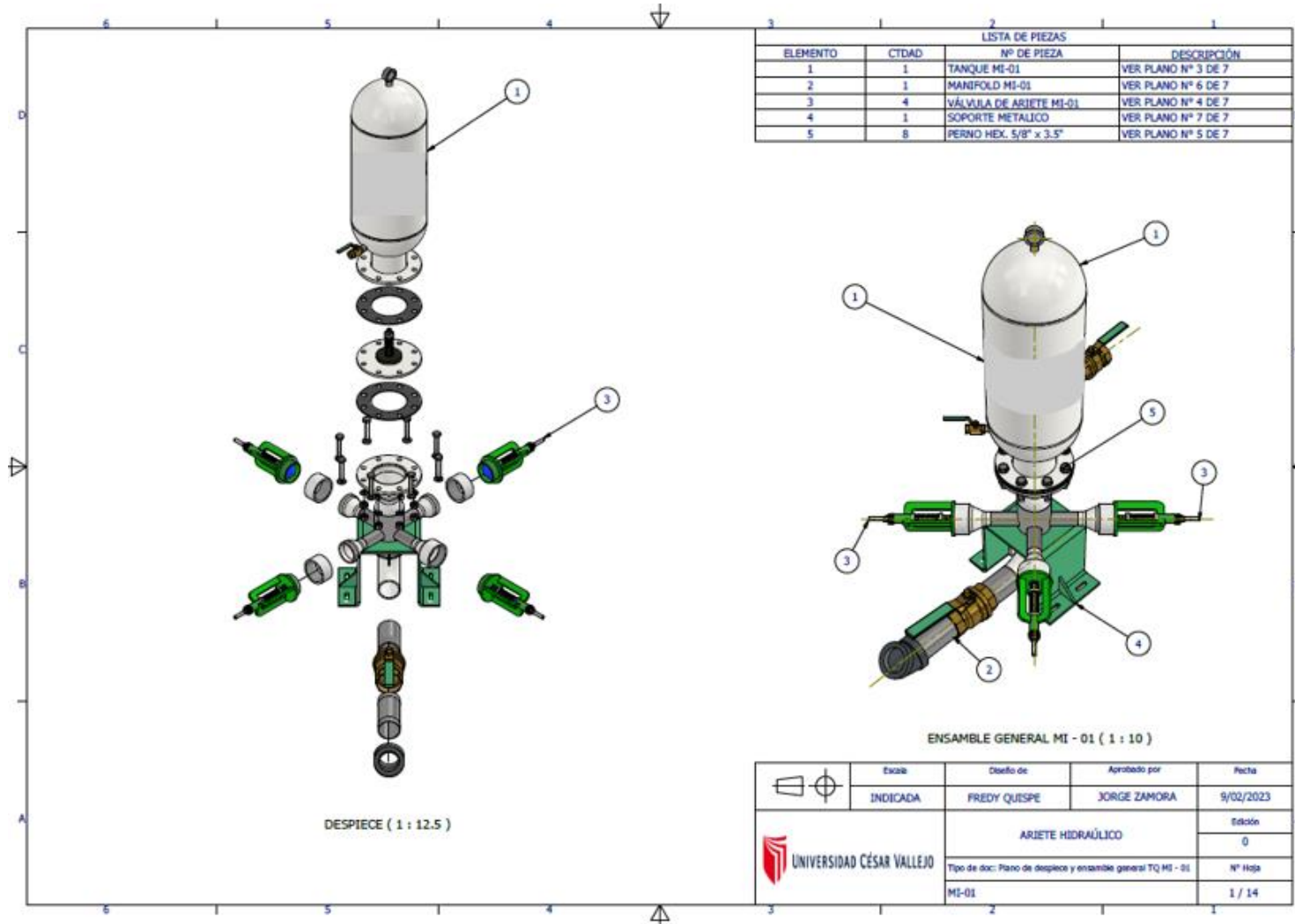
<b>3._ NIVEL Y LONGITUD:</b>
------------------------------

REFERENCIA 1	REFERENCIA 2	DESNIVEL (m)	DISTANCIA (m)
Bomba de ariete	Fuente de agua		
Bomba de ariete	Reservorio		

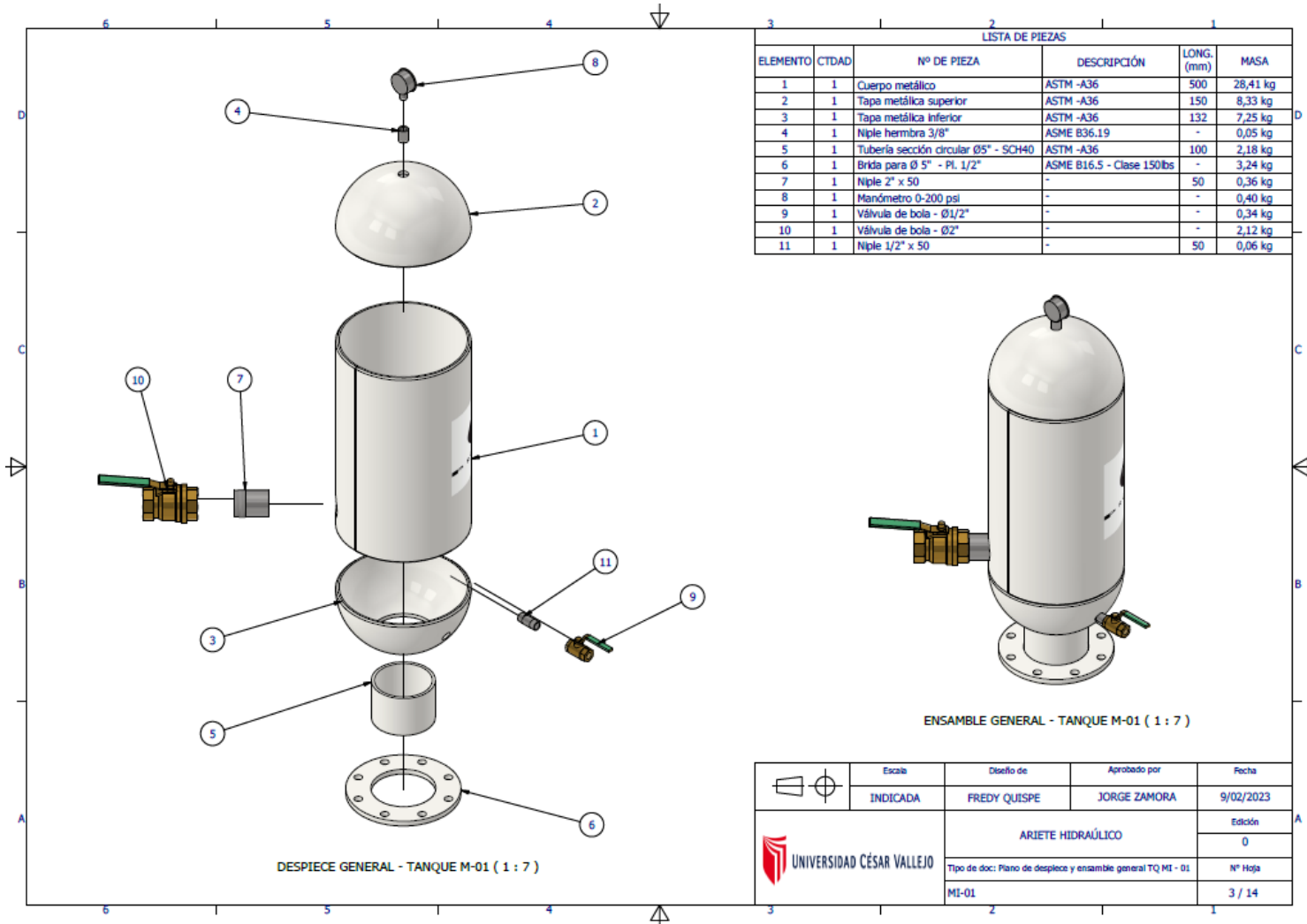
<b>4._ OBSERVACIONES:</b>
---------------------------

--

## Anexo 7 - Plano de ensamble general de bomba de ariete.



## Anexo 8 - Plano sub ensamble general de bomba de ariete – Tanque de aire.



## Anexo 9 - Plano sub ensamble general de bomba de ariete – Tanque de aire.

**LISTA DE PIEZAS**

ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	LONG. (mm)	NORMA	MASA
1	1	Tubo Ø4" -SCH40	200	ANSI/ASME B36.19M	2,87 kg
2	1	Tapa superior Ø4"	45	ASTM A-36	0,08 kg
3	1	Tapa inferior Ø4"	6	ASTM A-36	0,18 kg
4	1	Codo 90° RL - SCH40	-	ASTM A-36	2,03 kg
5	1	Tubo Ø3" -SCH40	150	ASTM A-36	1,73 kg
6	1	Válvula de bola	-	-	6,16 kg
7	1	Niple Ø3" - SCH40	150	-	1,56 kg
8	1	Codo 45° Roscado - SCH40 - Clase 125	-	-	3,32 kg
9	4	Tubo Ø1 1/2" -SCH40	100	ASTM A-36	0,41 kg
10	1	Reducción concéntrica Ø5" x Ø2 1/2" - SCH40	-	ASTM A-36	2,12 kg
11	1	Brida para 5" - PL. 1/2"	-	ASTM A-36	3,24 kg
12	2	Empaque Neopreno enlonado e=1/8"	-	Neopreno	0,09 kg
13	1	Válvula check Ø5"	-	-	3,98 kg
14	4	Reducción concéntrica Ø3" x Ø1 1/2" - SCH40	-	ASME B16.9	0,75 kg
15	4	Bocina hembra roscado Ø3.5"	50	ASTM A-36	0,12 kg

**ENSAMBLE GENERAL - MANIFOLD MI-01 ( 1 : 7.5 )**

Escala	Diseño de	Aprobado por	Fecha
INDICADA	FREDY QUISPE	JORGE ZAMORA	9/02/2023
ARIETE HIDRAÚLICO			Edición
UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO			0
Tipo de doc: Plano de despiece y ensamble general MANIFOLD MI - 01			Nº Hoja
MI-01			6 / 14

**DESPIEDE GENERAL MANIFOLD MI-01 ( 1 : 8.5 )**





**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, SALAZAR MENDOZA ANIBAL JESUS, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHICLAYO, asesor de Tesis titulada: "Diseño de bomba de ariete para abastecimiento de agua en reservorio de 350 m3 con fines agrícolas – Cañete

", cuyos autores son QUISPE ORDOÑEZ FREDY OMAR, ZAMORA MEJIA JORGE ANTHONY, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 15.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

CHICLAYO, 03 de Julio del 2023

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
SALAZAR MENDOZA ANIBAL JESUS <b>DNI:</b> 16720249 <b>ORCID:</b> 0000-0003-4412-8789	Firmado electrónicamente por: AJSALAZARM el 03- 07-2023 10:36:47

Código documento Trilce: TRI - 0565949