



UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”



Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica

III PROGRAMA DE ELABORACION DE TESIS

Para Optar el Título Profesional de

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

**“VIABILIDAD TÉCNICA ECONÓMICA PARA LA
INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE BOMBEO CON GOLPE
DE ARIETE EN EL DISTRITO DE SUYO-PIURA”**

AUTOR: Bach. KEVIN GONZALO SÁNCHEZ PISCOYA

ASESOR: Ing. HÉCTOR ANTONIO OLIDEN NUÑEZ

LAMBAYEQUE-PERÚ

2020



UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”



Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica

III PROGRAMA DE ELABORACION DE TESIS

Para Optar el Título Profesional de

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

**“VIABILIDAD TÉCNICA ECONÓMICA PARA LA
INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE BOMBEO CON GOLPE
DE ARIETE EN EL DISTRITO DE SUYO-PIURA”**

AUTOR: Bach. KEVIN GONZALO SÁNCHEZ PISCOYA

Aprobado por el Jurado Examinador

PRESIDENTE: Dr. Daniel Carranza Montenegro

SECRETARIO: Ing. Óscar Méndez Cruz

MIEMBRO: Ing. Robinson Tapia Asenjo

ASESOR: Ing. Héctor Oliden Núñez

LAMBAYEQUE-PERÚ

2020



UNIVERSIDAD NACIONAL “PEDRO RUIZ GALLO”



Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica

III PROGRAMA DE ELABORACION DE TESIS

Título

“VIABILIDAD TÉCNICA ECONÓMICA PARA LA INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE BOMBEO CON GOLPE DE ARIETE EN EL DISTRITO DE SUYO-PIURA”

CONTENIDOS

CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

CAPÍTULO IV: PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN

CAPÍTULO V: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

AUTOR: Bach. KEVIN GONZALO SÁNCHEZ PISCOYA

Dr. Daniel Carranza Montenegro
PRESIDENTE

Ing. Óscar Méndez Cruz
SECRETARIO

Ing. Robinson Tapia Asenjo
MIEMBRO

Ing. Héctor Oliden Núñez
ASESOR

LAMBAYEQUE-PERÚ

2020

DEDICATORIA

Mi tesis se la dedico a mi madre que siempre me apoyo y que con su esfuerzo y dedicación me ayudo a concluir mis estudios, me brindo el apoyo para poder llegar a cumplir con la meta de convertirme en ingeniero y aportar a la sociedad. Que con su ejemplo de lucha y de grandes valores me enseñó a ser una persona de bien con metas en la vida, agradecerle infinitamente por sus consejos y por nunca darse por vencida.

A mi padre al cual siempre llevo en mi mente y mi corazón como un ejemplo de trabajo arduo y perseverancia, me ayudo en la formación como un hombre de bien y lo tendré presente siempre.

A mis hermanos y familiares que siempre estuvieron presentes en el camino recorrido hasta lograr llegar a la meta.

Agradecer a mis maestros que compartieron sus grandes conocimientos y ayudaron a trazar mi camino profesional en esta prestigiosa universidad.

Mis compañeros con los cuales compartí aulas, con los que pasé horas de estudio y de diversión, donde compartimos conocimientos, anécdotas y distintas experiencias las cuales nos hicieron fortalecer los lazos de amistad que nos unirán para toda la vida.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi madre por el apoyo brindado y por la confianza puesta en mí, agradezco a mis hermanos familiares y amigos que me ayudaron a ir formándome como profesional.

Agradezco a la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo y a la Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica en las cuales me forme como profesional, siempre recordare las enseñanzas que adquirí en ellas.

A mis profesores agradecerles por los conocimientos impartidos, por su compromiso con su labor de enseñanza y por sus sabios consejos.

RESUMEN

La zona norte de nuestro país es una de las más importantes productoras de arroz y uno de los problemas más comunes es la necesidad de obtener el recurso natural fundamental para producir esta planta de arroz que es el agua. Actualmente en el distrito de Suyo ubicado en la ciudad de Piura se está sembrando esta planta y para obtener agua para sus sembríos se usa una bomba conectada a un generador el cual utiliza como combustible el petróleo; el cual tiene un costo elevado y es contaminante para el medio ambiente.

En el presente trabajo de investigación se buscará analizar la viabilidad técnica económica para implantar un sistema de bombeo por golpe de ariete a esta zona para poder satisfacer la necesidad de agua.

La viabilidad de implementar una bomba de ariete repercute de forma muy beneficiosa para los campesinos de la zona ya que podrían solucionar su problema de agua de una forma alternativa muy económica y amigable con el medio ambiente.

Nuestro objetivo principal es analizar la viabilidad técnica económica para implementar un sistema de bombeo por golpe de ariete el mismo que nos permitiría analizar los parámetros de diseño, cálculos de dimensionamiento y establecer una diferencia entre este sistema de bombeo y el sistema de bombeo utilizando combustibles.

Siguiendo un modelo de investigación descriptiva buscaremos alcanzar los objetivos antes mencionados y poder así solucionar el problema planteado.

Palabras claves: bomba de ariete, caudal, altura, eficiencia.

ABSTRACT

The northern part of our country is one of the most important rice producers and one of the most common problems is the need to obtain the fundamental natural resource to produce this rice plant that is water. Currently, this plant is being planted in the district of Suyo, located in the city of Piura, and a pump connected to a generator is used to obtain water for its crops, which uses oil as fuel; which has a high cost and is polluting for the environment.

In the present research work we will seek to analyze the economic Phoenician viability to implement a pumping system by water hammer to this area in order to satisfy the need for water.

The feasibility of implementing a water pump would have a very beneficial impact on the farmers in the area since they could solve their water problem in an alternative way that is very economical and environmentally friendly.

Our main objective is to analyze the economic technical feasibility to implement a water hammer pumping system which would allow us to analyze the design parameters, sizing calculations and establish a difference between this pumping system and the pumping system using fuels.

Following a descriptive research model we will seek to achieve the aforementioned objectives and thus be able to solve the problem posed.

Key Word: ram pump, flow, height, efficiency.

ÍNDICE

CAPÍTULO 1: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	8
1.1 Realidad problemática	10
1.2 Planteamiento del Problema	12
1.3 Delimitación de la Investigación	12
1.4 Justificación e Importancia	13
1.4.1 Tecnológica	13
1.4.2 Ambiental.....	13
1.4.3 Económica	14
1.5 Limitaciones	14
1.6 Objetivos.....	14
1.6.1 Objetivo general.....	14
1.6.2 Objetivos específicos	14
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO	16
2.1 Antecedentes de Estudios	16
2.1.1 En el Ámbito Internacional	16
2.1.2 En el Ámbito Nacional.....	17
2.2 Bases Teóricas	17
2.2.1 Hidráulica.....	17
2.2.2 Energía Hidráulica	18
2.2.3 Energía Potencial	18
2.2.4 Sistema Conservatorio.....	18
2.2.5 Energía Cinética.	18
2.2.6 Bomba Hidráulica o Bomba de Agua	18
2.2.7 Golpe de Ariete	18
2.2.8 Bomba de Ariete o Ariete Hidráulico	23
2.3 Definición conceptual de la terminología empleada.....	38
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO.....	41
3.1 Tipo y diseño de la investigación	41
3.2 Muestra y población	41
3.3 Hipótesis	42
3.4 Variables y operacionalización.....	42
3.4.1 Variables independientes.....	42

3.4.2 Variables dependientes	43
3.5 Técnicas y métodos de investigación.....	45
3.6 Descripción de elementos utilizados	46
3.7 Análisis Estadístico e Interpretación de los Datos	48
CAPITULO IV: PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN	49
CAPÍTULO V: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	50
5.1 Presentación de resultados.....	50
5.1.1 Cálculos de diseño	50
5.1.2 Análisis de costos	55
5.2 Discusión de resultados	62
VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	63
6.1 CONCLUSIONES	63
6.2 Recomendaciones	64
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	65
ANEXOS.....	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Imagen satelital del distrito de Suyo	12
Figura 2 Representación de los tiempos del golpe de ariete	21
Figura 3 Esquema de funcionamiento de una bomba de ariete.	25
Figura 4 Programa Civil 3D Metric-2018	47
Figura 6 sistema de bombeo por medio de golpe de ariete	50
Figura 7 Medidas de la longitud de tubería de alimentación.....	52

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Tabla de factores e indicadores	Fuente: Elaboración Propia38
Tabla 2 Operacionalizacion de variable	Fuente: Elaboración propia.....44
Tabla 3 Elementos utilizados en la investigación	Fuente: Elaboración propia46
Tabla 4 Tabla de Alturas	Fuente: Elaboración Propia51
Tabla 5 Inversión en recursos humano	Fuente: Elaboración propia55
Tabla 6 Tabla de gastos generales	Fuente: Elaboración propia56
Tabla 7 Lista de materiales y precios	Fuente: Elaboración Propia.....57
Tabla 8 Gastos totales	Fuente: Elaboración propia.....58
Tabla 9 Costos de una motobomba	Fuente: Elaboración propia.....59
Tabla 10 Tabla comparativa	Fuente: Elaboración propia59
Tabla 11 Flujo de caja	Fuente: Elaboración propia60
Tabla 12 Calculo del VAN	Fuente: Elaboración propia.....61
Tabla 13 Calculo del TIR	Fuente: Elaboración Propia61

CAPÍTULO 1: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Realidad problemática

De manera global el principal problema que tiene la agricultura es el de conseguir agua ya que este es el recurso esencial que necesitan para poder llevar a cabo esa actividad debido a que el agua es esencial para aprovechar al máximo el potencial de la tierra.

Durante siglos la agricultura a cubierto la necesidad de alimentos para el ser humano y durante este tiempo ha tenido que batallar con el problema de poder suministrarse a sí misma de agua.

(FAO, 2012) afirma que:

Desde los años 70, la producción mundial de alimentos ha mantenido el paso del crecimiento demográfico mundial, suministrando más alimentos por cápita a precios cada vez más bajos en general, pero a costa de los recursos hídricos. Al final del siglo XX, la agricultura empleaba por término medio el 70 por ciento de toda el agua utilizada en el mundo, y la FAO estima que el agua destinada al riego aumentará un 14 por ciento para 2030.

Si bien es cierto que la escasez de agua es el problema fundamental que tiene que enfrentar la agricultura, también debe de afrontar el problema de incorporar nuevas tecnologías que le permitan una vez localizado el recurso hídrico poder llevarlo hacia los lugares donde se dispondrá de ellos.

Durante muchos años se ha buscado facilitar el transporte de este recurso natural y se han implementado diversas tecnologías algunas más eficientes que otras. Años atrás se tenía que subir de forma artesanal el agua, es decir con baldes o algún medio de carga, luego con el avance de la tecnología se pudo utilizar bombas para poder transportar el agua hacia los cultivos siendo este uno de los métodos que más se utiliza a nivel mundial.

El problema de utilizar bombas que funcionan con combustibles es el precio y el nivel de contaminación que tienen estas, por ello es que en países como Zambia el Programa Especial para la Seguridad Alimentaria (PESA) promocio con mucho

éxito el uso de bombas a pedal el cual fue muy aceptado debido a su eficiencia con respecto al bombeo, y así como este invento se han implementado muchos más dependiendo de las condiciones geográficas y necesidades de cada lugar.

El Perú es un país megadiverso y con múltiples climas lo que favorece su crecimiento en la agricultura, en el Perú se siembran muchos productos agrícolas entre ellos el arroz que representa una gran demanda en todo el territorio nacional.

El Perú es un país que se encuentra en vías de desarrollo por ende aún no cuenta con las tecnologías de otros países que puedan apoyar al crecimiento de su agricultura pese a que se han ido implementando nuevas tecnologías estas no son suficientes para poder resolver el problema de agua, en nuestro país aún se sigue utilizando por simplicidad sistemas de bombeo que utilizan combustibles para su funcionamiento lo que ocasiona un alza en los costos de producción agrícola y son tecnologías que no son amigables con el medio ambiente.

(Ministerio de Agricultura y Riego,2015) indica que:

La agricultura peruana constituye una economía de parceleros en la cual el 85% de los agricultores tiene parcelas con menos de 10 hectáreas predominando las unidades productivas con un área entre 3 y 10 hectáreas (33%)”, como indica el dato anterior nuestra agricultura está compuesta por grupos de agricultores pequeños los cuales tiene como principal problema la obtención del recurso hídrico.

La producción de arroz en nuestro país representa el 6% del PBI agropecuario y es uno de los productos que más se consume en nuestro país. Pero la producción se ve muchas veces dificultada debido a que se necesita una considerable cantidad de agua para la siembra de este.

En el distrito de Suyo ubicado en la provincia de Ayabaca que pertenece al departamento de Piura se siembra una importante cantidad de arroz la cual conlleva a la utilización de una gran cantidad de agua, la cual es obtenida de un río que pasa cerca de la zona mediante motores y bombas.

Para la obtención de dicha agua se conecta un motor que hace mover unas paletas que bombean el agua hasta un reservorio o directamente hacia la zona que se desea abastecer, este proceso dura aproximadamente 12 horas y consume entre 6-8 galones de petróleo lo que ocasiona un gasto de dinero de entre 90-100 soles diarios por cada 12 horas que se bombee el agua elevando así los costos de producción y también tiene un impacto en el medio ambiente debido a la quema de combustibles fósiles.

1.2 Planteamiento del Problema

Encontrándonos en la situación problemática descrita líneas arriba nos tendríamos que preguntar ¿Qué podríamos implementar que sea rentable y técnicamente viable para poder bombear agua hacia los sembríos de arroz?, a partir de esta premisa podríamos decir: ¿Es viable técnica y económicamente implementar un sistema de bombeo por golpe de ariete en el distrito de Suyo en Piura?

1.3 Delimitación de la Investigación

El trabajo de investigación se realizará en el distrito de Suyo en la ciudad de Piura, en las parcelas de La familia Yanayaco las cuales son plantaciones de arroz que cuenta con un área de 1 hectárea y necesita aproximadamente 6000 litros a la semana de agua.

Para la realización de la tesis se contó con el apoyo del asesor de tesis Ing. Héctor Antonio Oliden Núñez y con la ayuda de Don Darío Chininin y Don Luis Chininin que son los encargados del cuidado de las parcelas de arroz. La investigación contó con la ayuda de equipos como son laptop, niveles de mano y tipo torpedo, winchas, calculadores científicas y software que ayudaron al análisis de los datos recopilados.

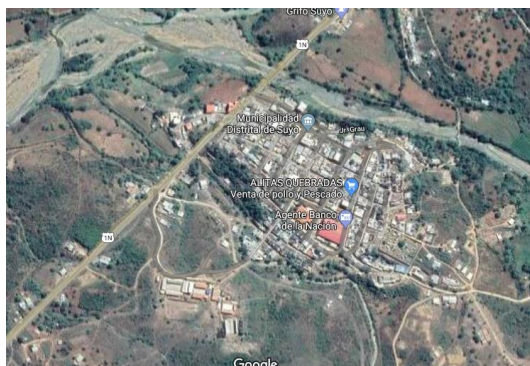


Figura 1 Imagen satelital del distrito de Suyo

1.4 Justificación e Importancia

La investigación realizada se justifica pues instalando un sistema de bombeo por golpe de ariete podríamos reducir los costos de producción y ser más amigables con el medio ambiente, daríamos a conocer un sistema de bombeo alternativo el cual se podría llegar a instalar en otras zonas del Perú siendo de gran ayuda a la agricultura o cualquier industria que la requiera.

La importancia que tendría este estudio podría repercutir en la agricultura en general y en diversas actividades en la cual se necesite bombear agua de manera limpia, eficiente y rentable.

A si mismo este proyecto de investigación busca establecer diferencias entre el método de bombeo por medio de la quema de combustibles y el de uno por bomba de ariete y así poder elegir el más conveniente en cada caso.

1.4.1 Tecnológica

Al utilizar un sistema de bombeo por medio de golpe de ariete estaríamos dando a conocer a los pobladores de esa zona una nueva tecnología, la cual podría ser investigada y adoptada por ellos; llegando a ser de mucha importancia.

1.4.2 Ambiental

En el tema ambiental cuando se incorporan tecnologías alternativas que utilizan energías renovables se evita el uso de la quema de combustibles fósiles; en este caso se encuentran utilizando como combustible petróleo el cual emite gases que son contaminantes. Lo cual justifica en gran medida nuestra investigación por ser amigable con el medio ambiente y podría reemplazar a las tecnologías que emiten gases contaminantes.

1.4.3 Económica

Económicamente permite economizar costos debido a que sus gastos de operación son casi nulos, sus gastos de mantenimiento son muy bajos; en este aspecto también se justifica la investigación.

1.5 Limitaciones

Durante el desarrollo de la investigación nos enfrentamos a diversos inconvenientes que tuvimos que ir solucionando para poder llegar a concluir con éxito la investigación, entre ellos uno de los principales fue decidir la mejor ubicación donde se instalaría la bomba y poder medir el salto utilizable que esta tendría, situación ya prevista con anterioridad y para la cual se realizó un estudio el cual nos permitió lograr una correcta ubicación.

Otro de los inconvenientes fue la medición de la pendiente que tendría la tubería de alimentación debido a la geografía del lugar no tendríamos un acceso cómodo al lugar.

Al no contar con la ayuda de un nivel y un topógrafo que nos facilitara la medición del desnivel se recurrió a otras técnicas ya antes planificadas para poder hallar dicho valor admisible para los cálculos de dimensionamiento y eficiencia de la bomba de ariete.

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo general

Analizar la viabilidad técnica económica para la instalación de un sistema de bombeo con golpe de ariete en el distrito de Suyo.

1.6.2 Objetivos específicos

Determinar las condiciones y los parámetros de diseño para la instalación de un sistema de bombeo por golpe de ariete.

Evaluar para el dimensionamiento del sistema de bombeo.

Establecer una comparación de costos mediante un sistema de bombeo con generador por combustible y el sistema de bombeo por golpe de ariete.

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de Estudios

La investigación realizada tomara como referencias a distintos libros, revistas, folletos científicos y tecnológicos correspondientes al ámbito internacional, nacional y local.

2.1.1 En el Ámbito Internacional

Acitores Martínez (2012). "Estudio experimental de la bomba de ariete"; esta investigación fue de tipo experimental, teniendo como punto de partida una serie de cálculos teóricos para luego mediante la realización de un banco de pruebas poder corroborar dichos cálculos, centrándose en los factores que tienen mayor relevancia en la variación de eficiencia de la bomba de ariete, como son la altura de alimentación, longitud de la tubería de alimentación, caudal de alimentación. Llegando a la conclusión de que al aumentar la longitud de la tubería el tiempo del ciclo aumenta lo que conlleva a una mayor aceleración del fluido por la tubería de alimentación, esto se ve reflejado en el caudal elevado que, si bien en cierto no depende de la longitud de la tubería, el caudal que gasta si se ve disminuido lo que nos asegura una mayor eficiencia. (p.79)

Gomez y Triana (2015). "Diseño y construcción de una bomba de Ariete Hidráulico para uso residencial"; para la obtención del grado de tecnólogo en saneamiento ambiental en el país de Colombia. Se había utilizado bombas para el uso agrícola, pero con poca frecuencia para abastecer en una residencial, en el estudio se tuvo como principal objetivo diseñar una bomba por medio de golpe de ariete que pudiera ser ambientada para bombear agua del tipo residual en su mayoría provenientes de lavadoras y de lluvia para luego ser utilizada en las descargas sanitarias y para el lavado de pisos. El estudio concluyo que con una variación en el diseño de entrada de la bomba se podría optimizar demás parámetros los cuales ocasionarían mejoras en la eficiencia y de la bomba. La bomba diseñada podría cubrir muchas necesidades y sobretodo ser de gran ayuda para el medio ambiente porque nos permite darles un nuevo uso a las aguas residuales.

2.1.2 En el Ámbito Nacional

Pauro (2018). "Diseño de bomba de ariete hidráulico en la asociación San Miguel-Yacango distrito de Torata, región de Moquegua"; la finalidad de esta investigación fue irrigar las tierras iriazas de la asociación San Miguel, para eso se necesitó diseñar una bomba que cumpla con los requerimientos específicos entre ellos altura y caudal necesarios. Se concluyó que ubicando la bomba en el lugar donde la relación de alturas de bombeo y de alimentación, sea menor; ésta puede alcanzar una mayor eficiencia por ello se necesitó ampliar la caída de agua mediante una tubería.

Chero (2018). "Diseño de un sistema de bombeo mediante ariete hidráulico"; el presente proyecto tiene como propósito advertir a la gente que existen otros tipos de bombeos que hoy en día pueden satisfacer sus necesidades, siendo tecnológicamente accesibles, eficientes y ecológicos. Esto impulsará a la población a realizar más proyectos como este para el beneficio de esta comunidad y comunidades aledañas. El proyecto consta de un sistema de bombeo mediante el ariete hidráulico, cuya función es bombear el agua que viene de la quebrada y es almacenada en un reservorio, la cual debe elevarse a un punto más alto, permitiendo que las personas cuenten con este recurso hídrico para poder cultivar sus tierras. Concluyéndose, se realizaron los cálculos necesarios para el diseño y la construcción del ariete hidráulico, además se realizó una serie de pruebas que nos permita observar el comportamiento de la bomba en función de ciertos parámetros, y así llegar a conclusiones mediante el análisis de los gráficos obtenidos. (p.101)

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Hidráulica

Es una rama de la física que estudia el comportamiento de los fluidos en base a sus propiedades específicas, y a las fuerzas a las que estas se encuentran sometidas relacionando la viscosidad de estas.

2.2.2 Energía Hidráulica

Es una energía renovable que aprovecha la energía cinética y potencial de una corriente en su mayoría de casos agua, y que se puede transformar en diferentes escalas.

2.2.3 Energía Potencial

Es la energía almacenada en virtud a la posición de que tiene un cuerpo dentro de un sistema lo que ocasiona que el sistema que actúa sobre él es de tipo conservatorio.

2.2.4 Sistema Conservatorio

Un sistema es conservatorio cuando el trabajo que realiza el sistema sobre un cuerpo que está describiendo una trayectoria es nulo.

2.2.5 Energía Cinética.

Es la energía que posea un cuerpo debido a su movimiento, también se define en hidráulica como el trabajo necesario que necesita un cuerpo para cambiar de velocidad los fluidos desde su estado de reposo hasta alcanzar su máxima velocidad.

Para que el cuerpo regrese a su estado de reposo requiere de un trabajo negativo de la misma magnitud.

2.2.6 Bomba Hidráulica o Bomba de Agua

Es un dispositivo que se utiliza para trasladar fluidos de un punto de partida hasta un punto de llegada con una diferencia de nivel, mediante un aumento de la presión en el líquido que vence las pérdidas por la presión de cargas y la diferencia de alturas.

2.2.7 Golpe de Ariete

2.2.7.1 Fenómeno Físico del Golpe de ariete.

Es un incremento momentáneo de la presión de un sistema de líquidos debido aún repentino cambio de velocidad del fluido, no necesariamente se tiene que detener.

También se conoce como transitorio debido a que genera una alternancia de depresiones y sobrepresiones causado por el movimiento oscilatorio de agua dentro de una tubería.

2.2.7.2 Descripción del fenómeno en abastecimiento por gravedad.

Si el paso del agua con una velocidad determinada se corta en su totalidad, la cantidad de agua más próxima a la válvula se detendrá y será empujada por la masa de agua que viene detrás y así sucede con el resto de la cantidad del fluido hasta que este se detenga. Esta compresión genera una onda máxima que va desde las proximidades de la válvula hasta el origen, haciendo que la energía cinética del agua se convierta en energía de compresión.

Cuando el agua se detiene, ha agotado su energía cinética y se inicia la descompresión en el origen de la conducción trasladándose hacia la válvula, y por la ley pendular esta descompresión no se detiene en el valor de equilibrio, sino que lo sobrepasa para repetir el ciclo. Esta descompresión supone una depresión, que retrocede hasta la válvula para volver a transformarse en compresión, repitiendo el ciclo y originando en el conducto unas variaciones ondulatorias de presión que constituyen el golpe de ariete.

En consecuencia, se producen transformaciones sucesivas de energía cinética en energía de compresión y viceversa, comportándose el agua como un resorte.

2.2.7.3 Descripción del fenómeno en impulsiones.

En una impulsión, la parada brusca de motores produce el mismo fenómeno, pero, al contrario, es decir, se inicia una depresión aguas arriba de la bomba, que se traslada hacia el final para transformarse en compresión que retrocede a la bomba.

En efecto, cuando se produce la parada del grupo de bombeo, el fluido, inicialmente circulando con velocidad v , continuará en movimiento a lo largo de la tubería hasta que la depresión a la salida del grupo ocasionada por la ausencia de líquido (el que avanza no es repuesto, no es “empujado”), provoque su parada. En estas condiciones, viaja una onda depresiva hacia el depósito, que además va deteniendo el fluido, de tal manera que al cabo de un cierto tiempo toda la tubería

está bajo los efectos de una depresión y con el líquido en reposo. Ha concluido la primera etapa del golpe de ariete. Como la presión en el depósito es siempre superior a la de la tubería, que se encuentra bajo los efectos de la depresión, se inicia un retroceso del fluido hacia la válvula de retención con velocidad $-v$. Con el agua a velocidad de régimen, pero en sentido contrario, nuevamente se tiene la presión de partida en la tubería, de manera que al cabo de un cierto tiempo toda ella estará sometida a la presión inicial y con el fluido circulando a velocidad $-v$. El inicio de la tercera fase es una consecuencia del choque del líquido contra la válvula de retención. El resultado es un brusco aumento de presión y una detención progresiva del fluido, de modo que al cabo de un cierto tiempo todo el líquido de la tubería está en reposo y la conducción sometida a una sobrepresión de la misma magnitud que la depresión inicial. Esta tercera fase del golpe de ariete en una impulsión es semejante a la primera fase en el caso de abastecimientos por gravedad. En la cuarta fase comienza la descompresión, iniciándose de nuevo el movimiento, por lo que al cabo de un tiempo la situación es idéntica a la que teníamos al principio.

2.2.7.4 Descripción de las fases del fenómeno de golpe de ariete.

a) Tiempo 0. La válvula se cierra instantáneamente. La velocidad del líquido se anula a partir de la válvula, no de forma instantánea para toda la tubería.

b) La onda de presión se ha propagado hacia la fuente de alimentación con celeridad a y el frente de onda ha llegado hasta la mitad de la tubería donde esta se ha dilatado debido a la sobrepresión ejercida por el fluido, la otra mitad de la tubería permanece con su diámetro normal ya que permanece con su velocidad inicial.

c) la onda de presión ha llegado hasta la fuente de alimentación, en toda la tubería el líquido se encuentra en reposo, esto no quiere decir que se encuentre en equilibrio, pues se encuentra comprimido. Toda la tubería está dilatada, en este punto observamos que el líquido se comporta como un resorte que se recupera tras la compresión, el líquido ahora se dirige hacia el embalse.

El líquido se comienza a poner en movimiento en la zona inmediata después de la unión entre la fuente de alimentación (tanque)-tubería.

d) La mitad de la tubería se ha contraído a su diámetro normal, la onda sigue propagándose con velocidad a , mientras que en la otra mitad de la tubería el fluido circula con velocidad v .

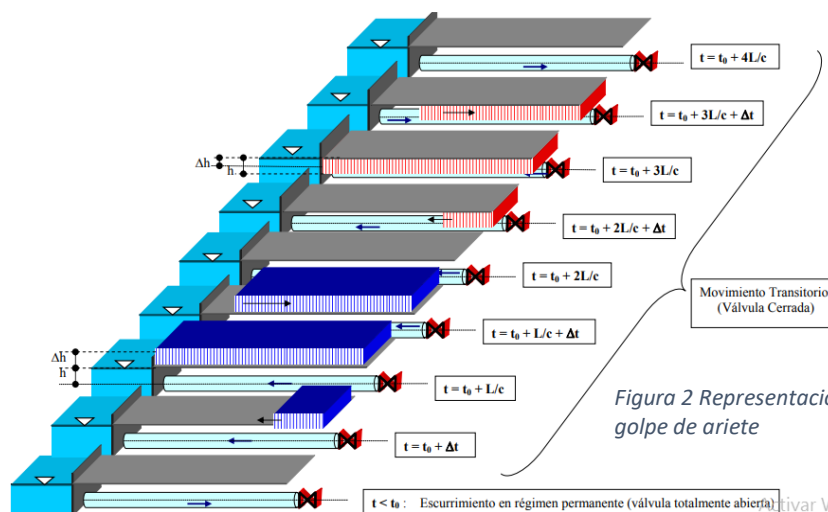
e) En este punto el diámetro de toda la tubería es normal. Todo el fluido se encuentra con velocidad v . La sobrepresión es 0 para toda la tubería, pero debido a la inercia la presión en toda la tubería continua disminuyendo, ahora la onda elástica se continua propagando pero con depresión desde la válvula hasta al fuente de alimentación con velocidad a , lo que indica que el diámetro de la tubería ira disminuyendo por debajo de su diámetro normal.

f) La depresión ha alcanzado la mitad de la tubería, mientras la otra mitad contiene agua en reposo y a una presión por debajo de lo normal, haciendo que el diámetro de la tubería en esta mitad sea inferior de lo normal.

g) El líquido en toda la tubería se encuentra en reposo, pero no en equilibrio; el agua retoma su movimiento desde el tanque hasta la válvula. La depresión se encuentra presente en toda la tubería, su diámetro es inferior a lo normal.

h) En la mitad de la tubería el fluido se encuentra en movimiento con velocidad hacia la válvula, mientras que en la otra mitad el líquido continúa en reposo y en depresión.

i) Diámetro de la tubería es normal, todo el fluido se encuentra en movimiento hacia la válvula, todo sigue como al principio del fenómeno.



2.2.7.5 Celeridad o rapidez de propagación de onda.

Celeridad o rapidez de propagación de onda; al realizar el cierre instantáneo de una válvula se reduce la velocidad del fluido, produciendo ondas de presión que se propagan a lo largo del ducto con una velocidad altísima para tener una idea, la podemos comparar casi cercana a la velocidad del sonido, esta va disminuyendo debido a la elasticidad del ducto, si se desea determinar la velocidad de propagación C , conocida también con el nombre de celeridad de propagación de onda C , conocida también con el nombre de celeridad de propagación de onda, podemos utilizar la fórmula del investigador Frances Allievi(1903), basada en la teoría elástica esta explicita por las propiedades del fluido transportado, por la forma geométrica del ducto y de las propiedades elásticas del ducto.

$$C = \sqrt{\frac{\frac{Ev}{\rho}}{1 + \left(\frac{Ev}{E}\right)\left(\frac{D}{e}\right)}}$$

Ecuación 1

Donde:

C = Celeridad (m/s)

Ev = Módulo de elasticidad volumétrico Del agua (MPa)

ρ = Densidad del fluido (kg/m³)

E = Módulo de elasticidad de Young de la tubería (GPa)

D = Diámetro interno del tubo (m)

e = Espesor del tubo (m)

2.2.7.6 Sobrepresión debido al cierre de una válvula

La presión es una magnitud que se relaciona directamente con la superficie actuante, esto quiere decir que la fuerza actúa sobre toda la superficie.

En tuberías la sobrepresión se genera por el fenómeno de golpe de ariete descrito líneas arriba.

(Pauro, 2018). Las ondas de presión pueden ser de dos tipos, positivas (sobrepresiones) o negativas (depresiones). Las sobrepresiones que se originan pueden elevar considerablemente la presión hasta llegar a superar la presión máxima admisible de la tubería, y como consecuencia ocasionar daños mecánicos irreparables en las tuberías y accesorios.

Si se desea determinar la sobrepresión, se puede emplear la expresión matemática desarrollada por Joukowski

$$P = \rho * C * v$$

Ecuación 2

Donde:

P: Presión máxima (MPa)

C: celeridad de propagación de onda (m/s)

v: velocidad del fluido (m/s)

ρ = Densidad del fluido (kg/m³)

2.2.8 Bomba de Ariete o Ariete Hidráulico

Es una bomba cíclica que utiliza la energía cinética del golpe de ariete sobre un fluido para elevarlo, por lo tanto, no necesita del aporte de energía exterior (electricidad, combustibles fósiles, etc.).

La bomba de ariete por tener la capacidad de trabajar durante 24 horas a costos muy bajos se convierte en una alternativa de sistema de bombeo muy útil.

2.2.8.1 Historia

En 1772, John Whitehurst de Cheshire, Reino Unido, inventó un precursor de control manual del ariete hidráulico llamado "motor de pulsación" e instaló el primero en Oulton, Cheshire, para elevar el agua hasta una altura de 4,9 m. En 1783, instaló otro en Irlanda. No patentó el ingenio, y los detalles no están claros.

La primera bomba de ariete como se conoce hoy fue inventada en 1796 por el francés Joseph Michel Montgolfier (más conocido como co-inventor del globo aerostático) para elevar el agua en su fábrica de papel en Voiron. Su amigo Matthew Boulton sacó una patente británica a su nombre en 1797. Los hijos de Montgolfier obtuvieron una patente británica para una versión mejorada en 1816, y esta fue adquirida, junto con el diseño de Whitehurst, en 1820 por Josiah Easton, un ingeniero nacido en Somerset que acababa de mudarse a Londres.

La firma de Easton, heredada por su hijo James (1796–1871), creció durante el siglo XIX hasta convertirse en uno de los fabricantes de ingeniería más importantes en el Reino Unido, con grandes obras en Erith, Kent. Se especializaron en el suministro de agua y alcantarillado en todo el mundo, así como en proyectos de drenaje de tierra.

Durante el siglo XIX la bomba de ariete se popularizó mucho, pero con la llegada de la electricidad y los motores de bajo coste, ha caído en desuso.

2.2.8.2 Funcionamiento

El agua es traída desde una fuente de alimentación a través de una tubería obteniendo así una velocidad de entrada a la bomba y una caída con relación a su fuente de alimentación.

Mediante el cierre instantáneo de una válvula "a" se genera una fuerte presión que hace que el agua se detenga de golpe.

La fuerte presión genera que el líquido busque una zona donde liberar presión esto hace que se abra otra válvula.

La válvula abierta permite el ingreso del fluido en una sola dirección, este fluido ingresa a un tanque que contiene aire dentro por su misma forma, que genera presión al fluido y permite que el agua sea impulsada.

El agua pasa a golpes de ariete al depósito, pero sale de este con continuidad ya que el ariete funciona de uno a dos ciclos por segundo.

La cámara de aire del depósito es fundamental para su funcionamiento. Para asegurar la permanencia de esta cámara de aire se usa el inclusor de aire que incorpora unas pocas burbujas en cada ciclo.

El ciclo se repite una y otra vez, como se mencionó anteriormente haciendo de este fenómeno un cíclico.

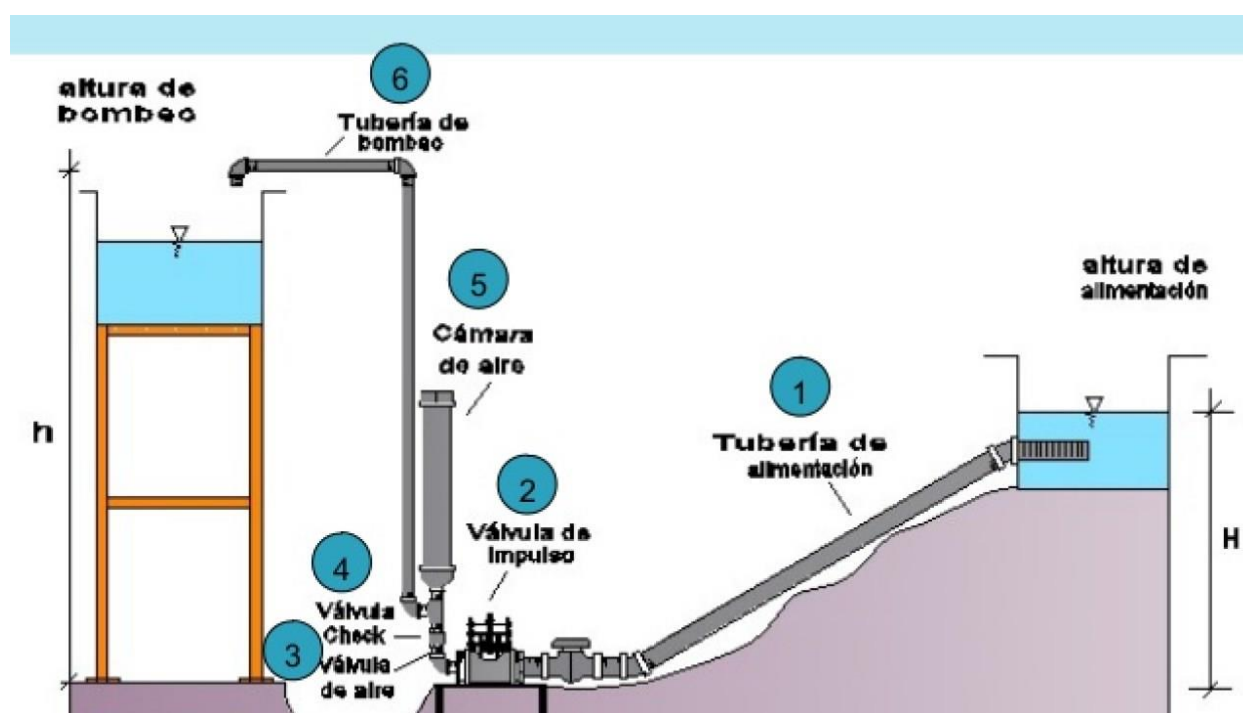


Figura 3 Esquema de funcionamiento de una bomba de ariete. (Imagen). recuperado de: <https://elhorticultor.org/bomba-de-ariete-para-subir-agua-sin-energia-mas-que-la-del-agua//>

2.2.8.3 Uso y aplicaciones

- Proveer de agua a pequeñas poblaciones rurales.
- Alimentar de agua a fincas para satisfacer necesidades de ganado y plantaciones.
- Se utiliza con frecuencia para la agricultura.
- Su aplicación es prácticamente en todas las zonas donde exista una caída de más de un metro de altura.
- Para zonas donde no se dispone de electricidad o de combustibles la bomba de ariete se convierte en una gran alternativa como sistema de bombeo de agua.
- Estudios recientes indican que se puede aplicar incluso en zonas urbanas, mediante una modificación o implementación de requisitos específicos.

2.2.8.4 Criterios Hidráulicos que rigen el funcionamiento de una bomba de ariete

1) Altura de alimentación H [m])

$$1m \leq H \leq 30 m$$

Ecuación 3

2) Caudal de alimentación (Q [l/min])

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

Ecuación 4

Donde:

Q = Caudal de alimentación [l/min]

q = Caudal de bombeo [l/min]

h = Altura “real” de bombeo [m]

n = Eficiencia [%]

H = Altura de alimentación [m]

3) Longitud de tubería de alimentación (L [m])

$$4H \leq L \leq 10H \quad \text{Ecuación 5}$$

Usualmente con fines prácticos, su valor es:

$$L = 5 \cdot H \quad \text{Ecuación 6}$$

Donde:

L = Longitud de tubería [m]

H = Altura de alimentación [m]

4) Altura de elevación (h [m])

$$h_1 = 0.1 \times l \text{ (m)} \quad \text{Ecuación 7}$$

Donde:

hf = Pérdida de carga o energía [m]

l = longitud de tubería de descarga [m].

Por consiguiente, la altura de bombeo es la suma neta de la altura de bombeo más las pérdidas de cargas.

$$h = h_n + h_1 \quad \text{Ecuación 8}$$

Donde:

h = Altura “real” de bombeo [m]

h_n = Altura neta de bombeo [m]

h_f = Perdida de carga o energía [m]

5) Caudal de descarga (q [l/min])

$$q = \frac{n \cdot Q}{\left(\frac{h}{H}\right)} \quad \text{Ecuación 9}$$

6) Eficiencia

$$n = \frac{q \cdot (h - H)}{(Q - q) \cdot h} \quad \text{Ecuación 10}$$

7) Numero de bombas

$$n^{\circ}bombas = \frac{q_{bombeo}}{q_{cada\ bomba}} \quad \text{Ecuación 11}$$

El número de bombas cuando se refiere a un sistema en paralelo se calcula mediante:

$$n^{\circ}bombas = \frac{h_{bombeo}}{h_{cada\ bomba}} \quad \text{Ecuación 12}$$

8) Tubería de suministro

Pauro (2018) nos dice:

Este componente tiene dos objetivos fundamentales que son:

Conducir el caudal necesario al cuerpo de la bomba desde el depósito de suministro aumentando la energía cinética.

Resistir los efectos ondulatorios producidos por el golpe de ariete hidráulico.

Tanto la longitud como el diámetro de la tubería de suministro son de primordial importancia para el correcto funcionamiento de la bomba de ariete, como se mencionó anteriormente es la encargada de conducir el líquido desde la fuente de captación hacia el cuerpo del ariete y retiene las ondas de presión generadas por el golpe de ariete.

Es muy recomendable el uso de tuberías fierro galvanizado de muy buena calidad o tubería de aceros inoxidables, el uso de otros materiales como plástico o tuberías de PVC conllevarán a un continuo mantenimiento debido a las posibles fugas en la tubería producto de las sobrepresiones continuas provocadas por el golpe de ariete. Según estudios realizados por especialistas y pruebas efectuadas indican que, tanto la longitud de la tubería como su diámetro son muy importantes, es por ello que se hizo estudios que llegaron a relaciones matemáticas desarrolladas expertamente que avalan el correcto trabajo del ariete. Habitualmente, la magnitud de la tubería debe ser en torno a tres y siete veces la altura de suministro. Según S.B Watt recomienda que la tubería de suministro idealmente, debe de tener una longitud de al menos 100 veces su diámetro.

Para expresarlo en una relación matemática menciona que la bomba funcionará bien si la relación entre la longitud (L) y el diámetro interno (D) se encuentra dentro de los límites. (P.44)

9) Caudal libre

El caudal libre se denomina al flujo de agua que circula por la tubería de alimentación pasando por el cuerpo del ariete, la caja de válvulas para finalmente salir por la válvula de impulso sin ninguna interrupción es decir la válvula de impulso se considerara totalmente abierta permitiendo que el agua fluya a la atmosfera.

Consideremos un fluido de viscoso, irrotacional, estable, incompresible, que se desplaza por un tubo de flujo. Leyva (2006)

. Carlos (s.f.) En su sitio web nos dice:

La **Ecuación de Bernoulli** se puede adaptar a flujos que son inestables y compresibles. Sin embargo, la suposición de un flujo no válido permanece en las versiones tanto inestables como compresibles de la ecuación. Los efectos de compresibilidad dependen de la velocidad del flujo en relación con la velocidad del sonido en el fluido. Esto está determinado por la cantidad adimensional conocida como el número de Mach. El número de Mach representa la relación entre la velocidad de un objeto que se mueve a través de un medio y la velocidad del sonido en el medio.

$$\frac{P1}{\gamma} + Z1 + \frac{V1^2}{2g} + ha - hr - hl = \frac{P2}{\gamma} + Z2 + \frac{V2^2}{2g} \quad \text{Ecuación 13}$$

Donde:

P2: Presión en el punto uno (Pa)

P2: Presión en el punto dos (Pa)

Y: Peso específico del agua (N/m³)

Z1: Altura del punto uno sobre el nivel de referencia (m)

Z2: Altura del punto dos sobre el nivel de referencia (m)

g: Aceleración de la gravedad (m/s²)

ha: Energía añadida mediante un dispositivo mecánico (m)

hr: Energía retirada mediante un dispositivo mecánico (m)

hl: Pérdida de energía (m)

10) Altura de suministro

Pauro (2018) cita a S.B Watt y nos dice:

Según S.B Watt recomienda que la tubería de suministro idealmente, debe de tener una longitud de al menos 100 veces su diámetro. Para expresarlo en una relación matemática menciona que la bomba funcionará bien si la relación entre la longitud (L) y el diámetro interno (D) se encuentra dentro de los límites. (P.45)

11) Caudal de entrega

Del análisis realizado por (Young) extraeremos las siguientes formulas:

Se define caudal de entrega a la cantidad de fluido medido en unidad volumen por unidad de tiempo que la bomba de ariete entrega al ponerla en funcionamiento. Para efectos de cálculos se expresa mediante la siguiente expresión matemática.

$$q = \frac{H_s \times D^2 \times u_c \times \pi \times C_d}{10 \times H_d} \quad \text{Ecuación 14}$$

Donde:

q=caudal de entrega (m/s)

Hs= Altura de suministro (m)

Hd= Altura de entrega (m)

D= Diámetro interno de la tubería de alimentación (m)

Uc= velocidad de cierre de la válvula

Cd= Coeficiente de descarga

12) Velocidad de cierre de la válvula

para calcular el tiempo en el que la válvula se cierra tomaremos a formula elaborado por (Young) .

$$uc = 0.135xCvi \quad \text{Ecuación 15}$$

Donde:

Uc= Velocidad de cierre de la válvula de impulso (m/s)

Cvi= Carrera de la Válvula de impulso(mm)

13) Coeficiente de descarga

Este factor de descarga es un coeficiente adimensional que relaciona el caudal desplazado por la tubería, y la raíz del doble de la gravedad con el nivel del fluido en el embalse (Δh) multiplicado por su sección transversal. Valvias (s.f.)

$$Cd = \frac{Ql}{(\sqrt{2xgx\Delta h})A} \quad \text{Ecuación 16}$$

Donde:

Ql= Caudal libre (m³/s)

Cd= Coeficiente de descarga

g= Aceleración de la gravedad (m/s²)

Δh = Variación de la altura (m)

A= Área a la salida del fluido (m²)

14) Perdidas mayores

Pauro (2018) nos describe esas pérdidas y las expresa en la siguiente ecuación:

Las pérdidas mayores en ductos se denominan como la merma de presión que se origina en un fluido por efecto de la fricción de las moléculas del fluido entre si y contra las paredes del ducto que las transporta. Para efectos de cálculo se hace uso de la ecuación de Darcy-Weisbach:

$$hl = f x \frac{l}{D} x \frac{v_2^2}{2g}$$

Ecuación 17

Donde:

HI= Perdidas mayores (m)

L= Longitud de la corriente de flujo (m)

D= Diámetro interno de la tubería (m)

V2= Velocidad en el punto 2 (m/s)

f= Factor de fricción

15) Factor de fricción

El factor de fricción es un parámetro adimensional de gran importancia en nuestro calculo.

(Mott, 2006) En su libro nos describe las ecuaciones correspondientes para hallar el factor de fricción, así como su aplicación.

$$f = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{1}{3.7 \left(\frac{D}{e} \right)} + \frac{5.74}{N_{RE}^{0.9}} \right) \right]^2}$$

Ecuación 18

Donde:

f= Factor de fricción

D= Diámetro interno de la tubería

NRE= Número de Reynolds

e= Rugosidad

Mott (2006) también nos describe la ecuación para hallar el Numero de Reynolds: Para calcular la pérdida de energía debido a la fricción en un sistema de fluido, es necesario caracterizar la naturaleza del flujo. Un flujo lento y uniforme se conoce como fluido laminar, mientras que un flujo rápido y caótico se conoce como flujo turbulento (P.51)

$$N_{RE} = \frac{VxD}{\nu} \quad \text{Ecuación 19}$$

Donde:

NRE= Numero de Reynolds

V= Velocidad de flujo (m/s)

ν = Viscosidad Cinemática (m²/s)

16) Caudal desechado

$$Q = q + Qp \quad \text{Ecuación 20}$$

Donde:

Q= Caudal de suministro (m³/s)

Qp= Caudal desechado (m³/s)

q= Caudal desechado (m³/s)

2.2.8.5 Partes de la bomba de ariete

a) Tubería de alimentación.

Es la tubería que conecta la fuente de agua, de esta tubería depende la intensidad del golpe y la presión de bombeo. Rojas (2013)

b) Llaves de paso.

Las llaves de paso tipo globo y de media vulva son, de acuerdo a la experiencia, las más adecuadas porque permiten “regular” de manera efectiva el caudal en la tubería de alimentación y regular el golpe de ariete, además de regular la descarga.

c) Válvula Check de paso

La válvula Check de paso tiene la función de permitir la entrada de agua hacia el acumulador y, una vez acumulado una columna de agua suficiente, el peso del agua cierra la válvula para “elevar” el agua de tubería de descarga. La válvula de pie debe ser colocada con la flecha indicadora hacia arriba.

d) Válvula de derrame – percutor.

El percutor es la pieza clave ya que en esta se generan los golpes de ariete con los que se proporciona energía al sistema. El percutor consta de una válvula check de pie, el cual debe modificarse con un vástago (perno o rosca), contrapesos y un resorte.

e) Acumulador.

Buchner (2007) La función del acumulador es de transformar el flujo pulsante a un flujo más continuo. Para evitar la disolución del aire del acumulador ya que el agua a presión tiende a absorber más aire que en condiciones normales.

f) Altura de alimentación (H [m]).

PUCP-GRUPO (2007). La altura o salto de agua es la caída aprovechable que suministra energía para accionar la válvula que produce el golpe de ariete.

g) Caudal de alimentación (Q [l/min]).

PUCP-GRUPO (2007). Es el caudal que proviene desde la fuente de alimentación hasta la bomba a través de la tubería de alimentación.

h) 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.

i) Eficiencia ([%])

Schiller (1986). La eficiencia se define como la relación del caudal descargado (q) a una altura ($h-H$) y el caudal derramado ($Q - q$) a una altura (H).

j) Golpes por minuto (GPM)

El accionar del percutor se percibe a través de los golpes de la biela generados por el “golpe de ariete”. Los golpes varían con la velocidad del agua, por tanto, depende de la caída del agua. Para que una bomba opere satisfactoriamente es recomendable 1 o 2 golpes por segundo, esta situación se consigue con la regulación de los contrapesos y resorte del percutor.

Parámetros de diseño para el ariete hidráulico

Para la instalación de un ariete hidráulico, lo primero que debemos tener en cuenta son estos 3 puntos.

- Caudal disponible. (litros/minuto)
- Desnivel de trabajo. (metros)
- Altura a la que se quiere elevar el agua. (metros)

- Ubicación de la bomba

Determinar el lugar donde se va a instalar la bomba es la etapa primordial que marcara factores determinantes para el diseño y funcionamiento de la misma.

Altura de entrega o descarga

La altura de entrega es el trabajo que debe desempeñar la bomba para bombear el fluido hasta un nivel determinado, para utilizar el fluido en funciones como: riego, almacenamiento de agua, distribución, potabilización del agua entre otros. La altura de entrega suele especificarse en metros.

Altura en suministros

La altura de suministro es el desnivel que hay entre el espejo de agua del tanque de capacitación hasta el punto de instalación del ariete, este desnivel es el motor de la instalación y cuanto mayor sea el desnivel, mayor será el rendimiento. Por esta razón debemos conseguir la mayor caída posible para un funcionamiento óptimo de la instalación.

2.2.8.6 Criterios a tomar en cuenta para el diseño

a) Factores que optimizan el fenómeno de golpe de ariete

Altura de alimentación: Un buen indicador de esta altura de alimentación es el caudal proporcionado.

Generador de energía: Nos lo proporciona la cantidad de válvulas empleadas en el proceso.

Acumulador de energía: Varía con forme a la cantidad de acumuladores, representa su valor en litros.

Altura de elevación: No indicara que tan eficiente es nuestra bomba su valor está representado en metros.

b) Rendimiento de la bomba de ariete

Este es el criterio más trascendental de nuestra investigación, indica que tan eficiente es nuestra bomba de ariete y si cumplir con los requerimientos de caudal diarios para poder satisfacer la demanda.

Tabla 1 Tabla de factores e indicadores

Fuente: Elaboración Propia

Factores	Indicador
Altura de alimentación	Metros
Generador de energía	N° de valvular
Acumulador de energía	Litros
Altura de elevación	Metros
Rendimiento de la bomba	Caudal

2.3 Definición conceptual de la terminología empleada

Fuente de alimentación: Reservorio que abastece a la bomba de ariete con el caudal adecuado.

Caudal de alimentación: Es el caudal que ingresa a la bomba de ariete y el cual repercutirá en la eficiencia de la bomba.

Desnivel o altura de alimentación: Es una variable que tiene que ser estudiada a fondo puesto que una buena altura de alimentación implica una mayor altura de bombeo.

Tubería de alimentación: Tubería que lleva el agua hacia la bomba.

Sobrepresión: Es una magnitud física que mide la proyección de la fuerza en dirección perpendicular por unidad de superficie, y sirve para caracterizar cómo se aplica una determinada fuerza resultante sobre una línea.

Viscosidad: Es una medida de su resistencia a las deformaciones graduales producidas por tensiones cortantes o tensiones de tracción. La viscosidad corresponde con el concepto informal de «espesor». Por ejemplo, la miel tiene una viscosidad mucho mayor que el agua.

Fluido: Tipo de medio continuo formado por alguna sustancia entre cuyas partículas solo hay una fuerza de atracción débil. La propiedad definitoria es que los fluidos pueden cambiar de forma sin que aparezcan en su seno fuerzas restituidas tendentes a recuperar la forma "original" (lo cual constituye la principal diferencia con un sólido deformable, donde sí hay fuerzas restituidas).

Generador: Un generador de energía eléctrica transforma la energía química en energía eléctrica mediante un proceso de combustión.

Bomba: Se utiliza para mover fluidos de un lugar a otro generando caudal.

Golpe de ariete: Se genera debido a que el fluido es ligeramente elástico, en consecuencia, cuando se cierra bruscamente una válvula las partículas de fluido que se ha detenido son empujadas inmediatamente por las que viene detrás, provocando una sobrepresión que se desplaza a través de la tubería.

Caudal: Es el volumen de agua que se traslada por una determinada sección en un tiempo determinado.

Variable: Es una palabra que representa a aquello que varía o que está sujeto a algún tipo de cambio. Se trata de algo que se caracteriza por ser inestable, inconstante y mudable. En otras palabras, una variable es un símbolo que permite identificar a un elemento no especificado dentro de un determinado grupo.

Optimización: Mejorar el funcionamiento de algo o el desarrollo de un proyecto a través de una gestión perfeccionada de los recursos. La optimización puede realizarse en distintos niveles, aunque lo recomendable es concretarla hacia el final de un proceso.

Eficiencia: está vinculada a utilizar los medios disponibles de manera racional para llegar a una meta. Se trata de la capacidad de alcanzar un objetivo fijado con anterioridad en el menor tiempo posible y con el mínimo uso posible de los recursos, lo que supone una optimización.

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1 Tipo y diseño de la investigación

La investigación realizada es de tipo cuantitativa, debido a que utilizaremos magnitudes numéricas como herramientas de análisis basadas en las diferentes áreas de la estadística.

Además, los datos en su mayoría serán cuantificables y así obtener un mejor resultado en relación a la hipótesis planteada.

En lo que concierne al diseño que seguirá nuestra investigación, esta será de tipo descriptiva; ya que busca describir un suceso o acontecimientos a través de la investigación, en el cual se procederá a investigar, controlar y medir cualquier cambio en otras variables.

El objetivo de la investigación descriptiva consiste en llegar a conocer las situaciones, costumbres y actitudes predominantes a través de la descripción exacta de las actividades, objetos, procesos y personas. Su meta no se limita a la recolección de datos, sino a la predicción e identificación de las relaciones que existen entre dos o más variables. Los investigadores no son meros tabuladores, sino que recogen los datos sobre la base de una hipótesis o teoría, exponen y resumen la información de manera cuidadosa y luego analizan minuciosamente los resultados, a fin de extraer generalizaciones significativas que contribuyan al conocimiento. (Van Delen & Meyer, 2006).

Examinaremos las características del problema escogido para así plantear supuestos en los que se basaran nuestra hipótesis y los procesos adoptados en nuestra investigación.

3.2 Muestra y población

En este caso no se trabajará con población ni muestra, debido a la naturaleza de nuestra investigación que no se requiere de aplicar cuestionarios o recolectar información de una población determinada.

3.3 Hipótesis

El lugar que será evaluado para incorporar una bomba por medio de golpe de ariete cumple con los parámetros correspondientes para su instalación y un buen aprovechamiento de esta.

Por lo tanto, si se abastece de agua de forma técnica y económicamente viable mediante el uso de un sistema de bombeo por medio de golpe de ariete, se logrará cubrir las necesidades de agua para los cultivos de la parcela del señor Yanayaco en el distrito de Suyo.

3.4 Variables y operacionalización

3.4.1 Variables independientes

a) Caudal de agua con el que se cuenta para abastecer la bomba.

Se denomina caudal a la cantidad (volumen) de fluido que pasa por un punto, conducido por un ducto en un determinado tiempo. La unidad de medida es m^3/s , siendo esta una variable cuantitativa.

En la investigación el caudal de agua con el que cuenta la bomba es el punto de partida de la investigación, ya que es el recurso natural con el que trabajaremos y el que se necesita aprovechar.

El caudal con el que contará la bomba lo obtendremos de una fuente de alimentación y será medido utilizando las formulas conocidas, teniendo en cuenta otro factor como el diámetro de la tubería de salida que tiene y la cantidad de agua que llega a la fuente de alimentación.

b) Desnivel del terreno (altura de alimentación).

Se denomina altura de impulso al trayecto vertical entre el eje de la bomba y la superficie del agua el depósito de descarga. Será medida en metros (m), siendo esta una variable cuantitativa, es una de las variables con mayor repercusión en el desarrollo de la investigación.

En nuestra investigación tomaremos el valor del desnivel del terreno como la altura de impulso que tendrá la bomba, para eso tendremos que utilizar sistemas de

coordenadas, habiéndonos basado para encontrar ese valor en las Cartas Nacionales del Perú (Instituto Geográfico Nacional IGN ArcGis – SHAPEFILE) y el sistema de GPS por internet.

c) Volumen de agua diario que se requiere para poder abastecer los campos.

Es la cantidad de agua que necesitan los campos para su buen aprovechamiento, en muchos casos depende de la estación del año en el que se encuentre, y de las precipitaciones de lluvia; así como del tipo de terreno en que se desarrolle la actividad. Es de tipo cuantitativa- Cualitativa.

3.4.2 Variables dependientes

a) Dimensionamiento del sistema de golpe de ariete

Son las medidas o valores precisos que son resultado de las variables independientes; estos deben de tener un valor correcto que van de la mano con la investigación realizada y los parámetros correspondientes. Tienen unidades de medidas y son de tipo cuantitativas.

b) Caudal de bombeo que entrega la bomba

Es el resultado de evaluar las variables independientes y de un buen dimensionamiento, este tiene un valor establecido con sus correspondientes unidades. Es de tipo cuantitativo.

El caudal de entrega de la bomba comparado con el caudal de entrada a ella nos podrá determinar el grado de eficiencia de la bomba de golpe de ariete y a su vez poder analizar si esta cumple con los requerimientos establecidos al principio de la investigación.

Para una mejor apreciación de las variables y sus indicadores hemos ubicado estos datos de forma ordenada en un cuadro de elaboración propia que les mostraremos a continuación.

Tabla 2 Operacionalizacion de variables

Fuente: Elaboración propia

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores
<p>Variable independiente</p> <p>Caudal de alimentación y altura de alimentación</p>	<p>El caudal de alimentación es la cantidad de agua que se le proporcionara a la bomba para su funcionamiento.</p> <p>Altura de alimentación es el salto que tendrá el agua con respecto a la ubicación que tendrá la bomba para operar.</p>	<p>Dimensionamiento del sistema, cantidad de unidades y el tamaño de componentes de cada bomba de ariete.</p>	<p>Caudal (l/min). Diámetro de tuberías (cm) Longitud y diámetro de válvula anti retorno (cm) Selección de tanque de almacenamiento (m^3).</p>
<p>Variable dependiente</p> <p>Caudal entregado</p>	<p>El caudal entregado es la cantidad de litros de agua por minuto que podrá elevar la bomba.</p>	<p>Indica la relación entre el caudal de alimentación y caudal entregado dándonos como resultado la eficiencia de la bomba.</p>	<p>Caudal de agua entregado (l/min)</p>

3.5 Técnicas y métodos de investigación

La técnica en la que basaremos nuestro estudio es principalmente la investigación es la observación y el análisis de datos.

a) La observación

Vizcarra y Macazaga (2014) en su artículo nos dice:

La observación participante ha dado inicio a la construcción de instrumentos que han facilitado la interpretación y comprensión de las situaciones analizadas. La observación se ha registrado a través de las notas de campo, de sistemas categoriales emergentes, y de la reconstrucción de la realidad, para comenzar nuevamente el ciclo con una nueva observación. Además de adquirir y desarrollar estas destrezas cognitivas-rationales, se ha intentado traspasar al plano de los aprendizajes de tipo emocional y personal.

Partiendo de la observación es cómo podemos describir un suceso para luego ser analizado como se hizo en esta investigación, el análisis de datos dentro de una investigación descriptiva es de gran relevancia.

b) Interpretación de datos

Una buena interpretación de datos basada en un fundamento teórico nos garantiza resultados con una gran exactitud.

Batanero y Godino (1992) nos dice:

Una primera faceta de estudio, que pretende encuadrarse en la investigación de carácter metodológico, es el análisis del papel que el análisis de datos está desempeñando como herramienta en la investigación experimental. Este papel está condicionado por las actitudes hacia la estadística por parte de los investigadores, que podemos clasificar en un continuo situado entre dos polos extremos. El primero de estos extremos es la de los que creen que con unas técnicas apropiadas de análisis sería posible conseguir unos resultados extraordinarios a partir de cualquier conjunto de observaciones; es el análisis adecuado lo que hace una buena investigación. Esta creencia puede llevar al

empirismo exagerado y al olvido de la teoría, sin la cual ningún conjunto de datos puede obtener su sentido. (P.46)

c) Medición y control

Esta técnica de investigación es de gran importancia debido a que se necesitarán realizar cálculos basados en esos datos, de haber algún error en la realización de las mediciones nuestros cálculos serán erróneos y por ende nuestros resultados no serán exactos.

El control es la acción más apropiada para la verificación de las medidas, es aquí donde nos aseguraremos de obtener mediciones correctas, garantizando de esta forma la validez de estos.

3.6 Descripción de elementos utilizados

Tabla 3 Elementos utilizados en la investigación
Fuente: Elaboración propia

Técnicas	Elementos utilizados
Observación	Fotografías, mapas, imágenes de referencia, apuntes, videos.
Interpretación de datos	Uso de software por computadora, calculadoras, programas de cálculos, métodos estadísticos y de análisis matemáticos.
Medición y control	Uso de software por computadora, uso de cartas con curvas de nivel, uso de GPS, herramientas de medición por computadoras y mediciones realizadas.

Sistemas de medición de alturas

Como sistema para encontrar la altura a la que se encuentra el río con referencia a donde se instalará la bomba de ariete se procedió a descargar cartas con curvas de nivel y luego se procesaron en el programa Civil 3D

El programa civil 3d desarrolla e interpreta los planos superficiales, perfiles, modelamiento digital del terreno y el diseño geométrico de vías, redes de tuberías, canales.

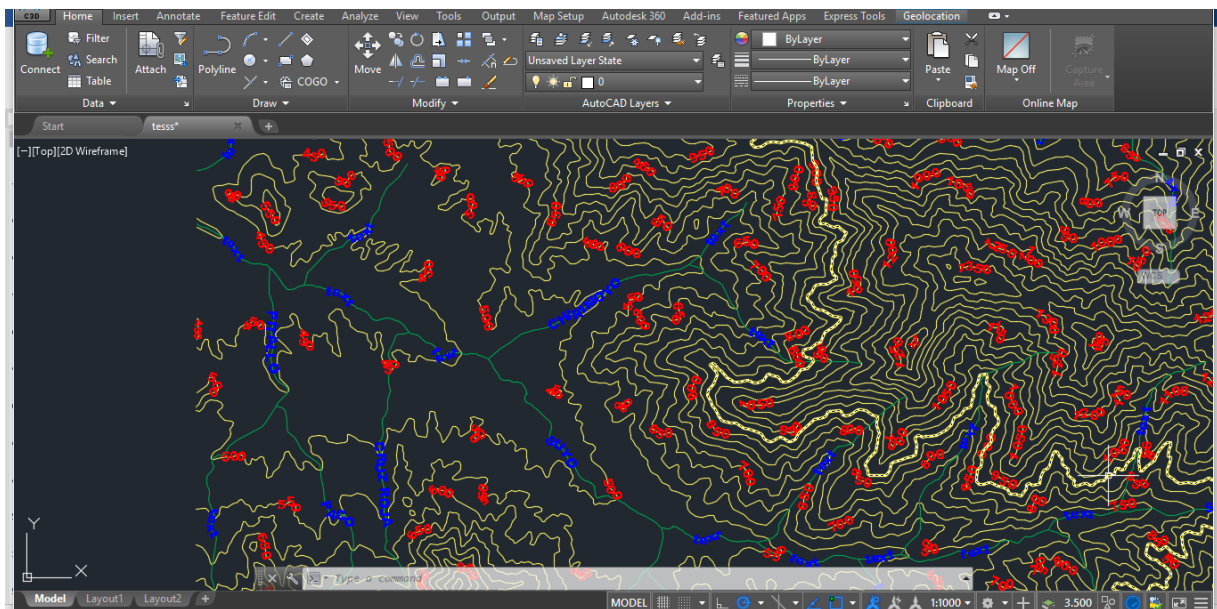


Figura 4 Programa Civil 3D Metric-2018

Fuente: Elaboración propia

Sistema medición de longitud

Para poder encontrar la longitud de caída que tendrá la tubería de alimentación al tanque y del tanque a la bomba se utilizó un sistema de GPS, donde se pudo tomar medidas que luego fueron corroboradas por las enviadas gracias a las personas que laburan en las parcelas para eso ellos utilizaron winchas.

Utiliza Google Maps en una computadora, teléfono o tablet para realizar búsquedas, explorar y encontrar tu camino por el mundo. En una computadora, abre Google Maps. En un teléfono o tablet, usa la app de Google Maps

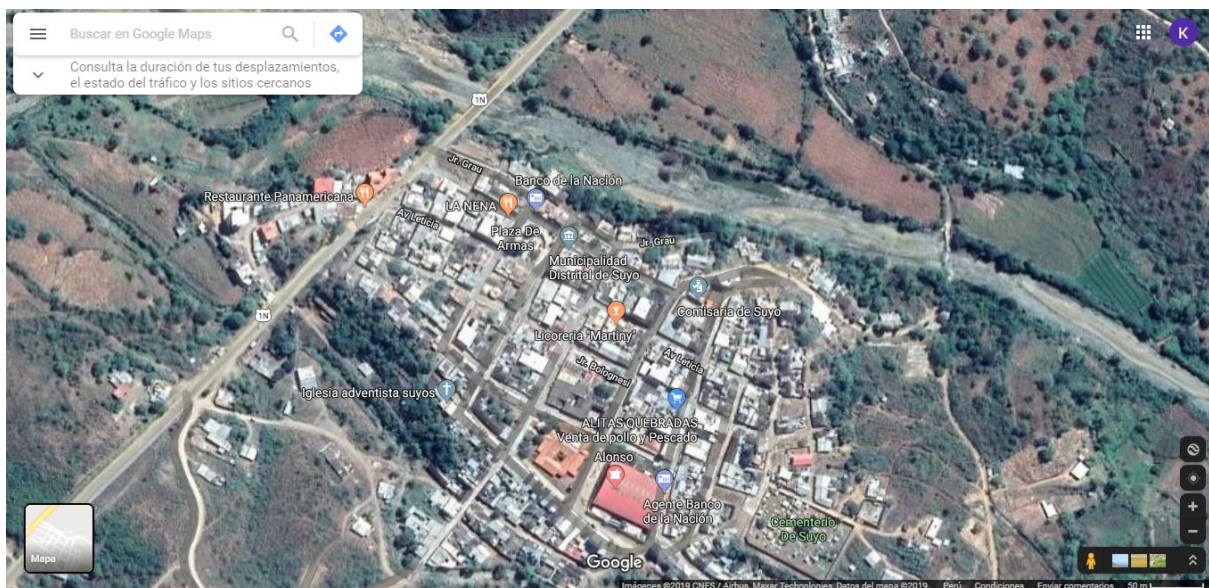


Figura 5 Imagen proporcionada por Google Maps

Fuente: Elaboración propia

3.7 Análisis Estadístico e Interpretación de los Datos

A partir de la observación, recopilación de información y de la medición y control realizado podemos empezar a interpretar los datos obtenidos mediante una serie de procesos que nos ayudaran a su mejor entendimiento.

La estadística nos ayuda a comprender mejor muchos de los datos recopilados, mediante diferentes tipos de herramientas que nos proporciona; entre estos, gráficos estadísticos, tablas estadísticas, etc.

En esta investigación interpretaremos los datos obtenidos en su gran mayoría mediante tablas ya que es la mejor se ajusta a la investigación realizada.

Mediante diagramas interpretaremos también una serie de datos; para los cuales utilizaremos un software y el que mejor se ajusta a nuestros requerimientos son los Office 2016 (Excel, Word); siendo estos softwares bastante confiables y de gran aceptación.

CAPITULO IV: PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN

Debido a la problemática expuesta en el distrito de Suyo, especialmente en las parcelas mencionadas anteriormente; con la finalidad de analizar la viabilidad técnica y económica de la instalación de un sistema de golpe de ariete se propone una investigación descriptiva.

Una investigación que, por medio del procesamiento de datos, pueda ayudar al desarrollo de esta, realizando una investigación basada en las bases teóricas mencionadas anteriormente, apoyándonos en las herramientas de investigación también mencionadas podremos procesar, verificar y validar los datos necesarios para el análisis buscado.

Teniendo todos los puntos a favor, se procede al análisis e interpretación de los resultados en el siguiente capítulo, donde se detallará cada una de las sugerencias mencionadas anteriormente, con el único fin de demostrar su viabilidad y rentabilidad económica.

Por todo lo expuesto; proponemos una investigación orientada a la mejora del sistema de riego, y que sobre todo podrá ayudar a los pobladores de dicha zona a ir empleando nuevas formas de bombeo; disminuyendo costos y teniendo un sistema autosustentable.

CAPÍTULO V: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

5.1 Presentación de resultados

5.1.1 Cálculos de diseño

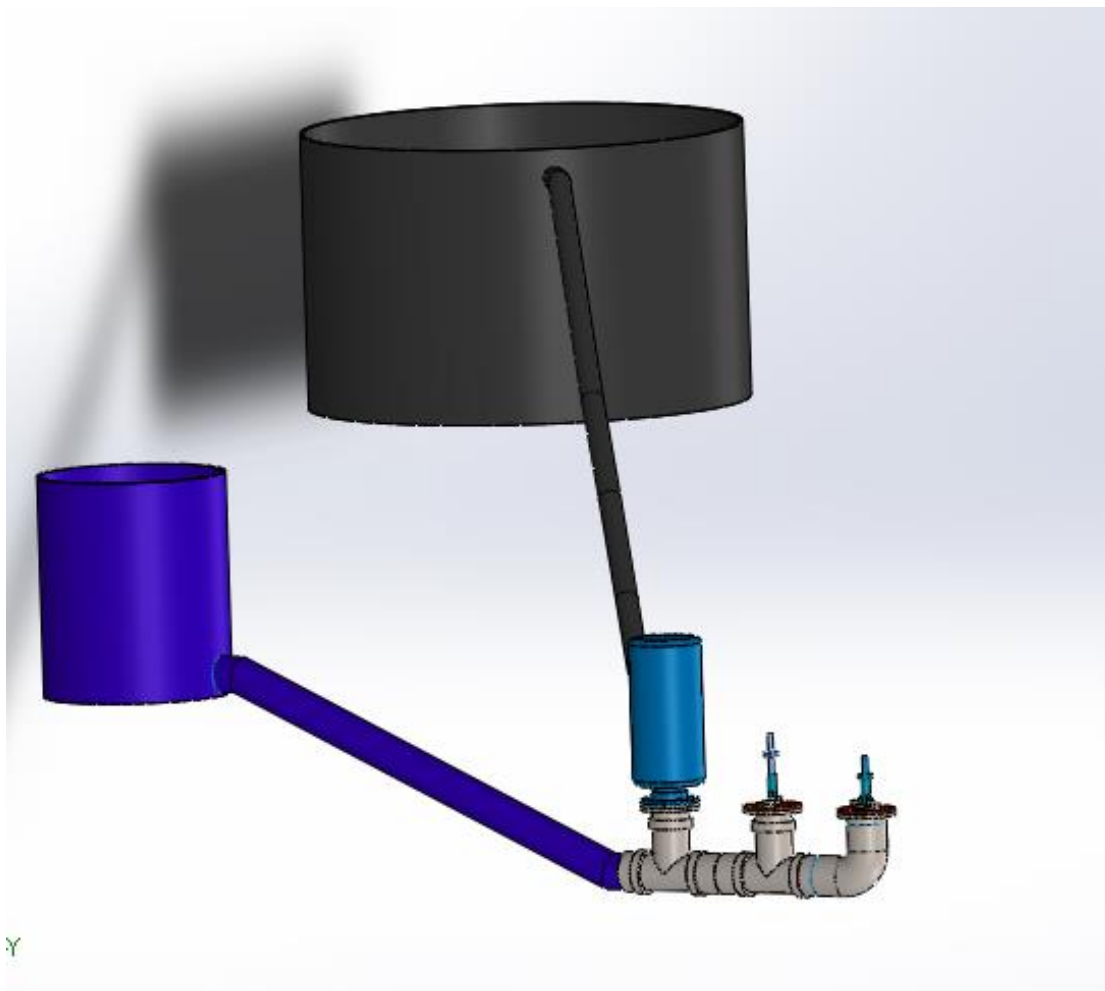


Figura 6 sistema de bombeo por medio de golpe de ariete

Fuente: Elaboración Propia

5.1.1.1 altura de entrega

Para determinar este parámetro de diseño se tuvo que tomar diferentes posiciones entre el tanque de alimentación y la bomba de ariete, para poder identificar una ubicación optima y de esa forma tener una altura de entrega correcta.

La altura de entrega fue determinada después de analizar cuál era la posición optima del tanque y de la bomba; con la ayuda del programa Civil 3D y del Google Maps se pudo evaluar el desnivel mediante cartas geográficas; obtenidas del Instituto Geográfico Nacional (IGN).

Tabla 4 Tabla de Alturas

Fuente: Elaboración Propia

Punto	Captación de agua (msnm)	Ubicación de bomba	Altura de suministro	Altura del tanque a abastecer	Altura de descarga
1	390	385	5	390	5
2	385	376	9	390	14
3	372	365	7	390	25
4	370	359	11	390	31
5	370	350	20	390	40
6	370	345	25	390	45

Altura de diseño:

Hd: 31m

Altura de suministro:

Hs: 11m

5.1.1.2 Elección de la tubería de suministro

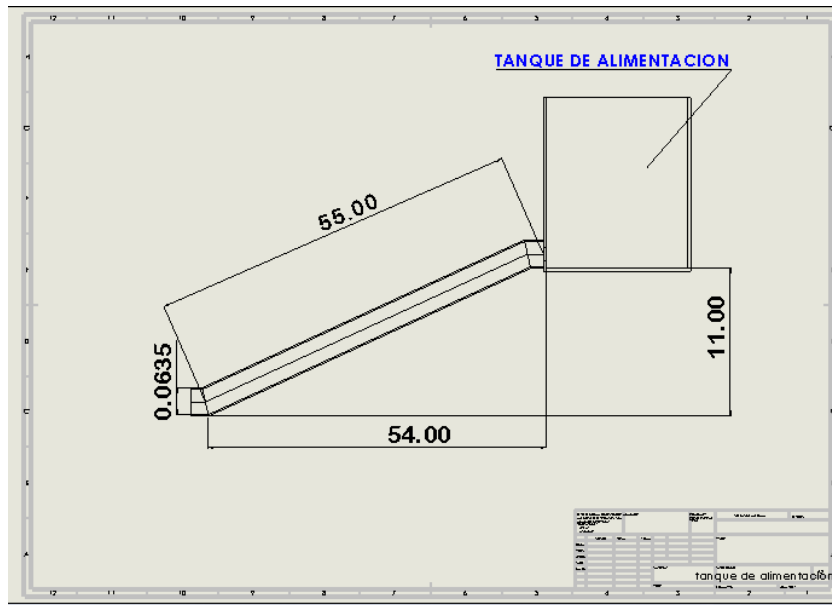


Figura 7 Medidas de la longitud de tubería de alimentación

Fuente: Elaboración propia

(Pauro, 2018) cita a S.B Watt y nos dice:

Según S.B Watt recomienda que la tubería de suministro idealmente, debe de tener una longitud de al menos 100 veces su diámetro. Para expresarlo en una relación matemática menciona que la bomba funcionará bien si la relación entre la longitud (L) y el diámetro interno (D) se encuentra dentro de los límites. (P.45)

$$L/D= 150 \text{ a } 1000$$

Longitud de tubería:

$$L= 62\text{m}$$

Diámetro de tubería:

$$D=0.0634\text{m}=2 \frac{1}{2}''$$

Por ser comercial utilizaremos un diámetro de 3 “; que utilizando una tubería estándar seleccionada del catálogo de Aceros Arequipa nos dice que la tubería tiene un espesor de 3.6 mm y un diámetro externo de 88.9 mm.

$$e= 3.2 \text{ mm}$$

$$D_{ext}= 73 \text{ mm}$$

Haciendo un análisis podemos observar que:

$$D_{ext}=D_{int}+2e$$

$$D_{int}=73-2(3.2)$$

$$D_{int}=66.6\text{mm}$$

5.1.1.2 Elección de la tubería de entrega

Para un óptimo funcionamiento mediante la reelección de datos podemos observar que es conveniente tomar la mitad del diámetro de la tubería de alimentación como la medida del diámetro que tendría la tubería de entrega, pero para asegurar un caudal de entrega más exacto tomaremos 1” como valor de diámetro de la tubería la cual será hecha a base de polietileno.

$$d=1 \text{ “}$$

Tomando como referencia la tabla Arcosa Perú, tomaremos de esta las dimensiones para una tubería de 1”

$$D_{ext}=42.4 \text{ mm}$$

$$e=2.9 \text{ mm}$$

$$D_{ext}=D_{int}+2e$$

$$D_{int}=32-2(2.62)$$

$$D_{int}=36.6\text{mm}$$

5.1.1.3 Cálculo del caudal de entrega

Como se expresó anteriormente se tiene que utilizar la siguiente fórmula para calcular este parámetro:

$$q = \frac{H_s \times D^2 \times u_c \times \pi \times C_d}{10 \times H_d}$$

Como vemos necesitamos de otros valores para poder encontrar este valor, como la velocidad de cierre de la válvula de impulso (u_c) y el coeficiente de descarga (C_d).

5.1.1.4 Cálculo de velocidad de cierre de la válvula de impulso

$$u_c = 0.135 \times C_{vi}$$

5.1.1.5 Cálculo de la carrera de la válvula de impulso

Según (Pauro, 2018) nos dice que:

Según STRANEO-CONSORTI, para válvulas de asiento plano la carrera queda limitada al 25-33% del diámetro de la válvula, para ello se hará uso de la ecuación.

La ecuación para determinar este parámetro es:

$$C_{vi} = (25-33\%) \times d_v$$

$$C_{vi} = 0.31 \times 50$$

$$C_{vi} = 15.5 \text{ mm}$$

Optaremos por un valor entero de 16 mm

Remplazando este valor en la ecuación anterior obtenemos.

$$u_c = 0.135 \times 16$$

$$u_c = 2.16 \text{ m/s}$$

5.1.1.6 Cálculo del caudal entregable

De forma abreviada el caudal entregable se puede hallar mediante la siguiente formula:

$$Q_e = \frac{2xQdxHs}{3Hd}$$

$$Q_e = \frac{2x70x11}{3X31}$$

$$Q_e = 16.5 \text{ LITROS/MINUTO}$$

El caudal de diseño; para una tubería de 2, es de 85 litros por minuto; esto nos permite hallar el caudal que puede suministrar la bomba:

Obtenemos un caudal de 16.5 litros por minuto.

5.1.2 Análisis de costos

Tabla 5 Inversión en recursos humanos

Fuente: Elaboración propia

INVERSION EN RECURSOS HUMANOS			
MANO DE OBRA	GASTOS GENERALES	CANTIDAD DE PERSONAS	PERSONAL
500	S/190.00	2	PERSONAL TECNICO
50	S/50.00	1	PERSONAL DE APOYO
		TOTAL	S/790.00

Esta expresa la inversión en mano de obra tanto del personal técnico ejecutor y del ingeniero encargado del proyecto (incluye trabajo de investigación); los trabajos a realizar están proyectados para ser realizados en dos días.

A continuación se detallan los gastos expresados en la tabla anterior

Tabla 6 Tabla de gastos generales

Fuente: Elaboración propia

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Desayuno	1	S/6.00	S/6.00
Almuerzo	1	S/8.00	S/8.00
Cena	1	S/6.00	S/6.00
Pasaje	2	S/60.00	S/120.00
Estadía	1	S/30.00	S/30.00
Otros	1	S/20.00	S/20.00
		Total	S/190.00

En la tabla se contempla los gastos diarios en comida y pasajes que se tendrían que pagar siempre y cuando el personal no fuera de la zona en la que se ejecutará el proyecto.

Como se puede apreciar en las tablas anteriores al contratar personal que no es de la zona incrementa nuestros gastos generales; por ende, recomendamos contratar personal técnico de la zona en la que se realizará el proyecto.

El supervisor a contratar jefe de proyecto y el que realizará los trabajos previos en oficina (planos, cálculos, proyecciones, etc.).

A continuación, mostraremos la lista de materiales y sus respectivos precios en el mercado:

Tabla 7 Lista de materiales y precios

Fuente: Elaboración propia

TABLA DE COSTOS DE MATERIALES DE UNA BOMBA DE ARIETE				
MARCA	DESCRIPCION	COSTO UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL
ACEROS AREQUIPA	TUBERIA GALBANISADA DE 2 1/2"	S/17.50	40 m	S/700.00
KAILI	TUBERIA DE POLIETILENO DE 1 1/4"	S/3.75	120 m	S/450.00
ROTOPLAS	TANQUE DE DE POLIETILENO (750L)	S/360.00	1	S/360.00
ROTOPLAS	TANQUE DE DE POLIETILENO (1100L)	S/529.00	1	S/529.00
RIVELSA	CODO DE 2 1/2" GALBANIZADO	S/15.00	1	S/15.00
RIVELSA	TEE DE 2 1/2 "	S/18.50	2	S/37.00
MORENO	LLAVES DE APERTURA DE 2 1/2 "	S/30.00	2	S/60.00
PACASMAYO	CEMENTO	S/27.00	1	S/27.00
-	HORMIGON	S/30.00	1	S/30.00
-	NIPLE	S/11.00	3	S/33.00

TOTAL	S/2,241.00
--------------	-------------------

Tabla 8 Gastos totales
Fuente: Elaboración propia

GASTOS TOTALES	
COSTO	DESCRIPCION
S/790.00	INVERSION EN RECURSOS HUMANOS
S/2,241.00	INVERSION EN MATERIALES
S/300	OTROS
TOTAL	S/3,331.00

En la tabla se muestra la cantidad total de la inversión que se tendría que hacer para llevar a cabo la instalación de una bomba de ariete.

Como podemos apreciar para llevar a cabo la instalación de un ariete de las dimensiones ya expuestas necesitamos S/ 3331; siendo esta una cantidad elevada para muchos pobladores de la zona; pero por otro lado hay que considerar, que los gastos post instalación son prácticamente nulos.

Para ello se realizará una comparación entre este método de bombeo alternativo y el que se usa normalmente en estas zonas que son por medio de una motobomba.

Ahora analizaremos cuánto cuesta la instalación de una motobomba de 2x2 de 5.5 hp.

Tabla 9 Costos de una motobomba
Fuente: Elaboración propia

COSTOS DE UNA MOTOBOMBA DE 2X2 DE 5.5 HP						
INSTALACION	PRECIO DE LA BOMBA	COMBUSTIBLE(GALON)	ACEITE(GALON)	TIEMPO DE VIDA UTIL	CAUDAL PROPORCIONADO (LITROS /MINUTO)	CARRETA (BASE)
200	1149	S/15	S/90	8 años	300	S/900
					TOTAL	S/2,354

Comparación entre una bomba de ariete y una motobomba:

Tabla 10 Tabla comparativa
Fuente: Elaboración propia

	BOMBA DE ARIETE	MOTOBOMBA
COSTO DE INSTALACION	S/3,331.00	S/2,349
CAUDAL PROPOCIONADO(L/min)	16.5	300
COSTO DE MATENIMINETO	S/10	S/90.00
COSTO DE OPERACIÓN	0	S/24.00
TIEMPO DE TRABAJO(H/D)	24	5
TOTAL	S/3,341.00	S/2,463.00

5.1.3 Análisis de van (valor actual neto)

Uno de los análisis más importantes a realizar cuando se quiere analizar la rentabilidad o viabilidad de un proyecto es el valor actual neto que es un indicador que se basa en la estimación de flujos de caja con la que cuenta una empresa; en este proyecto nos permitirá realizar un cálculo mucho más exacto de la viabilidad que tendría nuestro proyecto en el aspecto económico.

Tabla 11 Flujo de caja
Fuente: Elaboración propia

Flujo de Caja	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Bomba de ariete		1	1	1	1	1
Ingresos		S/. 1,565.00	S/. 4,981.00	S/. 8,397.00	S/. 11,813.00	S/. 15,229.00
Depreciación (20%)		S/. 448.20	S/. 448.20	S/. 448.20	S/. 448.20	S/. 448.20
Utilidad Antes del pago a Junta Regante		S/. 1,116.80	S/. 4,532.80	S/. 7,948.80	S/. 11,364.80	S/. 14,780.80
Pago Junta Regante		S/. 720.00	S/. 720.00	S/. 720.00	S/. 720.00	S/. 720.00
utilidad Neta		S/. 396.80	S/. 3,812.80	S/. 7,228.80	S/. 10,644.80	S/. 14,060.80
Adiccion a la depreciación		S/. 448.20	S/. 448.20	S/. 448.20	S/. 448.20	S/. 448.20
Flujo de Efectivo	S/. -	S/. 845.00	S/. 4,261.00	S/. 7,677.00	S/. 11,093.00	S/. 14,509.00
Egresos	S/. 3,331.00	S/. 760.00	S/. 760.00	S/. 760.00	S/. 760.00	S/. 760.00
Mantenimiento		S/. 360.00	S/. 360.00	S/. 360.00	S/. 360.00	S/. 360.00
Inversion de materiales	S/. 2,241.00	S/. -	S/. -	S/. -	S/. -	S/. -
Inversion de Recursos Humanos	S/. 790.00	S/. -	S/. -	S/. -	S/. -	S/. -
otros	S/. 300.00	S/. 400.00	S/. 400.00	S/. 400.00	S/. 400.00	S/. 400.00
Flujo de Efectivo Neto	S/. -	S/. 85.00	S/. 3,501.00	S/. 6,917.00	S/. 10,333.00	S/. 13,749.00

Tabla 12 Calculo del VAN
Fuente: Elaboración propia

Inversion Inicial	Flujo De Efectivo Anual	(1+TASA), TASA= 10%	CAPITALIZACION
AÑO			
0			S/. - 3,331.00
1	S/. 85.00	1.10	S/. 77.27
2	S/. 3,501.00	1.10	S/. 2,893.39
3	S/. 6,917.00	1.10	S/. 5,196.84
4	S/. 10,333.00	1.10	S/. 7,057.58
5	S/. 13,749.00	1.10	S/. 8,537.05

VAN	20431.13094
------------	--------------------

5.1.4 Análisis de TIR (Tasa Interna de Retorno)

La tasa interna de retorno al igual que el VAN se basa en el flujo de carga y complementa al VAN siendo estos dos los indicadores principales de la rentabilidad o viabilidad económica de un proyecto en este caso aplicada para un tiempo de 5 años.

Tabla 13 Calculo del TIR
Fuente: Elaboración Propia

INVERSION	S/. -3,331.00
1	S/. 85.00
2	S/. 3,501.00
3	S/. 6,917.00
4	S/. 10,333.00
5	S/. 13,749.00
TASA INTERNA DE RETORNO	91%

5.2 Discusión de resultados

Como podemos apreciar los costos de operación y mantenimiento son muy diferentes en ambos casos; el caudal que proporciona cada una de las bombas también es bastante diferente, pero teniendo en cuenta que la bomba de ariete se puede trabajar durante las 24 horas esto acorta esa diferencia.

En el tema de diferencia de costos de operación, utilizar la motobomba durante 30 días demanda un costo de 720 soles; mientras que con una bomba de ariete el costo de operación es cero.

En lo que concierne al mantenimiento el de la bomba de ariete es mucho más bajo que el de la motobomba ya que solo se le hace mantenimiento a las partes que se encuentran en constante choque; mientras que a la motobomba se le tiene que inyectar aceite cada 20 horas de uso y además cada 30 requiere un mantenimiento general.

Observando estos cuadros nos damos cuenta que en promedio una motobomba después de un mes de uso equivale a lo mismo que una bomba de ariete; claro siendo está mucho más eficiente en el tema de la cantidad de caudal que proporciona.

También podemos observar que la bomba de ariete al no tener que utilizar combustible es mucho más amigable con el medio ambiente que una bomba convencional.

VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

Luego de realizar una investigación minuciosa podemos observar que es viable la instalación de una bomba de ariete en el distrito de Suyo, tanto técnica como económicamente, con lo que le llegamos a resolver nuestro principal objetivo.

Analizar la viabilidad técnica económica para la instalación de un sistema de bombeo con golpe de ariete en el distrito de Suyo.

Otro de nuestros objetivos que motivo la investigación era determinar las condiciones y parámetros de diseño para la instalación de un sistema de bombeo por golpe de ariete, los cuales fueron analizadas y definidas siendo de gran ayuda para poder llegar alcanzar e principal objetivo trazado, ya que estos parámetros ya definidos como son la altura de suministro, el caudal proporcionado, y la relación entre el desnivel de la ubicación de la bomba con respecto a la ubicación del tanque de suministro son parámetros esenciales y que en nuestro caso cumplieron con los requerimientos necesarios para llevar acabo la instalación de una bomba de ariete en dicha zona.

Realizar los cálculos para el dimensionamiento del sistema de bombeo también fue uno de nuestros objetivos los cuales fueron realizados siendo este el indicador definitivo para llegar a la conclusión de la viabilidad.

Como se observa en la tabla 10 se realizó una comparativa entre las bombas de ariete y una bomba que funciona a base de combustibles; logrando establecer diferencias entre estas, principalmente la de la cantidad de caudal suministrado y el tiempo que puede trabajar cada una, en esta tabla llegamos a la conclusión que la bomba de ariete después de un mes de uso llega a costar lo mismo que una motobomba y que a partir del segundo mes ya muestra un ahorro para el dueño.

6.2 Recomendaciones

Como principal recomendación tendríamos que indicar que sería más factible el uso de estas bombas para cultivos que no necesiten tanto volumen de agua, para que estas puedan satisfacer la demanda en su totalidad.

Como podemos observar en los estudios realizados para la instalación de un sistema de bombo por medio de golpe de ariete se requieren cumplir diferentes parámetros de instalación por ende es recomendable su instalación solo en este tipo de condiciones; de caso contrario el funcionamiento del ariete se verá afectado en gran medida y esto ocasionará un valor mucho menor en lo que se refiere a su eficiencia.

Otra recomendación es el uso de doble campana en el diseño de estas bombas; puesto que esto nos proporciona una mayor eficiencia; este tema no fue investigado a fondo por no ser parte principal de la investigación, pero creemos que repercute en cierta medida en el funcionamiento de la bomba de ariete.

Una investigación más afondo sobre el diseño de la bomba por parte de la industria agropecuaria proporcionaría una mayor difusión de esta alternativa de bombeo que es amigable con el medio ambiente y nos proporciona un menor costo de operación; repercutiendo esta última en el precio final del producto.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Acitores Martínez, F. D. (2012). *Estudio Teorico y Experimental de la Bomba de Ariete*. Madrid. Obtenido de
file:///C:/Users/Lenovo/Desktop/UAP/golpe%20de%20ariete/estudios%20anteriores/30046069.pdf
- Batanero, C.y Godino, D. (1992). El análisis de datos como útil y objeto de la didáctica de la matemática. *Educación Matemática*, 46-53.
- Carlos, A. (s.f.). *Laplacianos*. Obtenido de <https://laplacianos.com/ecuacion-de-bernoulli/>
- Chero, A. (2018). *Diseño de un sistema de bombeo mediante ariete hidráulico*. Piura. Obtenido de
https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3903/ICI_265.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- FAO. (2012). *Organizacion de las naciones unidas para la alimentacion y agricultura*. Obtenido de <http://www.fao.org/news/archive/news-by-date/2012/es/>
- Gomez, D. y Triana, D. (2015). *Diseño y Construcción de un Ariete Hidraulico para uso Residencial*. Bogota .
- IGN, n. G. (s.f.). Cartas Nacionales del Perú. *Geo Gps Peru*. Obtenido de <https://www.geogpsperu.com/2013/09/cuadro-de-empalme-de-la-cartografia.html>
- Leyva, H. (2006). *Fisica II*. lima: Moshera.
- Mott. (2006). *Mecanica de Fluidos*. Mexico: Pearson Educación de México S.A. Obtenido de <https://deymerg.files.wordpress.com/2013/07/mecanica-de-fluidos-robert-mott-6ta-edicion.pdf>
- Pauro, R. (2018). *Diseño de Bomba de Ariete Hidraulico, en la Asociacion de San Miguel-Yacango distrito Torata Region Moquegua 2016*. Moquegua. Obtenido de

<http://repositorio.ujcm.edu.pe/bitstream/handle/ujcm/327/Pauro%20Chavez%20Rusvel%20Poli-%20tesis-2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Rojas, D. (2013). *Utilizacion de una bomba de ariete para alimentacion a predios rurales, a partir de cauces naturales de agua*. Iquitos, Peru. Obtenido de <http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/1908/T-621.252-R77.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Valvias. (s.f.). Obtenido de <http://www.valvias.com/coeficiente-de-descarga.php>

Van Delen, B. y Meyer, W. (2006). *Síntesis de "Estrategia de la investigación descriptiva"*.

Vizcarra, M. y Macazaga, M. (2014). La observación como estrategia de investigación para construir contextos de aprendizaje y fomentar procesos participativos. *Educacion XX1*.

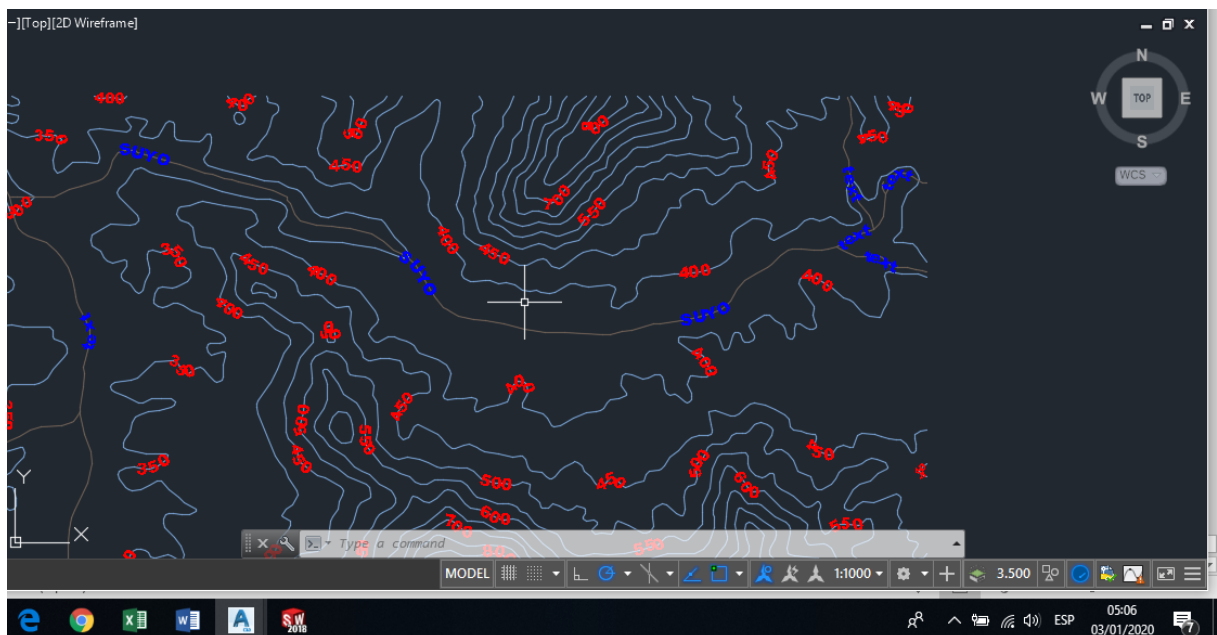
Young, B. (s.f.). Simplified analysis and design of the hydraulic ram pump. Obtenido de https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1243/PIME_PROC_1996_210_048_02

ANEXOS

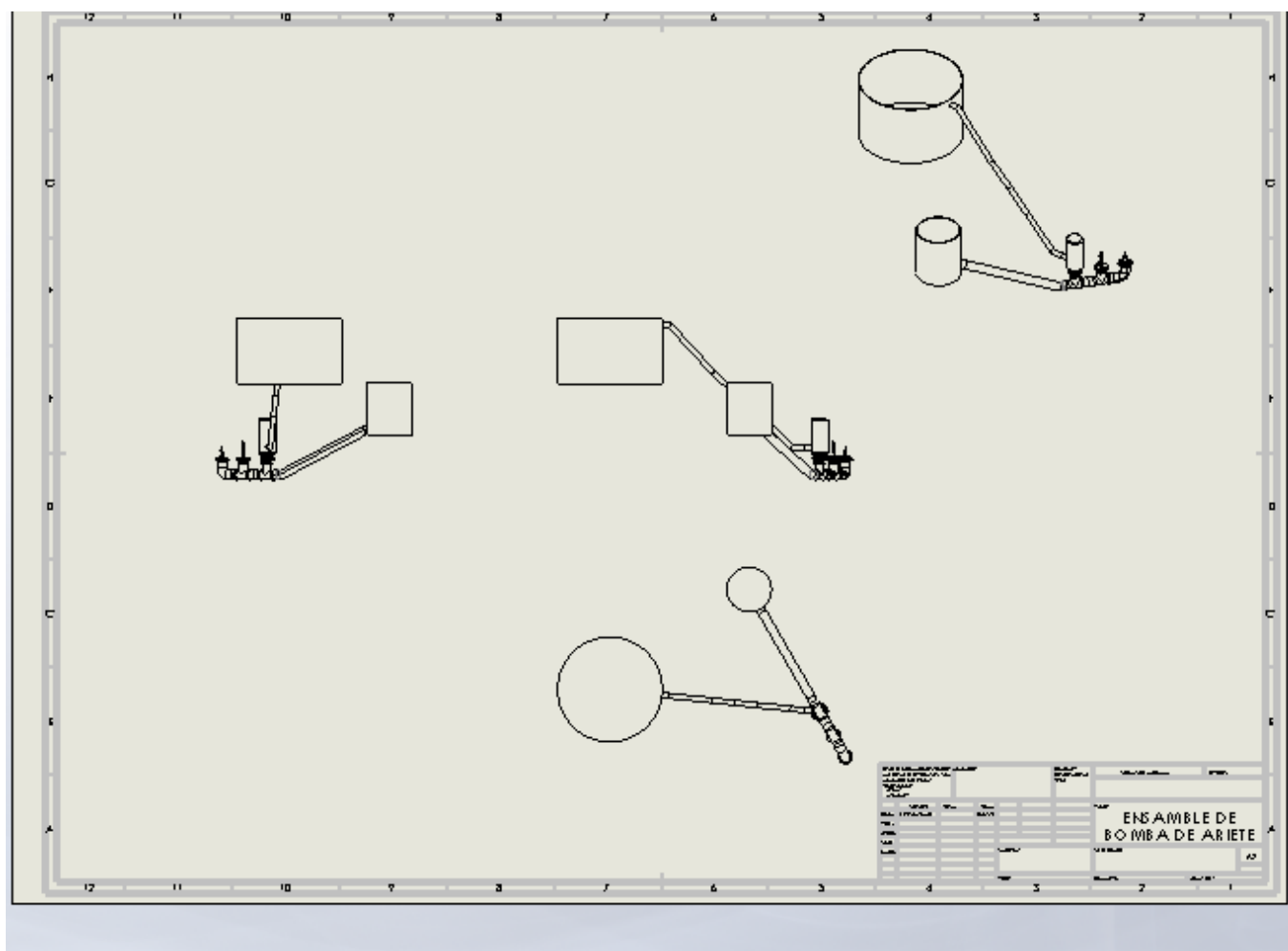
UBICACIÓN DE LA BOMBA DE ARIETE



CURVAS DE NIVEL EN EL AREA DE INSTALACION DEL ARIETE



PLANO GENERAL DE LA BOMBA DE ARIETE



FICHA TECNICA DE LA TUBERIA DE SUMINISTRO

Tubo ISO65



DESIGNACIONES Y PESOS NOMINALES en Kg/m

Designación Nominal	Dimensión Exterior (mm)	Serie Liviana (L)		Serie Standard (S)		Serie Mediana (M)		Serie Pesada (H)	
		Espesor (mm)	Peso (kg/m)	Espesor (mm)	Peso (kg/m)	Espesor (mm)	Peso (kg/m)	Espesor (mm)	Peso (kg/m)
1/4"	13.5			2.0	0.570				
3/8"	17.2			2.0	0.742				
1/2"	21.3	2.00	0.947	2.3	1.080				
3/4"	26.9	2.00	1.228	2.3	1.390				
1"	33.7	2.60	1.980	2.9	2.200				
1 1/4"	42.4	2.60	2.540	2.9	2.820				
1 1/2"	48.3	2.65	2.983	2.9	3.240				
2"	60.3	2.90	4.080	3.2	4.490				
2 1/2"	73.0	3.00	5.179	3.2	5.730	3.6	6.420	4.5	7.930
3"	88.9	3.20	6.720	3.6	7.550	4.0	8.360	5.0	10.300
4"	114.3	3.60	9.750	4.0	10.800	4.5	12.200	5.4	14.500
5"	139.7					5.0	16.600	5.4	17.900
6"	165.1					5.0	19.800	5.4	21.300

NORMAS TÉCNICAS:

Diámetros y espesores según Norma ISO 65.

DESCRIPCIÓN :

Tubos fabricados con acero al carbono, utilizando el sistema de soldadura por resistencia eléctrica por inducción de alta frecuencia longitudinal (ERW).

PRESENTACIÓN:

Longitud : 6.40 metros
Otras longitudes a pedido.
Acabado de extremos : Refrentado (plano), limpio de rebordes.
Roscado (según norma ANSI B1.20.1)
Recubrimiento : Negro
Galvanizado (según norma ISO 1461)
Aceitado *
Desengrasado *

USOS:

Conducción de agua, gas, vapor, petróleo, aire presurizado y fluidos no corrosivos.

TOLERANCIAS DIMENSIONALES :

Espesor mínimo :

Serie S, Serie M y Serie H : -12.5 % del espesor nominal.

Serie L : -8 % del espesor nominal.

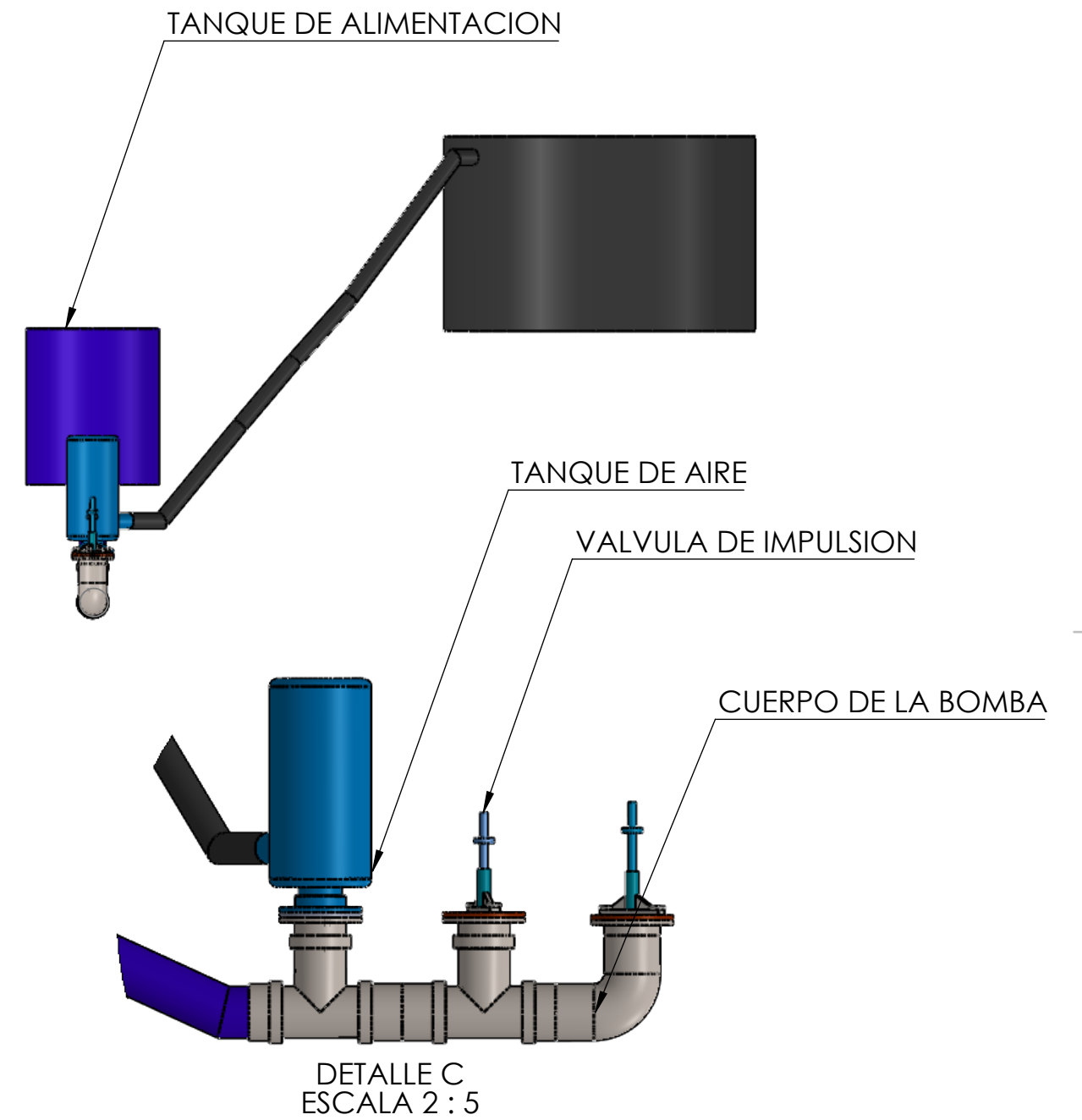
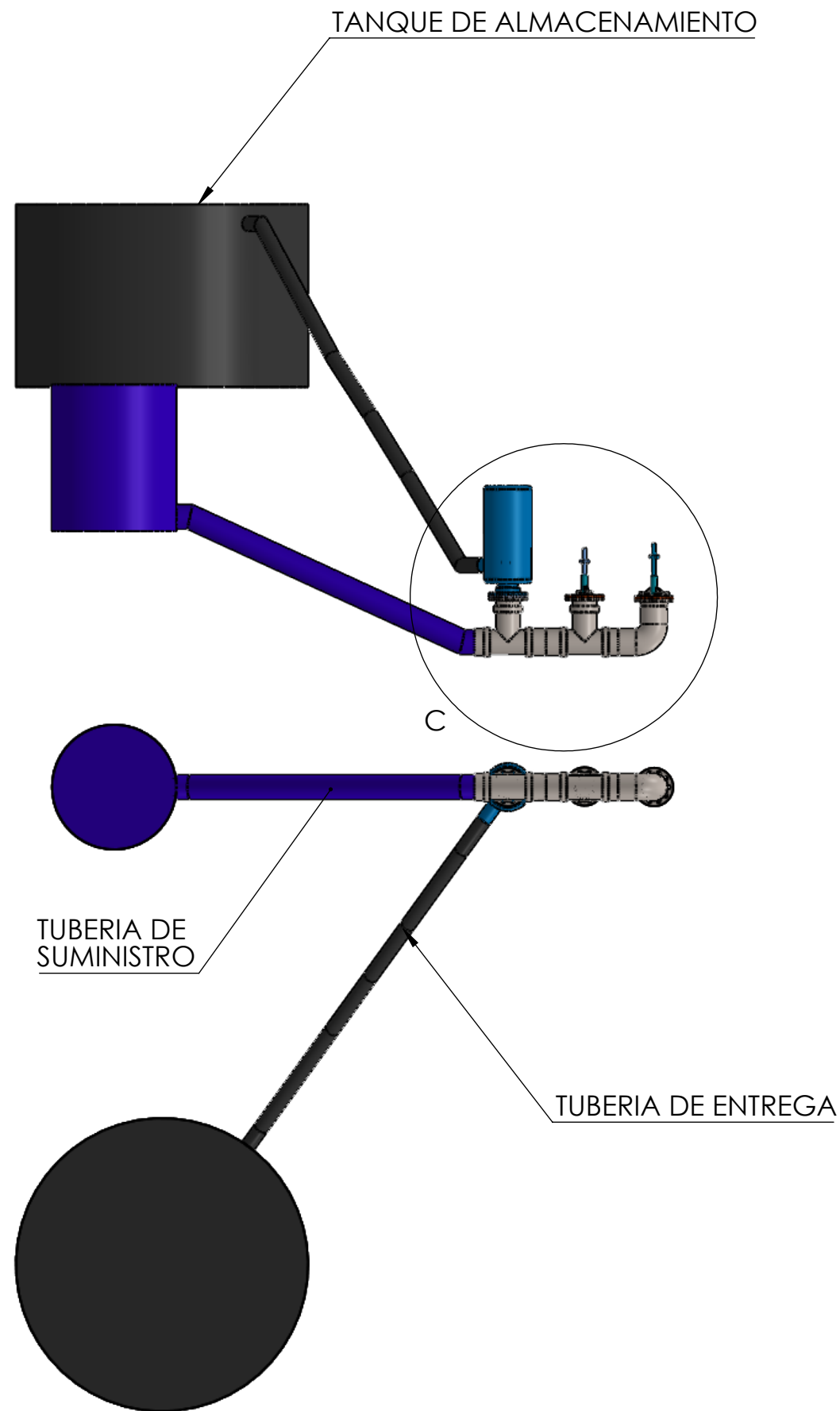
PROPIEDADES MECÁNICAS:

Resistencia a la Tracción = 320 - 520 Min. N/mm²
Elongación mínima = 15%

PRUEBA HIDROSTÁTICA :

A 700 PSI

* Fabricación bajo pedido.



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:				ACABADO: ACABADO MULTIPLE				REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS				NO CAMBIE LA ESCALA				REVISIÓN							
												BOMBA DE ARIETE											
												ENSAMBLE											
												01											
												A3											
												HOJA 1 DE 1											

	NOMBRE		FIRMA		FECHA						TÍTULO:										
DIBUJ.	K.SANCHEZ.P				02/01/20																
VERIF.	H.OLIDEN				10/01/20																
APROB.	H.OLIDEN				10/01/20																
FABR.																					
CALID.																					
										MATERIAL:				N.º DE DIBUJO							
										MULTIPLES MATERIALES											
										PESO:				ESCALA:1:10				HOJA 1 DE 1			

4				3				2				1																																																							
F																																																																			
E																																																																			
D																																																																			
C																																																																			
B																																																																			
A																																																																			
<p>SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:</p>								<p>ACABADO: LIZO SIN REVABAS</p>				<p>REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS</p>				<p>NO CAMBIE LA ESCALA</p>				<p>REVISIÓN</p>																																															
								<p>BOMBA DE GOLPE DE ARIETE</p>																																																											
<table><tr><td></td><td>NOMBRE</td><td>FIRMA</td><td>FECHA</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>DIBUJ.</td><td>K.SANCHEZ.P</td><td></td><td>2/01/20</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>VERIF.</td><td>H.OLIDEN</td><td></td><td>10/01/20</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>APROB.</td><td>H.OLIDEN</td><td></td><td>10/01/20</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>FABR.</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>CALID.</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>									NOMBRE	FIRMA	FECHA					DIBUJ.	K.SANCHEZ.P		2/01/20					VERIF.	H.OLIDEN		10/01/20					APROB.	H.OLIDEN		10/01/20					FABR.								CALID.												<p>TÍTULO:</p> <p>CUERPO DE LA BOMBADE ARIETE</p>							
	NOMBRE	FIRMA	FECHA																																																																
DIBUJ.	K.SANCHEZ.P		2/01/20																																																																
VERIF.	H.OLIDEN		10/01/20																																																																
APROB.	H.OLIDEN		10/01/20																																																																
FABR.																																																																			
CALID.																																																																			
								<p>MATERIAL:</p> <p>FIERRO GALVANIZADO</p>				<p>N.º DE DIBUJO</p> <p>02</p>				<p>A4</p>																																																			
								<p>PESO:</p>				<p>ESCALA:1:2</p>				<p>HOJA 1 DE 1</p>																																																			
4				3				2				1																																																							

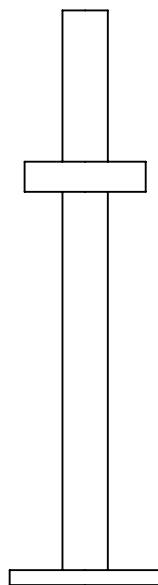
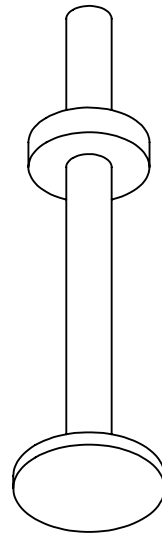
4				3				2				1																											
F												F																											
E												E																											
D												D																											
C												C																											
B												B																											
A												A																											
<div>SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:</div>								<div>ACABADO: ACABADO PULIDO</div>								<div>REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS</div>								<div>NO CAMBIE LA ESCALA</div>								<div>REVISIÓN</div>							
																<div>BOMBA DE ARIETE</div>																							
																<div>TÍTULO: TANQUE</div>																							
																<div>N.º DE DIBUJO</div>																<div>A4</div>							
																<div>03</div>																							
																<div>ESCALA:1:1</div>																<div>HOJA 1 DE 1</div>							
4				3				2				1																											

SALIDA DE AGUA

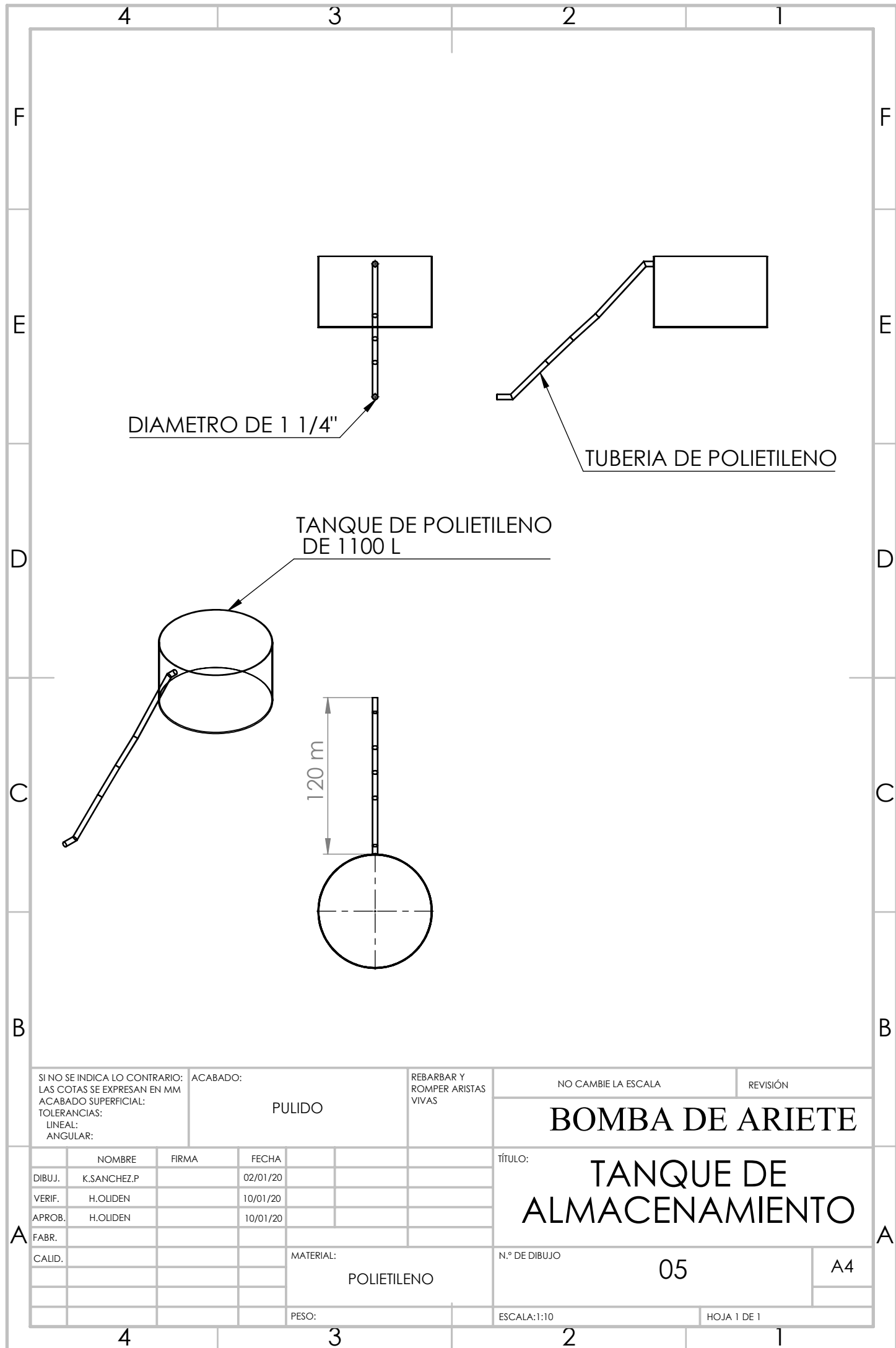
ORIFICIO DE SALIDA

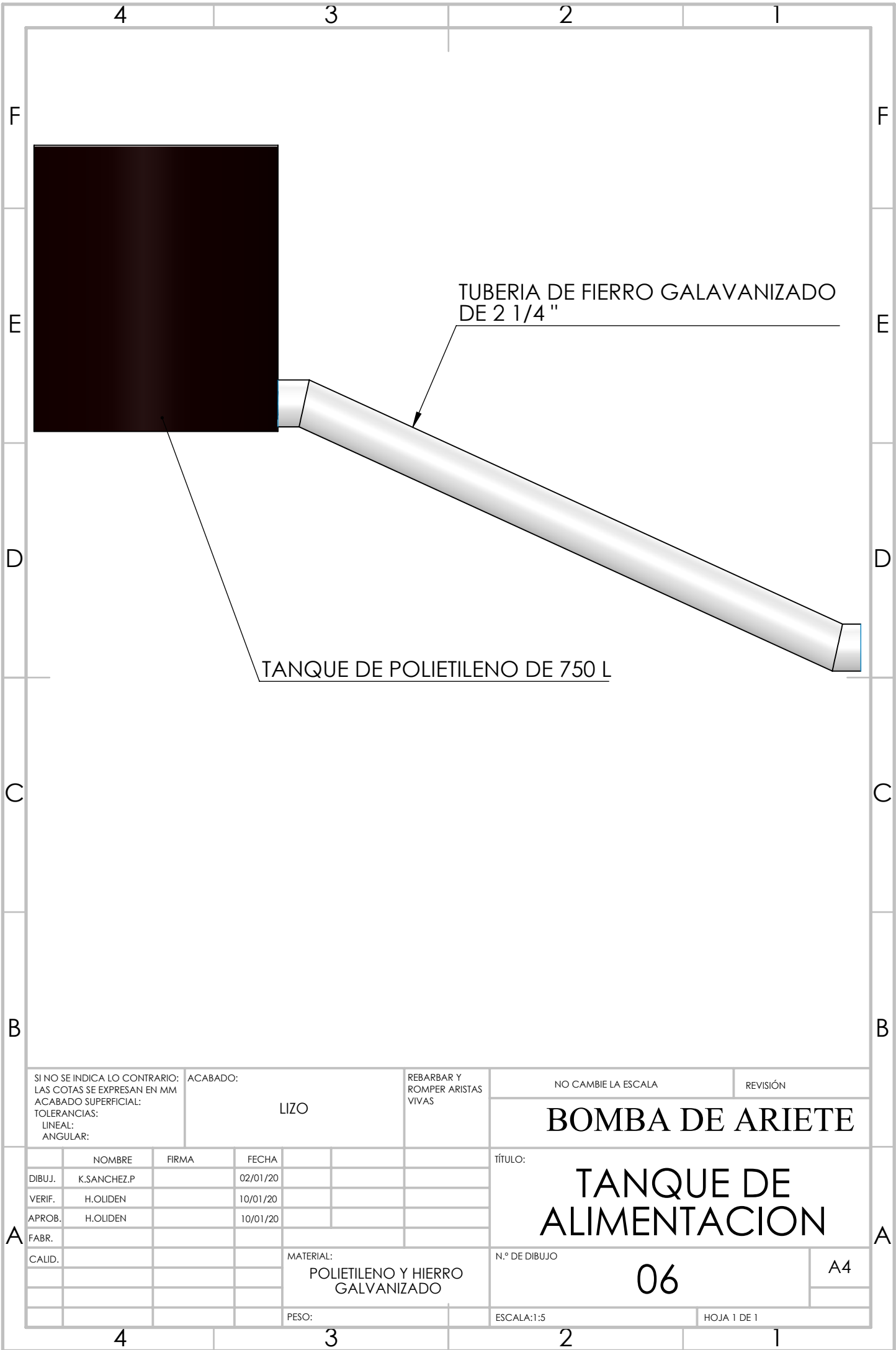
Ø 1 1/4"

BASE PARA SUJECION



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:			ACABADO: ACABADO CON LIMA		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN		
							BOMBA DE ARIETE				
							TÍTULO: CONTRAPESO DE VALVULA				
DIBUJ.	NOMBRE		FIRMA		FECHA						
VERIF.	H.OUIDEN				10/01/20						
APROB.	H.OUIDEN				10/01/20						
FABR.											
CALID.							MATERIAL:		N.º DE DIBUJO		
							04		A4		
PESO:					ESCALA:2:1			HOJA 1 DE 1			





SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:				ACABADO: LIZO			REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN	
BOMBA DE ARIETE												
TÍTULO: TANQUE DE ALIMENTACION												
N.º DE DIBUJO 06												
A4												
ESCALA:1:5												
HOJA 1 DE 1												