

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN**

**ESCUELA DE POSGRADO**

**UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS**

**PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS ECONÓMICAS**



**Diseño de una bomba de ariete hidráulico, comercial y sostenible, para usarse en la zona rural del distrito de Lamas**

**Tesis para optar el Grado Académico de Maestro en Ciencias Económicas con mención en Gestión Empresarial**

**AUTOR:**

**Carlos Segundo Huamán Torrejón**

**ASESOR:**

**Dr. Fernando Ruiz Saavedra**

**Tarapoto - Perú**

**2021**



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución- NoComercial-Compartirigual 2.5 Perú](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/).

Vea una copia de esta licencia en <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN**

**ESCUELA DE POSGRADO**

**UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS**

**PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS ECONÓMICAS**



**Diseño de una bomba de ariete hidráulico, comercial y sostenible, para  
usarse en la zona rural del distrito de Lamas**

**Tesis para optar el Grado Académico de Maestro en Ciencias Económicas con  
mención en Gestión Empresarial**

**AUTOR:**

**Carlos Segundo Huamán Torrejón**

**ASESOR:**

**Dr. Fernando Ruiz Saavedra**

**Tarapoto – Perú**

**2021**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN**

**ESCUELA DE POSGRADO**

**UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS**

**PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS ECONÓMICAS**



**Diseño de una bomba de ariete hidráulico, comercial y sostenible, para  
usarse en la zona rural del distrito de Lamas**

**Tesis para optar el Grado Académico de Maestro en Ciencias Económicas con  
mención en Gestión Empresarial**

**AUTOR:**

**Carlos Segundo Huamán Torrejón**

**ASESOR:**

**Dr. Fernando Ruiz Saavedra**

**Tarapoto – Perú**

**2021**

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN

## ESCUELA DE POSGRADO

UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS ECONÓMICAS



Diseño de una bomba de ariete hidráulico, comercial y sostenible, para usarse en la zona rural del distrito de Lamas

AUTOR:

Carlos Segundo Huamán Torrejón

Sustentada y aprobada el 22 de octubre del 2021, por los siguientes jurados:



Dr. Réniger Sousa Fernández

Presidente



Ing. Mg. Alberto Alva Arévalo

Miembro



Ing. M.Sc. Tedy Castillo Díaz

Secretario



Dr. Fernando Ruíz Saavedra

Asesor



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN

## ESCUELA DE POSGRADO

UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS


PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS ECONÓMICAS



**Diseño de una bomba de ariete hidráulico, comercial y sostenible, para usarse en la zona rural del distrito de Lamas**

**Tesis para optar el Grado Académico de Maestro en Ciencias Económicas con mención en Gestión Empresarial**

**El suscrito y asesor declaran que el presente trabajo de tesis es original, en su contenido y forma.**

  
.....  
**Ing. Carlos Segundo Huamán Torrejón**  
Ejecutor

  
.....  
**Dr. Fernando Ruíz Saavedra**  
Asesor

## Declaratoria de autenticidad

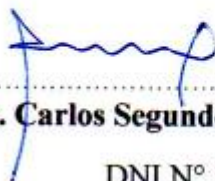

**Carlos Segundo Huamán Torrejón**, con DNI N° 00953561, egresado de la Escuela de Posgrado, Unidad de Posgrado de la Facultad de Ciencias Económicas, Programa de Maestría en Ciencias Económicas con mención en Gestión Empresarial de la Universidad Nacional de San Martín, autor de la tesis titulada: **Diseño de una bomba de ariete hidráulico, comercial y sostenible, para usarse en la zona rural del distrito de Lamas.**

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría.
2. La redacción fue realizada respetando las citas y referencias de las fuentes bibliográficas consultadas.
3. Toda la información que contiene la tesis no ha sido auto plagiada;
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido alterados ni copiados, por tanto, la información de esta investigación debe considerarse como aporte a la realidad investigada.

Por lo antes mencionado, asumo bajo responsabilidad las consecuencias que deriven de mi accionar, sometiéndome a las leyes de nuestro país y normas vigentes de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Tarapoto, 22 de octubre del 2021.

  
  
**Ing. Carlos Segundo Huamán Torrejón**  
DNI N° 00953561



**Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis**

**1. Datos del autor:**

Apellidos y nombres:	<i>Huamán Torrijón Carlos Segundo</i>		
Doctorado / Maestría / Segunda Especialidad:	<i>Maestría</i>	Teléfono:	<i>961 982047</i>
Correo electrónico :	<i>eshuamant@unsm.edu.pe</i>	DNI:	<i>00753561</i>

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

**2. Datos Académicos**

Facultad de:	<i>Ciencias Económicas</i>
Programa de:	<i>Maestría en Ciencias Económicas</i>

**3. Tipo de trabajo de investigación**

Tesis	<input checked="" type="checkbox"/>	Trabajo de investigación	<input type="checkbox"/>
Trabajo de suficiencia profesional	<input type="checkbox"/>		

**4. Datos del Trabajo de investigación**

Título :	<i>Diseño de una bomba de aríete hidráulico, comercial y sostenible, para usarse en la zona rural del Distrito de Hervas.</i>
Año de publicación:	<i>2021</i>

**5. Tipo de Acceso al documento**

Acceso público *	<input checked="" type="checkbox"/>	Embargo	<input type="checkbox"/>
Acceso restringido **	<input type="checkbox"/>		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, una licencia **No Exclusiva**, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:


**6. Originalidad del archivo digital.**

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

## 7. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".

  
Firma y huella del Autor

## 8. Para ser llenado en el Repositorio Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto.

Fecha de recepción del documento:

19, 11, 2021



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN  
Repositorio Digital de Ciencia, Tecnología  
e Innovación de Acceso Abierto - UNSM.

Ing. M.Sc. Alfredo Ramos Perea  
Responsable

\***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

\*\* **Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

## **Dedicatoria**

La presente investigación está dedicado a mi familia por haber sido mi apoyo a lo largo de toda mi carrera universitaria y a lo largo de mi vida. A todas las personas especiales que me acompañaron en esta etapa, aportando a mi formación tanto profesional y como ser humano.

El autor.

## **Agradecimiento**

Mi agradecimiento va dirigido a nuestro Dios por ser nuestro guía en todo este proceso personal y profesional, por estar dándonos victorias en cada una de nuestras batallas, por levantarnos en los momentos más difíciles, por ser el autor fundamental de nuestra vida y por su gracia y amor inmerecido.

A mi familia, quienes han sido nuestro aliento y fortaleza para seguir creciendo en mi vida profesional, por sus múltiples consejos que me han guiado para seguir creyendo en mis sueños y anhelos.

Y a todos los que aportaron en el desarrollo de este trabajo de investigación.

## Índice general

Dedicatoria .....	viii
Índice general .....	ix
Índice tablas.....	x
Resumen .....	xii
Abstract .....	xiii
Introducción .....	1
CAPÍTULO I REVISIÓN BIBIOGRÁFICA.....	5
1.1. Antecedentes de la investigación .....	5
1.2. Base teórica.....	11
1.3. Definición de Términos Básicos .....	24
CAPÍTULO II MATERIAL Y MÉTODOS.....	26
2.1. Sistema de Hipótesis .....	26
2.2. Sistema de Variables.....	26
2.3. Tipo y nivel de investigación.....	28
2.4. Diseño de la investigación .....	28
2.5. Población y Muestra.....	28
2.6. Técnicas de recolección de datos .....	29
2.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos .....	29
CAPÍTULO III RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	30
CONCLUSIONES .....	44
RECOMENDACIONES .....	45
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	46
ANEXOS.....	48
Anexo A: Matriz de Consistencia.....	49
Anexo B. Encuesta – percepción del poblador .....	50

## Índice tablas

Tabla 1. Volumen de agua imprescindible para asegurar hidratación .....	12
Tabla 2. Principales indicadores de las necesidades de agua para mantener una condición mínima de higiene.....	13
Tabla 3. Operacionalización de las variables .....	27
Tabla 4. Desde el punto de vista técnico .....	39
Tabla 5. Desde el punto de vista económico .....	40
Tabla 6. Desde el punto de vista ambiental .....	41

## Índice de figuras

Figura 1. Porcentaje de agua empleada en la higiene, en la preparación de comidas y en el consumo directo para distintos abastecimientos de agua por persona y día.....	14
Figura 2. Sistema de bombeo propuesto por Whitchurst (Campaña., 2011).....	16
Figura 3. Sistema de bombeo prpuesto por los hermanos Montgolfier (Camapña, 2011) .....	17
Figura 4. Bomba de ariete y sus partes .....	18
Figura 5. Esquema general del sistema de bombeo con Ariete Hidráulico .....	19
Figura 6. Partes importantes en el funcionamiento de la Bomba de Ariete .....	20
Figura 7. Inicio del ciclo de la bomba de ariete.....	21
Figura 8. Efecto de la presión dinámica en la bomba.....	21
Figura 9. Sobrepresión en la válvula de admisión.....	22
Figura 10. Etapa de descarga de agua.....	22
Figura 11. Construcción de la bomba de ariete I.....	32
Figura 12. Construcción de la bomba de ariete II.....	32
Figura 13. Bomba de ariete.....	33
Figura 14. Cálculo de caudales.....	33
Figura 15. Instalación .....	34
Figura 16. Instalación en el campo I.....	34
Figura 17. Instalación en el campo II .....	35
Figura 18. Cuerpo de ariete hidráulico .....	35
Figura 19. Válvula de retención.....	36
Figura 20. Corte longitudinal de la válvula de retención.....	36
Figura 21. Válvula de descarga .....	37
Figura 22. Cámara de aire.....	38
Figura 23. Nanómetro.....	38
Figura 24. Desde el punto de vista técnico .....	39
Figura 25. Desde el punto de vista económico .....	40
Figura 26. Desde el punto de vista ambiental.....	41

## Resumen

El presente trabajo se lo ha realizado con la finalidad de abastecer agua a una zona rural del Distrito de Lamas; mediante el uso de una bomba de ariete hidráulico. Para el estudio, se ha dividido en cinco capítulos en los cuales se detallan los temas necesarios para el consecuente desarrollo. En el primer capítulo se describe la revisión bibliográfica, tal como son los antecedentes de la investigación y en bases teóricas tenemos el concepto de abastecimiento de agua, la cantidad de agua necesaria para uso de consumo diario, la reseña histórica de la bomba de ariete hidráulica y principios de funcionamiento de la bomba de ariete. En el segundo capítulo se detalla los materiales y métodos empleados en la investigación, así como el planteamiento de la hipótesis, el sistema de variables, el tipo y nivel de investigación, el diseño de investigación, la población y muestra y sobre todo la técnica de recolección de datos. En el tercer capítulo se detallan los resultados en base a cada uno de los objetivos planteados, se describe el diseño de la bomba de ariete hidráulico, se describen los elementos que conforman el diseño de la bomba de ariete hidráulico, comercial y sostenible para usarse en la zona rural del distrito de Lamas. Por último, se describen las necesidades de demanda y oferta del recurso hídrico para la implementación de la bomba de ariete hidráulico, comercial y sostenible, en la zona rural del distrito de Lamas. Finalmente, se describen las conclusiones y recomendaciones referentes a la investigación

**Palabras clave:** Bomba de ariete hidráulico, abastecimiento de agua, [distrito], Lamas.



## Abstract

The present work has been carried out with the purpose of supplying water to a rural area of the District of Lamas; through the use of a hydraulic ram pump. The study has been divided into five chapters in which the necessary topics for the consequent development are detailed. The first chapter describes the literature review, such as the background of the research and the theoretical basis on the concept of water supply, the amount of water needed for daily consumption, the historical review of the hydraulic ram pump and principles of operation of the ram pump. The second chapter details the materials and methods used in the research, as well as the hypothesis statement, the system of variables, the type and level of research, the research design, the population and sample and, above all, the data collection technique. The third chapter details the results based on each of the objectives set, describes the design of the hydraulic ram pump, describes the elements that make up the design of the hydraulic ram pump, commercial and sustainable for use in the rural area of the district of Lamas. Subsequently, the needs of demand and supply of the water resource for the implementation of the hydraulic ram pump, commercial and sustainable, in the rural area of the district of Lamas are described. Finally, the conclusions and recommendations concerning the research are described.

**Key words:** Hydraulic ram pump, water supply, Lamas [district].



## **Introducción**

El permanente maltrato que se hace a la naturaleza, ha venido ocasionando daños catastróficos al medio ambiente, en sus diversas manifestaciones, razón por la cual es necesario e imprescindible el uso de alternativas que garanticen un equilibrio ambiental sostenible y comercialmente cómodo, que puedan ser utilizados por la población.

Es así que el diseño de una bomba de Ariete Hidráulico, comercial y sostenible, para usarse en la zona rural del Distrito de Lamas, Provincia de Lamas, Región San Martín, surge como una propuesta alternativa para el abastecimiento de agua potable en zonas rurales fundamentalmente, entendiendo que la mayoría de las zonas rurales no cuentan con este servicio fundamental y en este caso específico en el lugar que se indica.

El golpe de ariete, puede definirse como el fenómeno hidráulico ocasionado por rápidas fluctuaciones en el flujo debido a la interrupción o inicio súbitos del flujo en una tubería, produciendo una variación de presión por encima o debajo de la presión de operación y cambios bruscos en la velocidad del flujo. El golpe de ariete es el resultado de una transformación repentina de energía cinética a energía de presión.

En nuestra región existen zonas para implementar utilizando este fenómeno hidráulico-Golpe de Ariete debido a la topografía del terreno, condiciones básicas necesarias.

Frente a este escenario, en la región San Martín, específicamente en el Distrito de Lamas existen zonas rurales que no cuentan con este servicio básico y fundamental, en consecuencia, este proyecto de investigación, utilizará este fenómeno hidráulico para el diseño de una Bomba de ariete, sostenible y comercialmente cómodo, que permita abastecer agua potable para diversos usos, evitando la contaminación ecológica, es decir se aprovecha el Golpe hidráulico, donde está excluido el uso de combustibles, pero si el uso de materiales y accesorios para la bomba de Ariete a precios baratos, ósea comercialmente al alcance de la población, y contribuyendo a solucionar un problema vital y específico, cual es el de abastecer agua potable para la población.

Es por ello que la presente investigación tiene como finalidad alcanzar una propuesta de solución al problema de abastecimiento de agua potable, utilizando una bomba de ariete sostenible y económica, es decir ecológica y comercialmente posible de adquirir, para la

zona rural del Distrito de Lamas, contribuyendo a solucionar el problema de agua potable y la calidad de vida de nuestra población.

El ser humano para sobrevivir ha tenido que abastecerse de agua para su consumo, de igual manera transportar este vital líquido de acuerdo a las diferentes necesidades, usos (agricultura, ganadería, riego, etc) y lugares. Para conseguir estos propósitos el ser humano ha desarrollado diversas formas creativas de métodos para lograr estos objetivos, desde lo más simple hasta lo más sofisticado.

Esta investigación, busca solucionar el abastecimiento de agua utilizando un fenómeno físico, llamado golpe de ariete.

La bomba de ariete hidráulico funciona bombeando una pequeña cantidad del agua que circula a través de ella, procedente de una fuente de abastecimiento, y elevándola a un nivel mucho mayor que la misma fuente, este elemento de ingeniería se desarrolló en los años de 1796 por el inventor francés Joseph Michel Montgolfier. Las bombas de ariete no son nada nuevo, estas han sido utilizadas desde 1796, pero contribuyen de manera muy eficiente para elevar fluido, es por esta razón que su aplicación está aflorando en varios países y lugares donde el acceso a otro tipo de bombas ya sea que se utilicen energía eléctrica o combustibles fósiles, es muy limitado por razones económicas, accesibilidad y contaminación. En la actualidad nuestro planeta ha resultado afectado por la contaminación ambiental la sed del ser humano de obtener más energía cada vez es más grande, sin embargo, una conciencia global se está desarrollando en torno a este gravísimo problema, día a día se realizan varios proyectos que benefician al planeta disminuyendo las emisiones contaminantes que perjudican al mismo.

En la actualidad asistimos a un renacer del interés acerca de este aparato, debido a que es tecnológicamente accesible, eficiente, ecológico y muy didáctico.

De esta manera el presente proyecto busca promover el uso de herramientas que beneficien a diferentes campos ya sea al medio ambiente y a las poblaciones de zonas rurales que se encuentran distribuidos en diferentes partes de nuestro país.

En la jurisdicción de la zona rural del Distrito de Lamas se presenta notablemente la falta de agua potable para el consumo humano de los pobladores, estos habitantes se dedican mayormente a la agricultura (sembríos como café, plátano), crianza de animales y al

comercio de sus productos; ya que en la actualidad los pobladores que viven en esta zona se abastecen del líquido elemento de quebradas, o pequeños cursos de agua sin el debido tratamiento del agua viéndose expuestos a cualquier tipo de contaminación, y que en épocas de verano se ven en la necesidad de trasladar el agua de otras comunidades más alejadas, ocasionándoles un gasto económico para los pobladores que viven en este lugar.

## **Formulación del problema**

### **Problema general**

¿El diseño de una bomba de Ariete Hidráulico, comercial y sostenible, contribuirá a solucionar el problema de abastecimiento de agua potable en la zona rural del Distrito de Lamas, Provincia de Lamas, Región San Martín?

### **Objetivos**

#### **Objetivo general.**

Diseñar una bomba de ariete hidráulico, comercial y sostenible para contribuir a solucionar el problema de abastecimiento de agua potable en la zona rural del Distrito, Provincia de Lamas, Región San Martín.

#### **Objetivos específicos.**

- a) Identificar los elementos que conforman el diseño de la bomba de ariete hidráulico, comercial y sostenible para usarse en la zona rural del distrito de Lamas.
- b) Determinar las necesidades de demanda y oferta del recurso hídrico para la implementación de la bomba de ariete hidráulico, comercial y sostenible, en la zona rural del distrito de Lamas.

## **Justificación de la investigación**

El presente trabajo de investigación se justifica a nivel teórico, práctico, social, económico y ambiental. Su valor teórico gravita en que presenta información ordenada y detallada del fenómeno físico hidráulico, golpe de ariete, para su aplicación.

La justificación práctica ha sido que soluciona rápidamente el derecho a dotarse de agua potable en cada comunidad, económicamente a costos cómodos y baratos y cuidando el medio ambiente, libre de contaminación.

La justificación social, consiste en que las poblaciones rurales tendrán acceso a un servicio de agua potable en su lugar de vivencia.

Conocemos que en la actualidad se utilizan equipos como motobombas, electrobombas para impulsar agua a alturas mayores del nivel de captación, haciendo uso indiscriminado de diferentes tipos de combustibles, que han ocasionado daños irreparables al medio ambiente.

Al mismo tiempo está compuesto por tres capítulos:

#### **CAPÍTULO I: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

Se considera los trabajos previos, las teorías relacionadas y la definición de términos.

#### **CAPÍTULO II: MATERIAL Y MÉTODOS**

Se menciona el diseño de investigación; variables, operacionalización; población y muestra; técnicas e instrumentos de recolección de datos, métodos de análisis de datos y la estadística utilizada.

#### **CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

En esta parte se menciona las consecuencias del procesamiento de la información, acompañado de la discusión de los resultados, conclusiones y las recomendaciones.

# CAPÍTULO I

## REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 1.1. Antecedentes de la investigación

#### A nivel internacional

Pineda (2017), en su tesis *“Diagnóstico del consumo de energía en un sistema de bombeo para agua en la finca Albán, ubicada en el sector La Esperanza, parroquia Tumbaco, durante el año 2016- Diseño y construcción de un sistema con ariete hidráulico prototipo”*, de la Universidad Técnica de Cotopaxi Dirección de Posgrado, La provisión de agua para los seres vivos en muchos casos requiere de la implementación de sistemas de bombeo para su transporte y distribución, los cuales demandan de energía para su operación; el objetivo de esta investigación es evaluar un sistema de bombeo combinado con bomba de ariete hidráulico para la finca Albán, para reducir el consumo de energía eléctrica con el aprovechamiento del caudal hídrico; la bomba de ariete utiliza para su impulsión energía mecánica, principalmente la energía potencial de una vertiente de agua natural, la cual se constituye en una fuente de energía renovable. La implementación de este sistema permitirá reducir el consumo de energía eléctrica en comparación con un sistema de bombeo tradicional con bomba centrífuga. Esta investigación utiliza el método científico, el cual inicia con el estudio documental presentando diversas experiencias de aplicaciones, técnicas de diseño y construcción de bombas de ariete en sectores rurales, para mejorar la producción agrícola y ganadera. Adicionalmente se realiza un trabajo experimental mediante un sistema de bombeo prototipo, el cual permite plantear la propuesta de esta investigación de un sistema de bombeo combinado, con la finalidad de abastecer de un caudal de 0,966 m<sup>3</sup>/h (16,1 l/min) requerido para la producción de la finca Albán que se encuentra a una altura de 91 m más arriba de la fuente de agua. La evaluación económica en base al ahorro energético de la propuesta, indica que la inversión es recuperable en 9 años, considerando una tasa de interés de consumo de 16,06 % vigente actualmente en la banca local, además es una alternativa de ayuda social y cuidado del medio ambiente.

Camacho, D. E. y Meza, J. D. (2017) en su tesis *“Diseño y construcción de un sistema de bombeo de ariete hidráulico multipulsor a escala de laboratorio” (tesis de pregrado)* universidad central del Ecuador. Se diseñó y construyó un sistema didáctico de bombeo de

ariete hidráulico multipulsor a escala de laboratorio, en la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Central del Ecuador. Con este fin se efectuó un estudio técnico en cuatro etapas: diseño, simulación, construcción y puesta en marcha del sistema. Para el diseño se consideraron los criterios de diseño, la aplicación de modelos matemáticos y el espacio disponible en el laboratorio de Operaciones Unitarias. Luego se procedió con la simulación dinámica utilizando un simulador hidráulico comercial, obteniendo el dimensionamiento y las condiciones de operación del sistema. Con esta información se construyó el sistema con los equipos y materiales requeridos, se procedió al montaje y puesta en marcha del mismo mediante pruebas de funcionamiento y acondicionamiento de las válvulas de impulso. Se corroboraron los datos obtenidos experimentalmente de presión y caudal de descarga con los del simulador a la condición de trabajo, determinando un error de desviación de hasta un 10% en estas variables.

Gómez, D. y Triana, D. R. (2015) en su tesis “*Diseño Y Construcción De Una Bomba De Ariete Hidráulico Para Uso Residencial*”. (tesis pregrado) universidad distrital Francisco José de Caldas. Planteo el presente trabajo de grado busca ofrecer a los domicilios de Colombia una herramienta que facilite el transporte de aguas grises provenientes de la lavadora y aguas lluvia, para su posterior uso en labores de descarga de sanitarios y lavado de pisos. A demás se busca identificar cuáles son las consideraciones de diseño y construcción de una bomba de golpe de ariete hidráulico de aplicación doméstica, atendiendo parámetros de funcionamiento y de economía.

### **A nivel nacional**

Arangurí (2018), en su tesis “*Efectividad del Sistema de Bombeo con Ariete Hidráulico en la zona rural de la provincia de San Pablo – Cajamarca*”, (Tesis doctoral), Universidad Nacional de Cajamarca. Este trabajo de investigación, busca determinar La Efectividad del Sistema de Bombeo con Ariete Hidráulico en la zona rural de La Provincia de San Pablo – Cajamarca, analizando los parámetros hidráulicos de una bomba de ariete de acuerdo con la zona en estudio y la configuración adecuada para su instalación, la eficiencia del sistema, así como el grado de satisfacción de los pobladores rurales. La zona de estudio es el Caserío de Suro Antivo, centro poblado de Inгатambo, distrito de Tumbadén; utilizando un diseño experimental, que, para la recopilación de información se usó entrevistas, observación directa de campo, técnicas de medición de parámetros hidráulicos, y para determinar el

grado de satisfacción, la escala de Likert. La demanda total del recurso hídrico es de 8.072 l/min; lo cual considera demanda doméstica, ganado y riego de pasturas, mientras que la oferta es de 15 a 25 l/s de agua. Los parámetros de diseño y operación del sistema de bombeo se rigen para un cuerpo de bomba de 1", siendo el sistema en paralelo; proporcionando 8.9 l/min donde la eficiencia total del sistema es de 55.23%. El nivel de satisfacción del poblador es positivo, desde los aspectos técnico, económico y ambiental al uso y aplicación del sistema de bombeo con ariete hidráulico.

Palomino, M. (2016). en su tesis "*Diseño y construcción de una bomba de ariete hidráulico para el Fundo Porvenir, Huanta*". (Tesis pregrado) de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. La investigación se ejecutó en el fundo agrícola Porvenir ubicado en la comunidad de Quinrapa del distrito de Huanta con el fin de dotar agua de riego a 0.59 hectáreas. Este estudio está basado en el dimensionamiento y elección del tipo de material de los elementos integrantes de una bomba de ariete hidráulico y complementariamente de los componentes de un sistema de bombeo que usa como impulsor de agua a la bomba de ariete hidráulico; los objetivos fueron el diseño y construcción de un prototipo de bomba de ariete hidráulico eficiente y eficaz a un menor costo y con tecnología del medio local. El diseño de la bomba de ariete hidráulico, consistió en modificaciones de la válvula de impulsión y válvula de descarga de 3 pulgadas de diámetro, las cuales a nivel de la cámara de aire generan el golpe de ariete que, dispuestas de manera estratégica aprovecha la energía del agua que ingresa a través de la tubería de impulsión de 3 pulgadas de diámetro y 20.4 metros de longitud en una caída de 6.10 metros; siendo alimentado con caudal de 247.20 l/min bombea un caudal de 42.60 l/min a través de una tubería de descarga de 1 pulgada y ½ de diámetro, 92 metros de longitud y una altura de 19 metros donde se localiza el reservorio de almacenamiento. La bomba de ariete hidráulico se encuentra construida mediante accesorios de acero galvanizado, bronce y HDPE; el prototipo de bomba de ariete hidráulico construido e instalado luego de su evaluación de funcionamiento se determinó que con un reglaje de 40 golpes por minuto desarrolla una eficiencia de 54% bombeando un caudal de 42.60 l/min logrando satisfacer la demanda hídrica de 39.60 l/min calculada para el cultivo de alfalfa en la parcela de 0.59 hectáreas del fundo Porvenir; el costo de este dispositivo hidráulico fue de S/. 967.50 y S/. 2,950.50 como costo total de la instalación del sistema de bombeo mediante bomba de ariete hidráulico.



Malca, J. R. y Quiroz, R. A. (2016) en su tesis de *“Eficiencia de un sistema de suministro de agua por impulsión utilizando bombas de ariete hidráulico con válvulas en serie y en paralelo”*. (tesis de pregrado) Universidad Privada Del Norte. La presente tesis determinó experimentalmente, mediante ensayos de laboratorio la eficiencia de un sistema de suministro de agua por impulsión utilizando una bomba de ariete hidráulico con dos válvulas trabajando en serie, para un primer escenario, y con dos válvulas trabajando en paralelo para un segundo escenario, obteniendo resultados que nos permitieron realizar una evaluación comparativa entre estos dos sistemas hidráulicos. Para la realización de los ensayos se construyó dos bancos de pruebas, uno para el sistema hidráulico trabajando con las válvulas en serie y otro para el sistema hidráulico trabajando con las válvulas en paralelo, ambos correspondientes a una bomba de ariete hidráulico de dos pulgadas de diámetro, con la mayoría de sus accesorios de fierro galvanizado. Los bancos de pruebas fueron ensayados en el laboratorio de hidráulica de la Universidad Privada del Norte - Cajamarca, lugar donde se tomaron todos los datos de la investigación; sin embargo, posteriormente fueron llevados a campo, exactamente, al viaducto que se encuentra en los Baños del Inca – Cajamarca – Cajamarca, en donde se comprobó su funcionamiento óptimo para ambos sistemas hidráulicos. En laboratorio se realizaron 09 ensayos para cada sistema hidráulico, en el cual se mantuvo una altura de suministro constante y se definieron tres alturas de entregas, para tres tipos de caudales de suministro, seguidamente se determinaron nueve caudales de entrega mediante el método volumétrico y finalmente con este conjunto de parámetros se determinó la eficiencia de cada sistema hidráulico. Para la confiabilidad de datos se empleó el método de mitades partidas, obteniendo una confiabilidad elevada con un 90% a 100%, para los datos de la eficiencia de los sistemas hidráulicos. Al finalizar la toma de datos en laboratorio se procedió a la obtención y análisis de resultados, concluyendo que el sistema de suministro de agua por impulsión utilizando una bomba de ariete hidráulico con dos válvulas trabajando en serie, es más eficiente que el sistema de hidráulico trabajando con dos válvulas en paralelo, en 112% con respecto a sus máximas eficiencias obtenidas.

Enríquez, B. S. (2016) en su tesis *“Evaluación de factores hidráulicos en una bomba de ariete que permitan el abastecimiento de agua potable en el área rural del distrito de independencia - Huaraz”*. (tesis de pregrado) Universidad Nacional Santiago Antúnez De Mayolo. El ideal de proveer de agua a todas las zonas rurales del país es uno de los tantos aspectos que no se han logrado concretar en el Perú. El problema del desabastecimiento de

agua es una realidad crítica que buena parte de la población, sobre todo de las zonas menos favorecidas, se ve obligada a enfrentar. Las energías renovables son energías baratas, limpias y accesibles. Existen diversas Fuentes de energía como la eólica, solar, biomasa e hidráulica siendo ésta última más barata y accesible que las anteriores. En el grupo de las energías hidráulicas se encuentran las Bombas de Ariete, que aprovechan la energía del agua en movimiento, convirtiéndola a través de un mecanismo en potencia mecánica para elevar o bombear el agua desde un nivel inferior a un nivel superior. Es por ello, que la presente tesis está orientada en hacer algo a favor de la población que carece de agua, en concordancia con la protección del medio ambiente y el fomento del desarrollo en la zona rural del distrito de Independencia de la ciudad de Huaraz. Para ello esta investigación se realizó con la finalidad de evaluar de forma experimental los factores hidráulicos que intervienen en el funcionamiento de una bomba de ariete, para poder abastecer de agua potable a un área rural, en la cual se tiene un desnivel de 9 metros entre la captación y la zona que será abastecida con el sistema. Este trabajo se basó en la variación de los factores hidráulicos, hasta encontrar una combinación adecuada que con lleve al abastecimiento del área en estudio, teniendo como objetivo principal evaluar los factores hidráulicos en una bomba de ariete que permitirán el abastecimiento de agua potable en el área rural del distrito de Independencia – Huaraz.

Pauro, R. P. (2016) en su tesis “*Diseño de bomba de ariete hidráulico, en la asociación san miguel - yacango distrito torata región Moquegua*”. (tesis de pregrado) Universidad José Carlos Mariátegui. El presente trabajo de investigación se realizó con la finalidad de abastecer de agua para irrigar las tierras eriazas de la Asociación San Miguel, aprovechando un fenómeno físico muy conocido en la ingeniería hidráulica como golpe de ariete, como objetivo general se pretende determinar si el diseño de la bomba de ariete logrará cumplir con los requisitos de caudal y altura necesaria para surtir de agua a estas tierras. Para ello hubo la necesidad de realizar trabajos de campo y gabinete, para determinar la altura, área exacta de tierras a irrigar y ubicación de puntos necesarios para su diseño, todas estas medidas se tomaron con instrumentos topográficos, con ayuda de especialistas en el tema. Con estos datos tomados de campo se procedió a los cálculos de diseño. La bomba de ariete diseñada aprovecha la geografía del terreno, y por ende la energía cinética y potencial del agua, logrando elevar 23,10 m (parte más elevada del terreno), donde se almacenará en un reservorio, el caudal necesario para el funcionamiento del ariete es de 32,467 l/min el cual es muy pequeño comparado con el caudal que se cuenta en la asociación, la bomba

no tiene buen rendimiento volumétrico debido al elevado caudal desechado (23,700 l/min), el caudal suministrado es 8,766 l/min, a simple vista parece demasiado pequeño, pero el ariete trabaja las 24 horas, sin generar gasto alguno, en conclusión se diseñó una bomba de ariete que cumple con los requisitos de caudal y altura necesario para irrigar estas tierras.

### **A nivel local/regional**

Frisancho, N. R. (2018) en su tesis “*Diseño hidráulico del sistema de abastecimiento de agua potable para mejorar la calidad de vida en el centro poblado de la marginal, distrito de cuñumbuqui, san martín*”. (tesis pregrado) Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto. El estudio surge ante la necesidad del Centro Poblado de La Marginal, de solucionar los diferentes problemas causados por la deficiencia de agua, tanto en calidad como en cantidad. Estos problemas generan la propagación de muchas enfermedades infectocontagiosas, así disminuye la calidad de vida de los pobladores. El presente proyecto de investigación se direcciona a solucionar los problemas realizando en primer orden un diagnóstico real y cuantitativo de la localidad en lo que se concierne a la calidad y escases del agua de consumo, de tal manera que sea apta para el consumo humana. Se elaboró un diseño hidráulico de un sistema de abastecimiento de agua potable, adicionalmente un tratamiento y so control periódico basado en resultados obtenidos del análisis físico-químico, bacteriológico (fuente de agua) así también como su aprovechamiento del punto de captación. El diseño hidráulico del sistema de abastecimiento de agua potable está basado en cálculos de hidráulica, complementados en las aulas de clase; estudios topográficos para la superficie del sistema y la mecánica de fluidos que establecen el parámetro fijo e importante que es la población total beneficiaria. Con tal parámetro se determinó el caudal de diseño aproximado, requerido para satisfacer el consumo de los pobladores. Se realizó una simulación del sistema con el programa WaterCAD V8i, donde se verifica el funcionamiento y la obtención de los resultados más óptimos y satisfactorios. Se desarrolló para el sistema de abastecimiento de agua potable los componentes: captación, planta de tratamiento (sedimentador y filtro lento), línea de conducción, reservorio, línea de aducción, redes de distribución, conexiones domiciliarias, de tal forma contribuir a desarrollo de la calidad de vida, por ende, socio-económico del Centro Poblado de La Marginal, y poner en práctica lo aprendido y el desarrollo profesional en la carrera de ingeniería civil.

Fernandez, C. S. y Salas, M. (2018) *“Diseño del sistema de abastecimiento de agua utilizando la bomba de ariete en la localidad Limabamba, Soritor, Moyobamba, 2018”*. (tesis pregrado). Universidad Cesar Vallejo. La presente investigación se realizó en la localidad de Limabamba-Soritor-Moyobamba, desde los meses de abril hasta diciembre del 2018. Los objetivos fueron los siguientes: Proponer un diseño de sistema de abastecimiento de agua utilizando bomba ariete para la localidad Limabamba, Soritor, revisando los escenarios topográficos. Para lo cual también se realizó el estudio de la fuente para el sistema de abastecimiento de agua utilizando el método del aforo y un estudio de calidad que posee el agua para el consumo, para plantear un diseño de abastecimiento de agua se realizaron cálculos que permitió dar origen a la propuesta de diseño. Donde se obtuvo las conclusiones de la identificación de las condiciones topográficas las cuales permitieron desarrollar los cálculos y diseños para la bomba de ariete. Además, el análisis físico químico y microbiológico de la quebrada de Limabamba (captación) cumple con los parámetros establecidos. Y el estudio del caudal para determinar el volumen suficiente para el abastecimiento de la población. Así mismo se logró establecer el abastecimiento futuro de 204 pobladores, donde se determinó una captación tipo barraje, desarenador, línea de conducción y posteriormente un reservorio que tendrá un sistema de cloración por goteo.

## **1.2. Base teórica**

### **Abastecimiento de agua**

Un sistema de abastecimiento de agua potable, tiene como finalidad primordial, la de entregar a los habitantes de una localidad, agua en cantidad y calidad adecuada para satisfacer sus necesidades, ya que como se sabe los seres humanos estamos compuestos en un 70% de agua, por lo que este líquido es vital para la supervivencia.” (Jiménez, 2007, p. 16). Un sistema de Abastecimiento de agua es un conjunto de diversas obras que tienen por objeto suministrar agua a una población en cantidad suficiente, calidad adecuada, presión necesaria y en forma continua.

El agua constituye un elemento natural indispensable para el desarrollo de la vida y de las actividades humanas; resulta complicado imaginar cualquier tipo de actividad en la que no se utilice, de una u otra forma.

Actualmente, según datos de la World Health Organization (WHO), se estima que 1.200

millones de personas carecen de acceso seguro al agua, es decir, casi una de cada 5 personas en el mundo carece de cualquier tipo de infraestructura que le permita abastecerse de agua con cierta garantía.

Esta cifra indica el nivel de desigualdad en el que se encuentra la población mundial. La falta de acceso a una fuente de agua, así como la carencia de sistemas de saneamiento no sólo conlleva una degradación sustancial del nivel de vida, sino que trae consigo una cantidad de consecuencias directas terribles como pueden ser las siguientes:

- Numerosas enfermedades relacionadas con el agua: Diarreicas, cutáneas y oculares, parasitarias, infecciones por insectos, etc.
- 5 millones de muertes anuales relacionadas con el agua.
- 2 millones de niños mueren al año afectados por la contaminación del agua, fundamentalmente por enfermedades diarreicas.
- El 80% de las enfermedades en países empobrecidos están asociadas al agua

Además, debido al crecimiento continuo de la población mundial, se prevé que estos datos se vean incrementados para el año 2025, según estimaciones de las Naciones Unidas. Salta a la vista que la falta de acceso al agua es un problema de salud mundial de primer orden, y que no debe ser ignorado por los países desarrollados. La labor internacional es importantísima e imprescindible en este aspecto. En el año 2000, las Naciones Unidas, en su Asamblea General, definieron los 8 Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM), para cuya consecución será determinante la gestión del problema de la escasez de agua en el planeta.

**Tabla 1**

*Volumen de agua imprescindible para asegurar hidratación*

	Volumen de agua (litros/día)		
	Condiciones medias	Trabajo a altas temperaturas	Necesidades en periodo de embarazo
Mujer	2,2	4,5	4,8 - 5,5
Hombre	2,9	4,5	-
Niño/niña	1,0	4,5	-

Fuente: Organización Mundial de la Salud

### **Cantidad de agua necesaria para la elaboración de comida**

El agua es también fundamental en el proceso de preparación diaria de la comida de una persona. Sin embargo, la cantidad mínima necesaria no es fácil de hallar, ya que puede depender de los hábitos alimenticios de cada cultura o de su nivel de desarrollo. Un valor mínimo puede ser el obtenido en una dieta rica en cereales, con lo que será suficiente una cantidad de agua que sirva para preparar estos cereales. Un ejemplo típico es el arroz, que para cocinar 600 gramos diarios se estima un empleo de 1,6 litros de agua.

Otros Estudios, como el llevado a cabo por Thompson en 2011, revelan que la cantidad ha de estar en torno a los 5 litros por habitante.

Nosotros tomaremos como válidas las recomendaciones de la WHO, que estima en 2 litros la cantidad mínima diaria necesaria para la preparación de alimentos.

### **Cantidad de agua necesaria para la higiene**

La higiene es la necesidad básica que más agua necesita emplear, incluso por encima del consumo directo y de la preparación de comida juntas. La utilización de agua contaminada o de una higiene insuficiente es el origen de un gran número de enfermedades graves, muchas

de las cuales llevan a la muerte a millones de personas.

A la hora de evaluar la cantidad imprescindible, siempre nos encontramos con el debate de si es más importante la cantidad de agua necesaria, la calidad de esta o la facilidad de acceso a la misma.

La siguiente tabla recoge algunos indicadores del Proyecto Esfera de requisitos mínimos en

cuanto al saneamiento:

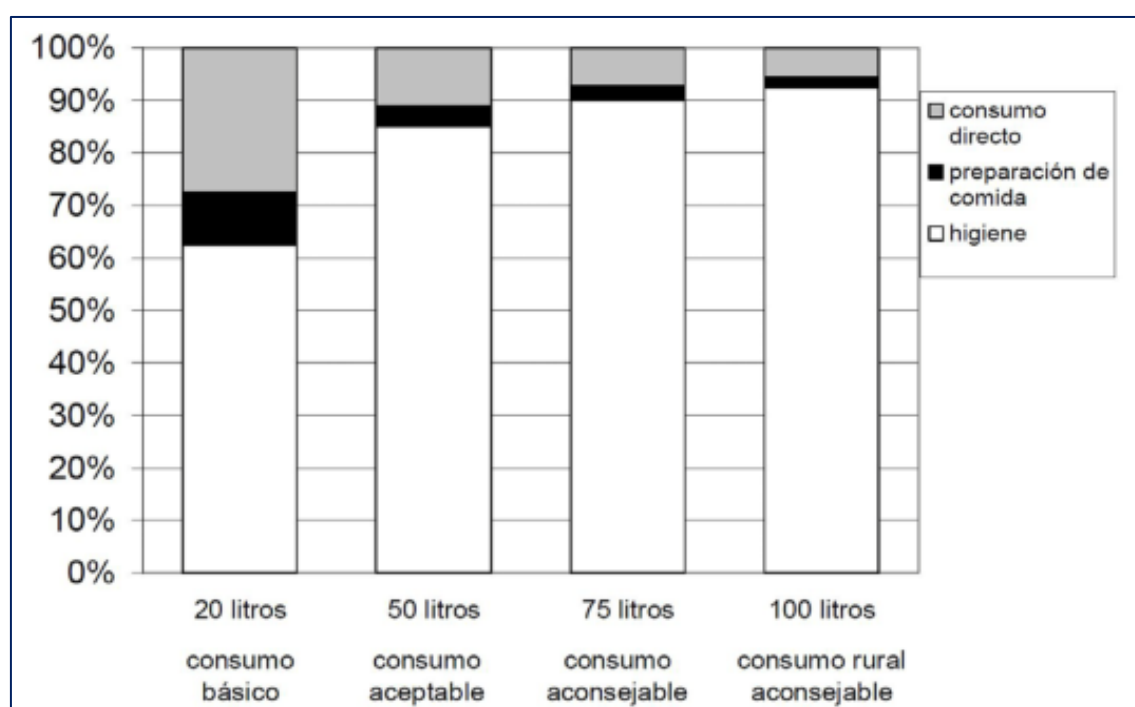
**Tabla 2**

*Principales indicadores de las necesidades de agua para mantener una condición mínima de higiene*

	<b>Indicador PROYECTO ESFERA</b>
<b>Requisito mínimo de agua limpia (litros/persona/día)</b>	<b>15</b>
<b>Distancia mínima desde el hogar a una toma de agua o a puntos de distribución (metros)</b>	<b>500</b>
<b>Máximo número de personas por toma de agua</b>	<b>250</b>

## Consumo total mínimo por habitante

A partir de las tres categorías anteriores y de los diferentes estudios llevados a cabo en cada una de ellas, la OMS valoró como cantidad básica para garantizar la supervivencia los 20 litros por persona y día, aunque para asegurar la salud esta cantidad deberá ser de al menos 50 litros por persona y día, como se refleja en la figura 1. También valoró una cantidad que sería la mínima aconsejable, de 75 litros, que asciende hasta 100 en caso de considerar otros usos necesarios para el desarrollo como son la agricultura, la industria y la protección de los ecosistemas.



**Figura 1.** Porcentaje de agua empleada en la higiene, en la preparación de comidas y en el consumo directo para distintos abastecimientos de agua por persona y día.

## Cantidad de agua necesaria para el consumo directo

El cuerpo humano necesita agua para llevar a cabo multitud de procesos corporales. La cantidad necesaria depende de multitud de variables, tanto ambientales como personales. Si no se consume una cierta cantidad de agua puede llegarse a casos de deshidratación, siendo ésta el origen de multitud de afecciones. Según un estudio de la OMS, el volumen de agua imprescindible para asegurar la hidratación es el que se muestra en la tabla 2.1, dependiendo del sexo y la edad del sujeto, así como de la actividad física y de las condiciones ambientales:

## Calidad del agua en la fuente

La calidad del agua debe ser evaluada antes de la construcción del sistema de abastecimiento. El agua en la naturaleza contiene impurezas, que pueden ser de naturaleza físico-química o bacteriológica y varían de acuerdo al tipo de fuente. Cuando las impurezas presentes sobrepasan los límites recomendados, el agua deberá ser tratada antes de su consumo. Además de no contener elementos nocivos a la salud, el agua no debe presentar características que puedan rechazar el consumo.

Se define como agua potable aquella que cumple con los requerimientos de las normas y reglamentos nacionales sobre calidad del agua para consumo humano y que básicamente atiende a los siguientes requisitos:

- a. Libre de microorganismos que causan enfermedades.
- b. libre de compuestos nocivos a la salud.
- c. Es aceptable para consumo, con bajo contenido de color, gusto y olor aceptables; y sin compuestos que causen corrosión o incrustaciones en las instalaciones sanitarias. (Orientaciones sobre agua y saneamiento para zonas rurales, 2008. p. 07).

## Captación

Es una parte importante del sistema hidráulico. Allí es donde se capta el agua para poder abastecer a la población. Pueden ser una o varias, la población es la que determina que fuente es la adecuada para abastecerla. Además, para definir la fuente de captación, es indispensable conocer el ciclo hidrológico, de esta forma se consideran los siguientes tipos de agua según su forma de encontrarse en el planeta: (Jiménez 2013p. 17)

- a) **Aguas superficiales:** Son aquellas que están en los ríos, arroyos, lagos y lagunas, las principales ventajas de este tipo de aguas son que se pueden utilizar fácilmente, son visibles y si están contaminadas pueden ser saneadas con relativa facilidad y a un costo aceptable. (Jiménez 2013p. 18).
- b) **Aguas subterráneas:** Se encuentran confinadas en el subsuelo y su extracción resulta algunas veces cara, éstas se obtienen por medio de pozos someros y



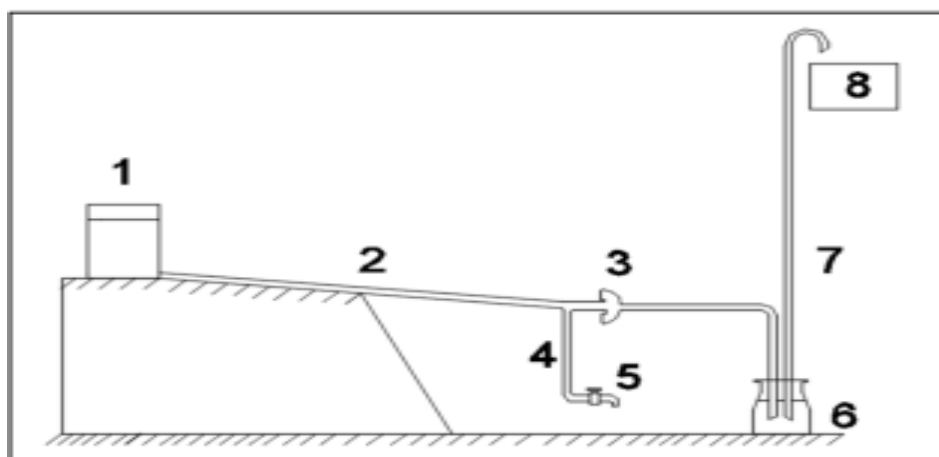
profundos, galerías filtrantes y en los manantiales cuando afloran libremente, pero cuando un acuífero se contamina, no hay método conocido para descontaminarlo. (Jiménez 2013p. 18)

- c) **Aguas meteóricas (atmosféricas), y el Agua de Mar:** ocasionalmente se emplean para el abastecimiento de las poblaciones, cuando se usan es porque no existe otra posibilidad de surtir de agua a la localidad, las primeras se pueden utilizar a nivel casero o de poblaciones pequeñas y para la segunda, en la actualidad se desarrollan tecnologías que abaraten los costos del tratamiento requerido para convertirla en agua potable, además de que los costos de la infraestructura necesaria en los dos casos son altos. (Jiménez 2013p. 17)

Por lo tanto, actualmente solo quedan dos alternativas viables para abastecer a una población con la cantidad y calidad adecuada y a bajo costo, las aguas superficiales y las subterráneas. (Jiménez 2013p. 18)

#### **Reseña histórica de la bomba de ariete hidráulica.**

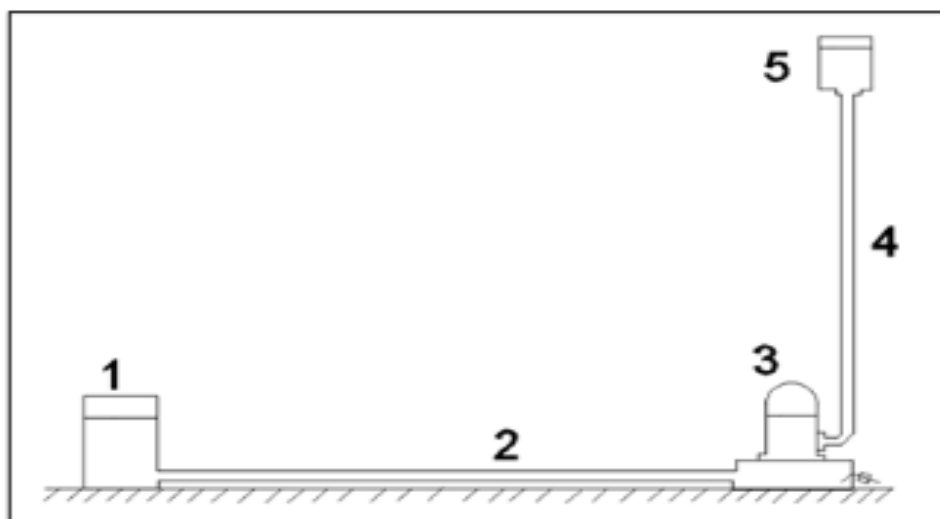
En el año de 1775, el inventor inglés John Whitehurst desarrolla un equipo que aprovecha el efecto del golpe de ariete hidráulico, con el cual consigue que el fluido alcance una altura de 4,9 metros, no obstante, dicho equipo presenta inconvenientes de generación de ruido y vibración. El sistema de bombeo propuesto por Whitehurst presenta de los siguientes componentes: 1. Tanque de entrega, 2. Tubería inclinada, 3. Válvula principal, 4. Tubería auxiliar, 5. Válvula o grifo, 6. Cámara de aire, 7. Tubería de subida, 8. Tanque elevado



**Figura 2.** Sistema de bombeo propuesto por Whitchurst (Campaña, 2011)

En 1776 en Francia, los hermanos Joseph y Étienne Montgolfier diseñan un sistema con ariete autoactivante similar a los actuales. Lo nombraron el golpe hidráulico, este diseño con respecto al creado por Whitehurst, tiene la ventaja de ser operado por la fuerza inherente del fluido, más no por una fuerza externa para abrir la válvula de impulso. Se patenta en el año 1796 por Joseph Montgolfier.

El sistema de bombeo propuesto por los hermanos Montgolfier consta de los siguientes componentes: 1. Tanque de entrega, 2. Tubería de alimentación, 3. Válvula principal, 4. Tubería Auxiliar, 5. Válvula o grifo.



**Figura 3.** Sistema de bombeo propuesto por los hermanos Montgolfier (Campaña, 2011)

En 1816, Pierre François hijo de Joseph, perfecciona el sistema de bombeo mediante una válvula para introducir aire en la cámara, alcanzando una altura de bombeo de 48 metros. Este sistema de bombeo tuvo gran aplicación técnica en ciudades de todo el mundo; sin embargo, con el desarrollo de la industria petrolera entre las décadas de los 50-60 y la invención de las bombas centrífugas, las bombas de ariete quedaron relegadas. (Campaña, 2011).

### ¿Qué es una bomba de ariete?

La bomba de ariete es un componente fundamental en la instalación, siendo sus elementos más importantes el cuerpo del ariete, las válvulas de impulso y de descarga y la cámara de aire; todo ello ensamblado mediante uniones roscadas.

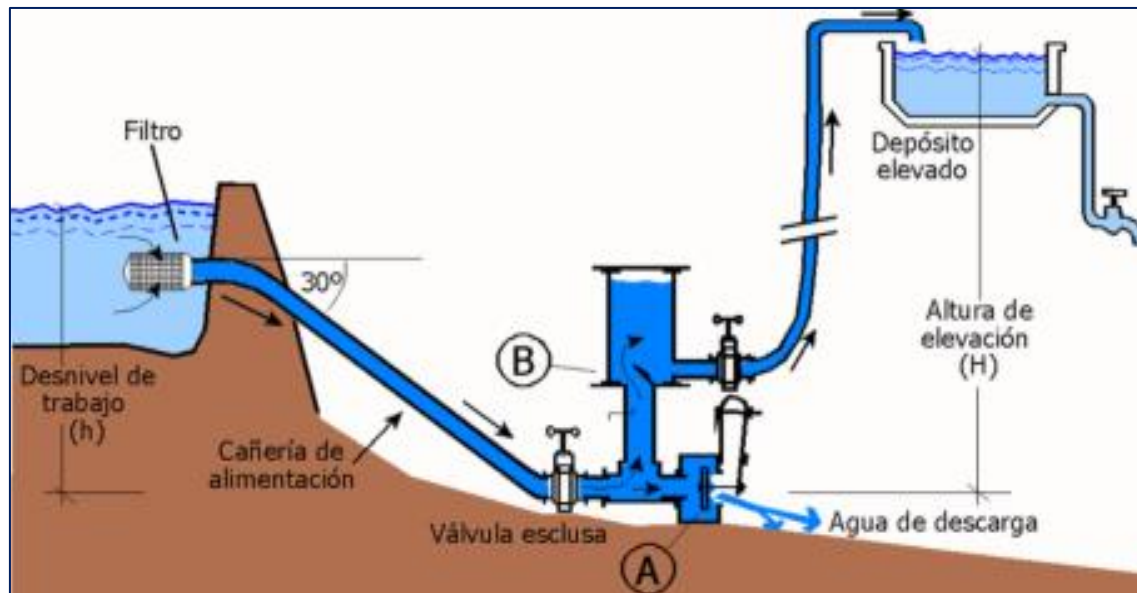
La bomba de ariete conecta la tubería de alimentación con la tubería de descarga además de ser es el principal responsable del bombeo de agua y causante del golpe de ariete, donde se produce la inversión y propagación de la onda de presión, siendo preferible que el material de los elementos que lo componen sea de hierro galvanizado.

Una bomba de Ariete Hidráulico, es una máquina que funciona de modo muy diferente de cualquier otra clase de bomba y no necesita motor para su funcionamiento. Esto quiere decir que aprovecha parte del agua para su funcionamiento y entrega el resto forzando el agua a un nivel más elevado.



*Figura 4.* Bomba de ariete y sus partes. (Fuente: (Ortega, J. 2013))

La bomba de ariete es un sistema que aprovecha la energía de presión acumulada en una columna de fluido para transmitir esta energía a una corriente.



**Figura 5.** Esquema general del sistema de bombeo con Ariete Hidráulico. (Fuente: (Arapa, 2015)).

### **Términos Empleados en el sistema de bombeo con ariete hidráulico (Arapa 2015):**

#### **Altura de Carga**

Llamada también altura de alimentación, es la caída aprovechable para accionar la válvula que produce el golpe de ariete en la bomba; esta no debe ser inferior a 1m. El rango de alturas  $H$  varía comúnmente de 1 a 30m, el funcionamiento de la bomba es muy inestable. Para aprovechar al máximo esta altura, se puede “enterrar” el cuerpo de la bomba hasta el nivel de la válvula de derrame.

#### **Caudal de alimentación**

Es el caudal que proviene desde la fuente de alimentación hasta la bomba a través de la tubería de alimentación.

#### **Caja de válvulas**

Es la estructura metálica perteneciente al cuerpo de la bomba, la cual alberga en su interior a 3 válvulas; ellas son: la válvula de cierre, la válvula de derrame y la válvula de aire.

#### **Tubería de carga**

Es la tubería (llamada también tubería de conducción, la cual permite conducir el agua desde la fuente de suministro hasta la caja de válvulas.

### Acumulador

Comunica al cuerpo de la bomba de ariete con la tubería de descarga. Sirve de “pulmón” para bombear agua hacia el tanque en nivel superior.

### Válvula de Cierre

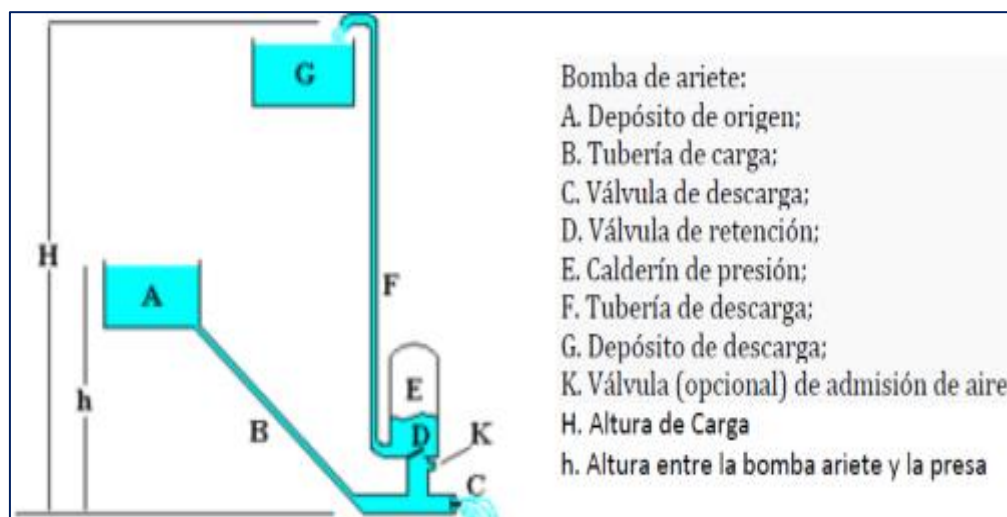
Es aquella válvula que comunica la caja de válvulas con el tanque de aire o acumulador. La válvula de derrame se cierra y abre en forma alternada con la válvula de cierre.

### Tubería de descarga

Tubería inclinada que permite conducir el agua desde el cuerpo de la bomba hasta el tanque elevado.

### Altura de descarga

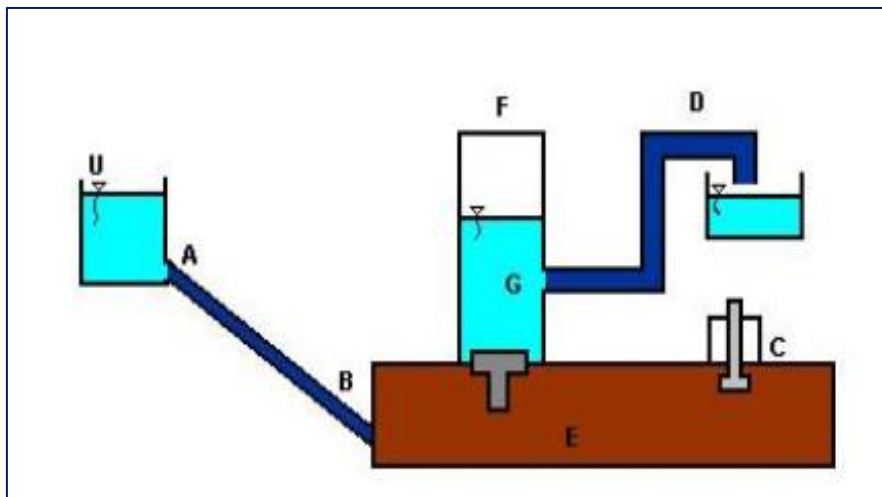
Es la distancia vertical que existe desde el cuerpo de la bomba hasta el tanque elevado.



*Figura 6.* Partes importantes en el funcionamiento de la Bomba de Ariete

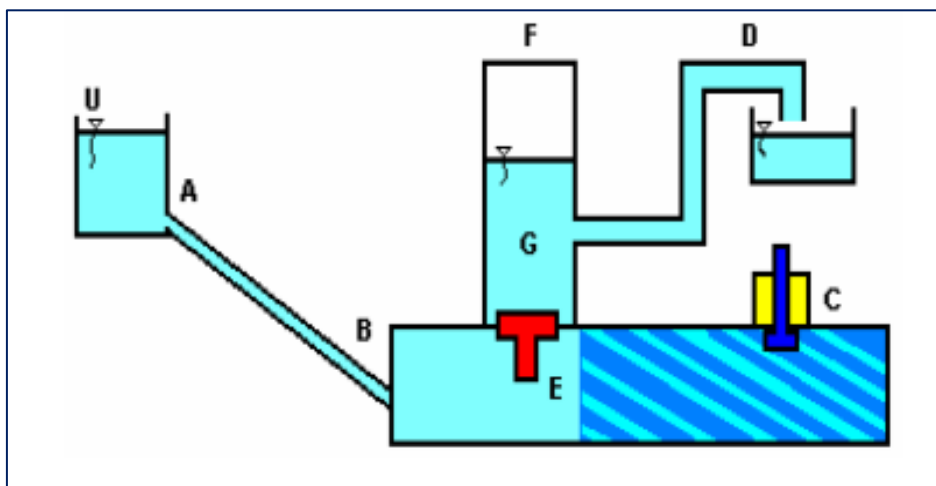
### Principio de Funcionamiento de La Bomba de Ariete

El ciclo se inicia cuando el agua de alimentación U (figura 6), penetra en la caja de válvula E por medio de la tubería de alimentación A-B.



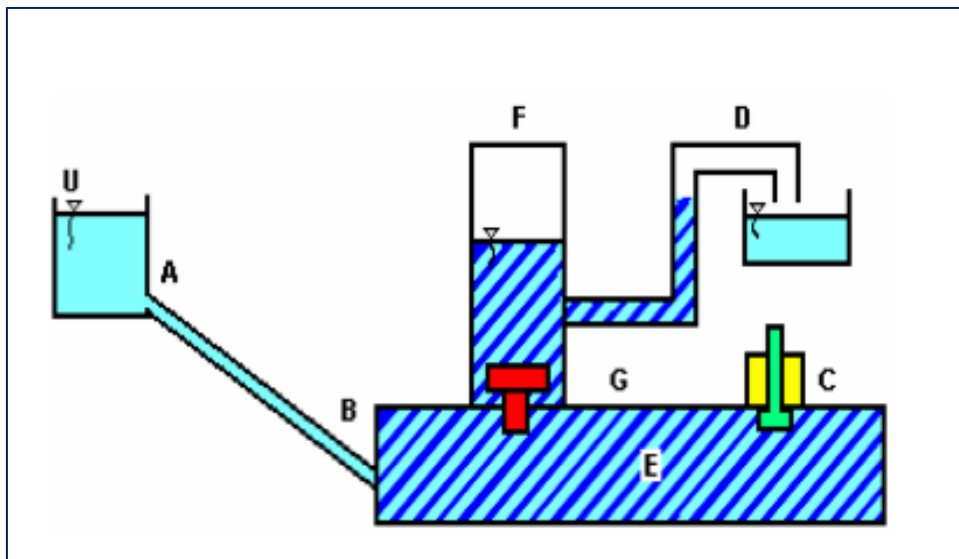
**Figura 7.** Inicio del ciclo de la bomba de ariete. (Fuente: (Tuquinga, 2012)).

Si se abre la válvula C, el agua llega alrededor del disco de la misma y se derrama por ella. El agua empieza acelerarse haciendo que la presión dinámica aumente rápidamente, hasta que, por efecto de la fuerza de arrastre, la válvula de derrame C (figura 7) se cierra casi instantáneamente y se mantiene así por todo el resto del ciclo, debido a la presión en la caja de válvula E.



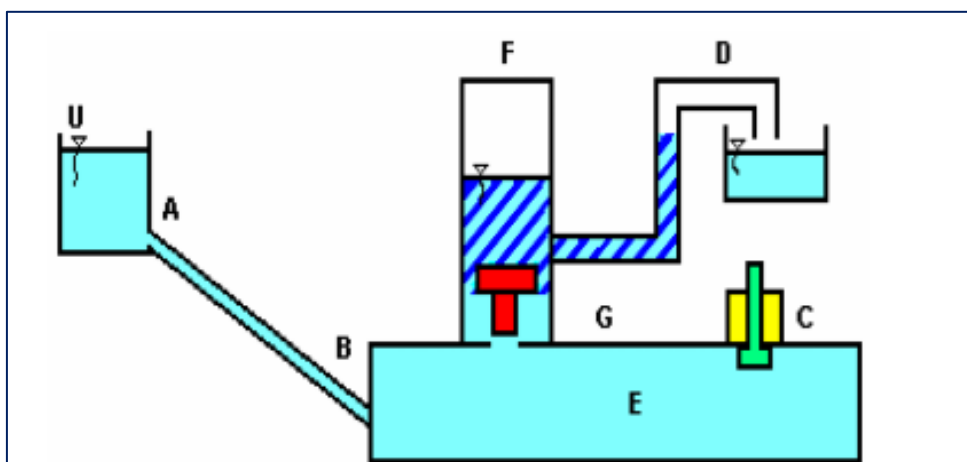
**Figura 8.** Efecto de la presión dinámica en la bomba. (Fuente: (Tuquinga, 2012)).

Como el agua que entra en la caja tiene una velocidad considerable, se produce una percusión o golpe de ariete hidráulico que origina una presión alta sobre el disco de la válvula G (figura 8), la cual se abre y se produce un alivio. Esto permite que una parte del agua pase al acumulador, donde comprimo el aire a su contenido.



**Figura 9.** Sobrepresión en la válvula de admisión. (Fuente: (Tuquinga, 2012)).

El agua sigue fluyendo en su interior hasta que la presión reduzca la velocidad a cero. Entonces la válvula G se cierra aprisionando el volumen de agua que penetró y que, por efecto de la elasticidad del aire, es impulsada a través de la tubería de descarga D hacia el reservorio (figura 10).



**Figura 10.** Etapa de descarga de agua. (Fuente: (Tuquinga, 2012)).

Cerrada la válvula G, la depresión oscilatoria (velocidad negativa) del golpe de ariete hace descender la válvula C, la cual se abre y permite que el agua se derrame fuera de la caja de válvulas. En este instante, la válvula C, empieza a cerrarse por efecto del derrame del líquido, con lo que se repite el ciclo de trabajo (Tuquinga 2012).

El aire del acumulador F, que permite elevar el agua y regularizar su velocidad en la tubería de descarga D, se va disolviendo en el agua, y para evitar que, por su desaparición, el ariete deje de funcionar, es necesario renovarlo, manteniendo un cierto volumen.

Este es papel de válvula de aire J, que está cerrada durante todo el ciclo, excepto en el instante en que aparece la presión negativa en el fluido. En ese momento se abre para admitir una pequeña cantidad de aire.

Para conseguir que el aparato funcione automáticamente, solo se tiene que accionar el vástago de la válvula C abriéndola y cerrándola varias veces. Luego de breves instantes, la bomba opera automáticamente. Para interrumpir su trabajo, es suficiente detener el vástago de la válvula de descarga C, durante un momento, al cabo del cual la bomba se habrá detenido (Tuquinga 2012).

### **Golpe de ariete.**

El golpe de ariete es la que da impulso para dar presión al agua para llegar a una parte más alta.

Incremento repentino en presión, esto ocurre por el cambio de velocidad y dirección. Cuando una válvula de rápido cierre, corta repentinamente el paso de las tuberías, y la energía de presión es transferida a la válvula y a la pared de la tubería. Dentro del sistema las ondas de presión se desplazan hasta encontrar otro obstáculo sólido, continuando hacia adelante luego regresan nuevamente. (Romero y Lorenzo, 2014. p.226).

El fenómeno golpe de ariete es muy conocido en el estudio de la hidráulica debido a los perjuicios que ocasiona en el transporte de fluidos por tubería, el mismo que causa sobrepresiones y en casos extremos la rotura de los sistemas de transporte (tuberías). El golpe de ariete se produce debido a las oscilaciones causadas por una repentina variación de la velocidad a la cual circula el flujo. Estas fluctuaciones de presión dependiendo de su magnitud pueden llegar a colapsar las tuberías de agua. Sin embargo, este fenómeno físico y sus principios se utilizarán en este proyecto. Lo que quiere decir se pueden obtener ventajas muy valiosas al acumular ciertas presiones en sistemas de tuberías que, desde el punto de vista técnico, pueden resultar en una grandiosa alternativa para elevar y transportar fluidos. (Rivadeneira y Silva, 2013)



### **Detalle del diseño de la instalación de una bomba.**

La bomba aprovecha la energía potencial del líquido para generar una sobrepresión, mediante el cierre de la válvula de impulso, que va a permitir una altura superior. Por ello, al llevar a cabo un proyecto de bombeo de agua para el consumo humano o para riego en usos agrícolas, ganaderas etc., se han de tener en cuenta una serie de consideraciones que se deben estudiar atentamente con el fin de determinar si es viable dicho sistema de bombeo o debemos recurrir a otras opciones. (Romero y Lorenzo 2014, p.231).

### **La elección del lugar.**

Teniendo en cuenta que la elección del lugar más apropiado para instalar la bomba de ariete es el aspecto más importante para la puesta a punto y correcto funcionamiento del mismo, se realizó un detallado estudio topográfico del terreno con el fin de localizar algún riachuelo con agua apta para el consumo humano y relativamente próximo al núcleo de población al que se pretendía abastecer. (Romero y Lorenzo 2014, p.231).

### **1.3. Definición de Términos Básicos**

- **Hidráulica:** Nekrasov, (1968) una de las ramas de aplicación de la mecánica de los fluidos es la hidráulica y que se define generalmente como la ciencia que trata sobre las leyes del equilibrio y movimiento de los líquidos, y la aplicación de dichas leyes a la solución de problemas prácticos. De modo que se puede decir que en la hidráulica se estudian, principalmente, las corrientes interiores de los líquidos y se resuelve el problema “interior”, a diferencia del problema “exterior” ligado con el flujo exterior de un medio continuo por la superficie de los cuerpos, lo que tiene lugar durante el movimiento de un cuerpo sólido en un líquido o en un gas (aire).
- **Energía hidráulica:** Rivadeneira y Silva, (2013) la energía hidráulica es aquella que se obtiene del aprovechamiento de las energías cinéticas y potenciales de la corriente del agua, saltos de agua o mareas.
- **Energía cinética:** Rivadeneira y Silva, (2013) dentro de la hidráulica, esta energía se define como el trabajo necesario para acelerar un fluido de una masa determinada desde el reposo hasta una determinada velocidad.

- **Energía potencial:** Rivadeneira y Silva, (2013) la energía potencial es la energía que tiene un cuerpo situado a una determinada altura sobre el suelo.
- **Bomba hidráulica:** Nekrasov, (1968) la bomba hidráulica es una máquina que realiza el traslado del líquido mediante la impulsión y la aspiración. Transforma la energía mecánica de un motor u otra clase de dispositivo en energía para el líquido, es decir la bomba comunica potencia al líquido que fluye a través de esta. En general, una bomba se utiliza para incrementar la presión de un líquido añadiendo energía al sistema hidráulico, para mover el fluido de una zona de menor presión o altitud a otra de mayor presión o altitud.

## **CAPÍTULO II**

### **MATERIAL Y MÉTODOS**

#### **2.1. Sistema de Hipótesis**

##### **Hipótesis general**

El diseño de una bomba de ariete Hidráulico, comercial y sostenible, es una alternativa para solucionar el problema de abastecimiento de agua, satisfacer las necesidades básicas y mejorar las condiciones de vida, en la zona rural del Distrito de Lamas, Provincia de Lamas, Región San Martín.

#### **2.2. Sistema de Variables**

**Variable independiente** : Abastecimiento de agua

**Escala de medición** : Razón

**Variable dependiente** : Diseño de implementación de una bomba de ariete hidráulica comercial y sostenible

**Escala de medición** : Razón

**Tabla 3***Operacionalización de las variables*

<b>VARIABLE</b>	<b>DEFINICIÓN CONCEPTUAL</b>	<b>DEFINICIÓN OPERACIONAL</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>UNIDAD DE MEDIDA</b>	<b>ESCALA</b>
<b>INDEPENDIENTE:</b> Abastecimiento de agua	Se refiere a la escasez, que es la falta de recursos hídricos, en este caso de agua potable.	Se refiere a la falta de suficiente recurso hídrico para satisfacer las demandas de consumo de agua, en los pobladores de la zona rural del Distrito de Lamas.	Escasez  Insatisfacción.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Precipitación.</li> <li>• Ubicación geográfica.</li> <li>• Deforestación.</li> <li>• Consumo de agua.</li> </ul>	mm/h msnm  ha litros	Razón
<b>DEPENDIENTE:</b> Diseño e implementación de una bomba de ariete hidráulico, comercial y sostenible.	Se refiere al diseño de la bomba de ariete hidráulico que consiste en una máquina que aprovecha únicamente la energía de un pequeño salto de agua para elevar parte de su caudal a una altura mayor.	Conjunto de estudios necesarios para conseguir el diseño e implementación de una bomba de ariete hidráulico.	Estudio  Diseño  Actividad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Población.</li> <li>• Calidad de agua.</li> <li>• Caudal.</li> <li>• Diámetro de tubería.</li> <li>• Altura de carga de agua.</li> <li>• Altura de descarga.</li> <li>• Eficiencia de suministro.</li> <li>• Impulsión de agua.</li> </ul>	Número de habitantes ----- m <sup>3</sup> /s cm  m  m  ----- l/h	Razón

Fuente: Bases teóricas

### **2.3. Tipo y nivel de investigación**

#### **2.3.1. Tipo de investigación**

El presente estudio corresponde al tipo de investigación aplicada, por cuanto tiene como finalidad buscar conocer para hacer, para actuar o modificar una determinada realidad, además para la ejecución del estudio se emplearán conocimientos teóricos de las variables para luego ser convertidos en conocimientos prácticos con el fin de resolver determinados problemas de la realidad estudiada. (Palomino, 2015, p.110).

#### **2.3.2. Nivel de investigación**

Investigación explicativa: es aquella que tiene relación causal; no sólo persigue describir o acercarse a un problema, sino que intenta encontrar las causas del mismo. (Hernández, 2012).

### **2.4. Diseño de la investigación**

Para este trabajo se contó con un diseño no experimental, ya que como se hizo ninguna manejo o empleo para alterar la realidad o contexto de las variables en estudio que son la gestión de almacén y cumplimiento de metas, al momento de realizar el análisis del estudio. Como indicó Hernández y Mendoza (2018), el diseño de investigación ha sido no experimental, la investigación que se realiza sin manipular deliberadamente variables, lo que se hará es observar fenómenos tal y como se dan en su contexto natural, para después analizarlos. De la misma forma, el estudio tuvo un corte transversal, debido que solo se hizo la recolección de datos en un tiempo específico, como manifestó Vara (2015) un estudio transversal solo se dedica a la recolección de data en un periodo.

### **2.5. Población y Muestra**

La población y muestra está constituida aproximadamente de 300 habitantes de la zona rural del distrito de Lamas, Provincia de Lamas, región San Martín-2021.

## 2.6. Técnicas de recolección de datos

### Técnica

**Encuesta:** Esta técnica permitió encontrar información precisa y esencial sobre los componentes en un orden determinado, el cual se pudo realizar con todas las preguntas relacionadas directamente para medir las variables de acuerdo con los distintos indicadores presentados por las dimensiones y esta información será importante debido a que se podrá lograr la finalidad del trabajo. Como lo mencionó Bernal (2016) la técnica de la encuesta permite el recojo de forma natural y expedita de datos de acuerdo a las preguntas respondidas por la muestra de un estudio de investigación.

### Instrumento

**Cuestionario:** Este instrumento brindará información clara y precisa respecto a la medición del uso de los indicadores y todos esos resultados darán los datos necesarios para hallar e identificar la existencia de la influencia de una variable a otra. Tal como lo indicó Córdova (2018) el cuestionario es un conjunto de preguntas en base a las variables que van a medirse y uniformizar la información recolectada, ya que este permite tener preguntas de respuestas simples y claras con la cual se logran resultados simples para describir una situación o realidad en estudio.

## 2.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

En primer lugar, después de la recopilación de los datos por medio de los cuestionarios se procedió al ordenamiento y registro de la información obtenida en el programa obtenido Microsoft Excel, el cual permitirá que se realice un procedimiento estandarizado y ordenado para el tratamiento y análisis de la información descriptiva. Luego se realizó el correspondiente análisis descriptivo, para ver la situación actual de ambas variables y finalmente con la información de las sumatorias totales tanto de variables y dimensiones obtenidas en el análisis descriptivo, estos datos se trasladarán al programa estadístico SPSS y con el estadístico de la correlación de Pearson se pudo determinar la influencia entre las variables y así también permitió dar respuesta a los objetivos específicos como también encontrar la relación de las variables. Para la presentación tanto del análisis descriptivo e inferencial se utilizará tablas y figuras con los resultados hallados.

## **CAPÍTULO III**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

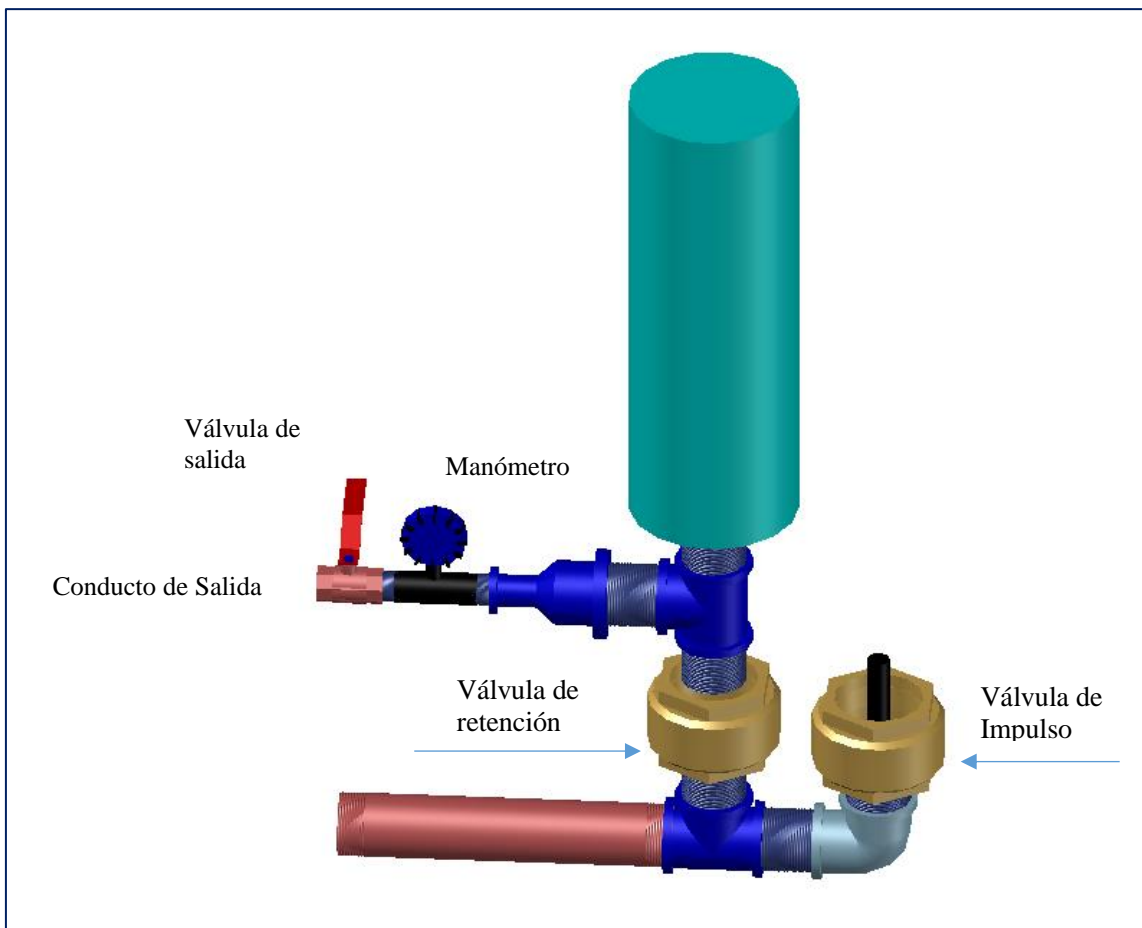
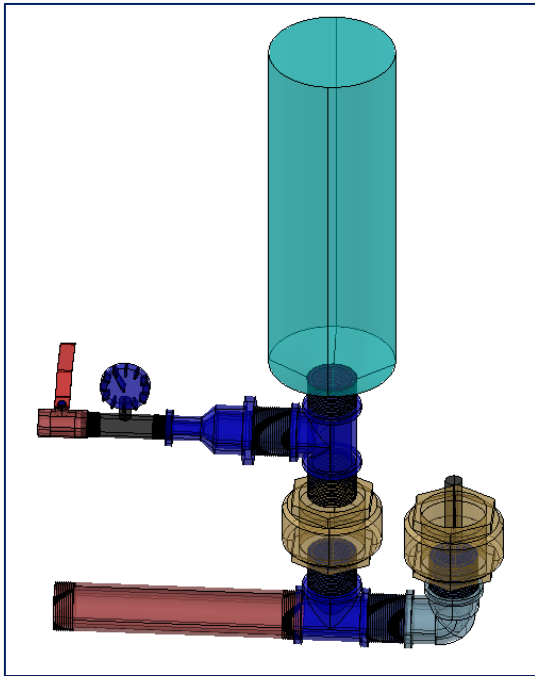
#### **3.1. Resultados**

**Objetivo general:** Diseñar una bomba de ariete hidráulico, comercial y sostenible para contribuir a solucionar el problema de abastecimiento de agua potable en la zona rural del Distrito, Provincia de Lamas, Región San Martín.

#### **Bomba de ariete**

El diseño de la bomba de ariete tiene como objetivo llevar el agua a una altura superior. La bomba de ariete, es una máquina hidráulica que utiliza la energía de una cantidad de agua situada a una altura ligeramente superior (el desnivel de un río, presa, acequia u otro depósito o caudal), con el propósito de elevar una parte de esa agua hasta una altura superior, sin usar la energía eléctrica o combustibles fósiles. El agua suministrada desde la fuente de captación desciende por gravedad por la tubería de carga hasta la bomba para provocar una sobrepresión ocasionada por la apertura y cierre continuo de una válvula. Esta sobrepresión producida es el origen del fenómeno físico conocido como golpe de ariete y es el principio para su funcionamiento. (Romero y Lorenzo 2014, p.224.)

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 constante para impulsar parte de esa agua a mayor altura. Cuando se tiene disponible de un caudal permanente, la bomba puede funcionar continuamente sin intervención alguna. Como principal inconveniente podemos mencionar que sufren una cierta pérdida de agua mientras funcionan en el golpe de ariete. Pero su punto clave además de su facilidad de uso, es que no necesita electricidad, de forma que se pueden utilizar en sitios remotos e inaccesibles. (Meza 2019, p. 21)







**Figura 11.** Construcción de la bomba de ariete I. (Fuente: Elaboración propia).



**Figura 12.** Construcción de la bomba de ariete II. (Fuente: Elaboración propia).



**Figura 13.** Bomba de ariete. (Fuente: Elaboración propia)

### Cálculo de caudales

La fórmula de Hazen-Williams, también denominada ecuación de Hazen-Williams, se utiliza particularmente para determinar la velocidad del agua en tuberías circulares llenas o conductos cerrados, es decir, que trabajan a presión.

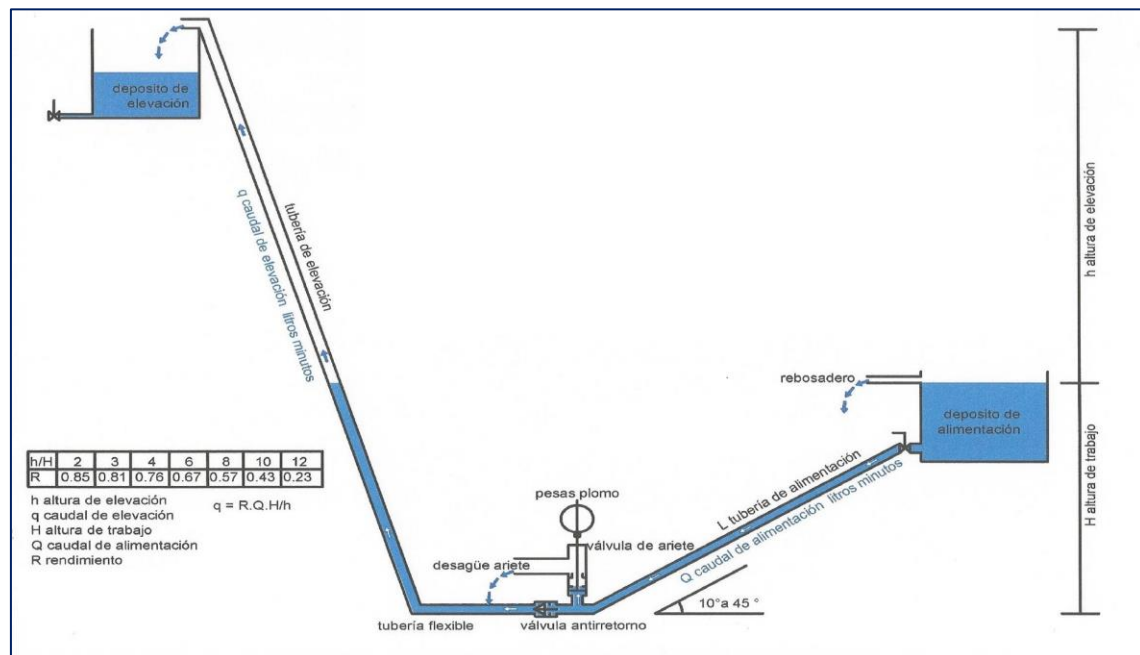
Su formulación en función del diámetro para unidades de Q: [m<sup>3</sup>/s] V: [m/s] D: [m],

$$Q = 0.2787 * C * (D)^{2.63} * S^{0.54}$$

Material	C mín	C máx	Referencia
Asbesto-cemento	140	140	-
Hierro fundido nueva	130	130	1
Hierro fundido 10 años	107	113	1
Hierro fundido 20 años	89	100	1
Hierro fundido 30 años	75	90	1
Hierro fundido 40 años	64	83	1
Concreto	100	140	1
Cobre	130	140	1
Acero	90	110	-
Hierro galvanizado	120	120	1
Polietileno	140	140	1
Policloruro de vinilo (PVC)	150	150	1
Plástico fibroreforzado (FRP)	150	150	1

**Figura 14.** Cálculo de caudales. (Fuente: Elaboración propia).

## Instalación



**Figura 15.** Instalación. (Fuente: Elaboración propia).



**Figura 16.** Instalación en el campo I. (Fuente: Elaboración propia)



**Figura 17.** Instalación en el campo II. (Fuente: Elaboración propia).

**Objetivo específico N.º 1:** Identificar los elementos que conforman el diseño de la bomba de ariete hidráulico, comercial y sostenible para usarse en la zona rural del distrito de Lamas.

### **Cuerpo del ariete hidráulico**

Es la parte donde se produce la inversión de la onda de presión y donde se sitúan las válvulas de impulso y de descarga, es la base de asientos y ubicación de los elementos del ariete. El cuerpo de la bomba de ariete se encuentra constituido de izquierda a derecha, por una llave de mariposa, una T, una unión y un codo de 90°, todos ellos de una pulgada de diámetro, y de hierro galvanizado exceptuando la llave de corte que es de latón



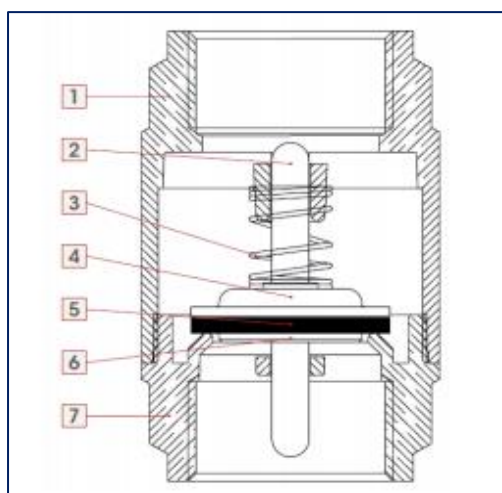
**Figura 18.** Cuerpo de ariete hidráulico. (Fuente: Elaboración propia).

## Válvula De Impulso

Es la pieza más importante en el funcionamiento de la bomba de ariete, siendo la encargada de producir el golpe de ariete, debido al cierre brusco ocasionado por el efecto del incremento de la velocidad del fluido. Se trata de una pieza móvil extremadamente sensible, una mala elección de la misma originaría un funcionamiento deficiente del ariete hidráulico. Se cambió el funcionamiento de la válvula anti retorno de forma que funcionara como una de impulso, para ello se invirtió el sentido del flujo del líquido (Foto 8). Aunque este cambio de comportamiento de las válvulas es bastante fiable, lo es también en complejidad puesto que se está cambiando la forma de proceder de una pieza creada para otro fin.



**Figura 19.** Válvula de retención. (Fuente: Elaboración propia).



**Figura 20.** Corte longitudinal de la válvula de retención. (Fuente: Elaboración propia).

La descripción y material de los componentes que conforman la válvula de retención son:

Pos	DESCRIPCIÓN	MATERIAL
1	Cuerpo	Latón CW617N
2	Perno	Latón CW614N
3	Resorte	Acero Inox AISI
4	Plato	Acero Inox AISI
5	Arandela	NBR
6	Tapón	Latón
7	Enganche	Latón

### Válvula de descarga

Es una válvula anti retorno, la cual permite el paso de una cierta cantidad de agua desde el cuerpo del ariete hidráulico hasta la cámara de aire. Conecta el cuerpo del ariete con la tubería de descarga y la cámara de aire. La apertura de esta válvula se produce como consecuencia de las sobrepresiones ocasionadas por la válvula de impulso, permitiendo el paso del fluido hacia el depósito de descarga. El retroceso de agua no es posible debido a los efectos del rebote al comprimir el aire en el interior de la cámara.

Esta válvula solamente permite el flujo de agua en un sentido y una vez abierta debe cerrarse en cuanto la presión se libere del hidram. Debe ser hermética con el fin de evitar pérdidas que puedan perjudicar la eficiencia y el rendimiento del ariete hidráulico.



**Figura 21.** Válvula de descarga.  
(Fuente: Elaboración propia).

## Cámara de aire

Es un dispositivo que regula la cantidad de agua que viaja por la tubería de descarga, absorbe las sobrepresiones (funciona como amortiguador de los golpes de ariete) e impulsa el agua por la tubería de descarga, produciendo un flujo casi continuo.

Es el elemento que acapara más atención de toda la bomba de ariete por su visibilidad, tamaño y disposición. Por esta razón, hay una gran variedad de arietes hidráulicos, cada uno con una cámara de aire particular, hay quienes optan por el uso de calderines, campanas o incluso botellas de plástico. Si bien, debido a su sencillez, lo más común es que la cámara de aire se construya usando un niple o tubería.



**Figura 22.** Cámara de aire. (Fuente: Elaboración propia).

Cuanto mayor sea el tamaño de la cámara mayor es la presión y por consiguiente mayor será la cantidad de agua que bombeará, la cámara o tanque actúa como acumulador hidráulico, comprime el aire existente y libera el fluido atrapado a través de la tubería de descarga.



1 mca = 9 806.38 Pa.  
 1 mca = 100 cm.c.a = 1 000 mm.c.a.  
 1 mca = 0,1 kgf/cm<sup>2</sup>  
 1 mca = 1,422 PSI.  
 1 mca = 1000 kgf/m<sup>2</sup>  
 1 atm. = 10,33 mca.  
 1 bar = 10,2 mca.  
 1 kgf/cm<sup>2</sup> = 10 mca.

**Figura 23.** Nanómetro.  
(Fuente: Elaboración propia)

**Objetivo específico N. °2:** Determinar las necesidades de demanda y oferta del recurso hídrico para la implementación de la bomba de ariete hidráulico, comercial y sostenible, en la zona rural del distrito de Lamas.

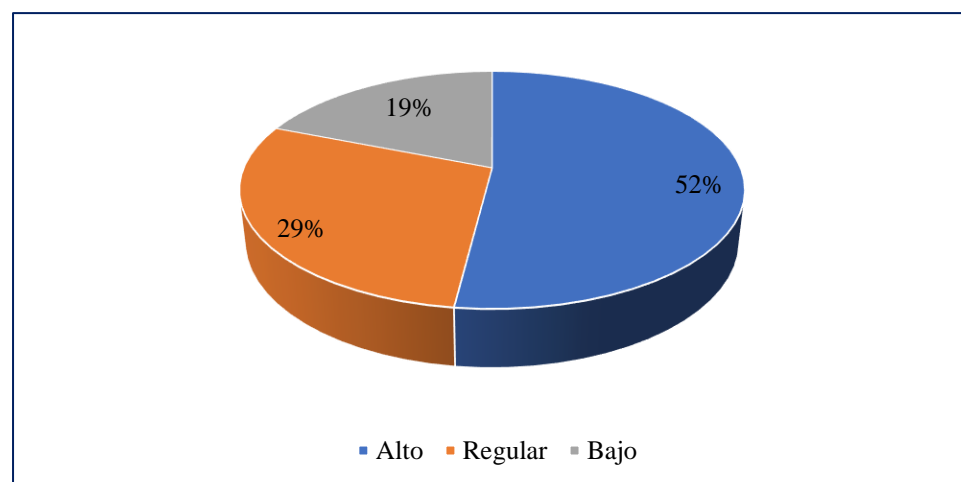
Al analizar las necesidades de demanda y oferta del recurso hídrico de la zona de estudio del distrito de Lamas, y viendo la necesidad de implementar una bomba de ariete hidráulico, comercial y sostenible, en la zona rural del distrito de Lamas, se procedió a realizar encuestas a la población, enfocado en tres puntos de vista técnico, económico y ambiental, tal y como se muestra en las siguientes tablas:

**Tabla 4**

*Desde el punto de vista técnico*

<b>Descripción</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
Alto	156	52%
Regular	86	29%
Bajo	58	19%
<b>Total</b>	<b>300</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia



**Figura 24.** Desde el punto de vista técnico. (Fuente: Elaboración propia).

### **Interpretación**

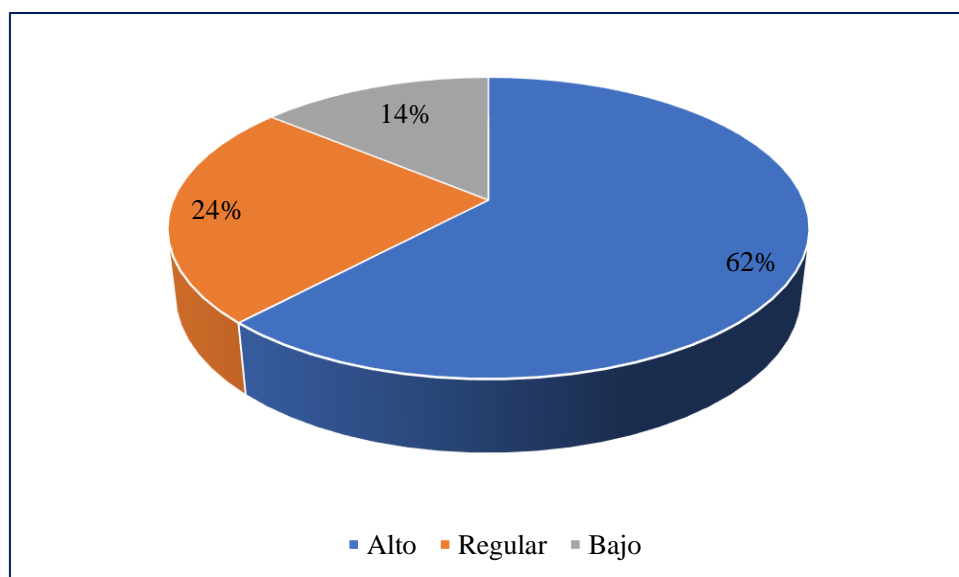
Cómo se puede observar desde el punto de vista técnico los pobladores de la zona rural del Distrito de Lamas, mencionaron que el 52% la propuesta de elaboración de una bomba de ariete hidráulico, comercial y sostenible es alto debido a que permitirá mejorar las actividades productivas, abastecerá de agua de forma adecuada y continua, y sobre todo el sistema de bombeo funcionará por varios años.



**Tabla 5***Desde el punto de vista económico*

Descripción	Frecuencia	Porcentaje
Alto	187	62%
Regular	72	24%
Bajo	41	14%
<b>Total</b>	<b>300</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia

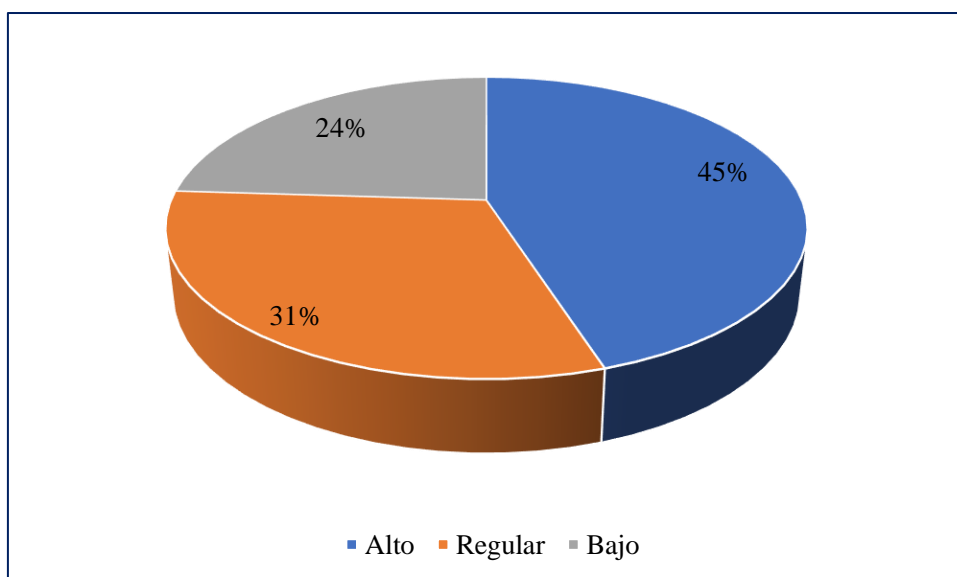
**Figura 25.** Desde el punto de vista económico. (Fuente: Elaboración propia).**Interpretación**

Cómo se puede observar desde el punto de vista económico los pobladores de la zona rural del Distrito de Lamas, mencionaron que el 62% la propuesta de elaboración de una bomba de ariete hidráulico, comercial y sostenible es alto debido a que el sistema de bombeo es económico, y al pasar de los años, seguirá siendo más económico, los accesorios y el mantenimiento del sistema de bombeo propuesto son más baratos y sobre todo permitirá mejorar las condiciones de vida de los pobladores.

**Tabla 6***Desde el punto de vista ambiental*

Descripción	Frecuencia	Porcentaje
Alto	136	45%
Regular	93	31%
Bajo	71	24%
<b>Total</b>	<b>300</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia

**Figura 26.** Desde el punto de vista ambiental. (Fuente: Elaboración propia).**Interpretación.**

Cómo se puede observar desde el punto de vista ambiental los pobladores de la zona rural del Distrito de Lamas, mencionaron que el 45% la propuesta de elaboración de una bomba de ariete hidráulico, comercial y sostenible es alto debido a que el sistema de bombeo desde el punto de vista ambiental el sistema de bombeo propuesto es menos contaminante, también no emite gases, utiliza una forma de energía limpia, y sobre todo no desperdicia agua.

### Costos de instalación y mantenimiento

<b>Parámetro</b>	<b>Sistema de Bomba de ariete</b>	<b>Motobomba</b>
<b>Inversión (S/.)</b>	<b>528.00</b>	<b>640.00</b>
<b>Accesorios (S/.)</b>	<b>340.00</b>	<b>340.00</b>
<b>Costos de O/M (año) (S/.)</b>	<b>150.00</b>	<b>500.00</b>
<b>Tiempo de vida útil (años)</b>	<b>4 - 6</b>	<b>6 - 8</b>
<b>Valor actual de costos (VAC); donde: Ci, costo de cada alternativa</b>	<b>-1521.29</b>	<b>-3157.73</b>

### 3.2. Discusión de resultados

Para lograr un menor costo en la construcción de la bomba de ariete se recurrió a la búsqueda de materiales prefabricados y de comercialización común, sin descuidar la calidad de estos. El costo de la bomba de ariete y de la instalación del sistema de bombeo es relativamente menor y se realiza por única vez, puesto que no requiere de mantenimiento permanente, tan solo de una inspección periódica, pudiendo tener una vida útil mínima de 5 a 10 años gracias a las características de los materiales utilizados como acero galvanizado, PVC, bronce y HDPE, favoreciendo al incremento de la producción agropecuaria y con ello ampliar la frontera agrícola y generar mayores ingresos en las familias.

De acuerdo a las figuras mostradas, se considera que el nivel de satisfacción que proporciona el uso y aplicación de esta tecnología es positiva; donde, el Sistema de Bombeo con Ariete Hidráulico es una tecnología positiva desde el punto de vista técnico, económico y ambiental.

Cabe mencionar que la encuesta aplicada fue realizada a 300 pobladores directos de la zona en estudio; tal cantidad se debió a aquellas personas que estuvieron prestas a apoyar en la encuesta, ya que ciertos pobladores, tienen la consigna que cualquier estudio que se realiza en la zona va con intereses negativos.

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, desde el punto de vista social tendría una repercusión muy importante, ya que es una tecnología que no contamina,

es muy económica y que permite tener acceso a uno de los recursos, si no, el más importantes del planeta; el agua. Este a su vez, permite mejorar las condiciones de salud del poblador, porque no solo el agua se utilizaría para actividades de producción si también domésticas.

Una vez diseñado los componentes del sistema de bombeo, recién fue posible iniciar con el diseño y construcción de la bomba de ariete hidráulico, puesto que solo conociendo el diámetro de la tubería de impulsión fue posible determinar el tamaño del cuerpo de la bomba y diseñar la válvula de impulsión, válvula de descarga cámara de aire; asimismo, el diámetro de la tubería de descarga permitió elegir el tamaño de los accesorios de conexión a la bomba de ariete.

En general, el diseño de los componentes de la bomba de ariete hidráulico posee tamaño y dimensiones que se encuentran dentro de los rangos permisibles establecidos por investigadores en trabajos similares, con lo que se garantizó el adecuado funcionamiento de la bomba de ariete hidráulico.

## CONCLUSIONES

- En el diseño de este dispositivo hidráulico se utilizó criterios empíricos recomendados por investigadores en trabajos similares, desarrollando una propuesta de metodología de diseño que permitió dimensionar los componentes de la bomba de ariete hidráulico y se garantizó el funcionamiento eficiente y sostenible en el tiempo.
- Por el principio teórico del cierre brusco de una válvula dentro de una tubería (golpe de ariete), en el cual se basa el presente proyecto, se encontró que la sobrepresión teórica es diferente a la existente en condiciones de funcionamiento de la bomba de ariete, ya que esta permite disminuir dicha presión por la configuración de sus válvulas, por esta razón la sobrepresión real es menor que la calculada.
- La bomba de ariete permite elevar fluido sin la necesidad de utilizar fuentes de energía convencionales como combustibles fósiles o energía eléctrica, ya que aprovecha la energía que produce la caída de agua de su fuente de suministro. Con cada variación de la altura de descarga se determinó, que existe una configuración óptima al combinar la longitud de la carrera y el número de pesas en la válvula de impulso para elevar el máximo caudal posible. La construcción de la bomba de ariete es sencilla y factible ya que los materiales son fáciles de encontrar en el mercado y se puede construir en un taller metal mecánico convencional.

## RECOMENDACIONES

- La superficie donde se asentará la bomba debe ser totalmente plana y a nivel, el ariete debe estar anclado o bien sujeto con el fin de evitar deslizamientos y vibraciones que puedan atascar sus partes móviles provocando una parada del equipo.
- Evitar obstruir el respiradero (válvula de aire), ya que es el encargado de restituir el aire presente en la cámara, el mismo que sirve como elemento impulsor del líquido, este aire se irá perdiendo mientras la bomba trabaja y por ello es importante reponerlo.
- Se recomienda utilizar pintura anticorrosiva o electroestática para el recubrimiento final de la bomba con el fin de evitar la corrosión y prolongar su vida útil.
- Se recomienda encausar el agua desperdiciada nuevamente a su fuente, si no fuese posible, reutilizarla de alguna manera. Esto puede ser, regadío de sembríos cercanos, bebedero de animales de granja, etc.
- Es muy recomendable el uso de una válvula de bloqueo en el suministro en caso de desmontaje de la bomba, con el fin de evitar desperdicio de agua y facilitar labores de mantenimiento.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acitores F. (2012). Estudio teórico y experimental de la bomba de ariete (Tesis de pregrado). Universidad Carlos III de Madrid, España. p. 11
- Ariete hidráulico gaviotas: Manual de instalación, operación y mantenimiento. (s.f). Fundación Centro Experimental Las Gaviotas, Colombia. Recuperado de <[http://www.centrolasgaviotas.org/docs/manual\\_ariete.pdf](http://www.centrolasgaviotas.org/docs/manual_ariete.pdf)> [2016, Diciembre12]
- Behar, D. (2008). Introducción a la Metodología de la Investigación. Editorial Shalom.
- Brown L. (2006). Using a hydraulic ram to pump livestock water. England: British Columbia Ministry of Agriculture and Lands. p. 3 y 4
- Bustamante C. (2011). Aproximación al muestreo estadístico en investigaciones científicas. Bolivia: Revistas Bolivianas. p 2.
- Campaña C. (2011). Diseño y construcción de una bomba de ariete hidráulico (Tesis de pregrado). Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador. p. 2-4.
- Cátedra de ingeniería rural: El golpe de ariete. (s.f). Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola de Ciudad Real. España. p.4.
- Cengel Y. y Cimbala. J. 2006. Mecánica de Fluidos, Fundamentos y Aplicaciones. 1ª edición. Editorial McGRAW-HILL de Mexico. P 321-364.
- Crane. (1977). Flujo de fluidos en válvulas, accesorios y tuberías. México: Mc GrawHill. p. 9
- Crespo A. (2006). Mecánica de fluidos. España: Paraninfo. p. 419
- Geankoplis C. (1998). Procesos de transporte y operaciones unitarias (3rd ed.). México: CECSA. p. 107.
- Golpe de Ariete. Consecuencias y Prevenciones. (2016). Revista Cero Grados Celsius. Recuperado de <<https://www.0grados.com/golpe-de-ariete-consecuencias-y-prevenciones/>>[2016,Diciembre15]

- Hess. (2004). El PVC en la construcción. Universidad Nacional del Nordeste, Argentina. Recuperado de: <<http://www.unne.edu.ar/unnevieja/Web/cyt/com2004/7-Tecnologia/T-017.pdf>> [2017, Enero 11]
- Karassik, I. J., Messina, J. P., Cooper, P., Heald, C. C., eds., 2000. Pump Handbook, 3rd ed., McGraw-Hill Professional Publishing.
- King, H. W., And Brater, E. F., 1996. Handbook of Hydraulics, 7th ed., McGraw-Hill Book Company, New York.
- Rosero M. (2014). El ariete hidráulico proyecto e instalación en Ntongui (Angola). DisTecD, España.
- Shames. I., 1992. Mecánica de Fluidos, 3rd ed., McGraw-Hill Book Company, New York.
- Taye. (1988). Hydraulic ram pump. Journal of the ESME, Vol. 2. p. 24
- Weis, F. 1996. "Dispelling Common Misconceptions about Water Hammer". Water Engineering and Management. 143: 24-30.



## **ANEXOS**

## Anexo A: Matriz de Consistencia

Problema	Objetivos	Hipótesis	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	Metodología		
<b>Pregunta general</b>	<b>Objetivo general</b>	<b>Hipótesis general</b>			Precipitación.			
¿El diseño de una bomba de Ariete Hidráulico, comercial y sostenible, contribuirá a solucionar el problema de abastecimiento de agua potable en la zona rural del Distrito de Lamas, Provincia de Lamas, Región San Martín?	Diseñar una bomba de ariete hidráulico, comercial y sostenible para contribuir a solucionar el problema de abastecimiento de agua potable en la zona rural del Distrito, Provincia de Lamas, Región San Martín	El diseño de una bomba de ariete Hidráulico, comercial y sostenible, es una alternativa para solucionar el problema de abastecimiento de agua, satisfacer las necesidades básicas y mejorar las condiciones de vida, en la zona rural del Distrito de Lamas, Provincia de Lamas, Región San Martín.	Abastecimiento de agua	Escasez	Ubicación geográfica.	<b>Tipo:</b> Aplicada  <b>Nivel:</b> Correlacional  <b>Diseño:</b> No experimental  <b>Población y muestra:</b> 300 personas  <b>Técnica:</b> Encuesta  <b>Instrumento:</b> Cuestionario		
	<b>Objetivos específicos</b>				Insatisfacción.		Deforestación.	
	a) Identificar los elementos que conforman el diseño de la bomba de ariete hidráulico, comercial y sostenible para usarse en la zona rural del distrito de Lamas.		Diseño e implementación de una bomba de ariete hidráulico, comercial y sostenible.	Estudio			Población.	
	b) Determinar las necesidades de demanda y oferta del recurso hídrico de zona de estudio del distrito de Lamas						Consumo de agua.	
							Calidad de agua.	
							Caudal.	
				Diámetro de tubería.				
					Diseño			Altura de carga de agua.
								Altura de descarga.
								Eficiencia de suministro.
Impulsión de agua.								
Actividad								

Fuente: Elaboración propia

## Anexo B.

### Encuesta – percepción del poblador

Este cuestionario intenta recabar sus opiniones sobre la propuesta para la implementación y uso del sistema de bombeo con ariete hidráulico, considerando los aspectos técnico, económico y ambiental del sistema comparado con los convencionales. Cada declaración tiene 05 posibles propuestas:

Valores	1	2	3	4	5
Respuestas	Muy en desacuerdo	En desacuerdo	Ni de acuerdo, ni en desacuerdo	De acuerdo	Muy de acuerdo

<b>DESDE EL PUNTO DE VISTA TÉCNICO</b>	1	2	3	4	5
La propuesta permitirá mejorar las actividades productivas de los pobladores					
El sistema de bombeo propuesto abastecerá de agua de forma adecuada y continua a la zona en estudio					
El sistema de bombeo propuesto es mejor que la motobomba					
El sistema de bombeo funcionará por varios años					
<b>DESDE EL PUNTO DE VISTA ECONÓMICO</b>					
El sistema de bombeo propuesto es más económico que una motobomba					
El sistema de bombeo propuesto, al pasar los años, seguirá siendo más económico que la motobomba					
Los accesorios y el mantenimiento del sistema de bombeo propuesto son más baratos que la motobomba					
El sistema de bombeo propuesto permitirá mejorar las condiciones de vida de los pobladores					
<b>DESDE EL PUNTO DE VISTA AMBIENTAL</b>					
Desde el punto de vista ambiental el sistema de bombeo propuesto es menos contaminante que la motobomba:					
El sistema de bombeo propuesto no emite gases					
El sistema de bombeo propuesto utiliza una forma de energía limpia					
El sistema de bombeo propuesto no desperdicia agua					