

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRICOLA**



**“APLICACION DEL GOLPE DE ARIETE HIDRAULICO PARA EL
APROVECHAMIENTO DEL AGUA DE MANANTIAL EN
QUEQUERANA MOHO”**

TESIS

PRESENTADA POR:

Br. HERMES PERALTA SURCO

PARA OPTAR EL TITULO DE:

INGENIERO AGRICOLA

**PUNO - PERÚ
2015**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRICOLA

**“APLICACION DEL GOLPE DE ARIETE HIDRAULICO PARA EL
APROVECHAMIENTO DEL AGUA DE MANANTIAL EN
QUEQUERANA MOHO”**

TESIS

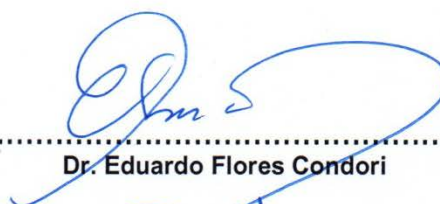
PRESENTADA POR:

Br. HERMES PERALTA SURCO

PARA OPTAR EL TITULO DE: INGENIERO AGRICOLA

APROBADO POR:

PRESIDENTE DE JURADO :



.....
Dr. Eduardo Flores Condori

PRIMER MIEMBRO :



.....
M.Sc. Oscar Raúl Mamani Luque

SEGUNDO MIEMBRO :



.....
M.Sc. Audberto Millones Chafloque

DIRECTOR DE TESIS :



.....
M.Sc. Roberto Alfaro Alejo

ÁREA : Ingeniería y Tecnología
TEMA: Equipos y maquinaria hidráulica
LÍNEA: Recursos Hídricos

DEDICATORIA

Con Mucho cariño y Eterna Gratitud A mis Queridos Padres Francisco Peralta Hanco y Luisa Surco Mamani, quienes con su sacrificada e invaluable labor hicieron posible que alcance la concretización de mi deseo de ser profesional.

Con mucho Amor a mi esposa Luz Marina Vargas Tula, quien con mucha comprensión y paciencia supo apoyarme en cada momento, siendo artífice de la culminación de la presente Investigación.

Con inmensa gratitud y agradecimiento a mis hermanos y hermanas por su incondicional e incomparable apoyo, quienes supieron alentarme en cada momento.

Hermes Peralta Surco

CONTENIDO

DEDICATORIA	ii
RESUMEN	viii
ABSTRACT.....	ix
INTRODUCCION	1
CAPITULO I.....	3
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.1. Formulación y planteamiento del problema.....	3
1.2. Justificación del problema	4
1.3. Antecedentes del problema.....	7
1.4. Hipótesis del problema.....	10
1.4.1. Hipótesis general	10
1.4.2. Hipótesis específico	10
1.5. Objetivos de la investigación	10
1.5.1. Objetivo general.....	10
1.5.2. Objetivos específicos	10
CAPITULO II.....	12
MARCO TEORICO CONCEPTUAL.....	12
2.1. Propiedad general de los fluidos.....	12
2.1.1. Fluido.....	12
2.1.2. Características de los fluidos.....	13
2.1.3. Presión	14
2.1.4. Presión absoluta y relativa	15
2.1.5. Presión hidrostática e hidrodinámica.....	15
2.1.6. Densidad	15
2.1.7. Densidad Absoluta	16
2.1.8. Densidad Relativa	16
2.1.9. Temperatura.....	17
2.1.10. Energía interna.....	17
2.1.11. La viscosidad.....	18
2.1.12. Peso específico	18
2.1.13. La compresibilidad	19
2.1.14. La capilaridad	20

2.1.15. Fluidez.....	20
2.1.16. El principio de Pascal	21
2.1.17. El principio de los vasos comunicantes	21
2.1.18. La presión atmosférica	22
2.1.19. Instrumentos de medición de presión.....	22
2.2. Bombas.....	23
2.2.1. Bombas de Energía eléctrica	23
2.2.2. Bombas de Energía de combustible.....	24
2.2.3. Bombas de Energías no convencionales	24
2.2.4. Definición de bomba de ariete.....	24
2.2.5. Características de la bomba de ariete.....	25
2.2.6. Transitorios de golpe de ariete	26
2.2.7. Descripción del fenómeno	27
2.2.8. Sobrepresiones en la faz de golpe de ariete	29
2.2.9. Presiones máximas y mínimas reguladas con válvulas al pie.....	29
2.2.10. Teoría del golpe de ariete.....	29
2.2.11. Bomba de ariete hidráulico y partes que la constituyen	31
2.2.12. Algunos tipos constructivos de bombas de ariete	34
2.2.13. Bombas de ariete trabajando en serie y en paralelo	35
2.2.14. Ariete de aguas bravas.....	35
2.2.15. Bomba de arietes comerciales o de fábrica.....	36
2.2.16. Energía cinética.....	36
2.3. Energía potencial	37
2.4. Perdidas de Carga en Tuberías	37
2.4.1. Ecuación de Darcy-Weisbach	38
2.4.2. Ecuación de Hazen – Williams.....	40
CAPITULO III.....	42
MATERIALES Y METODOS.....	42
3.1. Aspectos Generales.....	42
3.1.1. Ubicación Política.....	42
3.1.2. Ubicación Geográfica	43
3.1.3. Vías de acceso.....	43
3.1.4. Situación Climatológica	43
3.2. Trabajo de campo.....	44
3.2.1. Materiales y equipos utilizados en trabajo de campo	46
3.2.2. Equipos y materiales utilizados en trabajos de gabinete	47

3.2.3. Metodología.....	47
3.2.4. Materiales utilizados para la construcción de la bomba de ariete hidráulico	70
3.5. Análisis Técnico Financiero.....	72
3.5.1. Análisis del costo beneficio del proyecto de la bomba de ariete hidráulico	72
3.5.2. Costos Directos	73
3.5.3. Costos Indirectos.....	76
3.5.4. Costos Totales	76
3.5.5. Costos de Mantenimiento.....	77
3.6. Ley de Recursos hídricos Ley N° 29338	79
CAPITULO IV.....	88
RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	88
4.1. Sistema de bombeo mediante ariete hidráulico	88
4.1.2. Aplicación del sistema de bombeo	94
4.2. Discusión	97
CAPITULO V.....	101
CONCLUSIONES	101
CAPITULO VI.....	103
RECOMENDACIONES.....	103
CAPITULO VII.....	105
LITERATURA CITADA.....	105
ANEXOS	107

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de ubicación de la comunidad de Quequerana	42
Figura 2: Cuerpo del ariete hidráulico	52
Figura 3: Válvula check de impulso	53
Figura 4: Válvula check no retorno	54
Figura 5: Cámara de aire	55
Figura 6: Curva de eficiencia de una BAH	59
Figura 7: Curva de selección del tipo de BAH	60
Figura 8: Primer paso del funcionamiento de la BAH	67
Figura 9: Interrupción del flujo de agua	68
Figura 10: Presión en la cámara de aire	69
Figura 11: Inyección de aire por medio de la válvula de aire	69
Figura 12: Vista de manantial Quequerana	88
Figura 13: Instalación de la bomba de ariete hidráulico	96

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Valores de rugosidad para distintos materiales	40
Cuadro 2: Valores de coeficientes de rugosidad Hazen Williams	41
Cuadro 3: Vías de acceso a la comunidad de Quequerana	43
Cuadro 4: Aforo del manantial putina en la comunidad de Quequerana	44
Cuadro 5: Coordenadas de ubicación de manantial.....	45
Cuadro 6: Primera propuesta de ubicación del ariete hidráulico	45
Cuadro 7: Segunda propuesta de ubicación del ariete hidráulico	46
Cuadro 8: Ubicación propuesta para construir reservorio	46
Cuadro 9: Materiales para la construcción de la bomba de ariete hidráulico	70
Cuadro 10: Listado de precios de los materiales.....	73
Cuadro 11: Costo mano de obra	74
Cuadro 12: Costo de equipos.....	74
Cuadro 13: Costo de herramientas manuales para mantenimiento	75
Cuadro 14: Costos directos estimados.....	75
Cuadro 15: Costos indirectos	76
Cuadro 16: Costos totales estimados.....	76
Cuadro 17: Gastos estimados para mantenimiento	77
Cuadro 18: Costo total anual.....	78
Cuadro 19: Aforo volumétrico de manantial	89
Cuadro 20: Resultados obtenidos	90
Cuadro 21: Rendimiento de la bomba de ariete hidráulico.....	91
Cuadro 22: Ubicación de coordenadas UTM fuente de agua y la BAH 2”.....	92

RESUMEN

La aplicación del golpe de ariete hidráulico mediante la bomba de ariete hidráulico, el cual se plantea la instalación en la comunidad de Quequerana provincia de Moho, en el cual la fuente encontrada para que sirva de suministro de agua a la bomba de ariete, en épocas de estiaje la disminución de su caudal es mínimo, esta fuente de agua hasta la actualidad no es aprovechado para su uso. El caudal suministrado de la fuente de agua es 3.2 litros/seg. La diferencia de elevación que se tiene en cuanto a la fuente de alimentación y la primera propuesta de la instalación del sistema de bombeo mediante ariete hidráulico, es de 5 metros de desnivel, lo cual nos indica que el ariete hidráulico puede funcionar con normalidad elevando un caudal al reservorio de almacenamiento. Los resultados que se obtienen es, cuando la altura de alimentación es de 4 metros, el caudal elevado es de 18 lt/min, eficiencia es de 43%. Sin embargo cuando el desnivel de alimentación es de 8 metros el caudal de bombeo y/o elevación es de 48.60 lt/min, y su eficiencia es de 60%. El lugar a aprovechar como punto de alimentación, debido a que el desnivel del terreno tiene una altura de más de 5 metros, llegando incluso a los 8 metros. Una altura más que aceptable para impulsar un caudal elevado de agua a una cota mayor.

Palabras clave: Bomba de ariete hidráulico, eficiencia de conducción y aplicación

ABSTRACT

The application of water hammer through the hydraulic ram pump, which raises the facility in the community of Quequerana Moho Province where the source found to serve as a water supply to the ram pump in times of drought decreasing its flow is minimal, this water source until today is not exploited for use. The flow supplied from the water source is 3.2 liters / sec. The elevation difference is that in terms of power supply and the first proposal for the installation of the pumping system using hydraulic ram, is 5 meters of altitude, which indicates that the ram can operate normally raising one flow the storage reservoir. The results obtained is, when the feed height is 4 meters, the high flow rate is 18 l / min, efficiency is 43%. But when the supply gap is 8 meters the pumping rate and / or elevation is 48.60 lt / min, and its efficiency is 60%. The place to seize power point, because the uneven terrain at an altitude of more than 5 meters, even at 8 meters. A height more than acceptable to drive a high flow of water to a greater height.

Keywords: hydraulic ram pump, driving efficiency and application

INTRODUCCION

El tema de investigación, se realiza por una necesidad social de contar con nuevas alternativas tecnológicas, plasmándose de esta forma en una realidad como un trabajo de investigación; Este trabajo de investigación constituye un aporte para esclarecer dudas de los estudiantes universitarios mediante la aplicación de métodos, modelos, diseños y análisis; con lo cual podrán tener un marco teórico práctico y real para formarse profesionalmente con un criterio más acertado ante una necesidad de proyectos innovadores, económicos y modernos. Seguros de haber desarrollado el tema de manera que presente la teoría fundamental y que al mismo tiempo sea de fácil asimilación para los estudiantes, Profesionales y público interesado.

Este trabajo de investigación contribuirá al desarrollo académico de nuestra Universidad. Se revisó y analizó mucha bibliografía actual para que de esta forma se desarrolle un concepto teórico válido para todos aquellos que quieran su aplicación de tan valorable conocimiento creado, sin dejar de lado las normas y estándares nacionales e internacionales.

Con el fin de aportar con nuevos conocimientos hacia nuestro País, es que se determinó realizar un proyecto de investigación que tenga aplicación en muchas áreas de la Ingeniería. El presente trabajo de investigación se estructura en siete capítulos, de la siguiente manera:

En el primer capítulo, es el Planteamiento del Problema. En el Segundo capítulo se explicará el Marco Teórico y Conceptual de la bomba de ariete hidráulico. En el Tercer

capítulo consiste en la explicación de los Materiales y Métodos que realizaron para el funcionamiento de la bomba de ariete Hidráulico. En el cuarto capítulo presentamos los resultados y discusión del funcionamiento de la bomba de Ariete Hidráulico.

En el quinto capítulo tenemos las conclusiones del trabajo realizado, y sugerencias para trabajos futuros que sigan la senda de este proyecto de investigación. En el sexto capítulo presentamos las recomendaciones y en el capítulo séptimo presentamos las literaturas citadas y/o consultadas para el desarrollo de este proyecto de investigación.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Formulación y planteamiento del problema

Nuestro país, es de una inmensa extensión dispone de una gran variedad de climas. La Región de Puno, es una Región que más Recursos Hídricos posee; los mismos que se encuentran en lagos, lagunas, ríos, riachuelos y manantiales; donde la disponibilidad en volumen son significativos. Estos Recursos pueden ser mejor aprovechados si se impulsan a mayores alturas y disfrutarlos de los beneficio de contar con un sistema presurizado tanto para agua potable, así como para riego para fomentar la agricultura mejorando la calidad de vida (Franzini, 1999).

En nuestra Región, Lamentablemente el recorrido de estas aguas es superficial, se encuentran a alturas menores de las posibles áreas de servicio. Por otro lado la calidad de agua viene a ser importante por lo que es necesario tener conocimiento de lo siguiente: el agua de cualquier fuente debe ser adecuada para los propósitos previstos.

Dentro de la ciencia de la hidráulica; los sistemas de bombeo; para el suministro de agua, son costosos sobre todo cuando se utiliza energía eléctrica; sin embargo se conoce desde hace mucho tiempo la bomba de ariete hidráulico. El ariete hidráulico es una bomba automática para la elevación de agua.

Su objetivo es el de aprovechar la energía de un salto de agua para elevar caudal a una altura mayor que la del nivel inicial. Estas tienen la característica, que las distinguen de todas las demás máquinas de impulsión de líquidos, pues no necesitan

una energía motriz exterior para la elevación del agua ya que esta se logra a costa del consumo de la fuerza viva a que da lugar a la caída de una masa de agua, parte de la cual es elevada a una altura mayor.

Debido a la altura de alimentación, la energía cinética desarrollada por el movimiento del agua que sale de la válvula de check de fondo aumenta su velocidad, y por lo tanto la presión que ejerce sobre esta válvula, la cierra por completo, tan pronto como la presión correspondiente a esta velocidad rebosa el peso de la válvula. La detención brusca e instantánea del agua, produciría una transformación de su fuerza viva, que se traducirá en una sobre presión considerable (el golpe de ariete) en el ariete y paredes del tubo de alimentación.

Se sabe que los combustibles fósiles o los que se están usando actualmente se van agotando y llegará el momento que ya no existan; por lo tanto, las maquinas hidráulicas que utilizan este tipo de combustibles quedaran inutilizadas. De ahí que se considera que el presente proyecto de investigación es muy importante para estar dispuestos a reemplazar los sistemas de bombeo convencional con una bomba de ariete hidráulico, que puede ser utilizada en las situaciones donde se requiera elevar agua de un punto a otro con menores costos.

1.2. Justificación del problema

Se considera que es necesario investigarlo para ofrecer un trabajo que explique el funcionamiento y los pasos para su construcción. Esta información puede utilizarse como referencia para instalar uno de estos artefactos en las comunidades rurales de

bajos recursos económicos, donde los métodos convencionales de bombeo de agua no pueden implementarse; pero que también posean las características adecuadas para su instalación.

La problemática en el abastecimiento por el cual atraviesan ciertas localidades del país requiere de alternativas eficaces que permitan cubrir este déficit energético. Las fuentes alternas de energía representan potenciales energéticos abundantes. El Perú posee recursos hídricos vertientes y ríos que no son aprovechados de forma adecuada, debido a esto la existencia de terreno que no son cultivados por falta del agua.

El presente estudio está encaminado en aprovechar el recurso hídrico y las condiciones geográficas del lugar, la misma que ayuda aprovechar dicha energía para bombear una parte del caudal existente hacia un lugar de mayor altura en donde se reservará y distribuirá el agua para riego por aspersión y goteo en todos los terrenos no cultivados.

Las comunidades del departamento de Puno poseen tierras que no son utilizadas para el cultivo por la falta de agua de riego, el cual ocasiona una baja productividad agropecuaria.

Con la utilización de la Bomba de Ariete hidráulico, se permitirá dotar de agua a zonas necesitadas, con la ventaja que no tendrán que pagar tarifa de energía eléctrica y/o combustible.

El aprovechamiento del recurso hídrico con este sistema de bombeo se busca mejorar la calidad de vida, con la productividad agropecuaria que sin duda repercute en el desarrollo de este sector, ya que contará con una presión suficiente para su efectiva producción.

El presente trabajo de tesis propuesto, tiene una importancia en el aprovechamiento hídrico, innovar una forma sostenible de tecnología que finalmente nos lleve a conservar el medio ambiente, ya que con el uso de la bomba de ariete hidráulico en un sistema de bombeo no se contamina, además servirá para la implementación de sistema de agua potable y riego en la agricultura que puede ser empleado en pequeños centros de producción.

Desde un punto de vista puramente económico. El empleo del golpe de ariete, será de trascendencia ya que la implementación requiere de un costo mínimo, costo de operación casi nula y cero en contaminación al medio ambiente ya que no utiliza ningún tipo de energía ni combustible fuera de la fuerza de fluido (agua). Además se logra grandes ahorros, esto se nota especialmente en el medio rural.

La utilización de las bombas en referencia disminuiría los altos costos de bombeo de agua para diversas actividades destinadas a mejorar la calidad de vida del poblador sabemos que no requiere el uso de energía eléctrica o el de combustión que es costoso en nuestro medio. De igual forma permitirá conocer el comportamiento de la bomba el mismo que se basa en principios de la mecánica de fluidos y también proponer su difusión hasta lograr un uso generalizado en el departamento de Puno.

De cualquier forma se justifica el estudio de la bomba de ariete hidráulico pues no existen experiencias prácticas en nuestro país y mucho menos en el departamento además que contribuya a solucionar un grave problema social que es la disponibilidad de agua.

El presente trabajo de tesis propuesto, tiene limitaciones por su diseño, Entre una de sus limitaciones tenemos:

El aprovechamiento del agua no es del 100%.

No trabajan a la misma velocidad que una centrifuga.

No tiene el mismo rendimiento en cuanto a caudal elevado se refiere.

Se tiene que adaptar un suministro de agua a una altura superior de la bomba.

1.3. Antecedentes del problema

Las bombas están entre las más antiguas de las máquinas. Se utilizaron en el antiguo Egipto, China, India, Grecia y Roma. Hoy en día son las segundas comúnmente utilizadas como tipo de equipo industrial después de los motores eléctricos. El ariete hidráulico irrumpe en la historia al principio de la era de los grandes inventos, y alcanzó su madurez paralelamente a las máquinas de vapor y el motor de combustión interna.

Se ha discrepado mucho sobre el verdadero creador empírico de esta bomba, pero una de las crónicas más aceptadas es en la cual se atribuye la invención al inglés John Whitehurst en el año de 1775, “fermentó su ingenio para construir un aparato con un principio de funcionamiento novedoso, accionaba manualmente un grifo en la

tubería conectada a un tanque de abasto, en un nivel superior, para provocar el fenómeno físico conocido como golpe de Ariete, que permitía elevar el líquido a un tanque de almacenamiento colocado a una altura mayor, aunque su aplicación no fue tan apetecida por el gran ruido y vibración propios de dicho equipo, además era manual. Este ariete fue capaz de levantar el agua hasta una altura de 4.9 m.

La invención, reconocida en 1776, y la posterior muerte del ilustre inglés fue precedida por investigadores que se ocuparon de añadir bondades al equipo y descubrir los secretos de su aparente magia. La sagacidad humana añadió elementos al invento cervecero, y seis años antes de que los dos famosos hermanos franceses: Joseph Montgolfier junto a su hermano Etienne, inventaran el globo aerostático, concibió un ariete autoactivante, en principio similar a los contemporáneos, aunque entonces le denominó “le belier hydraulique” (el golpe hidráulico). La mejora con la anterior radica en que ya no se utilizaba la fuerza externa para abrir la válvula de impulso, si no la fuerza inherente del agua en movimiento se encargaba de realizar ésta tarea.

El ariete hidráulico fue patentado en 1796, por Joseph Montgolfier, que como en la actualidad consistía en una máquina que aprovechaba únicamente la energía de un pequeño salto de agua para elevar parte de su caudal a una altura superior. Su trabajo fue mejorado por Pierre francois Montgolfier, su hijo (1816), quien diseño una válvula para introducir el aire en la cámara del hydram esto mejoró su rendimiento, se informó que bombeó a una altura de 48m.

A partir de su invención el ariete hidráulico tuvo una amplia difusión por todo el mundo, como por ejemplo, en las fuentes del Taj Mahal en la India, en el Ameer de Afganistán. El interés en las bombas de ariete, disminuyó en los años 50 y 60 a consecuencia del boom petrolero, además el abandono de su uso fue merced al avance arrollador de la bomba centrífuga.

En el Perú no se cuenta con un registro de funcionamiento de los sistemas de ariete hidráulicos por lo que se ve la necesidad de elaborar una base de datos de cada uno de los modelos existentes para que personas interesadas en el uso de dicha tecnología, tales como proveedores, profesionales, e incluso estudiantes de carreras afines a la ingeniería agrícola lleguen a obtener información de las características de operación de dichos modelos a evaluar y en un periodo futuro determinar la posibilidad de realizar mejoras a estos equipos en su estructura con recursos de nuestra zona.

En la región de Puno no se cuenta con investigaciones de funcionamiento de los sistemas de bombeo mediante ariete hidráulico por lo que se ve la escasez de información al elaborar una base de datos de cada uno de los modelos existentes para que personas interesadas lleguen a conseguir información de las características de operación de dichos modelos a evaluar.

1.4. Hipótesis del problema

1.4.1. Hipótesis general

La aplicación del golpe de ariete, mediante la bomba de ariete hidráulico, permite el aprovechamiento del agua de manantial en la comunidad de Quequerana-Moho.

1.4.2. Hipótesis específico

Al aplicar el golpe de ariete mediante la bomba de ariete hidráulico en la comunidad de Quequerana permite el uso adecuado y eficiente del recurso agua.

Al aplicar el golpe de ariete mediante la bomba de ariete hidráulico, permite aprovechar el uso del agua y mejorar la calidad de vida de los pobladores de la comunidad de Quequerana – Moho.

1.5. Objetivos de la investigación

1.5.1. Objetivo general

Proponer la aplicación del golpe de Ariete mediante la bomba de ariete hidráulico para el aprovechamiento del agua de manantial en la Comunidad de Quequerana – Moho.

1.5.2. Objetivos específicos

Determinar el caudal elevado aplicando el golpe de ariete mediante la bomba de ariete hidráulico, para Ofrecer una alternativa de bombeo de agua en la comunidad de Quequerana – Moho.

Aplicar el bombeo mediante ariete hidráulico en la comunidad de Quequerana – Moho.

Determinar el rendimiento de la bomba de ariete hidráulico.

CAPITULO II

MARCO TEORICO CONCEPTUAL

2.1. Propiedad general de los fluidos

2.1.1. Fluido

Un fluido es un conjunto de partículas que se mantienen unidas entre sí por fuerzas cohesivas débiles y las paredes de un recipiente; el término engloba a los líquidos y los gases. En el cambio de forma de un fluido la posición que toman sus moléculas varía, ante una fuerza aplicada sobre ellos, pues justamente fluyen. Los líquidos toman la forma del recipiente que los aloja, manteniendo su propio volumen, mientras que los gases carecen tanto de volumen como de forma propios. Las moléculas no cohesionadas se deslizan en los líquidos, y se mueven con libertad en los gases. Los fluidos están conformados por los líquidos y los gases, siendo los segundos mucho menos viscosos (casi fluidos ideales). (Mott, 1996)

Se denomina fluido a un tipo de medio continuo formado por alguna sustancia entre cuyas moléculas sólo hay una fuerza de atracción débil. La propiedad definitoria es que los fluidos pueden cambiar de forma sin que aparezcan en su seno fuerzas restitutivas tendentes a recuperar la forma "original" (lo cual constituye la principal diferencia con un sólido deformable, donde sí hay fuerzas restitutivas). (Mataix, 1982)

Un fluido es un conjunto de partículas que se mantienen unidas entre sí por fuerzas cohesivas débiles y las paredes de un recipiente; el término engloba a los líquidos y los gases. En el cambio de forma de un fluido la posición que toman sus moléculas

varía, ante una fuerza aplicada sobre ellos, pues justamente fluyen. Los líquidos toman la forma del recipiente que los aloja, manteniendo su propio volumen (Potter, 2002).

2.1.2. Características de los fluidos

Compresibilidad. Todos los fluidos son compresibles en cierto grado. No obstante, los líquidos son altamente incompresibles a diferencia de los gases que son altamente compresibles. Sin embargo, la compresibilidad no diferencia a los fluidos de los sólidos, ya que la compresibilidad de los sólidos es similar a la de los líquidos.

Viscosidad. Aunque la viscosidad en los gases es mucho menor que en los líquidos. La viscosidad hace que la velocidad de deformación puede aumentar las tensiones en el seno del medio continuo. Esta propiedad acerca a los fluidos viscosos a los sólidos visco elásticos.

Distancia Molecular Grande. Esta es una de las características de los fluidos en la cual sus moléculas se encuentran separadas a una gran distancia en comparación con los sólidos y esto le permite cambiar muy fácilmente su velocidad debido a fuerzas externas y facilita su compresión.

Ausencia de memoria de forma. Es decir, toman la forma del recipiente que lo contenga, sin que existan fuerzas de recuperación elástica como en los sólidos. Debido a su separación molecular los fluidos no poseen una forma definida por tanto no se puede calcular su volumen o densidad a simple vista, para esto se introduce el fluido en un recipiente en el cual toma su forma y así podemos calcular su volumen y

densidad, esto facilita su estudio. Esta última propiedad es la que diferencia más claramente a fluidos (líquidos y gases) de sólidos deformables.

2.1.3. Presión

Es la magnitud escalar que relaciona la fuerza con la superficie sobre la cual actúa, es decir, equivale a la fuerza que actúa sobre la superficie. Cuando sobre una superficie plana de área A se aplica una fuerza normal F de manera uniforme, la presión P viene dada de la siguiente forma: (Potter, 2002)

$$p = \frac{F}{A}$$

En un caso general donde la fuerza puede tener cualquier dirección y no estar distribuida uniformemente en cada punto la presión se define como:

$$p = \frac{d\mathbf{F}_A}{dA} \cdot \mathbf{n}$$

Donde \mathbf{n} es un vector unitario y normal a la superficie en el punto donde se pretende medir la presión. La definición anterior puede escribirse también como:

$$p = \frac{d}{dA} \int_S \mathbf{f} \cdot \mathbf{n} dS$$

Donde:

\mathbf{f} , es la fuerza por unidad de superficie.

n , es el vector normal a la superficie.

A , es el área total de la superficie S .

2.1.4. Presión absoluta y relativa

En determinadas aplicaciones la presión se mide no como la presión absoluta sino como la presión por encima de la presión atmosférica, denominándose presión relativa, presión normal, presión de gauge o manométrica. Consecuentemente, la presión absoluta es la presión atmosférica (P_a) más la presión manométrica (P_m) (presión que se mide con el manómetro) (Potter, 2002).

$$P_{ab} = P_a + P_m$$

2.1.5. Presión hidrostática e hidrodinámica

En un fluido en movimiento la presión hidrostática puede diferir de la llamada presión hidrodinámica por lo que debe especificarse a cuál de las dos se está refiriendo una cierta medida de presión (Lansford & Dugan, 1941).

2.1.6. Densidad

Es una magnitud escalar referida a la cantidad de masa en un determinado volumen de una sustancia. La densidad media es la razón entre la masa de un cuerpo y el volumen que ocupa (Mataix, 1982) .

$$\rho = \frac{m}{V}$$

2.1.7. Densidad Absoluta

Es la magnitud que expresa la relación entre la masa y el volumen de una sustancia. Su unidad en el Sistema Internacional es kilogramo por metro cúbico (kg/m^3), aunque frecuentemente también es expresada en g/cm^3 . La densidad es una magnitud intensiva.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Siendo: ρ , la densidad; m , la masa; y V , el volumen de la sustancia.

2.1.8. Densidad Relativa

La densidad relativa de una sustancia es la relación existente entre su densidad y la de otra sustancia de referencia; en consecuencia, es una magnitud adimensional (sin unidades).

$$\rho_r = \frac{\rho}{\rho_0}$$

Donde: ρ_r es la densidad relativa, ρ es la densidad de la sustancia, y ρ_0 es la densidad de referencia o absoluta.

Para los líquidos y los sólidos, la densidad de referencia habitual es la del agua líquida a la presión de 1 atm y la temperatura de 4 °C. En esas condiciones, la densidad absoluta del agua destilada es de 1000 kg/m^3 , es decir, 1 kg/dm^3 . ((Franzini, 1999).

2.1.9. Temperatura

La temperatura es una magnitud referida a las nociones comunes de caliente, tibio o frío que puede ser medida con un termómetro. En física, se define como una magnitud escalar relacionada con la energía interna de un sistema termodinámico, definida por el principio cero de la termodinámica.

Más específicamente, está relacionada directamente con la parte de la energía interna conocida como «energía cinética», que es la energía asociada a los movimientos de las partículas del sistema, sea en un sentido traslacional, rotacional, o en forma de vibraciones. A medida de que sea mayor la energía cinética de un sistema, se observa que éste se encuentra más «caliente»; es decir, que su temperatura es mayor (Potter, 2002).

2.1.10. Energía interna

La energía cinética interna, es decir, de las sumas de las energías cinéticas de las individualidades que lo forman respecto al centro de masas del sistema, y de la energía potencial interna, que es la energía potencial asociada a las interacciones entre estas individualidades.

En un líquido o sólido deberemos añadir la energía potencial que representa las interacciones moleculares. Desde el punto de vista de la termodinámica, en un sistema cerrado (o sea, de paredes impermeables), la variación total de energía interna es igual a la suma de las cantidades de energía comunicadas al sistema en forma de calor y de trabajo (Potter, 2002)

2.1.11. La viscosidad

Es la oposición de un fluido a las deformaciones tangenciales, es debida a las fuerzas de cohesión moleculares. Todos los fluidos conocidos presentan algo de viscosidad, siendo el modelo de viscosidad nula una aproximación bastante buena para ciertas aplicaciones. Un fluido que no tiene viscosidad se llama fluido ideal (Potter, 2002).

La viscosidad solo se manifiesta en líquidos en movimiento, se ha definido la viscosidad como la relación existente entre el esfuerzo cortante y el gradiente de velocidad. Esta viscosidad recibe el nombre de viscosidad absoluta o viscosidad dinámica. Generalmente se representa por la letra griega (Franzini, 1999).

Cabe señalar que la viscosidad solo se manifiesta en fluidos en movimiento, ya que cuando el fluido está en reposo adopta una forma tal en la que no actúan las fuerzas tangenciales que no puede resistir. Es por ello por lo que llenado un recipiente con un líquido, la superficie del mismo permanece plana, es decir, perpendicular a la única fuerza que actúa en ese momento, la gravedad, sin existir por tanto componente tangencial alguna.

2.1.12. Peso específico

Se le llama peso específico a la relación entre el peso de una sustancia y su volumen (Franzini, 1999).

Su expresión de cálculo es:

$$\gamma = \frac{P}{V} = \frac{mg}{V} = \rho g$$

2.1.13. La compresibilidad

Es una propiedad de la materia a la cual se debe que todos los cuerpos disminuyan de volumen al someterlos a presión o compresión determinada manteniendo constantes otros parámetros.

Compresibilidad de los líquidos

Significa que cuando se aumenta la presión sobre el sistema, este disminuye su volumen. El caso contrario se puede observar en sistemas inestables por ejemplo en un sistema químico cuando la presión inicia una explosión. Los sólidos a nivel molecular son muy difíciles de comprimir, ya que las moléculas que tienen los sólidos están muy pegadas y existe poco espacio libre entre ellas como para acercarlas sin que aparezcan fuerzas de repulsión fuertes.

Esta situación contrasta con la de los gases los cuales tienen sus moléculas muy separadas y que en general son altamente compresibles bajo condiciones de presión y temperatura normales. Los líquidos bajo condiciones de temperatura y presión normales son también bastante difíciles de comprimir aunque presenta una pequeña compresibilidad mayor que la de los sólidos (Potter, 2002).

2.1.14. La capilaridad

Es un proceso de los fluidos que depende de su tensión superficial, la Cual a su vez depende de la cohesión del líquido y que le confiere la capacidad de subir o bajar por un tubo capilar.

Cuando un líquido sube por un tubo capilar, es debido a que la fuerza intermolecular o cohesión intermolecular entre sus moléculas es menor que la adhesión del líquido con el material del tubo; es decir, es un líquido que moja. El líquido sigue subiendo hasta que la tensión superficial es equilibrada por el peso del líquido que llena el tubo. Éste es el caso del agua (Potter, 2002).

2.1.15. Fluidez

La fluidez es una característica de los líquidos o gases que les confiere la habilidad de poder pasar por cualquier orificio o agujero por más pequeño que sea, siempre que esté a un mismo o inferior nivel del recipiente en el que se encuentren (el líquido), a diferencia del restante estado de agregación conocido como sólido. (Franzini, 1999).

Un fluido puede adquirir una deformación arbitrariamente grande sin necesidad de ejercer una tensión mecánica, dado que en los líquidos la tensión mecánica o presión en el seno del fluido depende esencialmente de la velocidad de la deformación no de la deformación en sí misma (a diferencia de los sólidos que tienen "memoria de forma" y experimentan tensiones tanto más grandes cuanto más se alejan de la forma original, es decir, en un sólido la tensión está relacionada primordialmente con el grado de deformación) (Potter, 2002).

2.1.16. El principio de Pascal

La presión aplicada en un punto de un líquido contenido en un recipiente se transmite con el mismo valor a cada una de las partes del mismo.

El principio de Pascal puede ser interpretado como una consecuencia de la ecuación fundamental de la hidrostática y del carácter incompresible de los líquidos. En esta clase de fluidos la densidad es constante, de modo que de acuerdo con la ecuación $p = \gamma + g \cdot h$ si se aumenta la presión en la superficie libre, por ejemplo, la presión en el fondo ha de aumentar en la misma medida, ya que $\gamma + g \cdot h$ no varía al no hacerlo h . (Potter, 2002).

La prensa hidráulica constituye la aplicación fundamental del principio de Pascal. Consiste, en esencia, en dos cilindros de diferente sección comunicados entre sí, y cuyo interior está completamente lleno de un líquido que puede ser agua o aceite. Dos émbolos de secciones diferentes se ajustan, respectivamente, en cada uno de los dos cilindros, de modo que estén en contacto con el líquido. Cuando sobre el émbolo de menor sección S_1 se ejerce una fuerza F_1 la presión p_1 que se origina en el líquido en contacto con él se transmite íntegramente y de forma instantánea.

$$p_1 = p_2$$

2.1.17. El principio de los vasos comunicantes

Si se tienen dos recipientes comunicados y se vierte un líquido en uno de ellos en éste se distribuirá entre ambos de tal modo que, independientemente de sus capacidades, el nivel de líquido en uno y otro recipiente sea el mismo. Éste es el llamado principio

de los vasos comunicantes, que es una consecuencia de la ecuación fundamental de la hidrostática (Potter, 2002).

2.1.18. La presión atmosférica

La presión hidrostática en los líquidos asociada al peso de unas capas de líquido sobre otras, las grandes masas gaseosas pueden dar lugar a presiones considerables debidas a su propio peso. Tal es el caso de la atmósfera. La presión del aire sobre los objetos contenidos en su seno se denomina presión atmosférica. La ley de variación de la presión atmosférica con la altura es mucho más complicada que la descrita por la ecuación fundamental de la hidrostática (Mataix, 1982).

2.1.19. Instrumentos de medición de presión

2.1.19.1. Manómetros

Un manómetro es un instrumento de medida de la presión en fluidos (líquidos y gases) en circuitos cerrados. Miden la diferencia entre la presión real o absoluta y la presión atmosférica, llamándose a este valor presión manométrica. Lo que realmente hacen es comparar la presión atmosférica (la de fuera) con la de dentro del circuito por donde circula al fluido. Por eso se dice que los manómetros miden la presión relativa.

Todos los manómetros tienen un elemento que cambia alguna propiedad cuando son sometidos a la presión, este cambio se manifiesta en una escala o pantalla calibrada directamente en las unidades de presión correspondientes.

Los manómetros, son dispositivos cilíndricos, con una escala graduada, normalmente en bares o en psi, y una aguja que gira en función de la diferencia de presión entre el exterior y la del circuito donde queremos medir. Es decir la aguja nos mide la presión en el interior del circuito (Potter, 2002).

2.2. Bombas

La bomba es una máquina que absorbe energía mecánica que puede provenir de un motor eléctrico, térmico, etc., y la transforma en energía que la transfiere a un fluido como energía hidráulica la cual permite que el fluido pueda ser transportado de un lugar a otro, a un mismo nivel y/o a diferentes niveles y/o a diferentes velocidades (Mott, 1996).

2.2.1. Bombas de Energía eléctrica

Las bombas eléctricas están constituidas esencialmente por dos cámaras, una de aspiración y otra de salida, unidas por un cilindro dentro del cual se mueve un émbolo de doble efecto de material ferromagnético con movimiento alternativo bajo la acción de un muelle y una bobina alimentada por la batería; una pequeña válvula, situada en el extremo del lado de aspiración del émbolo, se abre y cierra alternativamente, regulando el llenado del émbolo hueco y el caudal (Giles, 1973).

2.2.2. Bombas de Energía de combustible

Es un dispositivo que le entrega al fluido de trabajo o combustible la energía necesaria para desplazarse a través de él. Las presiones con las que trabaja la bomba dependen en gran medida del tipo de motor que se tenga. Así, cuanto más potencia necesite un motor, mayor caudal de combustible hará falta, por lo que se necesitará una bomba de mayor potencia (Mott, 1996).

2.2.3. Bombas de Energías no convencionales

Se refiere a aquellas formas de producir energía que no son muy comunes en el mundo y cuyo uso es limitado debido todavía a los costos para su producción y su difícil forma para captarlas y transformarlas en energía eléctrica.

También se les conoce como "energías limpias", ya que por lo general no combustionan, no contaminan (aunque todas tienen algún impacto en el medio ambiente) y no dejan desechos. Dentro de las que más se están utilizando, están la energía nuclear, la energía solar, la energía geotérmica, la energía eólica y la energía de la biomasa (Mott, 1996).

2.2.4. Definición de bomba de ariete

La bomba de ariete o ariete hidráulico es una bomba de agua totalmente automática y de fácil construcción que no requiere motor o mecanismo manual. La bomba de ariete aprovecha la energía de un caudal de agua descendente para impulsar parte de esa agua a mayor altura.

Cuando se dispone de un caudal permanente, la bomba puede funcionar continuamente sin intervención externa. Como principal inconveniente podemos alegar que sufren una cierta pérdida de agua mientras funcionan en el golpe de ariete. Pero su punto fuerte, además de su facilidad, es que funcionan sin electricidad, de forma que se pueden utilizar en sitios remotos e inaccesibles, que de otra forma no podrían bombear agua a cierta altura (Giles, 1973).

2.2.5. Características de la bomba de ariete

Este sistema es más económico que los otros convencionales motorizados, no causa contaminación al medio ambiente, su operación es segura no necesita mano de obra durante su operación y su costo de funcionamiento teóricamente es nulo; ya que este dispositivo presenta únicamente dos partes móviles, la vida útil del equipo es larga y funciona continuamente las 24 horas del día. Ideal para terreno escarpado en donde se pueda realizar riego tecnificado (aspersión o riego por goteo) con finalidades agropecuarias, además puedan solventar otras necesidades como agua potable si esa fuese la necesidad (Giles, 1973).

A continuación presentamos las características de los componentes principales del ariete hidráulico.

a) Tubería de alimentación

La tubería de alimentación es el ducto de entrada que conecta el colector con la bomba de ariete. El diámetro de esta tubería depende del tamaño del ariete utilizado. El tubo de entrada debe resistir los golpes de ariete y debe ser de pvc o de metal. El tubo debe ser perfectamente hermético, no puede tener ninguna fuga y debe tener una pendiente constante.

b) Tubería de salida

El tubo de salida conecta la bomba con el reservorio de almacenamiento. El diámetro de este tubo depende del tamaño del ariete, en nuestro caso utilizaremos una manguera de $\frac{1}{2}$ in. El tubo de salida no debe tener tramos de contra pendientes. Si no se pueden evitar estas pendientes, tenemos que prever unos sistemas de aeración en los puntos más elevados. El tubo de salida puede ser de plástico, dado que hay que tener en cuenta la presión hidráulica estática que está sometido el ducto.

2.2.6. Transitorios de golpe de ariete

Se conoce con el nombre de “transitorios” a los fenómenos de variación de presiones en las conducciones a presión, motivadas en variaciones proporcionales en las velocidades. Cuando la variación es tal que implica el impedimento de escurrir, es decir, velocidad final nula, y cuando además, las oscilaciones de presión por ese motivo son grandes, al fenómeno se lo denomina “golpe de ariete”.

Se podría definir al fenómeno de Golpe de Ariete como la oscilación de presión por encima o debajo de la normal a raíz de las rápidas fluctuaciones de la velocidad del

escurrimiento. En realidad, el fenómeno conocido como "Golpe de Ariete" es un caso particular del estudio de los movimientos transitorios en las conducciones a presión. La diferencia se encuentra en que los transitorios implican variaciones de velocidad - y su correlación con la transformación en variaciones de presión - de pequeña magnitud, mientras que el "Golpe de Ariete" implica las grandes variaciones, de velocidad y presión.

Las maniobras de detenimiento total, implican necesariamente los golpes de ariete de máxima intensidad puesto que se pone de manifiesto la transformación total de la energía de movimiento que se transforma en energía de presión (Potter, 2002).

2.2.7. Descripción del fenómeno

Con el objetivo de analizar el fenómeno físicamente, el caso del "cierre instantáneo del obturador", el que, a pesar de ser una abstracción teórica, posibilita una más fácil comprensión del problema. Decimos que el cierre instantáneo es una abstracción, porque los órganos de cierre, por rápido que actúen siempre demandarían un tiempo para completar la obturación del caudal. Ello no obstante, en la realidad práctica se produce cierres que pueden adaptarse a ese criterio y que como se estudiará, no son deseables puesto que, como adelantamos, pueden producir sobrepresiones máximas.

Un conducto de diámetro D y longitud L , conectado a un embalse de capacidad infinita I inclinado, para mayor generalidad. La conducción puede ser regulada por el obturador O situado aguas abajo y las coordenadas I las medimos desde el mismo hasta el embalse M donde adquiere el valor L . El primero de los dibujos esquematiza las condiciones previas al cierre instantáneo del obturador, es decir el régimen permanente y uniforme. Los dibujos representan situaciones posteriores al cierre, el que se opera en un instante inicial t_0 (Potter, 2002).

Existen diversas maniobras donde se induce el fenómeno:

Cierre y Apertura de Válvulas.

Arranque de Bombas.

Detención de Bombas.

Funcionamiento inestable de bombas.

Llenado inicial de tuberías.

Sistemas de Protección contra Incendios.

En general, el fenómeno aparecerá cuando, por cualquier causa, en una tubería se produzcan variaciones de velocidad y, por consiguiente, en la presión. Como puede observarse del listado anterior todos estos fenómenos se producen en maniobras necesarias para el adecuado manejo y operación del recurso, por lo que debemos tener presente que su frecuencia es importante y no un fenómeno eventual.

2.2.8. Sobrepresiones en la faz de golpe de ariete

El golpe de ariete, se origina debido a que el fluido es ligeramente elástico. En consecuencia, cuando se cierra bruscamente una válvula o un grifo instalado en el extremo de una tubería de cierta longitud, las partículas de fluido que se han detenido son empujadas por las que vienen inmediatamente detrás y que siguen aún en movimiento. Esto origina una sobrepresión que se desplaza por la tubería a una velocidad que puede superar la velocidad del sonido en el fluido. Esta sobrepresión tiene dos efectos: comprime ligeramente el fluido, reduciendo su volumen, y dilata ligeramente la tubería. Cuando todo el fluido que circulaba en la tubería se ha detenido, cesa el impulso que la comprimía y, por tanto, ésta tiende a expandirse (Lansford & Dugan, 1941).

2.2.9. Presiones máximas y mínimas reguladas con válvulas al pie

La teoría y la práctica demuestran que las máximas sobrepresiones posibles se logran para los casos en que la maniobra de cierre sea menor que el tiempo que tarda la onda en su viaje de ida y vuelta al obturador. Este tiempo lo denominaremos tiempo crítico T_c , Nótese que fácilmente se obtienen, para el caso de los caños de materiales rígidos, valores de sobrepresión máxima que responden (Lansford & Dugan, 1941).

2.2.10. Teoría del golpe de ariete

El golpe de ariete es un fenómeno que puede producirse en tuberías largas, cuando se detiene bruscamente una columna de agua que se desplaza por su interior. Ocurre en la vida diaria con frecuencia. Un ejemplo de ello es el ruido estruendoso que en

ocasiones se produce en instalaciones antiguas, cuando al cerrar un grifo retumba la tubería entera. Ese ruido es señal de que el agua que se desplazaba a una cierta velocidad se ha detenido casi instantáneamente, transmitiendo de golpe la energía cinética que poseía (Lansford & Dugan, 1941).

En realidad, no todo el fluido se detiene a la vez, sino que cuando el grifo se cierra de golpe, el agua que está en el extremo cercano al grifo se detiene, mientras que el agua que circula por el resto de la tubería se sigue desplazando a la misma velocidad que tenía antes. En ese momento se produce una onda de choque que parte desde el grifo, desplazándose por el fluido en dirección contraria a su movimiento a una velocidad cercana a la del sonido.

De nuevo ante un desequilibrio, dada la baja presión del fluido en la tubería, por lo que una cuarta onda de choque, que viajará desde el depósito hasta el grifo, pondrá de nuevo al fluido en movimiento a una velocidad igual a la inicial, hacia el grifo, y a una presión igual a la inicial.

Cuando esta cuarta onda llegue hasta el grifo, estaremos en una situación exactamente igual a la que teníamos en el instante en el que se cerró el grifo, por lo que todo el proceso de las 4 ondas de choque se repetiría indefinidamente (realmente no es así debido a la existencia de pérdidas por las que las ondas de choque van perdiendo fuerza hasta desaparecer).

Obsérvese que durante el proceso de las 4 ondas de choque, se produce tanto una fuerte sobrepresión (con la primera onda) como una fuerte depresión (con la tercera onda) en la tubería. Normalmente los dos cambios de presión son perjudiciales para las tuberías, sin embargo, la construcción cilíndrica de las tuberías hace que estas sean más resistentes a las altas presiones que a las depresiones, siendo esta última la causa de la mayoría de las consecuencias desastrosas del denominado “golpe de ariete”.

Hoy en día, casi todas las instalaciones de fontanería están preparadas mediante diversos sistemas para evitar este fenómeno, ya que por lo general es dañino para las tuberías. Pero como podrán comprobar con la bomba de ariete, es posible aprovechar estas variaciones bruscas de presión.

2.2.11. Bomba de ariete hidráulico y partes que la constituyen

Una bomba de ariete es una máquina hidráulica desprovista de motor, capaz de aprovechar la energía potencial que posee una cantidad de fluido gracias a la sobrepresión producida por el fenómeno del golpe de ariete, para elevar una parte de ese fluido a una altura considerablemente mayor. Partes que la constituyen una bomba de ariete hidráulico consta de varias partes diferenciadas (Giles, 1973).

2.2.11.1. Fuente de alimentación o reservorio

Fuente continua de agua, que normalmente será un río al que le será devuelta unos metros más abajo el agua descargada por la bomba de ariete. También puede tratarse de un depósito suficientemente grande, normalmente fabricado de plástico u hormigón.

Esta fuente tendrá que proporcionar agua a una altura H por encima del nivel al que se encuentre la bomba de ariete. Esta altura H depende del tipo de bomba con el que se trabaje, así como la altura final a la que se quiera bombear agua y el rendimiento que busquemos, pero un valor usual puede ser entre 2 y 5 metros.

2.2.11.2. Tubería de alimentación

Tubería larga y rígida que une el depósito de alimentación con la bomba de ariete. Por esta tubería el fluido se va acelerando para llegar a la bomba de ariete con cierta velocidad. Por esta tubería se propagarán además varias ondas de choque, por lo que ha de ser resistente y debe estar bien fijada. Es aconsejable que tenga la menor cantidad de codos, estrechamientos e imperfecciones posibles. Conviene también que disponga de un filtro en el extremo de la fuente de alimentación, para impedir que posibles partículas de determinado tamaño pasen por ella y puedan llegar a la bomba de ariete.

2.2.11.3. Tubería de salida o de elevación

Tubería más estrecha que la de alimentación, por la que el agua se elevará hasta la altura deseada, " h " no se verá sometida a incrementos demasiado bruscos de presión, por lo que el material más comúnmente utilizado es el plástico. Alturas frecuentes de elevación son en torno a 4 o 6 veces la altura de alimentación (H).

2.2.11.4. Bomba de ariete

Pieza más importante y que estudiaremos más detalladamente. Recoge el agua que le llega por la tubería de alimentación y consigue elevar una parte de ella por la tubería de salida o elevación.

A su vez se compone de distintas piezas o partes:

Válvula de NR (No Retorno)

También llamada anti-retorno, es una válvula que sólo permite el paso de fluido en uno de los dos sentidos. Esta válvula comunica la caja de válvulas con la tubería de elevación, y su función es abrirse sólo cuando la presión en la bomba sea grande, de forma que en ese momento el agua se eleve por la tubería de elevación, pero cerrarse cuando la presión sea inferior en la bomba que en la tubería de elevación, de forma que el agua no pueda volver aguas arriba de la válvula.

Válvula de choque

Esta válvula comunica el resto de la bomba de ariete con el exterior, y su función será dejar salir el agua al exterior durante unos instantes, de forma que la columna de agua se vaya acelerando a lo largo de toda la tubería de alimentación, y pasados estos instantes, cerrarse lo más rápidamente posible para detener el fluido de golpe y dar lugar a una fuerte sobrepresión.

Esta válvula puede encontrarse de muchas y muy diferentes formas constructivas, pero quizá la más sencilla sea utilizando una válvula anti-retorno dada la vuelta, de forma

que no deje pasar más de un determinado caudal a su través, y se abra más tarde, debido a su propio peso o a la suma de su peso más un contrapeso adicional.

Caja de válvulas

Esta parte de la bomba es la zona de unión de la tubería de alimentación con las dos válvulas. En muchos casos no es una caja propiamente dicha, sino que pueden ser varias piezas de unión, incluso el final de la misma tubería de alimentación, pero conviene diferenciarla, ya que los procesos que se llevan a cabo en esta zona no son los mismos que los de ninguna otra parte.

Cámara de aire

Es un pequeño depósito (vaso de expansión) que debe haber inmediatamente después de la válvula de NR, y antes de la tubería de elevación, que contendrá un colchón de aire. Este aire tendrá la función de absorber de forma continuada los golpes y las sobrepresiones a las que se verán sometidas en instantes puntuales, y de liberar esa energía progresivamente durante el resto del ciclo al fluido, el cual se verá ayudado a ser impulsado por la tubería de elevación. Es una forma de amortiguar los golpes y de proporcionar un caudal de salida más constante.

2.2.12. Algunos tipos constructivos de bombas de ariete

A lo largo de la historia de la bomba de ariete, los constructores de estas han variado algunos aspectos constructivos con uno u otro objetivo, ya sea para adaptarla a un caudal de entrada mínimo, para conseguir alturas de funcionamiento mayores, para hacerla más robusta o simplemente por razones estéticas. Obviamente pueden

cambiar ciertos aspectos de la bomba, pero el principio de funcionamiento seguirá siendo exactamente el mismo.

2.2.13. Bombas de ariete trabajando en serie y en paralelo

Cuando la fuente de agua que se dispone es grande y caudalosa, puede encontrarse varias bombas de ariete trabajando a la vez, unidas a la misma tubería de elevación. Es lo que se conoce como una instalación de bombas de ariete conectadas en paralelo.

De la misma forma, si se busca elevar agua a alturas muy elevadas (más de los 100 metros), puede resultar de utilidad que el agua elevada por una primera bomba de ariete sirva de alimentación para una segunda bomba de ariete, que eleve parte de esa agua a una altura aún mayor, lo cual presentaría un montaje en serie.

2.2.14. Ariete de aguas bravas

Una variante muy interesante de la ingeniería del ariete es la del ariete de aguas bravas.

Corresponde en principio a dos arietes individuales montados uno sobre el otro y separados por una membrana de piel. Mientras que con el ariete inferior se utiliza agua motriz de un río, por ejemplo, con la membrana se puede aspirar y bombear agua potable salubre de una fuente o incluso un pozo.

Puesto que toma la energía del agua motriz, y no de la que eleva, el ariete de aguas bravas se puede comparar con un grupo motobomba de tipo convencional, que requiere otra energía para derivar su capacidad de bombeo.

2.2.15. Bomba de arietes comerciales o de fábrica

Las Bombas de Ariete, son muy económicas y funcionan automáticamente, sin la necesidad de un motor, por consiguiente no ocasionan gasto y requieren mínima atención.

La cantidad de agua depende directamente de la disposición y la cantidad que se suministre a la bomba, en relación con la altura y distancia a la que deba elevarse.

Las Bombas de Ariete, tienen un ajuste perfecto para que el rendimiento sea lo más eficiente y su funcionamiento lo más suave posible. Está formada por un cuerpo de fundición en el que se aplica una válvula de bronce para el rebalse, que Trabaja dentro de una cámara de aire de gran volumen y una válvula de retención interna de goma con ajuste a resorte, además de las correspondientes bridas para las tuberías de alimentación y descarga.

2.2.16. Energía cinética

Es la energía asociada a los cuerpos que se encuentran en movimiento, depende de la masa y de la velocidad del cuerpo. Ej.: El viento al mover las aspas de un molino.

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2$$

Dónde:

E_c : Energía Cinética

m : Masa

V : Velocidad

2.3. Energía potencial

Es la energía que tiene un cuerpo situado a una determinada altura sobre el suelo. Ej.:

El agua embalsada, que se manifiesta al caer y mover la hélice de una turbina.

$$E_p = mgh$$

Dónde:

E_p : Energía potencial

m : Masa

g : Gravedad

h : Altura

2.4. Pérdidas de Carga en Tuberías

La pérdida de carga en una tubería o canal, es la pérdida de presión en un fluido debido a la fricción de las partículas del fluido entre sí y contra las paredes de la tubería que las conduce. Las pérdidas pueden ser continuas, a lo largo de conductos regulares, o accidentales o localizadas, debido a circunstancias particulares, como un estrechamiento, un cambio de dirección, la presencia de una válvula, etc.

2.4.1. Ecuación de Darcy-Weisbach

En dinámica de fluidos, la ecuación de Darcy-Weisbach es una ecuación empírica que relaciona la pérdida de carga hidráulica (o pérdida de presión) debido a la fricción a lo largo de una tubería dada con la velocidad media del flujo del fluido. La ecuación obtiene su nombre en honor al francés Henry Darcy y al alemán Julius Weisbach (ingenieros que proporcionaron las mayores aportaciones en el desarrollo de tal ecuación).

La ecuación de Darcy-Weisbach es una ecuación ampliamente usada en hidráulica. Permite el cálculo de la pérdida de carga debida a la fricción dentro una tubería llena. La ecuación fue inicialmente una variante de la ecuación de Prony, desarrollada por el francés Henry Darcy. En 1845 fue refinada por Julius Weisbach, de Sajonia.

Esta fórmula permite la evaluación apropiada del efecto de cada uno de los factores que inciden en la pérdida de energía en una tubería. Es una de las pocas expresiones que agrupan estos factores. La ventaja de esta fórmula es que puede aplicarse a todos los tipos de flujo hidráulico (laminar, transicional y turbulento), debiendo el coeficiente de fricción tomar los valores adecuados, según corresponda.

La forma general de la ecuación de Darcy-Weisbach es:

$$h_f = f * \frac{L}{D} * \frac{V^2}{2 * g}$$

Donde:

h_f = Pérdida de carga debida a la fricción. (m)

f = Factor de fricción de Darcy (adimensional)

L = longitud de la tubería (m)

D = Diámetro de la tubería (m)

V = Velocidad media del fluido (m/s)

g = aceleración de la gravedad (m/s²)

La fórmula de Darcy–Weisbach puede ser escrita, en función del caudal Q , como:

$$h_f = \left(f * \frac{8}{g * \pi^2 * D^5} \right) * L * Q^2$$

$$h_f = 0.0826 * f * \left(\frac{Q^2}{D^5} \right) * L$$

El coeficiente de fricción f es función del número de Reynolds (Re) y del coeficiente de rugosidad o rugosidad relativa de las paredes de la tubería (ϵr):

$$f = f(Re, \epsilon r); \quad Re = D * V * \rho / \mu; \quad \epsilon r = \epsilon / D$$

Donde:

ρ : densidad del agua (kg/m³).

μ : viscosidad del agua (N.S/m²).

ϵ : rugosidad absoluta de la tubería (m)

En la siguiente tabla se muestran algunos valores de rugosidad absoluta para distintos materiales.

RUGOSIDAD ABSOLUTA DE MATERIALES			
Material	ϵ (mm)	Material	ϵ (mm)
Plástico (PE, PVC)	0,0015	Fundición asfaltada	0,06-0,18
Poliéster reforzado con fibra de vidrio	0,01	Fundición	0,12-0,60
Tubos estirados de acero	0,0024	Acero comercial y soldado	0,03-0,09
Tubos de latón o cobre	0,0015	Hierro forjado	0,03-0,09
Fundición revestida de cemento	0,0024	Hierro galvanizado	0,06-0,24
Fundición con revestimiento bituminoso	0,0024	Madera	0,18-0,90
Fundición centrifugada	0,003	Hormigón	0,3-3,0

Cuadro 1: Valores de rugosidad para distintos materiales

2.4.2. Ecuación de Hazen – Williams.

El método de Hazen-Williams es válido solamente para el agua que fluye en las temperaturas ordinarias (5 °C - 25 °C). La fórmula es sencilla y su cálculo es simple debido a que el coeficiente de rugosidad "C" no es función de la velocidad ni del diámetro de la tubería. Es útil en el cálculo de pérdidas de carga en tuberías para redes de distribución de diversos materiales, especialmente de fundición y acero:

$$h = 10.674 * \left[Q^{1.852} / (C^{1.852} * D^{4.871}) \right] * L$$

Donde.

h: pérdida de carga o de energía (m)

Q: caudal (m³/s)

C: coeficiente de rugosidad (adimensional)

D: diámetro interno de la tubería (m)

L: longitud de la tubería (m)

En la siguiente tabla se muestran los valores del coeficiente de rugosidad de Hazen-Williams para diferentes materiales:

COEFICIENTE DE HAZEN-WILLIAMS PARA ALGUNOS MATERIALES			
Material	C	Material	C
Asbesto cemento	140	Hierro galvanizado	120
Latón	130-140	Vidrio	140
Ladrillo de saneamiento	100	Plomo	130-140
Hierro fundido, nuevo	130	Plástico (PE, PVC)	140-150
Hierro fundido, 10 años de edad	107-113	Tubería lisa nueva	140
Hierro fundido, 20 años de edad	89-100	Acero nuevo	140-150
Hierro fundido, 30 años de edad	75-90	Acero	130
Hierro fundido, 40 años de edad	64-83	Acero rolado	110
Concreto	120-140	Lata	130
Cobre	130-140	Madera	120
Hierro dúctil	120	Hormigón	120-140

Cuadro 2: Valores de coeficientes de rugosidad Hazen Williams

CAPITULO III

MATERIALES Y METODOS

3.1. Aspectos Generales

3.1.1. Ubicación Política

Región : Puno
 Provincia : Moho
 Distrito : Moho
 Localidad : Quequerana

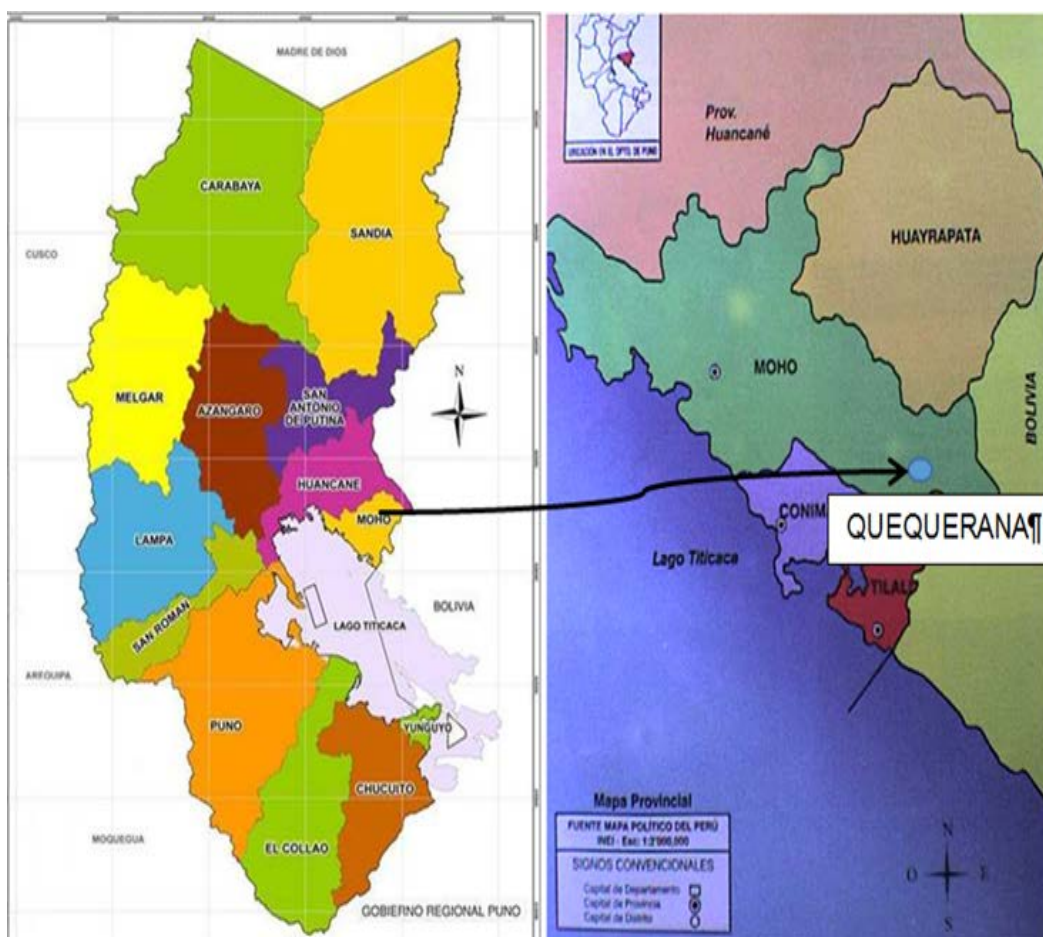


Figura 1: Mapa de ubicación de la comunidad de Quequerana

3.1.2. Ubicación Geográfica

Altitud	:	3879 m.s.n.m.
Este	:	466253.000
Norte	:	8295852.000

3.1.3. Vías de acceso

Desde la Ciudad de Puno se puede llegar a la comunidad de Quequerana - Moho por la siguiente vía Puno-Juliaca-Moho-C.P. Quequerana, en un tiempo aproximado de 2 hora y 55 minutos aproximadamente, con una distancia de 150 Km.

ACCESO	DISTANCIA	TIEMPO	CARRETERA
PUNO - JULIACA	45 KM	45 min.	Vía asfaltada
JULIACA - MOHO	90 KM	90 min.	Vía asfaltada
MOHO - C.P. QUEQUERANA	15 KM	40 min.	Vía Afirmado
TOTAL RECORRIDO Y TIEMPO	150 KM	175 min	

Cuadro 3: Vías de acceso a la comunidad de Quequerana

3.1.4. Situación Climatológica

En general el clima de la comunidad de Quequerana Moho, se halla frío y seco, al ubicarse a una altitud de 3880 msnm, a orillas del lago el clima es temperado por la influencia del lago. Las precipitaciones pluviales son anuales y duran generalmente entre los meses de diciembre a abril, aunque suelen variar en ciclos anuales, originando inundaciones y sequías, también se originan raras y esporádicas caídas de nieve y aguanieve, generalmente las precipitaciones son menores a 700 mm.

La temperatura es muy digna, con marcadas diferencias entre los meses de junio y noviembre y con oscilaciones entre una temperatura promedio máxima de 21°C y una mínima de -20°C.

3.2. Trabajo de campo

En el trabajo de campo ha consistido en el aforo por el método volumétrico del manantial y/o captación, cabe indicar que el aforo se ha realizado en época de estiaje con fecha 08 de octubre del 2015, el cual es una fecha indicada para los aforos de manantiales.

Se ha realizado un aforo volumétrico de 05 pruebas, el cual se detalla en el siguiente cuadro que a continuación se detalla:

AFORO VOLUMETRICO			
NRO DE PRUEBAS	VOLUMEN (Litros)	TIEMPO (seg)	CAUDAL FUENTE (lit/seg)
1	4.50	1.40	3.21
2	4.50	1.39	3.24
3	4.50	1.35	3.33
4	4.50	1.45	3.10
5	4.50	1.45	3.10
PROMEDIO			3.20

Cuadro 4: Aforo del manantial putina en la comunidad de Quequerana

El caudal que se obtiene en el aforo volumétrico del manantial putina en la comunidad de Quequerana – Moho, es de 3.20 lit/seg, el aforo se realiza en época de estiaje, en épocas de avenidas y/o lluvias el manantial aumenta su caudal y es mayor al que se ha obtenido.

En el siguiente cuadro se detalla la ubicación de coordenadas WGS84 del manantial putina de donde se captara el agua para el funcionamiento de la bomba de ariete hidráulico:

COORDENADAS DE UBICACIÓN DEL MANANTIAL		
ALTITUD	ESTE	NORTE
3880.00	466252.00	8295874.00

Cuadro 5: Coordenadas de ubicación de manantial

El manantial de Putina – Quequerana, está construido un reservorio abierto con muros de concreto de dimensiones L=6.75m, A=6.50m, H=1.80m (altura del nivel del agua) y un Borde libre de 0.40m, entonces el volumen del reservorio de la captación es de 78.975m³.

UBICACIÓN DE LA BOMBA DE ARIETE HIDRAULICO

Para la ubicación de la bomba de ariete hidráulico se tiene dos propuestas a diferentes desniveles de acuerdo a la topografía del terreno.

Primera propuesta, la ubicación de la bomba de ariete hidráulico, se propone ubicar en las coordenadas siguientes como se muestra en el siguiente cuadro:

PRIMERA PROPUESTA DE UBICACIÓN DEL ARIETE HIDRAULICO		
ALTITUD	ESTE	NORTE
3875.00	466261.00	8295853.00

Cuadro 6: Primera propuesta de ubicación del ariete hidráulico

Segunda propuesta, la ubicación de la bomba de ariete hidráulico, se encuentra en las siguientes coordenadas:

SEGUNDA PROPUESTA DE UBICACIÓN DEL ARIETE HIDRAULICO		
ALTITUD	ESTE	NORTE
3872.00	466268.00	8295854.00

Cuadro 7: Segunda propuesta de ubicación del ariete hidráulico

UBICACIÓN DEL RESERVORIO PROPUESTO

La ubicación propuesta para construir un reservorio donde se pretende elevar el agua, aplicando el golpe de ariete mediante el sistema de bomba de ariete hidráulico es el siguiente que se presenta en coordenadas UTM WGS84:

UBICACIÓN DEL LUGAR DONDE SE PROPONE CONSTRUIR EL RESERVORIO		
ALTITUD	ESTE	NORTE
3886.00	466219.00	8295867.00

Cuadro 8: Ubicación propuesta para construir reservorio

3.2.1. Materiales y equipos utilizados en trabajo de campo

01 GPS Garmin

01 Wincha de 50 metros

01 cámara fotográfica

Lapiceros

Libreta de campo

Envase de 4.5 litros

Cronometro

01 calculadora

3.2.2. Equipos y materiales utilizados en trabajos de gabinete

Para la etapa de gabinete se utilizaron los siguientes materiales y equipos:

01 Laptop Toshiba

01 Memoria USB (4GB)

01 Impresora Epson

Materiales de Escritorio (papel boon, lapiceros, lápiz, regla y otros).

Programas de Ingeniería (Autocad 2014, Autocad Civil 3D 2014)

Microsoft Office (Microsoft Word, Microsoft Excel, Microsoft Power Point)

Textos bibliográficos

01 escritorio

3.2.3. Metodología

El presente proyecto que se presenta es de tipo descriptivo experimental, Debido al tratamiento que se da a la misma y se aplica a la vez por utilizarse de un conocimiento existente.

El objeto de la investigación descriptivo experimental consiste en describir y evaluar ciertas características de una situación particular en uno o más puntos. En la investigación descriptiva se analizan los datos reunidos para descubrir así, cuáles variables están relacionadas entre sí. Sin embargo, "es habitualmente difícil interpretar qué significan estas relaciones.

La investigación contempla y analiza de algunas características relevantes tanto dentro de la ciencia de la hidráulica; los sistemas de bombeo, para el suministro de agua, pues estos son costosos sobre todo cuando se utiliza energía eléctrica o motriz.

Sin embargo se conoce tecnología de hace mucho tiempo que permite rebajar costos, el cual se trata de la bomba de ariete hidráulico. Es una bomba automática que permite la elevación de agua aprovechando el desnivel del terreno. Esto trata de una tecnología que no se puede catalogar como manual, pues no precisa la acción humana para funcionar (salvo su ensambladura) además que en determinadas circunstancias resulta de gran utilidad para conseguir elevar agua a alturas considerables

Su objetivo es aprovechar la energía de un salto de agua para elevarla a una altura mayor que la del nivel inicial. Este se distingue de las demás máquinas de impulsión, porque no necesita energía eléctrica o de combustión para la elevación del agua pues se consigue a costa del consumo de la fuerza viva que da lugar a la caída de una masa de agua, parte de la cual es elevada a una altura mayor.

3.2.3.1. Construcción de la bomba de ariete hidráulico

La construcción o fabricación de una bomba de ariete comprende un conjunto de actividades destinadas a la realización efectiva del producto con unas condiciones de calidad, costo y tiempo. La correcta selección de los materiales, sobre la base de sus propiedades, al lado de su disponibilidad y coste, es la consideración principal y la que pueda prolongar en el tiempo la vida útil de las bombas.

Además, cuando el ariete está bien construido y debidamente instalado el mantenimiento es mínimo. Para ello, la construcción del equipo se puede realizar en un taller mecánico medianamente equipado con soldadura, taladro de pedestal, esmeril, equipo de oxicorte, torno, fresadora y equipo de pintura, entre los más relevantes. Así también es de recibo que las personas que trabajen en la construcción de la bomba de ariete deban estar capacitadas para seguir las indicaciones marcadas.

Sin embargo, acorde a los medios que disponemos en nuestro Centro, no pudiendo manufacturar un ariete hidráulico debido a que no se dispone de un taller para ello ni del conocimiento en soldadura que requiere, se procede a la construcción de una bomba de ariete mediante el acople de distintas piezas o accesorios, las cuales se puedan encontrar fácilmente en el mercado local. A pesar de esta circunstancia, se proceden a elegir los materiales que mejor se adapten a la construcción del ariete hidráulico con el fin de obtener el mejor resultado posible acorde a las herramientas que se poseen.

3.2.3.2. Diseño de la bomba de ariete hidráulico

Son escasos los escritos que muestran cómo fabricar o diseñar uno mismo un ariete hidráulico con materiales que existen en los mercados, o con otros materiales con los que no sea necesario disponer de un taller equipado, en términos descritos anteriormente. Así, en la bibliografía consultada podemos encontrar gran cantidad de artículos que explican el funcionamiento general del ariete hidráulico, determinados aspectos que influyen en el correcto funcionamiento del mismo e incluso planos para la construcción.

Sin embargo, cuando se trata de construir una bomba de ariete con piezas y materiales de existentes es difícil disponer de trabajos que resulten fiables, debido a que describen los procesos, por lo general, demasiado simplificados, obviando aspectos muy influyentes en el rendimiento y en algunas ocasiones, realizando un diseño muy farragoso o de dudosa aplicación.

Además, se debe tener en cuenta que hay piezas que se van a utilizar, como la válvula de impulso, que tienen otro comportamiento o se usan para otras funciones normalmente y modificar su uso para hacerlas aplicables en la construcción de la bomba de ariete se trata de un proceso muy delicado. Por ello, para la construcción de nuestra bomba de ariete hidráulico, hemos tenido en cuenta, además de la bibliografía consultada, la ayuda y experiencias encontradas.

De tal modo, se van a ir describiendo y mostrando en el presente proyecto de tesis qué materiales se han utilizado, el procedimiento para la construcción de la bomba de

ariete hidráulico, con el ánimo de determinar un método sencillo para la misma que pueda ser imitado y repetido con el mismo éxito que podamos obtener en nuestros resultados, recordando nuevamente que la eficiencia del hydram no depende únicamente de la bomba en sí, sino de múltiples factores que se han descrito en los capítulos anteriores con el afán de comprender el funcionamiento así como los aspectos técnicos que influyen en el mismo.

3.2.3.3. Partes del ariete hidráulico construido

Cuerpo de la bomba de ariete

Es el lugar donde se produce la inversión de la onda de presión, donde se ubican las válvulas de impulso y de descarga, y a su vez es la base de asientos y ubicación de los elementos del ariete.

Debido a que en este componente del ariete hidráulico es donde se va a producir el fenómeno del golpe de ariete, provocado al cerrarse la válvula de impulso como consecuencia de la velocidad adquirida por el fluido, interesa que el material con el que esté construido sea de acero galvanizado con la finalidad de que la celeridad de la onda sea lo más alta posible, evitando que la sobrepresión se disipe.

El cuerpo de la bomba de ariete estará construido por una llave de bola, un nipple, una T y un codo de 90°, todos ellos de dos pulgadas de diámetro, y de acero galvanizado.



Figura 2: Cuerpo del ariete hidráulico

Válvula de impulso

Va a ser la encargada de producir el golpe de ariete como consecuencia al cierre brusco que se produce por el efecto del incremento de la velocidad del agua en la tubería de suministro y que vence el peso de la misma. Esta válvula es uno de los componentes más sensibles del ariete hidráulico y una selección correcta de la misma garantizará un funcionamiento eficiente.

Por ello, los criterios de valoración que se considerarán más importantes en el diseño de la válvula de impulso, serán: su sensibilidad, debido a que este aspecto influye en una correcta operación del ariete; su fiabilidad, debiendo operar en un periodo conveniente; su fácil regulación, para aumentar con ello el caudal elevado o la eficiencia; su precio, debiendo ser moderado en la medida de lo posible y su fácil montaje, así como que los procesos de construcción no sean complejos.



Figura 3: Válvula check de impulso

Válvula de descarga

Válvula no retorno que comunica el cuerpo del ariete hidráulico con la tubería de descarga y la cámara de aire. Su apertura se produce como consecuencia de la sobrepresión ocasionada cuando la válvula de impulso se ha cerrado, permitiendo el paso del fluido hacia el depósito de descarga pero no su retorno hacia el cuerpo ariete hidráulico.

Por lo tanto, esta válvula debe permitir el paso sólo en una dirección y poseer una gran sensibilidad a los cambios de presión con el objetivo de que el rendimiento del ariete no se pueda ver afectado como consecuencia de la fuerza de más que debería realizar el fluido para ocasionar la apertura de la válvula descrita.

Como consecuencia, la válvula no retorno tipo clapeta va a ser la más aceptada a la hora de cumplir esta condición debido a la sencillez del diseño y a su gran sensibilidad

para dejar ser atravesada por el fluido en dirección al vaso de expansión para ser bombeada al punto deseado.



Figura 4: Válvula check no retorno

Cámara de aire

Dispositivo que regula el flujo de agua hacia la tubería de descarga y sirve de amortiguador al contener un volumen de aire separado del fluido por una membrana.

El aire contenido en la cámara de aire tendrá la finalidad de recoger en forma continuada los golpes de cada ciclo y liberar toda esa energía, progresivamente durante todo el periodo de funcionamiento de la bomba, para obtener un flujo continuo.

Normalmente, en la mayoría de los arietes que se pueden observar y de los trabajos que se pueden estudiar, se usa como cámara de aire una tubería de un diámetro y longitud mayor que el cuerpo del ariete con el objetivo de crear un espacio que no sea

conquistado por el fluido donde exista un determinado volumen de aire que ejerza estas funciones.



Figura 5: Cámara de aire

3.2.3.4. Criterios hidráulicos para la instalación del ariete hidráulico de 2 pulgadas

La instalación de un sistema de bombeo no debe entenderse como armar las piezas y ponerla en operación. Se requiere de una serie de cálculos sencillos pero fundamentales para determinar, a partir de los datos de partida, las características de la bomba como su rendimiento, caudal de descarga y altura máxima de elevación o de bombeo. A continuación se detallan los criterios hidráulicos concernientes al cálculo.

Altura de alimentación (H)

La altura o salto de agua es la caída aprovechable que suministra energía para accionar la válvula que produce el golpe de ariete. Ésta altura no debe ser inferior a 1m. El rango de las alturas varía entre 1 a 30 m. Con caídas menores a 1 m se tendrá una deficiente operación y con alturas superiores a los 30 m, el funcionamiento de la Bomba es inestable (PUCP-GRUPO, 2007) con el riesgo de desgaste de las válvulas y el percutor de la Bomba.

$$1\text{m} \leq H \leq 30\text{ m}$$

Ec. 1

Caudal de Alimentación (Q l/min)

Es el caudal que proviene desde la fuente de alimentación hasta la Bomba a través de la tubería de alimentación. El caudal se obtiene mediante un procedimiento sencillo que consiste en medir el volumen de agua descargado en un tiempo dado, Con fines técnicos se emplea la siguiente relación:

$$Q = \frac{V(\text{litros})}{T(\text{segundos})}$$

Ec. 2

Dónde:

V : Volumen del envase (litros)

T : Tiempo (segundos)

Longitud de tubería de alimentación (L (m))

La longitud (L) puede variar entre 4 y 10 veces la altura de alimentación (H):

$$4H \leq L \leq 10H \quad \text{Ec. 3}$$

Usualmente, con fines prácticos, su valor es:

$$L = 5 \cdot H \quad \text{Ec. 4}$$

Donde:

L = longitud tubería (m)

H = Altura de alimentación (m)

Altura de elevación (h(m))

Es la altura total que debe vencer la bomba para elevar el agua. Esta altura por lo general es asumida como la altura neta (h_n), sin embargo, para un cálculo más exacto y seguro, el valor de h real se calcula aumentando las pérdidas de energía (h_f) de la tubería:

$$h_f = 0.1 \cdot l \text{ (m)} \quad \text{Ec. 5}$$

Dónde:

h_f = pérdida de carga o energía (m)

l = longitud de la tubería de descarga (m)

Por consiguiente, la altura de bombeo es la suma de la altura neta de bombeo más las pérdidas de carga:

$$h = h_n + h_f \quad \text{Ec. 6}$$

Dónde:

h = Altura real de bombeo (m)

h_n = Altura neta de bombeo (m)

h_f = pérdida de carga o energía (m)

Caudal de descarga (q (l/min))

Es el caudal bombeado por la bomba de ariete hidráulico de 2" y se obtiene con la siguiente ecuación.

$$q = \frac{n * Q}{(h / H)} \quad \text{Ec. 7}$$

Dónde: q = Caudal de descarga (l/min)

Q = caudal de bombeo (l/min)

h = altura real de bombeo (m)

η = Eficiencia (%)

H = Altura de alimentación (m)

Longitud de la tubería de descarga (l (m))

Se sabe que a mayor longitud de la tubería de descarga, se tendrá más pérdida de energía, por consiguiente, su longitud debe estar en relación con la altura a la que se desea elevar el agua y debe tener la menor cantidad posible de accesorios como uniones.

Eficiencia η (%)

De acuerdo a la relación h/H y a la curva del cuadro siguiente obtenemos el valor correspondiente de la eficiencia.

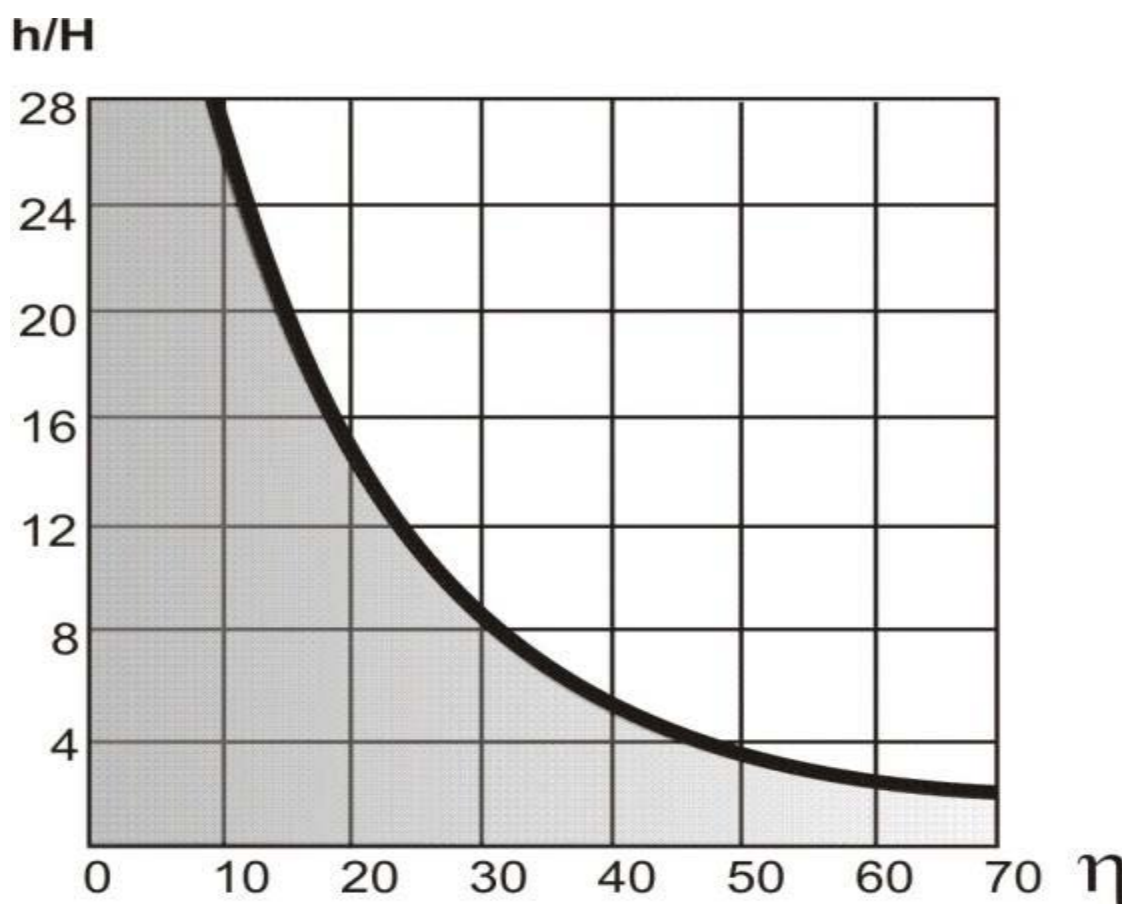


Figura 6: Curva de eficiencia de una BAH

Fuente: PUCP-GRUPO, 2007

A partir de la relación h/H se obtiene la eficiencia (η) y con estos valores se calcula el caudal de descarga. El tipo de Bomba se determina a partir de h/H y el caudal de descarga (q) y se obtiene del siguiente cuadro.

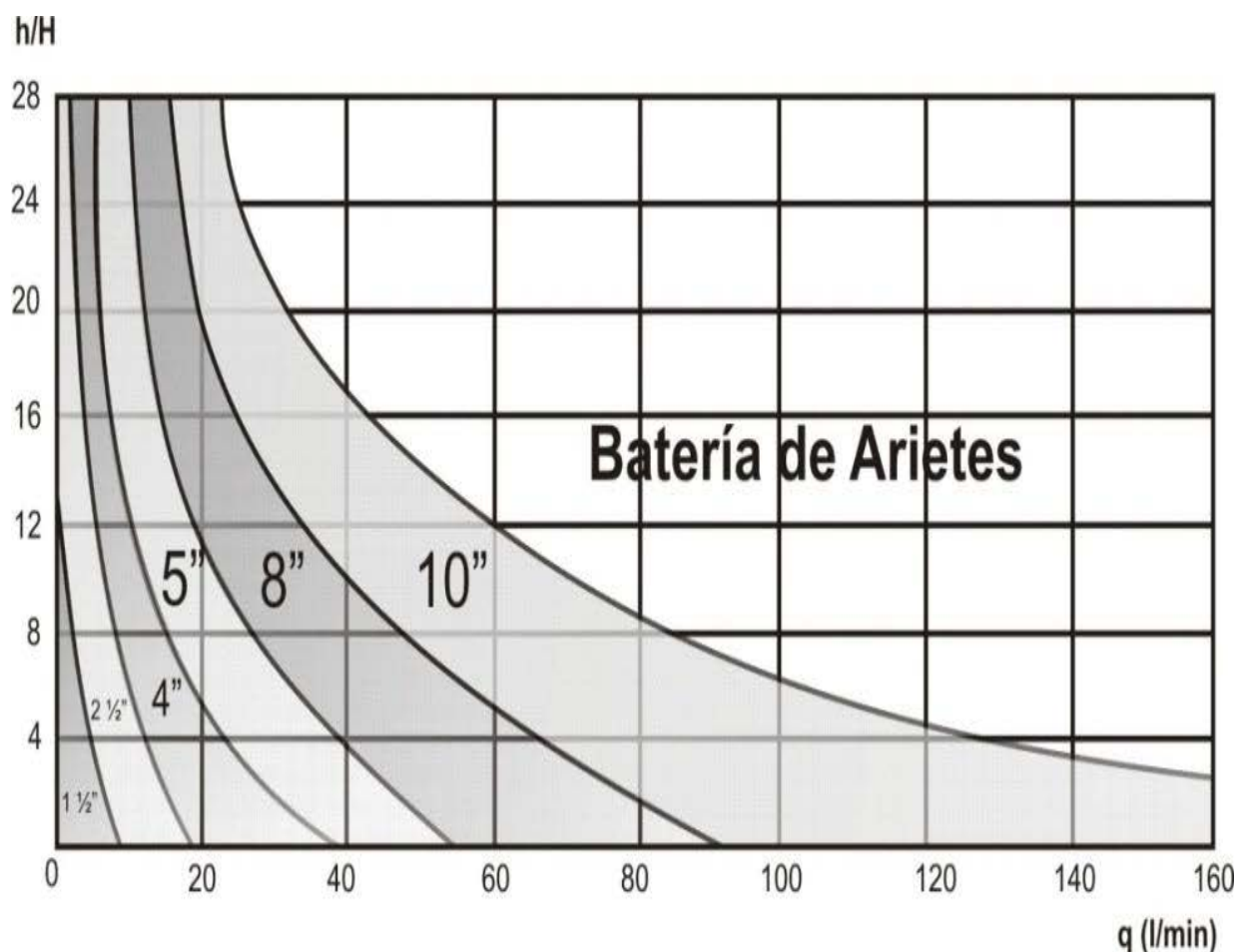


Figura 7: Curva de selección del tipo de BAH
Fuente: PUCP-GRUPO, 2007

3.2.3.5. Cálculos para la instalación de la bomba de ariete hidráulico de 2"

Con los datos que se ha obtenido del trabajo de campo en el manantial de putina en la comunidad de Quequerana Moho, se realiza los cálculos respectivos para el funcionamiento del sistema de bombeo mediante ariete hidráulico de 2" para el aprovechamiento del agua para diferentes usos, es el siguiente:

Para un desnivel de 4 metros de altura de alimentación**Datos:**

- H : 4 m. (Altura de alimentación)
- h_{neta} : 14 m (Altura neta de bombeo)
- Q : 3.20 lt/seg (caudal de alimentación)
- L : 50 m (distancia a bombear)
- q : caudal de descarga a calcular

Memoria de cálculo:

1. Calculo de h_f (altura de elevación), utilizando la Ec. 5.

$$h_f = 0.1 * l(m)$$

$$h_f = 0.1 * (50m)$$

$$h_f = 5m.$$

2. Calculo de h (altura de bombeo), utilizando la Ec. 6.

La altura de bombeo es la suma de la altura neta de bombeo más las pérdidas de carga.

$$h = h_n + h_f$$

$$h = 14m + 5m$$

$$h = 19m$$

3. Calculo de la relación h/H se tiene:

$$\frac{h}{H} = \frac{19m}{4m} = 4.75$$

4. Calculo de la eficiencia (η).

La eficiencia se obtiene del cuadro 6, respecto a la relación h/H que se ha obtenido y resulta lo siguiente.

$$\eta = 43\% = 0.43$$

$$\Rightarrow \eta = 43\%$$

5. Calculo del caudal de descarga hasta el reservorio propuesto.

$$q = \frac{\eta * Q}{\left(\frac{h}{H}\right)}$$

$$q = \frac{0.43 * (3.20lt / seg)}{4.75}$$

$$q = 0.30lt / seg.$$

$$q = 18lt / min$$

6. A partir de la relación h/H y de la magnitud q se obtiene el tamaño de la bomba de ariete hidráulico y se tiene.

$$h/H = 4.75 \text{ a dim ensional}$$

$$q = 18lt / min$$

Por lo tanto se requiere una bomba de ariete hidráulico de 2".

7. Calculo de longitud máxima de tubería de alimentación.

$$L = 5 * H$$

$$L = 5 * (4)$$

$$L = 20m$$

8. Ahora calculamos la potencia (P) que proporciona la caída de agua, y se calcula de la siguiente manera.

$$P = 10 * Q * H$$

$$P = 10 * (3.20lt / seg)(4)$$

$$P = 128W$$

9. La potencia (P) que proporciona la BAH 2" es.

$$P = 10 * q * (h - H)$$

$$P = 10 * 0.30lt / seg * (19 - 4)$$

$$P = 45W$$

10. Ahora calculamos la altura máxima que se puede bombear con la bomba de ariete hidráulico de 2 pulgadas.

$$h = \frac{\eta * Q * H}{q}$$

$$h = \frac{0.43 * 3.2lt / seg * 4m}{0.30lt / seg}$$

$$h = 18.35m$$

11. Ahora calculamos el número de bombas de ariete hidráulico que se necesita para bombear el caudal calculado respecto a la altura H o la altura de alimentación.

$$N' \text{ bombas} = \frac{h_{\text{bombeo}}}{h_{\text{cadabomba}}}$$

$$N' \text{ bombas} = \frac{14m}{18.35m}$$

$$N' \text{ bombas} = 0.76 \cong 1 \text{ bomba}$$

Para un desnivel de 8 metros de altura de alimentación

Datos:

H : 8 m. (Altura de alimentación)

h_{neta} : 14 m (Altura neta de bombeo)

Q : 3.20 lt/seg (caudal de alimentación)

L : 50 m (distancia a bombear)

q : caudal de descarga a calcular

Memoria de cálculo:

1. Cálculo de h_f (altura de elevación), utilizando la Ec. 5.

$$h_f = 0.1 * l(m)$$

$$h_f = 0.1 * (50m)$$

$$h_f = 5m.$$

2. Cálculo de h (altura de bombeo), utilizando la Ec. 6.

La altura de bombeo es la suma de la altura neta de bombeo más las pérdidas de carga.

$$h = h_n + h_f$$

$$h = 14m + 5m$$

$$h = 19m$$

3. Cálculo de la relación h/H se tiene:

$$\frac{h}{H} = \frac{19m}{8m} = 2.38$$

$$\frac{h}{H} = 2.38$$

4. Cálculo de la eficiencia (η).

La eficiencia se obtiene del cuadro 6, respecto a la relación h/H que se ha obtenido y resulta lo siguiente.

$$\eta = 60\% = 0.60$$

$$\Rightarrow \eta = 60\%$$

5. Cálculo del caudal de descarga hasta el reservorio propuesto.

$$q = \frac{\eta * Q}{\left(\frac{h}{H}\right)}$$

$$q = \frac{0.60 * (3.20 \text{ lt / seg})}{2.38}$$

$$q = 0.81 \text{ lt / seg.}$$

$$q = 48.6 \text{ lt / min}$$

6. A partir de la relación h/H y de la magnitud q se obtiene el tamaño de la bomba de ariete hidráulico, y se tiene.

$$h / H = 2.38 \text{a dim ensional}$$

$$q = 48.6 \text{lt} / \text{min}$$

7. Calculo de longitud máxima de tubería de alimentación.

$$L = 5 * H$$

$$L = 5 * (8)$$

$$L = 40 \text{m}$$

8. Ahora calculamos la potencia (P) que proporciona la caída de agua, y se calcula de la siguiente manera.

$$P = 10 * Q * H$$

$$P = 10 * (3.20 \text{lt} / \text{seg})(8)$$

$$P = 256 \text{W}$$

9. La potencia (P) que proporciona la BAH 2" es.

$$P = 10 * q * (h - H)$$

$$P = 10 * 0.81 \text{lt} / \text{seg} * (19 - 8)$$

$$P = 89.10 \text{W}$$

10. Ahora calculamos la altura máxima que se puede bombear con la bomba de ariete hidráulico.

$$h = \frac{\eta * Q * H}{q}$$

$$h = \frac{0.60 * 3.2 \text{lt} / \text{seg} * 8 \text{m}}{0.81 \text{lt} / \text{seg}}$$

$$h = 18.96 \text{m}$$

11. Ahora calculamos el número de bombas de ariete hidráulico que se necesita para bombear el caudal calculado respecto a la altura H o la altura de alimentación.

$$N' \text{ bombas} = \frac{h_{\text{bombeo}}}{h_{\text{cadabomba}}}$$

$$N' \text{ bombas} = \frac{14m}{18.96m} = 0.74 \cong 1 \text{ bomba}$$

$$N' \text{ bombas} = 0.74 \cong 1 \text{ bomba}$$

3.2.3.6. Funcionamiento del ariete hidráulico

En un principio, la válvula de impulso se encuentra abierta como consecuencia del propio peso que la mantiene en esa posición, mientras que la válvula de descarga se encuentra cerrada.

Desde la fuente de suministro el agua fluye por la tubería de alimentación, mientras va adquiriendo una aceleración, atravesando el cuerpo del ariete y escapando a través de la válvula de impulso.

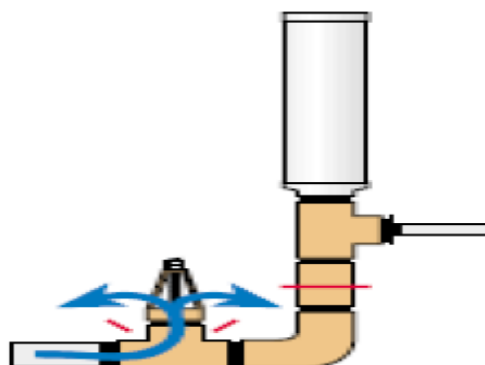


Figura 8: Primer paso del funcionamiento de la BAH

A medida que transcurre un pequeño periodo de tiempo, el agua que circula por la tubería de alimentación alcanza cierta aceleración suficiente para que la presión dinámica del fluido actúe sobre la válvula de impulso, venciendo su propio peso, y la cierre.

Esta interrupción del flujo de agua produce una sobrepresión instantánea de gran empuje, conocida como golpe de ariete, que obliga a abrir la válvula de descarga o válvula check, entrando el flujo de agua hacia la cámara de aire, comprimiendo el aire que ahí se encuentra.

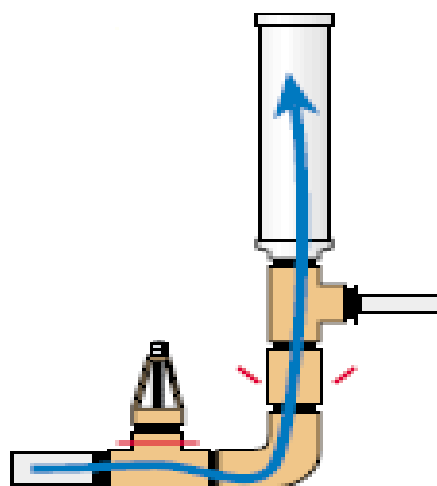


Figura 9: Interrupción del flujo de agua

Una vez disipada la sobrepresión generada en la cámara de aire, y por lo tanto igualada la presión a uno y a otro lado de la válvula antirretorno, el aire comprimido actúa como una especie de muelle, transmitiendo al fluido la presión que se ha acumulado en la cámara de aire, provocando el cierre la válvula check y el bombeo del agua a través de la tubería de descarga.

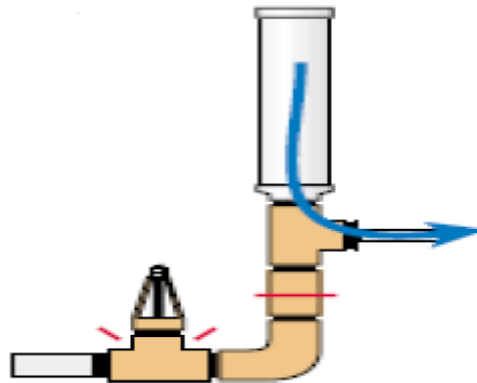


Figura 10: Presión en la cámara de aire

Cuando la presión del aire, en la cámara, aumenta hasta ser igual o mayor que la fuerza impulsora ocurre el retroceso de agua cerrando la válvula de descarga y abriendo la válvula de impulso, con lo que se repite de nuevo el ciclo.

El retroceso del agua permite la inyección de aire por medio de la válvula de aire, con el fin de compensar el aire absorbido por el agua.

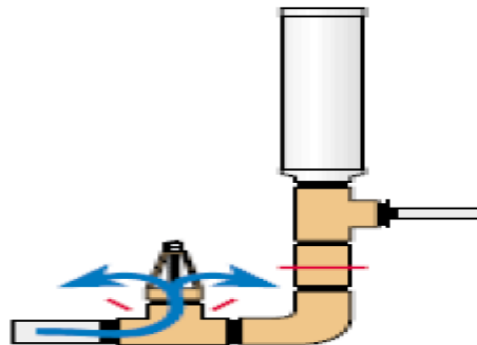


Figura 11: Inyección de aire por medio de la válvula de aire

Durante cada ciclo sólo un pequeño volumen de agua logra alcanzar el depósito de descarga como consecuencia de que mucha cantidad de fluido escapa a través de la válvula de impulso. Sin embargo, ciclo tras ciclo, las 24 horas diarias, los 365 días del año, hace que el caudal elevado sea significativo.

3.2.4. Materiales utilizados para la construcción de la bomba de ariete hidráulico

Para la construcción de la bomba de ariete hidráulica, se ha utilizado los siguientes materiales que a continuación se detalla.

LISTADO DE MATERIALES PARA LA BOMBA DE ARIETE HIDRAULICO

Ítem	Descripción	Und.	Cantidad
1	Tubería PVC de 1 pulgada de (policloruro de vinilo)	Und	1
2	Tubería de ½ pulgada de PVC	Und.	2
3	Válvula de check de paso NR (no retorno) de una 2 pulgada de cobre	Und.	1
4	Válvula de check de fondo de una 2 pulgada de cobre	Und	1
5	Niple de Fierro Galvanizado de 2" x 10"	Und	1
6	Niple de Fierro Galvanizado de 2" x 3"	und	1
7	Niple de Fierro Galvanizado de 2" x 5"	und	1
8	Niple de Fierro Galvanizado de 2" x 4"	und	1
9	codo de 2" x 90° Fierro Galvanizado	und	1
10	Tee de 2" Fierro Galvanizado	und	1
11	Reducción tipo campana de 2" a 1 pulgada de fierro galvanizado	und	1
12	Reduccion tipo campana de ½" a ¼" de fierro galvanizado	und	1
13	Union Simple de ½" fierro galvanizado	und	1
14	Manometro Genebre	und	2
15	Cinta Teflon	und	1
16	Tubo de 4" Fierro Galvanizado de L= 0.5m	und	1
17	Unión universal de 1 pulgada PVC	und	2
18	Valvula de Control de 1" PVC	und	1
19	Valvula de Control de ½" PVC	und	1
20	Niples de 1" PVC	und	3
21	Tee de ½" PVC	und	1
22	Niples de ½" pvc	und	3
23	Union de ½" PVC	und	1
24	Sujetador de la bomba de ariete hidraulico	und	1

Cuadro 9: Materiales para la construcción de la bomba de ariete hidráulico

A continuación se describe los pasos para una correcta puesta en marcha:

1. Mantenga la válvula de impulso cerrada. Este proceso se realiza con una llave de control.
2. el ingreso de agua a la tubería de alimentación. Mantener la válvula de compuerta cerrada hasta que la tubería de impulso se llene completamente de agua; luego liberar la válvula moviendo está alternativamente con la mano por varias veces. El ariete deberá en aquel tiempo trabajar autónomamente.
3. Si la válvula permanece abierta permitiendo el flujo de agua el resorte no está trabajando apropiadamente, por tanto se debe parar el flujo de agua y calibrar otra vez.
4. Una vez que la válvula este trabajando automáticamente, repetir los tres primeros pasos con la finalidad de encontrar una óptimo rendimiento.
6. la tubería de impulso deberá ser bien fijado ya que por este se traslada la onda de alta presión. Se debe tener especial cuidado ya que el tubo podría tener resonancia con el golpe impuesto por la frecuencia del ariete hidráulico. Para finalizar la instalación el operador deberá asegurar que el ariete hidráulico está fijamente empernado. El ajuste del ariete se lo puede realizar para alcanzar el máximo porcentaje de flujo entregado o para obtener la máxima eficiencia.

3.5. Análisis Técnico Financiero

3.5.1. Análisis del costo beneficio del proyecto de la bomba de ariete hidráulico

Para la siguiente investigación de costo beneficio de la bomba de Ariete Hidráulico, se hará un seguimiento a la doctrina clásica económica, que el costo sería "igual a la suma de esfuerzos y sacrificios que necesariamente debe realizar una persona para lograr su propósito".

Así definido, entendiéndolo al mismo como un sacrificio presente para obtener un beneficio futuro, así se entiende que hay dos maneras de entender el "costo": el costo económico y el costo contable. Costo Económico. Basado en la acepción general de "costo", lo definiríamos como los costos incurridos en el consumo, la mano de obra empleada y una serie de gastos heterogéneos como; gastos de montaje, empleados en un proceso con el propósito de obtener un bien o servicio (producto).

Otra forma de definir son los factores (mano de obra y gastos de montaje) costos explícitos, los que, sumados a los costos implícitos, figurativos o de cómputo, conforman el buscado costo económico. A estos factores, Mano de Obra y Gastos de montaje lo denominaremos "elementos del costo". Esto significa que el Costo de Producción, es aquel que está conformado por todos los costos incurridos normales.

3.5.2. Costos Directos

Son los cargos por concepto de mano de obra y de gastos, correspondientes directamente a la construcción, adquisición de accesorios y puesta en marcha el presente proyecto de investigación que se presenta.

Para analizar los costos directos de nuestro proyecto se consideran los siguientes aspectos: Costo de Materiales, Costo de Mano de Obra y Costo de Equipos.

3.5.2.1. Costos de Materiales

En la siguiente tabla se detalla los costos de los diferentes materiales necesarios:

LISTADO DE PRECIOS DE LOS MATERIALES

Ítem	Descripción	Und.	Cantidad	Precio Unitario Soles	Subtotal Soles
1	Tubería PVC de 1 pulgada de (policloruro de vinilo)	Und	1	15	15
2	Tubería de ½ pulgada de PVC	Und.	2	10	20
3	Válvula de check de paso NR (no retorno) de una 2 pulgada de cobre	Und.	1	80	80
4	Válvula de check de fondo de una 2 pulgada de cobre	Und	1	70	70
5	Niple de Fierro Galvanizado de 2" x 10"	Und	1	18	18
6	Niple de Fierro Galvanizado de 2" x 3"	und	1	6	6
7	Niple de Fierro Galvanizado de 2" x 5"	und	1	10	10
8	Niple de Fierro Galvanizado de 2" x 4"	und	1	7	7
9	codo de 2" x 90° Fierro Galvanizado	und	1	9,5	9,5
10	Tee de 2" Fierro Galvanizado	und	1	13	13
11	Reducción tipo campana de 2" a 1 pulgada de fierro galvanizado	und	1	8	8
12	Reducción tipo campana de ½" a ¼" de fierro galvanizado	und	1	2,5	2,5
13	Union Simple de ½" fierro galvanizado	und	1	2	2
14	Manometro Genebre	und	2	16	32
15	Cinta Teflon	und	1	10	10
16	Tubo de 4" Fierro Galvanizado de L= 0,5m	und	1	50	50
17	Unión universal de 1 pulgada PVC	und	2	5	10
18	Valvula de Control de 1" PVC	und	1	12	12
19	Valvula de Control de ½" PVC	und	1	8	8
20	Niples de 1" PVC	und	3	1,5	4,5
21	Tee de ½" PVC	und	1	1,5	1,5
22	Niples de ½" pvc	und	3	1	3
23	Union de ½" PVC	und	1	1	1
24	Sujetador de la bomba de ariete hidraulico	und	1	30	30
TOTAL S/.					423

Cuadro 10: Listado de precios de los materiales

3.5.2.2. Costos de Mano de Obra

En la siguiente tabla se detalla los costos de la mano de obra que se ha requerido para el ensamble de la bomba de ariete hidráulico de 2 pulgadas, a continuación se detalla.

COSTO MANO DE OBRA				
Ítem	Denominación	Tiempo Aprox.	Hora/Hombre	Costo /Total
1	Bachiller	2	40	80
2	Personal de apoyo	1.5	40	60
TOTAL S/.				140

Cuadro 11: Costo mano de obra

Fuente: Autor

3.5.2.3. Costos de Equipos

En la siguiente tabla se describen los equipos y herramientas necesarias para la ejecución.

COSTO DE EQUIPOS				
Precios De Equipos Estimados				
Ítem	Denominación	Horas/ Equipo	Costo / Hora	Subtotal
1	GPS (global position)	1	25	25
2	Soldadora Eléctrica	1	40	40
3	Comprensora de aire	1	30	30
TOTAL S/.				95

Cuadro 12: Costo de equipos

LISTADO DE HERRAMIENTAS PARA MANTENIMIENTO

Precio De Las Herramientas Entregadas Para Mantenimiento Del Proyecto				
Ítem	Denominación	Unidad	Valor unitario	Subtotal (Soles)
1	Alicate de presión	1	15	15
2	Alicate	1	5	5
3	Llave mecánica N° 11	1	3	3
4	Destornillador	1	3	3
5	Llave Stylson	1	20	20
TOTAL s/.				46

Cuadro 13: Costo de herramientas manuales para mantenimiento

Fuente: Autor

Para estimar los costos directos se realiza una suma de los todos los costos antes ya mencionados.

COSTOS DIRECTOS ESTIMADO

Costos Directos Estimados Para Ejecución Del Proyecto		
Ítem	Denominación	Sub. Total
1	Costo del Materiales	423
2	Costo Mano de Obra	140
3	Costo de Equipos	95
4	Costo de las herramientas entregadas	46
TOTAL s/.		704

Cuadro 14: Costos directos estimados

Fuente: Autor

3.5.3. Costos Indirectos

Son todos los gastos de tipo general no incluidos en los costos directos, pero que interviene para que se dé el proyecto; estos costos se consideran algunos valores referenciales en relación a los costos directos.

COSTOS INDIRECTOS ESTIMADOS

Costos Indirectos Estimados			
Ítem	Denominación	Porcentaje	Sub. Total
1	Imprevistos Costos	8%	56.32
2	Mantenimiento	2%	14.08
TOTAL s/.			70.4

Cuadro 15: Costos indirectos

Fuente: Autor

3.5.4. Costos Totales

En la siguiente tabla se detalla el costo total del proyecto, el mismo que está representado por la suma de los costos directos e indirectos, por lo tanto se tiene:

COSTOS TOTALES ESTIMADOS

Costos Totales Estimados Para Ejecución Del Proyecto		
Ítem	Denominación	Costo (Soles)
1	Costo Directo (s/.)	704
2	Costo Indirecto (s/.)	70.4
TOTAL s/.		774.4

Cuadro 16: Costos totales estimados

Fuente: Autor

3.5.5. Costos de Mantenimiento

3.5.5.1. Costo de Operación Mensual

Para estimar los costos de operación considerados cada seis meses del sistema de bombeo mediante el Ariete hidráulico se considera los siguientes aspectos:

GASTOS ESTIMADOS PARA MANTENIMIENTO

Gastos Estimados Para Mantenimiento		
Ítem	Rubro	Costo (Soles)
1	Mantenimiento de empaques	5
2	gastos Varios	20
Gastos totales mensuales S/.		25

Cuadro 17: Gastos estimados para mantenimiento

Fuente: Autor

En estas bombas el mantenimiento es bien barato ya que funciona solo con la presión ejercida por el agua y el material seleccionado para la instalación y construcción del ariete son de larga durabilidad. El mantenimiento se lo hace cada seis meses aproximadamente en lo que es el cambio de empaques y el ingreso de la tubería de alimentación.

3.5.5.2. Costo de Mantenimiento anual

Estimando que el plan de Mantenimiento del sistema se necesita anualmente 50.00 nuevos soles para financiar los costos y sustituir las piezas (empaques) y elementos en función de la periodicidad del plan de mantenimiento del sistema de bombeo.

COSTO TOTAL ANUAL

Costos totales anuales	S/. 50.00
------------------------	-----------

Cuadro 18: Costo total anual

Fuente: Autor

Operación y mantenimiento

Las bombas de ariete hidráulico de 2” son máquinas rústicas, de fácil mantenimiento. Para mantener el aire en el acumulador, se recomienda vaciar su contenido abriendo las llaves de paso antes de ponerla en operación. Se recomienda hacer limpiezas preventivas de las válvulas una vez por mes desenroscando la canastilla de la válvula check de pie, se retira la válvula y se deja fluir el agua abriendo la llave de paso para dejar pasar las impurezas; se recomienda abrir la llave de paso unas dos o tres veces para permitir limpiar la valvula check horizontal.

En caso de que persistan las impurezas en ésta, será necesario desenroscar la válvula de los nipples y realizar la limpieza con los dedos de la mano moviendo (de manera oscilante) la válvula. Las bombas de ariete hidráulico de 2” son de fácil operación y mantenimiento, sin embargo, se debe tener cuidados especiales principalmente en la operación y en el mantenimiento de las válvulas; a continuación se detallan dichos aspectos:

Puesta en operación

Las bombas de ariete hidráulico de 2" para operar satisfactoriamente requiere que la tubería de alimentación esté completamente llena y sin aire (evitando la entrada de aire por las fugas y/o uniones mal hechas.

a. Tubería de alimentación

La tubería de alimentación debe cumplir los siguientes requisitos para una operación óptima de la BAH 2":

La diferencia de nivel o caída aprovechable (H) para accionar la BAH 2" no deberá ser inferior a 1 m.

La tubería de alimentación debe ser lo más rectilínea posible y debe tener un diámetro mayor que la tubería de descarga.

Debe tener la menor cantidad de uniones (coplas o uniones patente) con la finalidad de evitar fugas y pérdidas de energía (hf).

La toma de la tubería de alimentación debe estar sumergida por lo menos 0.3 m por debajo del nivel del agua y 0.1 m por encima del fondo.

3.6. Ley de Recursos hídricos Ley N° 29338

La presente Ley regula el uso y gestión de los recursos hídricos. Comprende el agua superficial, subterránea, continental y los bienes asociados a esta. Se extiende al agua marítima y atmosférica en lo que resulte aplicable.

La presente Ley tiene por finalidad regular el uso y gestión integrada del agua, la actuación del Estado y los particulares en dicha gestión, así como en los bienes asociados a esta.

Principios

Los principios que rigen el uso y gestión integrada de los recursos hídricos son:

Principio de valoración del agua y de gestión integrada del agua. El agua tiene valor sociocultural, valor económico y valor ambiental, por lo que su uso debe basarse en la gestión integrada y en el equilibrio entre estos. El agua es parte integrante de los ecosistemas y renovable a través del ciclo hidrológico.

Principio de prioridad en el acceso al agua. El acceso al agua para la satisfacción de las necesidades primarias de la persona humana es prioritario por ser un derecho fundamental sobre cualquier uso, inclusive en épocas de escasez.

Principio de participación de la población y cultura del agua. El Estado crea mecanismos para la participación de los usuarios y de la población organizada en la toma de decisiones que afectan el agua en cuanto a calidad, cantidad, oportunidad u otro atributo del recurso. Fomenta el fortalecimiento institucional y el desarrollo técnico de las organizaciones de usuarios de agua.

Promueve programas de educación, difusión y sensibilización, mediante las autoridades del sistema educativo y la sociedad civil, sobre la importancia del agua para la humanidad y los sistemas ecológicos, generando conciencia y actitudes que propicien su buen uso y valoración.

Principio de seguridad jurídica. El Estado consagra un régimen de derechos para el uso del agua. Promueve y vela por el respeto de las condiciones que otorgan seguridad jurídica a la inversión relacionada con su uso, sea pública o privada o en coparticipación.

Principio de respeto de los usos del agua por las comunidades campesinas y comunidades nativas, El Estado respeta los usos y costumbres de las comunidades campesinas y comunidades nativas, así como su derecho de utilizar las aguas que discurren por sus tierras, en tanto no se oponga a la Ley. Promueve el conocimiento y tecnología ancestral del agua.

Principio de sostenibilidad, El Estado promueve y controla el aprovechamiento y conservación sostenible de los recursos hídricos previniendo la afectación de su calidad ambiental y de las condiciones naturales de su entorno, como parte del ecosistema donde se encuentran.

El uso y gestión sostenible del agua implica la integración equilibrada de los aspectos socioculturales, ambientales y económicos en el desarrollo nacional, así como la satisfacción de las necesidades de las actuales y futuras generaciones.

Principio de descentralización de la gestión pública del agua y de autoridad única. Para una efectiva gestión pública del agua, la conducción del Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos es de responsabilidad de una autoridad única y desconcentrada.

La gestión pública del agua comprende también la de sus bienes asociados, zaturales o artificiales.

Principio precautorio. La ausencia de certeza absoluta sobre el peligro de daño grave o irreversible que amenace las fuentes de agua no constituye impedimento para adoptar medidas que impidan su degradación o extinción.

Principio de eficiencia. La gestión integrada de los recursos hídricos se sustenta en el aprovechamiento eficiente y su conservación, incentivando el desarrollo de una cultura de uso eficiente entre los usuarios y operadores.

Principio de gestión integrada participativa por cuenca hidrográfica. El uso del agua debe ser óptimo y equitativo, basado en su valor social, económico y ambiental, y su gestión debe ser integrada por cuenca hidrográfica y con participación activa de la población organizada. El agua constituye parte de los ecosistemas y es renovable a través de los procesos del ciclo hidrológico.

Principio de tutela jurídica. El Estado protege, supervisa y fiscaliza el agua en sus fuentes naturales o artificiales y en el estado en que se encuentre: líquido, sólido o gaseoso, y en cualquier etapa del ciclo hidrológico.

La Autoridad Nacional como ente rector

La Autoridad Nacional es el ente rector y la máxima autoridad técnico-normativa del Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos. Es responsable del funcionamiento de dicho sistema en el marco de lo establecido en la Ley.

Funciones de la Autoridad Nacional

Son funciones de la Autoridad Nacional las siguientes:

1. Elaborar la política y estrategia nacional de los recursos hídricos y el plan nacional de gestión de los recursos hídricos, conduciendo, supervisando y evaluando su ejecución, los que deberán ser aprobados por decreto supremo, refrendado por el Presidente del Consejo de Ministros.
2. establecer los lineamientos para la formulación y actualización de los planes de gestión de los recursos hídricos de las cuencas, aprobarlos y supervisar su implementación.
3. proponer normas legales en materia de su competencia, así como dictar normas y establecer procedimientos para asegurar la gestión integral y sostenible de los recursos hídricos.
4. elaborar el método y determinar el valor de las retribuciones económicas por el derecho de uso de agua y por el vertimiento de aguas residuales en fuentes naturales de agua, valores que deben ser aprobados por decreto supremo; así como, aprobar las tarifas por uso de la infraestructura hidráulica, propuestas por los operadores hidráulicos.
5. aprobar, previo estudio técnico, reservas de agua por un tiempo determinado cuando así lo requiera el interés de la Nación y, como último recurso, el trasvase de agua de cuenca.

6. declarar, previo estudio técnico, el agotamiento de las fuentes naturales de agua, zonas de veda y zonas de protección, así como los estados de emergencia por escasez, superávit hídrico, contaminación de las fuentes naturales de agua o cualquier conflicto relacionado con la gestión sostenible de los recursos hídricos, dictando las medidas pertinentes.
7. otorgar, modificar y extinguir, previo estudio técnico, derechos de uso de agua, así como aprobar la implementación, modificación y extinción de servidumbres de uso de agua, a través de los órganos desconcentrados de la Autoridad Nacional.
8. conducir, organizar y administrar el Sistema Nacional de Información de Recursos Hídricos, el Registro Administrativo de Derechos de Agua, el Registro Nacional de Organizaciones de Usuarios y los demás que correspondan.
9. emitir opinión técnica previa vinculante para el otorgamiento de autorizaciones de extracción de material de acarreo en los cauces naturales de agua.
10. supervisar y evaluar las actividades, impacto y cumplimiento de los objetivos del Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos.
11. emitir opinión técnica vinculante respecto a la disponibilidad de los recursos hídricos para la viabilidad de proyectos de infraestructura hidráulica que involucren su utilización.
12. ejercer jurisdicción administrativa exclusiva en materia de aguas, desarrollando acciones de administración, fiscalización, control y vigilancia, para asegurar la

preservación y conservación de las fuentes naturales de agua, de los bienes naturales asociados a estas y de la infraestructura hidráulica, ejerciendo para tal efecto, la facultad sancionadora y coactiva.

13. establecer los parámetros de eficiencia aplicables al aprovechamiento de dichos recursos, en concordancia con la política nacional del ambiente.

14. reforzar las acciones para una gestión integrada del agua en las cuencas menos favorecidas y la preservación del recurso en las cabeceras de cuencas.

15. aprobar la demarcación territorial de las cuencas hidrográficas.

16. otras que señale la Ley.

Licencia de usos de agua

La licencia de uso del agua es un derecho de uso mediante el cual la Autoridad Nacional, con opinión del Consejo de Cuenca respectivo, otorga a su titular la facultad de usar este recurso natural, con un fin y en un lugar determinado, en los términos y condiciones previstos en los dispositivos legales vigentes y en la correspondiente resolución administrativa que la otorga.

La licencia de uso del agua puede ser otorgada para uso consuntivo y no consuntivo.

Características de la licencia de uso

Son características de la licencia de uso las siguientes:

1. Otorgar a su titular facultades para usar y registrar una dotación anual de agua expresada en metros cúbicos, extraída de una fuente, pudiendo ejercer las acciones legales para su defensa.
2. se extingue por las causales previstas en la Ley.
3. su plazo es indeterminado mientras subsista la actividad para la que fue otorgada.
4. atribuye al titular la potestad de efectuar directamente o en coparticipación, según el caso, inversiones en tratamiento, transformación y reutilización para el uso otorgado. El agua excedente se entrega a la Autoridad Nacional para su distribución.
5. faculta a ejercer las servidumbres previstas en esta Ley y de acuerdo con las actividades y tipo de uso del agua que realice el titular.
6. es inherente al objeto para el cual fue otorgado.
7. las licencias de uso no son transferibles. Si el titular no desea continuar usándola debe revertirla al Estado, a través de la Autoridad Nacional.

Requisitos de la solicitud de licencia de uso

La solicitud es presentada ante la Autoridad Nacional, conteniendo además de los requisitos indicados en el artículo 113º de la Ley N° 27444, Ley del Procedimiento Administrativo General, los siguientes:

1. El uso al que se destine el agua.

2. la fuente de captación, curso o cuerpo de agua a usar, señalando la cuenca hidrográfica a la que pertenece, su ubicación política y geográfica y principales características de interés.
3. la ubicación de los lugares de captación, devolución o la delimitación del área de la fuente de uso, según corresponda, con los planos correspondientes.
4. el volumen anualizado requerido y el estimado de descarga, cuando corresponda y otras características, de acuerdo con la licencia solicitada.
5. certificación ambiental emitida conforme a la legislación respectiva, cuando corresponda.
6. la especificación de las servidumbres que se requieran.
7. acreditación de la propiedad o posesión legítima del predio donde se utilizará el agua solicitada, cuando corresponda.

La jurisdicción de la comunidad de Quequerana pertenece al Distrito y Provincia de Moho, y por ende es jurisdicción y/o perteneciente a la Autoridad Local de Aguas de Huancané; sin embargo esta fuente de agua ubicada en la comunidad de Quequerana de donde se pretende captar el agua para el funcionamiento de la bomba de ariete hidráulico, a la actualidad no se cuenta con la licencia de uso de agua correspondiente.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Sistema de bombeo mediante ariete hidráulico

La fuente encontrada para que sirva de suministro de agua a la bomba de ariete es un manantial natural que a la fecha se ha construido un reservorio de concreto para su almacenamiento de agua, este manantial data de hace muchos años, en épocas de estiaje la disminución de su caudal es mínimo, esta fuente de agua hasta la actualidad no es aprovechado para su uso, el caudal derramado alimenta a un riachuelo que queda a unos 100 metros debajo del manantial.



Figura 12: Vista de manantial Quequerana

El caudal suministrado de la fuente de agua es 3.2 litros/ segundo, que equivale a 192 lt/min, tal como se muestra en el siguiente cuadro.

DATOS DE AFORO VOLUMETRICO

AFORO VOLUMETRICO				
NRO DE PRUEBAS	VOLUMEN (Litros)	TIEMPO (seg)	CAUDAL FUENTE (lit/seg)	
1	4.50	1.40	3.21	
2	4.50	1.39	3.24	
3	4.50	1.35	3.33	
4	4.50	1.45	3.10	
5	4.50	1.45	3.10	
PROMEDIO			3.20	lt/seg
			192.00	lt/min

Cuadro 19: Aforo volumétrico de manantial

Sin embargo esta ubicación del manantial se encuentra ubicada en una cota menor a las parcelas y viviendas donde se pretende llevar el recurso agua para su aprovechamiento.

Si aprovecharíamos este caudal de manantial, que es de 3.20 lt/seg, se podría abastecer a unos 1500 habitantes aproximadamente, sin embargo esta fuente y/o manantial por la situación topográfica del terreno donde se encuentra no es posible su aprovechamiento es por tal razón que se está optando en utilizar este sistema de bombeo mediante ariete hidráulico.

Se ha realizado la prueba respectiva del funcionamiento del sistema de bombeo mediante ariete hidráulico de 2” de material tubería galvanizada, en la cual el funcionamiento ha sido bueno y se ha obtenido los cálculos y resultados respectivos.

RESULTADOS OBTENIDOS

ALTURA DE ALIMENTACION H (m)	CAUDAL DE ALIMENTACION Q(lt/min)	CAUDAL DE BOMBEO q (lt/min)	EFICIENCIA n (%)	POTENCIA (P) DE CAIDA DEL AGUA (W)	POTENCIA (P) QUE PROPORCIONA LA BAH 2"	HALTURA MAXIMA A BOMBEAR
4.00	192.00	18.00	43.00	128.00	45.00	18.35
8.00	192.00	48.60	60.00	256.00	89.10	18.96

Cuadro 20: Resultados obtenidos

De estos resultados que se ha obtenido podemos decir lo siguiente:

A una altura de alimentación de 4m el caudal de bombeo o descarga es de 18 lt/min, mientras que a una altura de alimentación de 8 m, el caudal de bombeo es de 48.60 lt/min, entonces el caudal de bombeo depende de la altura de alimentación, mientras menor es la altura de desnivel entre la bomba de ariete hidráulico y la fuente de alimentación, menor será el caudal de descarga.

Ahora a una altura de 8m de alimentación el caudal que se va a bombear hasta el reservorio propuesto es de 48.60 lt/min, es decir es más la descarga que a una altura de alimentación de 4m.

En cuanto a la eficiencia del sistema de bomba de ariete hidráulico, según a los resultados obtenidos, se deduce que a menor altura de alimentación menor será la eficiencia y/o rendimiento de la bomba de ariete hidráulico, y a mayor altura de alimentación entre la fuente y la ubicación del ariete hidráulico, mayor será la eficiencia o rendimiento de la bomba de ariete hidráulico.

El rendimiento y/o eficiencia varía en función de la relación h/H (altura de alimentación y altura de elevación), al aumentar el valor resultante, rendimiento disminuye como se

ha visto en los cálculos, en seguida se presenta el cuadro de variación de la eficiencia en función de la relación h/H .

h/H	2	3	4	6	8	10	12
R (Rendimiento)	0.85	0.81	0.76	0.67	0.57	0.43	0.23

Cuadro 21: Rendimiento de la bomba de ariete hidráulico

La potencia que genera la caída de agua por el desnivel de 4m de altura alimentación es de 128W, y a una altura de 8m de desnivel la potencia es de 256W, entonces podemos decir que a mayor altura de alimentación, se genera mayor potencia.

La potencia que se genera en la bomba de ariete hidráulico, también depende de la altura del desnivel del terreno, cuando se tiene menor desnivel menor es la potencia que genera la bomba de ariete hidráulico, y cuando mayor es la altura de alimentación entonces la potencia que se genera en el ariete hidráulico también será mayor.

De los resultados que se ha obtenido en base al caudal que se tiene en la fuente y/o manantial en la comunidad de Quequerana se puede bombear hasta una altura de 18.96 metros de altura neta.

Ahora el caudal elevado o caudal de bombeo, depende del rendimiento (R) y/o eficiencia de la bomba de ariete hidráulico, del caudal de alimentación (Q), el desnivel de trabajo y la altura de elevación; cuando menor es el desnivel del terreno menor es el caudal de bombeo y cuando mayor es el desnivel de terreno el caudal elevado o caudal de bombeo también es mayor. Entonces podemos decir que el caudal de

elevación con el uso de la bomba de ariete hidráulico, se va influenciando considerablemente según la altura de elevación.

En el presente proyecto de investigación, los materiales utilizados se ha adquirido de las ferreterías, y se ha fabricado con accesorios de 2pulgadas de fierro galvanizado así como también las válvulas check se ha adquirido de las ferreterías, una vez ensamblado la bomba de ariete hidráulico de 2” se hizo la prueba correspondiente en cuanto a su funcionamiento y se ha obtenido los resultados que se tiene en el cuadro anterior.

El lugar que hemos escogido para la instalación de la bomba de ariete, se encuentra situado en la Provincia de Moho, y más concretamente, en la Comunidad de Quequerana y la ubicación del manantial se encuentra en las siguientes coordenadas:

UBICACIÓN DE COORDENADAS UTM FUENTE DE AGUA Y UBICACIÓN DE BAH.

DESCRIPCION	UBICACION COORDENADAS UTM		
	ALTITUD	ESTE	NORTE
Ubicación del manantial	3880.00	466252.00	8295874.00
Primera ubicación del ariete hidráulico	3875.00	466261.00	8295853.00
Segunda ubicación del ariete hidráulico	3872.00	466268.00	8295854.00
Reservorio propuesto	3886.00	466219.00	8295867.00

Cuadro 22: Ubicación de coordenadas UTM fuente de agua y la BAH 2”

De la diferencia de elevación que se tiene en cuanto a la fuente de alimentación y la primera propuesta de la instalación del sistema de bombeo mediante ariete hidráulico,

es de 5 metros de desnivel, lo cual nos indica que el ariete hidráulico puede funcionar con normalidad elevando un caudal al reservorio de almacenamiento.

Ahora la diferencia de altura que se tiene de la fuente de alimentación y la segunda propuesta de la instalación del ariete hidráulico, es de 8 metros de desnivel, lo cual nos indica que a mayor altura de alimentación el rendimiento será mayor y el caudal elevado también será mayor por lo que el sistema si va a funcionar con normalidad.

El lugar a aprovechar como punto de alimentación, debido a que el desnivel del terreno tiene una altura de más de 5 metros, llegando incluso a los 8 metros. Una altura más que aceptable para impulsar un caudal elevado de agua a una cota mayor.

En cuanto al aprovechamiento de agua no será al 100%, por lo que el agua de reboce por el ariete hidráulico, va a seguir su cauce por lo cual no se afectara el caudal ecológico.

Lugar de descarga

El lugar de descarga será un reservorio, donde se bombeará el agua para el riego, para consumo humano y otros debiendo estar situada en el punto más alto de la misma con el fin de que luego pueda ser aprovechada por los pobladores de la zona.

Ventajas del uso de la bomba del ariete hidráulico

No requiere electricidad, combustible ni trabajo humano para su funcionamiento.

Todo el equipo es de bajo costo y sus piezas son de fácil recambio, materiales de reparación de fácil acceso.

Requiere un mínimo de mantención.

Funciona automáticamente ante un suministro de agua.

Puede usarse todo el año en los cuerpos de agua disponibles.

Desventajas del uso de la bomba del ariete hidráulico

Poco acceso a la tecnología (no hay asistencia técnica)

La altura a la que se desea bombear depende de la caída de agua.

Bombeo por pulsación

Bombea poco caudal.

Rendimientos bajos en relación a las electrobombas y motobombas.

4.1.2. Aplicación del sistema de bombeo

La aplicación o instalación de la bomba de ariete es bastante sencilla. Solo hay que empalmar el conducto de impulsión y el conducto de elevación. La toma del conducto de impulsión está preparada para acoplarle un conducto de tubería con su correspondiente acondicionamiento.

El Ariete deberá estar bien sujeto a una base sólida mediante tornillos debido a que su funcionamiento básico es a golpes y dispondrá de una canalización para el agua sobrante. La carcasa del resorte envuelve a la válvula de choque y la mantiene

sumergida en el agua, de esta forma evita que entre aire dentro de la cámara del Ariete cuando disminuya la presión interior y mantiene una evacuación del agua sobrante más controlada.

Las BAH 2" para operar satisfactoriamente requiere que la tubería de alimentación esté completamente llena y sin aire (evitando la entrada de aire por las fugas y/o uniones mal hechas).

La tubería de alimentación debe cumplir los siguientes requisitos para una operación óptima de la BAH 2":

La diferencia de nivel o caída aprovechable (H) para accionar la BAH 2" no deberá ser inferior a 1 m.

La tubería de alimentación debe ser lo más rectilínea posible y debe tener un diámetro mayor que la tubería de descarga.

Debe tener la menor cantidad de uniones con la finalidad de evitar fugas y pérdidas de energía (hf).

La toma de la tubería de alimentación debe estar sumergida por lo menos 0.3 m por debajo del nivel del agua y 0.1 m por encima del fondo.

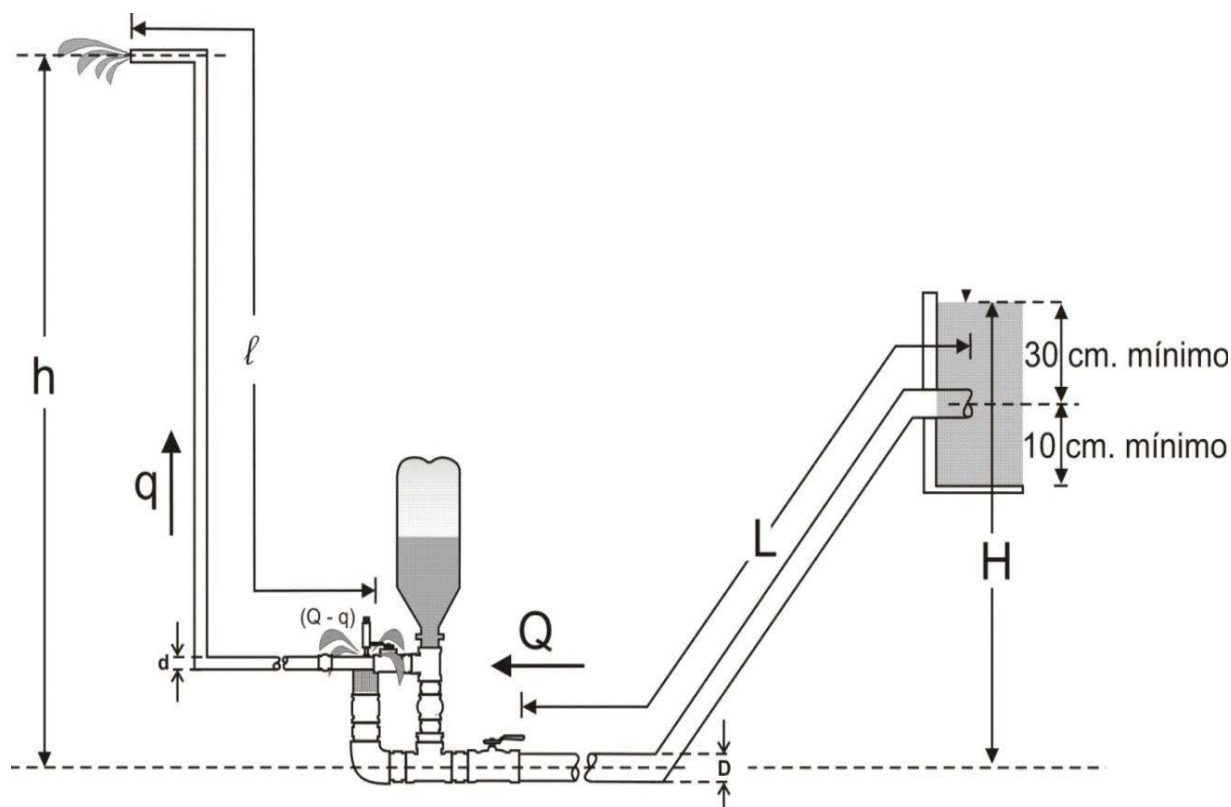


Figura 13: Instalación de la bomba de ariete hidráulico

Finalmente la fuente de alimentación es otro factor importante. Al operar la bomba, el nivel de agua de la fuente no debe disminuir rápidamente porque permitiría el ingreso de aire a la tubería de alimentación ocasionando una deficiente operación de la BAH 2". De acuerdo a la experiencia, las aguas de vertiente de bajo caudal deben ser encausadas y almacenadas en estanques para recién ser utilizados. Las aguas de canales de riego pueden aprovecharse de acuerdo a las necesidades siempre que la velocidad del agua sea suficiente para activar la Bomba.

Sus principales características de la bomba de ariete hidráulico son:

Máquina que aprovecha como única fuente de energía la caída o desnivel del agua para operar.

Cualquier lugar que tenga una caída de más de 1 m. de desnivel.

Cuida el medio ambiente, es barata, limpia y no contamina (no desprende calor: no necesita de electricidad, diesel o gasolina).

Es ecológica: respeta el caudal ecológico (no acapara toda el agua tomando solamente parte del fluido para operar; respetando el agua de las fuentes de recarga, plantas y animales).

Es barata, y durable (las piezas se consiguen en cualquier ferretería; la Bomba puede durar más de 10 años).

Es de fácil y rápida construcción, operación, traslado y mantenimiento.

Puede trabajar día y noche ininterrumpidamente.

No tiene costos de operación.

4.2. Discusión

Una vez concluido la instalación del sistema de bomba de ariete hidráulico se puede afirmar que se alcanzó los objetivos de caudal y altura de entrega, con los parámetros establecidos.

Se han elaborado investigaciones sobre el ariete hidráulico en otros países, y uno de ellos es, “la instalación de un sistema de bombeo mediante ariete hidráulico en la

comunidad de airon cebadas”, donde se ha llegado elevar el agua hasta 100 m de altura neta con un caudal de 19.8 lt/min.

En la tesis elaborada “cálculo, diseño y construcción de un prototipo de ariete hidráulico”, se obtuvieron los siguientes resultados: el caudal requerido en la instalación en que fue analizado el funcionamiento, es de 145 lt/día y el tanque de almacenamiento de 3812.2 litros de capacidad. El prototipo en un día puede bombear máximo hasta 19,209.6 lt/día. Por lo tanto a esta razón de bombeo el ariete llenaría dicho tanque en aproximadamente 5 horas de operación, para abastecer agua por 26 días a la casa donde se instaló el prototipo. Si dicho tanque de almacenamiento fuera utilizado en una pequeña comunidad con 30 habitantes, quienes consumen en promedio 60 lt/día, el ariete hidráulico con el mismo tiempo de operación y caudal descargado, proveería agua por 2 días a la comunidad. Por lo tanto constituye una buena alternativa de bombeo para comunidades que carecen de energía eléctrica y poseen una fuente de agua remota.

Cualquier persona puede fabricar su propio ariete e instalarlo, no requiere de herramienta compleja para construirlo y los componentes son fáciles de adquirir. Posee larga vida útil, poco mantenimiento y fácil transporte.

Los arietes ya contruidos anteriormente, son los que se mencionan en el capítulo denominado antecedentes, y se clasificaron según el tipo de material con que se construyó y el tamaño de los diámetros de la tubería usada.

Nicaragua, un país en vía de desarrollo; Donde sus pobladores han optado por el uso de tecnologías alternativas como es implementar los sistemas de ariete hidráulico, cuya máquina de auto operación utiliza como fuente de energía, el agua y esta la bombea desde un nivel más bajo a una determinada altura, donde dicha agua adquiere una energía potencial que permite su uso para diversos fines tales como: irrigación de cultivos, etc. El sistema se basa en el fenómeno conocido en la hidráulica como golpe de ariete, el cual se observa cuando se interrumpe el flujo de agua cerrando bruscamente una tubería. La energía cinética, que trae el agua en movimiento, al ser detenida, origina un aumento brusco o golpe de presión.

Con el ariete hidráulico se producen continuamente estos golpes en un tubo que se alimenta con agua de una presa, de un río o cualquier desnivel, y se aprovechan los aumentos de presión para mandar una parte del agua que pasa por el tubo a una altura superior.

El proyecto de investigación realizada en Nicaragua “Evaluación del funcionamiento de modelos de bombas de ariete hidráulico de mayor difusión”, donde indica que el ariete eleva el agua a una altura superior a los 70 metros, dependiendo de las condiciones del terreno. Depende de la diferencia de altura entre la toma de agua y el ariete. El agua se puede conducir a una distancia superior a los 2.000 metros entre el ariete y el estanque en altura.

Por otro lado, para que el ariete funcione, debe haber un desnivel mínimo de un metro de altura entre la toma de agua y la entrada del ariete. Cuando hay una caída natural de agua es muy simple la instalación.

El rendimiento del ariete hidráulico representa el porcentaje de agua que se puede bombear en relación al total de la canalizada por el ariete, y varía en función del cociente H/h . Al aumentar el valor resultante, el rendimiento disminuye.

Hay que tener en cuenta que el agua que se acelera en el tubo de alimentación, es la que provoca el “golpe de ariete”, por lo que este ha de tener una longitud, inclinación y diámetro adecuados, sin curvas ni estrechamientos que provoquen pérdidas de carga por rozamiento.

CAPITULO V

CONCLUSIONES

El caudal elevado aplicando el golpe de ariete mediante la bomba de ariete hidráulico a un desnivel de 4m de altura de alimentación es de 18 lt/min, que equivale a 0.30 lt/seg, entonces a un tiempo de 12 horas de llenado a un reservorio y con una dotación de 80 lt/hab/día se puede abastecer a unas 162 habitantes lo que equivale a unas 32 viviendas. Y a una altura de alimentación de 8m de desnivel se tiene un caudal de elevación de 48.60 lt/min, lo que equivale a 0.81 lt/seg, de la misma forma en un tiempo de 12 horas de llenado al reservorio y con una dotación de 80 lt/hab/día, se puede abastecer a unas 437 habitantes lo que equivale a unas 87 viviendas.

Al aplicar el golpe de ariete mediante la bomba de ariete hidráulico es bastante sencilla. Solo hay que empalmar el conducto de impulsión y el conducto de elevación al ariete hidráulico ya ensamblado. La toma del conducto de impulsión está preparada para acoplarle un conducto de tubería con su correspondiente acondicionamiento.

El Ariete deberá estar bien sujeto a una base sólida mediante tornillos debido a que su funcionamiento básico es a golpes y dispondrá de una canalización para el agua sobrante. La carcasa del resorte envuelve a la válvula de choque y la mantiene sumergida en el agua, de esta forma evita que entre aire dentro de la cámara del Ariete cuando disminuya la presión interior y mantiene una evacuación del agua sobrante más controlada.

La eficiencia que se tiene según los cálculos son: A una altura de desnivel de 4m la eficiencia es de 43%, y cuando se tiene una altura de desnivel de 8m la eficiencia es de 60%, lo que nos indica que a mayor altura de desnivel el bombeo es más eficiente.

CAPITULO VI

RECOMENDACIONES

Al concluir el presente trabajo de investigación se ha optado hacer algunas recomendaciones:

Se recomienda tomar en cuenta el caudal óptimo o el elegido para la construcción del tanque ya que su volumen depende del caudal de descarga disponible de la misma forma. Se debe fijar correctamente la bomba de ariete hidráulico en una posición horizontal bien anclada, para disminuir las vibraciones que produce la bomba de ariete. El equipo debe tener un mantenimiento tanto preventivo como correctivo para lograr un buen funcionamiento y cumplir satisfactoriamente el tiempo de vida útil. Es necesario pintar el equipo para evitar ataques de corrosión en la superficie.

El tiempo de vida útil de la bomba de ariete hidráulico recomendado es de 15 años previo a un mantenimiento adecuado durante su funcionamiento; el material utilizado para su fabricación es de material galvanizado y con una soldadura adecuada para la resistencia a las variaciones climáticas que se pueden presentar en la zona.

Es necesario inspeccionar los filtros con frecuencia, para así evitar obstrucciones significativas que repercutirán directamente en el caudal de alimentación de la bomba y su rendimiento. Un tema de suma importancia es que el filtro siempre este sumergido en la cámara de captación.

Se recomienda que por medio de la facultad incentivar el uso de los arietes hidráulicos en el área rural a través de convenios mediante instituciones públicas como el consejo provincial, municipio, etc. De tal forma que se evite la migración de las personas a otros lugares, para de esta forma reactivar el sector agropecuario, impulsando a su desarrollo y riqueza. De la misma forma evitar el desmantelamiento es recomendable ubicar la bomba de ariete dentro de una estructura enrejada, con candados o elementos que eviten la sustracción de algún elemento.

CAPITULO VII

LITERATURA CITADA

Agüero Pittmam, R. (1993). *Agua Potable para Poblaciones Rurales*. Lima Peru: UNALM.

Castellanos, J. (2010). *El Ariete Fuente de Agua sin combustible*. Republica Dominicana: ART.

F, J. A., Guevara, O., Reyes, R., & Ramírez., C. (2009). *Diseño para Implementación de Bomba Hidráulica de Ariete "JORC" para uso agrícola*. Republica Dominicana: Pamiela.

F., M. S., & N., G. C. (2003). *El Ariete Hidraulico*. Veracruz: Schaum.

Franzini, J. B. (1999). *Mecánica de fluidos :con aplicaciones en ingeniería* . Madrid: McGraw-Hill.

Giles, R. (1973). *Mecanica de los Fluidos e Hidraulica*. Mexico: 2da ED.

Lansford, W. M., & Dugan, W. G. (1941). *AN ANALYTICAL AND EXPERIMENTAL STUDY OF THE HYDRAULIC RAM*. EE.UU: Bull.

Mataix, C. (1982). *Mecánica de Fluidos y Máquinas Hidráulicas*. Mexico: Row Publishers.

Mendez, M. V. (1994). *Tuberías a Presión en los Sistemas de*. Caracas: Limusa.

Mott, R. L. (1996). *Mecánica de fluidos aplicada*. Lima: Pearson Educación.

ONERN. (1980). *Inventario y Evaluacion Nacional de las aguas Superficiales*.

Potter, M. C. (2002). *Mecanica de Fluidos*. Mexico: Thompson.

S., U. L. (2003). *Energía Renovable Práctica*. Bogota: Pamiela.

Santayana, V. S. (1990). *Ingenieria de recursos Hidricos*. Lima Peru: Departamento de Recursos de Agua y Tierra UNALM .

Sotelo Avila, G. (1977). *Hidráulica General*. Mexico: Limusa.

Streeter, V. L., & Bedford, K. W. (1999). *Mecánica de fluidos*. Santafé de Bogotá: McGraw Hill.

Vargas Medina, J. H. (2007). *Energía limpia, Tecnología útil*. Mexico: ART.

Weinmann, P. (2010). *El Ariete Hidraulico: Teoria y práctica de un gran invento caido en desuso*. Republica Dominicana: ART.

ANEXOS

VISTAS FOTOGRAFICAS



Manantial de Putina-Quequerana de donde se captara el agua para su bombeo con el Ariete Hidráulico



Lugar a donde se pretende bombear el agua con el Ariete Hidráulico, en la Comunidad de Quequerana Moho



Ariete Hidráulico ya Ensamblada



Apertura de Válvula de paso para su descarga



Funcionamiento del Ariete Hidráulico



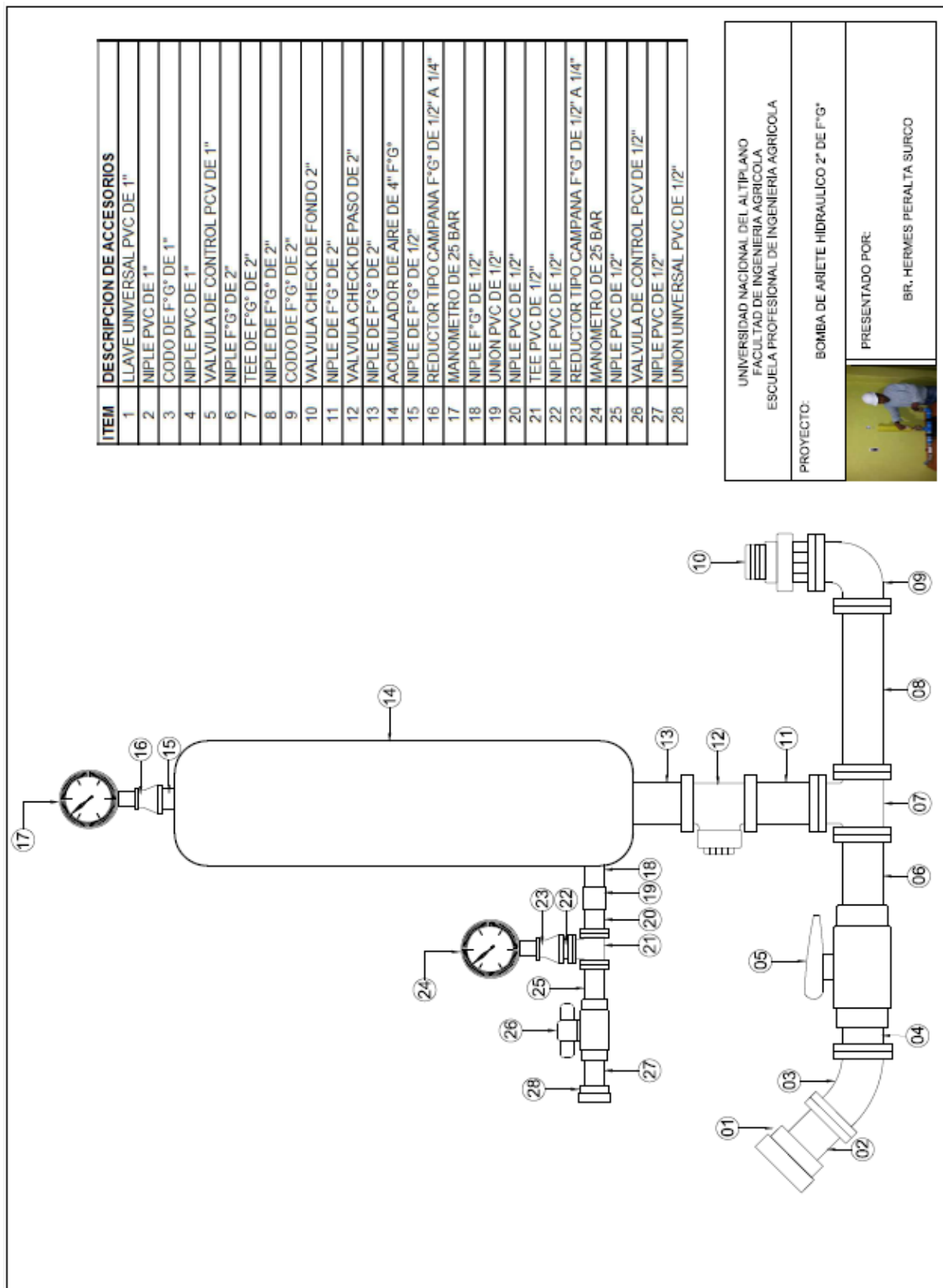
Agua Bombeada con el Ariete Hidráulico de 2" a 7m



Agua Bombeada con el Ariete Hidráulico de 2" a 7m



Agua Bombeada con Ariete Hidráulico a 11m de altura



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
 FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRICOLA

PROYECTO: BOMBA DE ARIETE HIDRAULICO 2" DE F" G"

PRESENTADO POR:
 BR. HERMES PERALTA SURCO