



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

“EFICIENCIA DE UN SISTEMA DE SUMINISTRO DE AGUA POR IMPULSIÓN UTILIZANDO BOMBAS DE ARIETE HIDRÁULICO CON VÁLVULAS EN SERIE Y EN PARALELO”.

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autores:

Malca Abanto, Julio Rogelio
Quiroz Gamboa, Raider Aristedes

Asesor:

Ing. Vásquez Ramírez, Luis

Cajamarca – Perú

2016

APROBACIÓN DE LA TESIS

El asesor y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** la tesis desarrollada por los Bachilleres **Julio Rogelio Malca Abanto** y **Raider Aristedes Quiroz Gamboa**, denominada:

**“EFICIENCIA DE UN SISTEMA DE SUMINISTRO DE AGUA POR IMPULSIÓN
UTILIZANDO BOMBAS DE ARIETE HIDRÁULICO CON VÁLVULAS EN SERIE
Y EN PARALELO”**

Ing. Luis Vásquez Ramírez
ASESOR

Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga
**JURADO
PRESIDENTE**

Ing. Irene Ravines Azañero
JURADO

Ing. Alejandro Cubas Becerra
JURADO

DEDICATORIA

Dedico esta tesis principalmente al niño Jesús y a nuestro Dios, por haberme dado salud y fuerzas en el transcurso de mi vida y por haber estado presente todos estos años, a mis padres: Dorister Luz Gamboa Mariñas y Nilton Raider Quiroz Angulo, por darme su apoyo incondicional y la oportunidad de estudiar esta gran carrera, a mis tíos: Rosmary Gamboa Mariñas y Edwin Rolando Gamboa Mariñas, por sus esfuerzos orientados a mi educación, a mi madrina Valieth Urteaga por sus sabios consejos y buenas enseñanzas, a mi abuela: Flor Mariñas Raico, por haberme inculcado y educado con valores y mostrarme el camino de la vida, a Mayra Daniela Vargas Yañez, quien es el amor de mi vida y a quien le debo hermosos momentos y por haber estado siempre a mi lado en las buenas y en las malas, a mis amigos quienes aportaron en la realización de la presente.

Raider Aristedes Quiroz Gamboa

A mis padres Julio César Malca Salazar, y María Abanto Silva, por haberme educado con valores y por su apoyo incondicional para poder llegar a ser un profesional de bien.

A mi madrina Socorro Briones, quien me guió por el camino correcto, y siempre estuvo apoyándome.

A Dánery Vílchez y su bella familia, a quienes les debo mucho por su gran paciencia y comprensión.

A mi adorado hijo Carlos Malca, que es lo mejor y más valioso que Dios me ha dado.

Y por último a mis amigos

Julio Rogelio Malca Abanto

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por acompañarme todos estos años de vida y darme la fortaleza para enfrentar los problemas.

A mis familiares cercanos por su infinito apoyo, comprensión y consejos brindados.

Al Ing. Luis Vásquez Ramírez, asesor de tesis, por su valiosa colaboración brindada para la elaboración del presente, y por ser siempre una persona recta y admirable.

Al Ing. Orlando Aguilar Aliaga por su apoyo incondicional, por su amistad y por los conocimientos compartidos en los últimos años de mi formación profesional.

Raider Aristedes Quiroz Gamboa

A mis padres, por haber sido mis consejeros y amigos durante mi vida.

Al Ing Luis Vásquez Ramírez, Ing Orlando Aguilar Aliaga, Ing. Edwar Julcamoro, Ing. Hugo Miranda, y a todos los docentes que me compartieron desinteresadamente sus conocimientos para lograr formar en mi un profesional de nivel y exitoso.

A todos mis familiares y amigos que siempre estuvieron presentes.

Julio Rogelio Malca Abanto

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CONTENIDO

APROBACIÓN DE LA TESIS	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	v
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....	13
1.1. Realidad problemática	13
1.2. Formulación del problema.....	14
1.3. Justificación.....	14
1.4. Objetivos	14
1.4.1. <i>Objetivo general</i>	14
1.4.2. <i>Objetivos específicos</i>	14
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO	16
2.1. Antecedentes	16
2.2. Bases teóricas.....	16
2.1.1. <i>Golpe de ariete</i>	17
2.2.1. <i>Elementos y componentes del ariete hidráulico</i>	27
2.2.1.1. <i>Cuerpo del ariete hidráulico</i>	27
2.2.1.2. <i>Tipos de válvula de impulso</i>	27
2.2.1.3. <i>Tipos de válvula de entrega</i>	31
2.2.1.4. <i>Cámara de aire o campana</i>	35
2.2.2. <i>Parámetros de diseño para bombas de ariete</i>	36
2.2.2.1. <i>Locación de la bomba</i>	36
2.2.2.2. <i>Altura de entrega</i>	36
2.2.2.3. <i>Altura de suministro</i>	36
2.2.2.4. <i>Tubería de suministro</i>	36
2.2.2.5. <i>Tubería de entrega</i>	37
2.2.2.6. <i>Caudal de entrega</i>	38
2.2.2.7. <i>Velocidad de cierre de la válvula de impulso</i>	38
2.2.2.8. <i>Coeficiente de descarga</i>	39
2.2.2.9. <i>Caudal libre</i> 39	

2.2.2.10. Pérdidas mayores.....	40
2.2.2.11. Pérdidas menores.....	40
2.2.2.12. Factor de fricción	41
2.2.2.13. Número de Reynolds	41
2.2.2.14. Rugosidad relativa	42
2.2.2.15. Caudal de suministro.....	42
2.2.2.16. Eficiencia.....	43
2.2.2.17. Caudal desechado.....	43
2.2.2.18. Rendimiento volumétrico	44
2.2.2.19. Potencia de la bomba de ariete.....	44
2.2.2.20. Fuerza de arrastre para la válvula de impulso	45
2.2.2.21. Peso máximo para la válvula de impulso	45
2.3. Definición de términos básicos	46
2.3.1. Hidráulica:.....	46
2.3.2. Energía potencial:.....	46
2.3.3. Energía cinética:.....	46
2.3.4. Bomba hidráulica:.....	46
2.3.5. Bomba de ariete:	46
2.3.6. Flujo permanente:.....	47
2.3.7. Flujo no permanente:.....	47
2.3.8. Flujo compresible:.....	47
2.3.9. Flujo incompresible:.....	47
2.3.10. Caudal:	47
2.3.11. Caudal de suministro:.....	47
2.3.12. Caudal de entrega:	47
2.3.13. Altura de suministro:.....	48
2.3.14. Altura de entrega:	48
2.3.15. Eficiencia de bomba de ariete hidráulico:.....	48
2.4. Hipótesis	48
CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA.....	49
3.1. Operacionalización de variables	49
3.2. Diseño de investigación	50
3.3. Unidad de estudio	50
3.4. Población	50
3.5. Muestra	51
3.6. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos	51
3.7. Métodos, instrumentos y procedimientos de análisis de datos	60
CAPÍTULO 4. RESULTADOS	62
4.1. Confiabilidad de datos.....	62
4.1.1. Confiabilidad de datos para la eficiencia del sistema hidráulico con válvulas en serie.	62
4.1.2. Confiabilidad de datos para la eficiencia del sistema hidráulico con válvulas en paralelo.	64
4.2. Eficiencia del sistema hidráulico con válvulas en serie	66

4.2.1.	<i>Resultados de eficiencia del sistema hidráulico con dos válvulas en serie para un caudal de suministro de 4.52 l/s.</i>	66
4.2.2.	<i>Resultados de eficiencia del sistema hidráulico con dos válvulas en serie para un caudal de suministro de 4.11 l/s.</i>	67
4.2.3.	<i>Resultados de eficiencia del sistema hidráulico con dos válvulas en serie para un caudal de suministro de 3.67 l/s.</i>	69
4.3.	Eficiencia del sistema hidráulico con válvulas en paralelo	71
4.3.1.	<i>Resultados de eficiencia del sistema hidráulico con dos válvulas en paralelo para un caudal de suministro de 4.52 l/s.</i>	71
4.3.2.	<i>Resultados de eficiencia del sistema hidráulico con dos válvulas en paralelo para un caudal de suministro de 4.11 l/s.</i>	72
4.3.3.	<i>Resultados de eficiencia del sistema hidráulico con dos válvulas en paralelo para un caudal de suministro de 3.67 l/s.</i>	74
CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN		75
5.1.	Confiabilidad de datos	75
5.1.1.	<i>Confiabilidad de datos para la eficiencia del sistema hidráulico con dos válvulas en serie</i>	75
5.1.2.	<i>Confiabilidad de datos para la eficiencia del sistema hidráulico con dos válvulas en paralelo</i>	76
5.2.	Comparación de eficiencia para diferentes caudales de suministro del sistema hidráulico con dos válvulas en serie	77
5.3.	Comparación de eficiencia para diferentes caudales de suministro del sistema hidráulico con dos válvulas en paralelo	80
5.4.	Comparación de eficiencia para diferentes caudales de suministro del sistema hidráulico con dos válvulas en serie y en paralelo	83
CONCLUSIONES		85
RECOMENDACIONES		86
REFERENCIAS		87
ANEXOS		88

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Matriz de Operacionalización de variables independientes de la investigación.	49
Tabla N° 2: Matriz de Operacionalización de variable dependiente de la investigación.	50
Tabla N° 3: Elementos que conforman el banco de pruebas	52
Tabla N° 4: Interpretación del coeficiente de confiabilidad.	61
Tabla N° 5: Definición de variables en el SPSS v20 para el sistema hidráulico en serie.	62
Tabla N° 6: Introducción de los valores obtenidos en laboratorio para el sistema hidráulico con válvulas en serie.	62
Tabla N° 7: Resultado del nivel de confiabilidad de los valores obtenidos en laboratorio para el sistema hidráulico con válvulas en serie.	63
Tabla N° 8: Definición de variables en el SPSS v20 para el sistema hidráulico en paralelo.	64
Tabla N° 9: Introducción de los valores obtenidos en laboratorio para el sistema hidráulico con válvulas en paralelo.	64
Tabla N° 10: Resultado del nivel de confiabilidad de los valores obtenidos en laboratorio para el sistema hidráulico con válvulas en paralelo.	65
Tabla N° 11: Eficiencia para el sistema hidráulico con dos válvulas en serie para un caudal de suministro de 4.52 l/s.	66
Tabla N° 12: Eficiencia para el sistema hidráulico con dos válvulas en serie para un caudal de suministro de 4.11 l/s.	68
Tabla N° 13: Eficiencia para el sistema hidráulico con dos válvulas en serie para un caudal de suministro de 3.67 l/s.	69
Tabla N° 14: Eficiencia para el sistema hidráulico con dos válvulas en paralelo para un caudal de suministro de 4.52 l/s.	71
Tabla N° 15: Eficiencia para el sistema hidráulico con dos válvulas en paralelo para un caudal de suministro de 4.11 l/s.	73
Tabla N° 16: Eficiencia para el sistema hidráulico con dos válvulas en paralelo para un caudal de suministro de 3.67 l/s.	74
Tabla N° 17: Confiabilidad de datos para el sistema hidráulico con dos válvulas en serie	75
Tabla N° 18: Confiabilidad de datos para el sistema hidráulico con dos válvulas en paralelo	76
Tabla N° 19: Comparación de eficiencia para diferentes caudales de suministro del sistema hidráulico con dos válvulas en serie y en paralelo.	83

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Onda de presión en el cierre instantáneo de una válvula.	18
Figura N° 2: Tubería sin perturbaciones.	19
Figura N° 3: Cierre instantáneo de la válvula.....	19
Figura N° 4: Propagación de la onda de presión.	20
Figura N° 5: Llegada de la sobrepresión al embalse.	20
Figura N° 6: Tubería con la parte izquierda contraída.	20
Figura N° 7: Diámetro de la tubería normal.	21
Figura N° 8: Depresión en la mitad de la tubería.	21
Figura N° 9: Depresión en toda la tubería.....	22
Figura N° 10: Tubería con la parte izquierda en movimiento.....	22
Figura N° 11: Diámetro de la tubería normal.	22
Figura N° 12: Bomba de ariete hidráulico palacio Taj Mahal.....	25
Figura N° 13: Componentes de la bomba de ariete.....	26
Figura N° 14: Válvula con resorte de platina.....	28
Figura N° 15: Válvula con plato perforado.	28
Figura N° 16: Válvula con resorte.	29
Figura N° 17: Válvula con pesas encima.	30
Figura N° 18: Válvula con pesas abajo.	30
Figura N° 19: Válvula de impulsión tipo válvula Check con pesas en la parte superior.....	31
Figura N° 20: Válvula de solapa.....	32
Figura N° 21: Válvula tipo cabezal.	33
Figura N° 22: Válvula de bisagra.	33
Figura N° 23: Válvula de disco suelto.	34
Figura N° 24: Válvula de tapón.	34
Figura N° 25: Válvula de tipo Check.	35
Figura N° 26: Esquema de funcionamiento respecto a diferentes caudales.	44
Figura N° 27: Eficiencia del sistema hidráulico con dos válvulas en serie para un caudal de suministro de 4.52 l/s.	67
Figura N° 28: Eficiencia del sistema hidráulico con dos válvulas en serie para un caudal de suministro de 4.11 l/s.	68
Figura N° 29: Eficiencia del sistema hidráulico con dos válvulas en serie para un caudal de suministro de 3.67 l/s.	70
Figura N° 30: Eficiencia del sistema hidráulico con dos válvulas en paralelo para un caudal de suministro de 4.52 l/s.	72
Figura N° 31: Eficiencia del sistema hidráulico con dos válvulas en paralelo para un caudal de suministro de 4.11 l/s.	73

Figura N° 32: Eficiencia del sistema hidráulico con dos válvulas en paralelo para un caudal de suministro de 3.67 l/s.	74
Figura N° 33: Comparación entre caudal de entrega y altura de entrega para diferentes caudales de suministro del sistema hidráulico con dos válvulas en serie.....	77
Figura N° 34: Comparación entre caudal de entrega y eficiencia para diferentes caudales de suministro del sistema hidráulico con dos válvulas en serie.....	78
Figura N° 35: Comparación de eficiencia y caudal de entrega para diferentes caudales de suministro del sistema hidráulico con dos válvulas en serie.....	79
Figura N° 36: Comparación entre caudal de entrega y altura de entrega para diferentes caudales de suministro del sistema hidráulico con dos válvulas en paralelo.....	80
Figura N° 37: Comparación entre caudal de entrega y eficiencia para diferentes caudales de suministro del sistema hidráulico con dos válvulas en paralelo.....	81
Figura N° 38: Comparación de eficiencia y caudal de entrega para diferentes caudales de suministro del sistema hidráulico con dos válvulas en paralelo.....	82
Figura N° 39: Comparación de eficiencia y caudal de entrega para diferentes caudales de suministro del sistema hidráulico con dos válvulas en serie y en paralelo.....	84

RESUMEN

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.

ABSTRACT

This thesis determined experimentally, through laboratory testing, the efficiency of an impulsion water supply system using a hydraulic ram pump with two valves working in series, for a first scenario, and with two valves working in parallel for a second scenario. Obtaining results that allowed us to make a comparative evaluation between these two hydraulic systems.

For carrying out the tests, two banks of samples were built. The first one consisting of a hydraulic system working with valves in series and the second one working with valves in parallel, both corresponding to a hydraulic ram pump of two inches in diameter, with the majority of its accessories composed of galvanized iron. The two Banks were tested in the hydraulics laboratory of the Universidad Privada del Norte- Cajamarca, where all the research data was collected; however, afterwards they were taken to the field, precisely, to the viaduct located in the city of Baños del Inca - Cajamarca - Cajamarca, the optimum performance of both hydraulic systems was corroborated.

In laboratory 09 tests for each hydraulic system were performed, in which a constant supply height remained and three heights of deliveries were defined, for three types of flow rates. Afterwards, nine flow delivery rates were determined by the volumetric method and finally with this parameter the efficiency of each hydraulic system was determined. For data reliability, the split halves method was used, resulting in a high range within 90% to 100%, for the data efficiency of the hydraulic systems.

Upon completion of data collection in the laboratory we proceeded to the collection and analysis of results, concluding that the system of water supply drive using a hydraulic ram pump with two valves working in series, is more efficient than the hydraulic working with two valves in parallel, by 112% from their peak efficiencies obtained.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

El agua es considerada una fuente de vida indispensable para la subsistencia de distintas especies animales y vegetales, la podemos encontrar en distintos lugares visibles, como nubes, ríos, en la nieve y en el mar; así también, está en donde no la podemos ver como en el aire, en nuestro organismo, en los alimentos, y bajo la tierra como agua subterránea (Rivadeneira, 2013).

A través del tiempo la humanidad ha desarrollado diversas técnicas de transporte para este líquido elemento. Ahora las más comunes son a través de canales y tuberías, pero estos sistemas aplican siempre y cuando tengamos las diferencias de niveles necesarias para poder llevar agua desde un lugar a otro (JohnBlake, 1975).

Cuando los niveles no son favorables para transportar agua por gravedad es cuando se presenta la necesidad de un sistema de bombeo los cuales en su mayoría operan con combustibles fósiles o energía eléctrica, por lo que se hacen costosos en su operación y mantenimiento, aparte de tener un alto valor adquisitivo; todo esto hace que la población de las zonas rurales más pobres no tengan acceso a estos sistemas, generando que los pobladores tengan que transportar el agua manualmente desde las fuentes de abastecimiento hasta sus viviendas o terrenos de cultivo (Mataix, 1986).

Ante tales restricciones económicas y ante la necesidad de agua para la subsistencia es indispensable determinar la funcionalidad de sistemas de suministro donde la impulsión del agua se realice por medio de una bomba que sea eficiente, accesible, ecológica y de bajo costo, tanto como de construcción, operación y mantenimiento (Rivadeneira, 2013).

La máxima eficiencia obtenida para el sistema en serie fue de 3.80%, mientras que para el sistema en paralelo, bajo los mismos parámetros de ensayo, fue de 3.38%, siendo el sistema en serie 112% más eficiente que en paralelo.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es la eficiencia de un sistema de suministro de agua por impulsión utilizando una bomba de ariete hidráulico con dos válvulas en serie y en paralelo?

1.3. Justificación

Las bombas actualmente utilizadas para impulsar agua, funcionan principalmente con electricidad o combustibles, el uso indiscriminado de los distintos tipos de combustibles ha ocasionado que las emisiones de CO₂ se incrementen descontroladamente, generando grandes daños al medio ambiente y ecosistemas; por otro lado, siendo el Perú un país en desarrollo, encontramos muchas zonas rurales sin abastecimiento de energía eléctrica ante lo cual se les hace imposible utilizar este tipo de bombas. Estas son algunas de las principales razones por la cual requerimos de alternativas eficaces que permitan cubrir la amplia demanda energética con fuentes alternas de energía que sean ecológicamente sostenibles y viables.

En la presente investigación utilizaremos el recurso hídrico y las diferencias geográficas de niveles, mediante las cuales podremos bombear agua a niveles superiores para su almacenamiento en reservorios o tanques, y posteriormente ser utilizada para el consumo humano o regadío, mejorando así la calidad de vida de la población beneficiaria. Para lo cual analizaremos el tipo de bomba de ariete más eficiente, esperando obtener resultados precisos y fiables.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Comparar la eficiencia de un sistema de suministro de agua por impulsión utilizando una bomba de ariete hidráulico con válvulas en serie y en paralelo.

1.4.2. Objetivos específicos

- ✓ Determinar la relación entre caudal de suministro y caudal de entrega para el sistema de suministro de agua por impulsión utilizando una bomba de ariete hidráulico trabajando con dos válvulas en serie y en paralelo.

- ✓ Determinar la relación entre altura de entrega y caudal de entrega para el sistema de suministro de agua por impulsión utilizando una bomba de ariete hidráulico trabajando con dos válvulas en serie y en paralelo.
- ✓ Determinar la relación entre altura de entrega y eficiencia para el sistema de suministro de agua por impulsión utilizando una bomba de ariete hidráulico trabajando con dos válvulas en serie y en paralelo.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Carlos Andrés Sierra Gallo, 2012, México, en la tesis “Análisis del ariete hidráulico para diferentes configuraciones” demuestra la influencia de algunos parámetros presentes en el funcionamiento del ariete hidráulico para obtener un mejor rendimiento y aprovechar al máximo su capacidad como sistema de bombeo y aplicación de energía alternativa.

María Magdalena Paredes Godoy, 2012, Ecuador, en la tesis “Diseño e instalación de un sistema de bombeo mediante ariete hidráulico en la comunidad de Airón Cebadas” realiza la investigación con la finalidad de abastecer de agua a la comunidad de Airón Cruz Alto, demostrando el funcionamiento del sistema de bombeo, el cual no requiere de ningún tipo de combustible ni energía eléctrica, finalmente se utilizó el sistema hidráulico para riego por aspersión y se demostró la mejora en el nivel de vida de los moradores, ya que ahora aprovechan terrenos que antes no utilizaban por falta de agua.

Luis Fernando Silva Espinoza, 2013, en su tesis “Diseño y construcción de una bomba de ariete hidráulico con el desarrollo de un software para su dimensionamiento” demuestra el funcionamiento de las bombas de ariete para el abastecimiento de agua, elevando agua a niveles mucho mayores con respecto a la fuente de agua, y detalla la historia y procedencia de este sistema de bombeo.

En general, conoceremos el funcionamiento de una bomba de ariete hidráulico operando con dos válvulas en serie y en paralelo, lo cual nos permitirá determinar el sistema más eficiente.

2.2. Bases teóricas

Es necesario conocer todos los conceptos hidráulicos referentes al diseño y construcción de una bomba de ariete hidráulico, para poder tener una base de conocimientos firme, y así obtener resultados de investigación precisos y fiables (Rivadeneira, 2013).

2.1.1. Golpe de ariete

2.1.1.1. Principio del golpe de ariete

En la física el fenómeno de golpe de ariete ocurre cuando varía bruscamente la presión de un fluido dentro de una tubería, causado por el cierre inesperado o violento de una válvula; o por el arranque y parada brusca de una bomba hidráulica. Estas fluctuaciones en la presión ocasionan deformaciones en el líquido y en la tubería provocando la posible rotura de la tubería, siendo necesario que se diseñen los sistemas con este condicionante, que resulta de gran relevancia en muchos sistemas de agua (Rivadeneira, 2013).

Así mismo, durante estos cambios de presión el líquido fluye por la tubería a una determinada velocidad, que es la velocidad de la onda de choque.

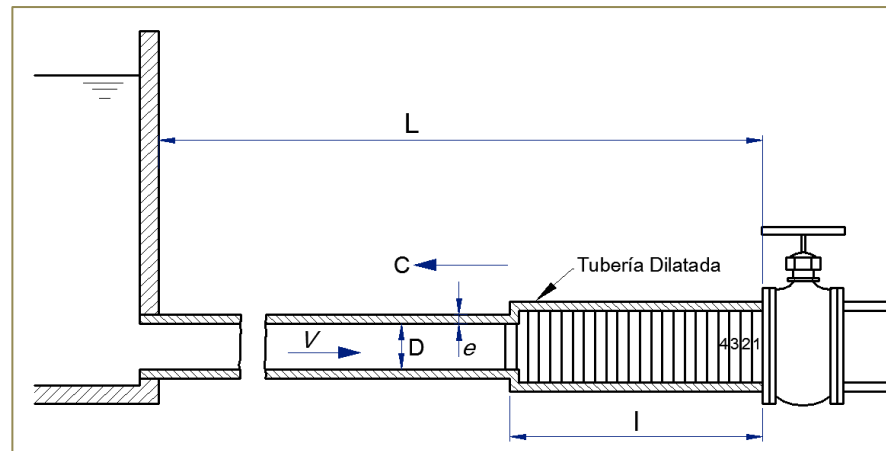
Si tomamos el enfoque del problema del ariete desde otra perspectiva, podemos aprovechar esta energía generada por tal fenómeno y convertirla en un beneficio, como es el caso de esta investigación donde utilizaremos esta energía para elevar agua a alturas mayores (Rivadeneira, 2013).

2.1.1.2. Descripción del fenómeno físico del golpe de Ariete

El golpe de ariete es un fenómeno transitorio y por ende de régimen variable, donde la tubería no es rígida y además el líquido es compresible. Se produce cuando cerramos bruscamente una válvula o cuando hacemos cambios bruscos de caudal (IDRC, 1986).

Esto genera una onda de presión la cual se mueve por la tubería a una velocidad independiente de la velocidad del fluido.

Figura N° 1: Onda de presión en el cierre instantáneo de una válvula.



Fuente: Mataix, 1986.

En donde, C es la velocidad de propagación de la onda y V la velocidad del fluido y cómo podemos observar en la Figura 1, tenemos una tubería de longitud (L), espesor (e) y diámetro interno (D) que tiene circulando agua de un reservorio hacia una válvula. Al cerrar violentamente la válvula se produce el golpe de ariete, lo cual genera que se llene y dilate la tubería pues al detener el agua la energía cinética se transforma en trabajo de compresión del fluido (Mataix, 1986).

2.1.1.3. Golpe de ariete como fenómeno físico

Es necesario asumir como inmediato el cierre de la válvula, ya que esta presunción inicial de cierre instantáneo ayuda a comprender mejor el estudio de casos reales (Rivadeneira, 2013).

Al cerrarse instantáneamente la válvula, se produce una sobrepresión aguas arriba, que se desplaza por la tubería a una velocidad determinada y con dirección contraria a la velocidad del fluido en un primer instante, y sucede que en las zonas por donde pasa la onda, el flujo se detiene y se comprime, y la tubería se dilata o expande. Esta onda viaja de la válvula al reservorio, vuelve a la válvula y nuevamente al reservorio creando ciclos donde se producen sobrepresiones y dilatación en la tubería (IDRC, 1986).

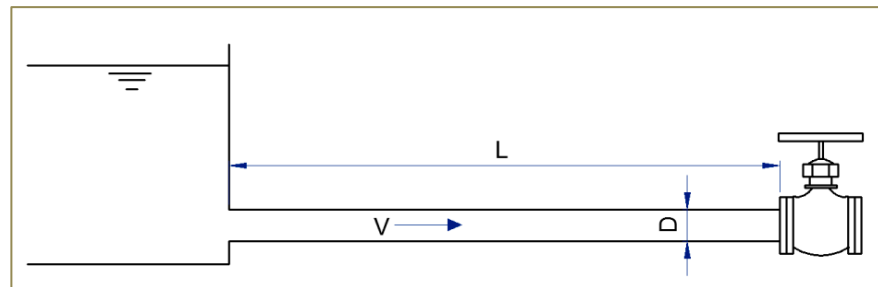
El tiempo en que recorre la distancia entre la válvula y el reservorio es:

$$t_o = \frac{L}{c} \quad (\text{Ec. 01})$$

Si Consideramos una serie de acontecimientos en la tubería se tiene lo siguiente:

No hay perturbación. Régimen permanente. El líquido en la tubería se desplaza con velocidad del embalse a la válvula (Mataix, 1986).

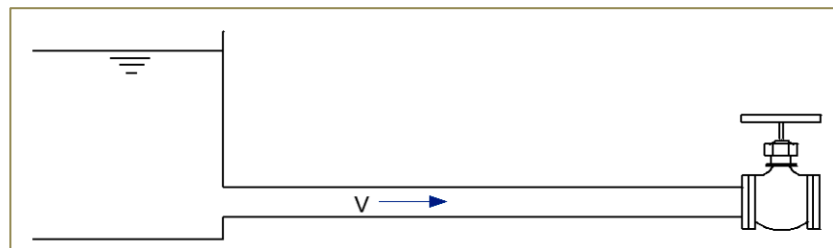
Figura N° 2: Tubería sin perturbaciones.



Fuente: Mataix, 1986.

Tiempo 0. La válvula se cierra instantáneamente. La velocidad del líquido se anula a partir de la válvula (Mataix, 1986).

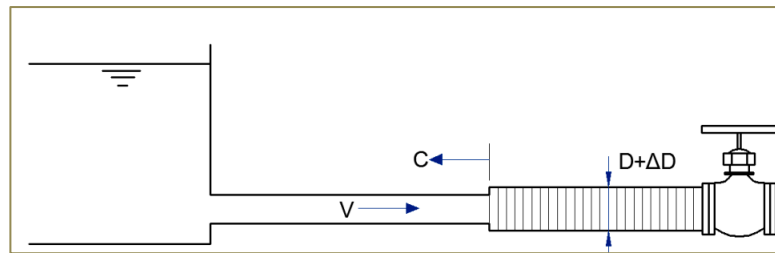
Figura N° 3: Cierre instantáneo de la válvula.



Fuente: Mataix, 1986.

Tiempo $\frac{t_o}{2} = \frac{1}{2} \frac{L}{c}$. La onda de presión se ha propagado hacia el embalse con celeridad C, la tubería se dilata por la sobrepresión (Mataix, 1986). Ver figura 4.

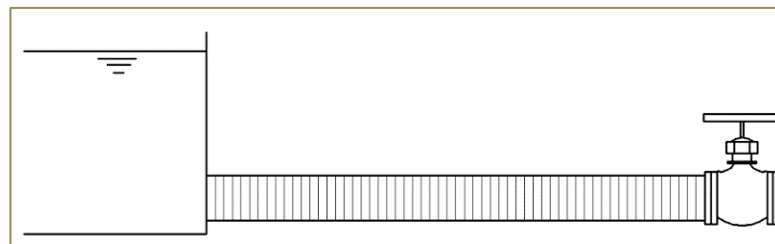
Figura N° 4: Propagación de la onda de presión.



Fuente: Mataix, 1986.

Tiempo $t_o = \frac{L}{c}$. Toda la tubería está dilatada (Mataix, 1986).

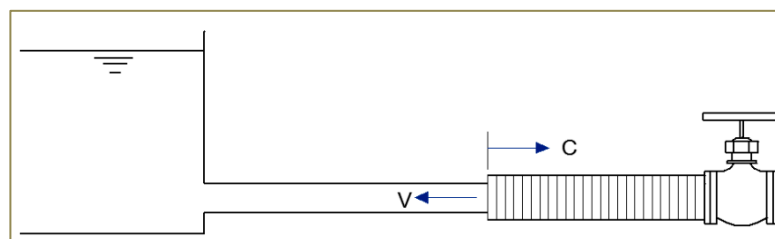
Figura N° 5: Llegada de la sobrepresión al embalse.



Fuente: Mataix, 1986.

Tiempo $\frac{3}{2}t_o = \frac{3L}{2c}$. La parte izquierda de la tubería se ha contraído a su diámetro normal. La onda sigue propagándose hacia la derecha con velocidad C. En la mitad izquierda de la tubería el fluido circula con la velocidad V (Mataix, 1986).

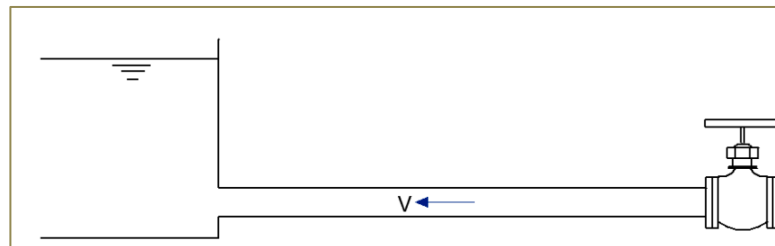
Figura N° 6: Tubería con la parte izquierda contraída.



Fuente: Mataix, 1986.

Tiempo $2t_o = \frac{2l}{c}$. No hay sobrepresión en ninguna parte de la tubería, pero por la inercia la presión continua disminuyendo, la onda elástica se sigue propagando, ahora con depresión desde la válvula hacia el embalse con la velocidad; el diámetro de la tubería ira disminuyendo por debajo de su diámetro normal (Mataix, 1986).

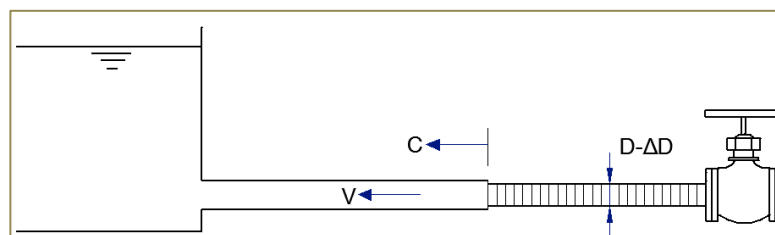
Figura N° 7: Diámetro de la tubería normal.



Fuente: Mataix, 1986.

Tiempo $\frac{5}{2}t_o = \frac{5L}{2c}$. La depresión ha alcanzado la mitad de la tubería. La mitad derecha de la tubería contiene agua en reposo y a una presión por debajo de la normal, el diámetro de la tubería en esta mitad es inferior al normal (Mataix, 1986).

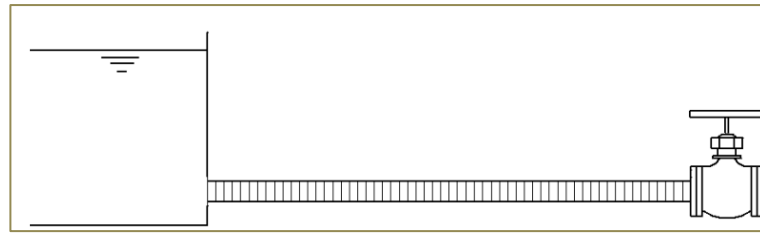
Figura N° 8: Depresión en la mitad de la tubería.



Fuente: Mataix, 1986.

Tiempo $3t_o = 3\frac{L}{c}$. El agua inicia su movimiento desde el embalse a la válvula con velocidad V , dirigida hacia la derecha. La depresión está presente en toda la tubería, el diámetro de la tubería es inferior al normal (Mataix, 1986).

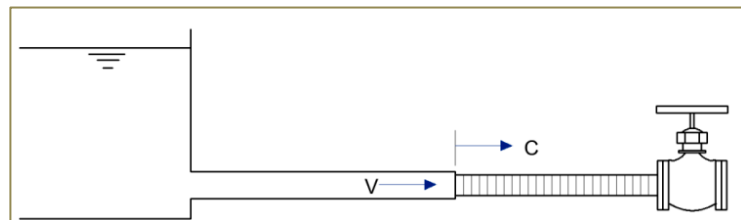
Figura N° 9: Depresión en toda la tubería.



Fuente: Mataix, 1986.

Tiempo $\frac{7}{2} t_o = \frac{7L}{2C}$. En la mitad izquierda de la tubería el fluido está en movimiento con velocidad hacia la válvula, la mitad derecha el líquido continúa en reposo y en depresión. El diámetro de la parte izquierda es normal. El diámetro de la mitad derecha es menor que el normal; y tienen el mismo sentido (Mataix, 1986).

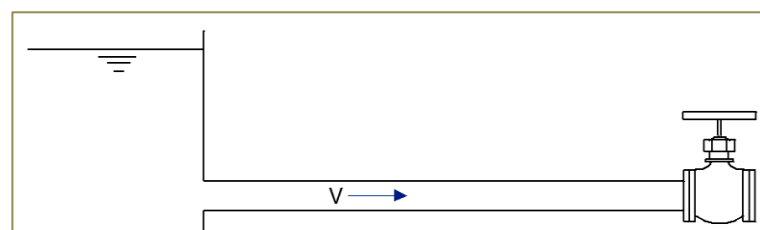
Figura N° 10: Tubería con la parte izquierda en movimiento.



Fuente: Mataix, 1986.

Tiempo $4t_o = 4\frac{L}{C}$. El diámetro de la tubería vuelve a la normalidad, todo el fluido se encuentra en movimiento con velocidad hacia la válvula (Mataix, 1986).

Figura N° 11: Diámetro de la tubería normal.



Fuente: Mataix, 1986.

Como se pudo apreciar, la deformación de la tubería y la viscosidad del líquido disipan la energía y las oscilaciones se amortiguan, hasta llegar al reposo (Mataix, 1986).

2.1.1.4. Velocidad de propagación de onda elástica

Denominaremos con la letra C la velocidad de propagación de la onda elástica en tuberías, esta magnitud está condicionada por las dimensiones de la tubería, su espesor y la densidad del fluido (IDRC, 1986).

Los cambios localizados que se producen en la presión y velocidad del flujo se propagan a lo largo de la tubería con una velocidad cercana a la velocidad del sonido, pero afectada por la elasticidad de la tubería (Mataix, 1986).

La velocidad de propagación de la onda de sobrepresión se puede calcular por medio de la fórmula de Allievi (1903) basada en la teoría elástica:

$$C = \sqrt{\frac{\frac{E_v}{\rho}}{1 + \left(\frac{E_v}{E}\right)\left(\frac{D}{e}\right)}} \quad (\text{Ec. 02})$$

Dónde:

C = Celeridad o velocidad de propagación de la onda de sobrepresión (m/s).

E_v = 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 de la pared del tubo (m).

2.1.1.5. Sobrepresión debido al cierre de una válvula

Como es de conocimiento general la presión es la magnitud que relaciona la fuerza con la superficie sobre la que actúa, es decir, equivale a la fuerza que actúa sobre la unidad de superficie (Rivadeneira, 2013).

En el caso de tuberías, la presión o la sobrepresión que se ejerce viene originado por un fenómeno particular denominado golpe de ariete, que se

origina debido a que el fluido es ligeramente elástico (aunque en diversas situaciones se puede considerar como un fluido no compresible). En consecuencia, cuando se cierra bruscamente una válvula o un grifo instalado en el extremo de una tubería de cierta longitud, las partículas de fluido que se han detenido son empujadas por las que vienen inmediatamente detrás y que siguen aún en movimiento. Esto origina una sobrepresión que se desplaza por la tubería a una velocidad que puede superar la velocidad del sonido en el fluido. Esta sobrepresión tiene dos efectos: comprime ligeramente el fluido, reduciendo su volumen, y dilata ligeramente la tubería. Cuando todo el fluido que circulaba en la tubería se ha detenido, cesa el impulso que la comprimía y por tanto, ésta tiende a expandirse. Por otro lado, la tubería que se había ensanchado ligeramente tiende a retomar su dimensión normal (Rivadeneira, 2013).

La sobrepresión debida al golpe de ariete es instantánea y está relacionada directamente con la velocidad del líquido, con la elasticidad del material de la tubería y con el tiempo en que se produce el paso de circulación del líquido (Jeffery, 1992).

Las ondas de presión pueden ser positivas (sobrepresiones) o negativas (depresiones). Las sobrepresiones originadas pueden aumentar la presión total interna hasta llegar a superar la presión máxima admisible, lo que puede ocasionar daños mecánicos graves a las tuberías y accesorios. Las ondas negativas pueden disminuir la presión total hasta generar cavitación, separación de la columna de líquido o el colapso de la tubería por efecto de la presión externa (Rivadeneira, 2013).

La fórmula expresada por Joukowski para calcular la sobrepresión es.

$$p = \rho * C * V \quad (\text{Ec. 03})$$

Dónde:

p = Sobrepresión máxima (MPa).

C = Celeridad de propagación de onda (m/s).

V = Velocidad del fluido (m/s).

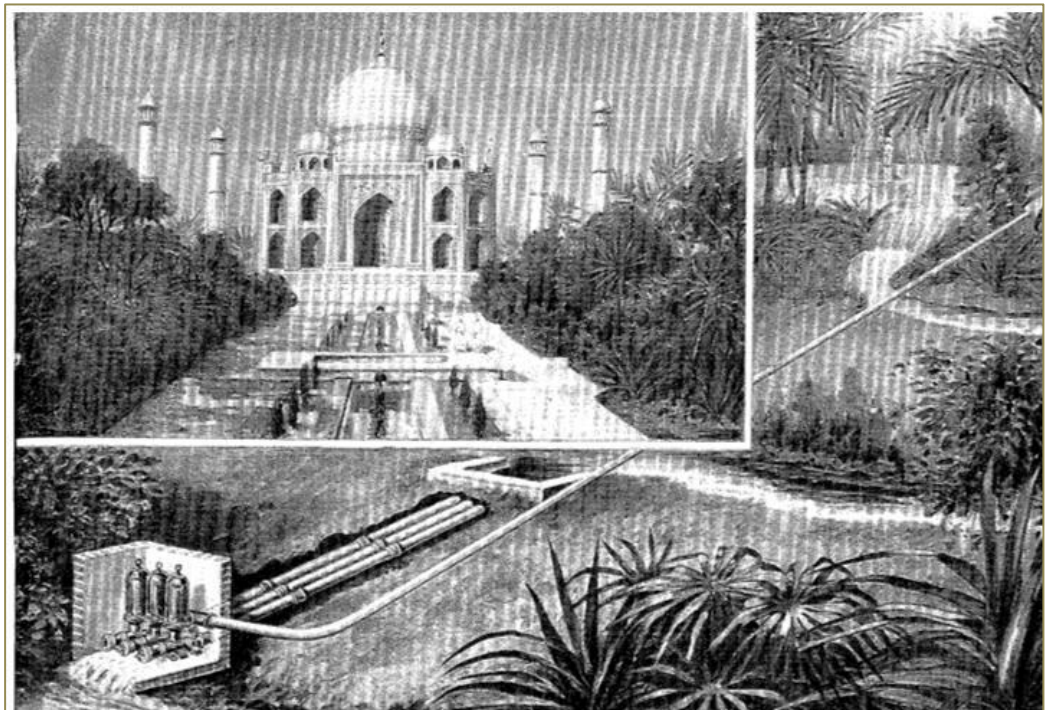
ρ = Densidad del agua (kg/m^3).

2.1.1.6. Reseña histórica de la Bomba de Ariete

Los orígenes de la bomba de ariete se remontan a la antigua Grecia, en el año 300 a.c. donde era un equipo bastante utilizado por no necesitar de combustible para su funcionamiento. También tenemos aplicaciones históricas de la bomba de ariete en distintos lugares del mundo (Jeffery, 1992).

Un ejemplo: Las bombas de ariete instaladas en la famosa fuente frente al Palacio de Taj Mahal, en India (Jeffery, 1992).

Figura N° 12: Bomba de ariete hidráulico palacio Taj Mahal.



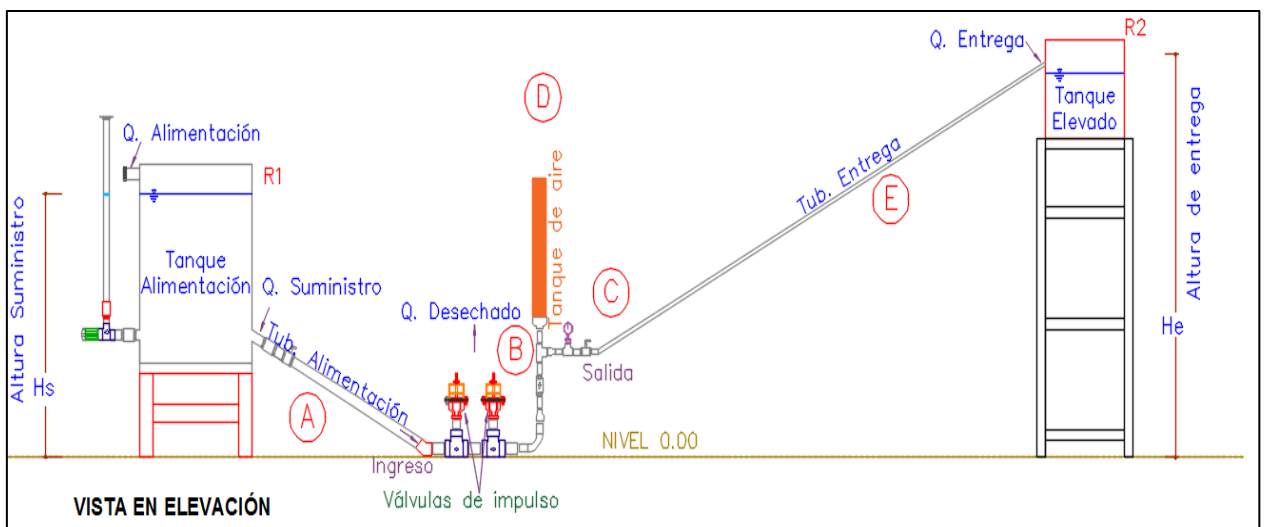
Fuente: John Blake, 1975.

2.2. Funcionamiento de las bombas de ariete

El funcionamiento de una bomba de ariete se basa en la conversión de la energía de velocidad del agua que fluye en energía de elevación. El agua fluye desde el reservorio a través del tubo de accionamiento (A) y escapa a través de la válvula de desagüe (B) hasta que se acumula la presión suficiente para cerrar la válvula de desagüe. Después, el agua surge a través de la válvula de descarga interior (C) en la cámara de aire (D), comprimiendo el aire atrapado en la cámara. Cuando el agua a presión alcanza el equilibrio con el aire atrapado, rebota, haciendo que la válvula de descarga (C) cierre. El agua a presión entonces se escapa de la cámara de aire a través de una válvula de retención y el tubo de descarga (E) a su destino. El cierre de la válvula de descarga (C) causa un ligero vacío, permitiendo que la válvula de desagüe (B) se abra iniciando así un nuevo ciclo (JohnBlake, 1975).

El ciclo se repite entre 20 y 100 veces por minuto, dependiendo de la velocidad de flujo. Si se instala correctamente, un ariete hidráulico operará en forma continua con un mínimo de atención, siempre que el suministro de agua que fluye sea continuo y el exceso de agua se derrame fuera de la bomba (JohnBlake, 1975).

Figura N° 13: Componentes de la bomba de ariete.



Fuente: Elaboración propia, 2016.

2.2.1. Elementos y componentes del ariete hidráulico

2.2.1.1. Cuerpo del ariete hidráulico

El cuerpo del Ariete es estructuralmente simple, constituido por una caja de válvulas la cual puede estar formada por una té y un codo, una unidad ensamblada cuyos elementos pueden estar unidos por pernos, tornillos, elementos roscados o mediante soldadura según los recursos, tecnificación y complejidad para la misma. Es la parte donde se produce la propagación de la onda de presión, donde se ubican la válvula de impulso y la válvula de entrega (JohnBlake, 1975).

2.2.1.2. Tipos de válvula de impulso

Esta válvula es una de las partes más sensibles e importantes de la bomba de ariete, la correcta selección y buen diseño de esta, garantizará la máxima eficiencia en el funcionamiento del dispositivo (IDRC, 1986).

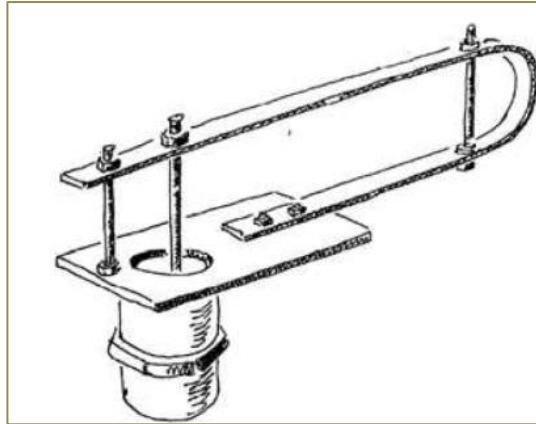
Constituye la parte móvil más importante y determinante en el funcionamiento del equipo. Es la encargada de producir el golpe de ariete debido al cierre brusco que se produce por el efecto del incremento de la velocidad del agua (IDRC, 1986).

Esta válvula permite regular la cantidad de agua que penetra en la cámara de aire, esto se logra al variar el número de golpes por minutos.

2.2.1.2.1. Válvula con resorte de platina

La válvula de platina es netamente artesanal consta de materiales de fácil adquisición como son tubos, planchas, platinas y pernos. Es de fácil construcción y se la puede fabricar en cualquier taller mecánico con un mínimo de herramientas (JohnBlake, 1975).

Figura N° 14: Válvula con resorte de platina.

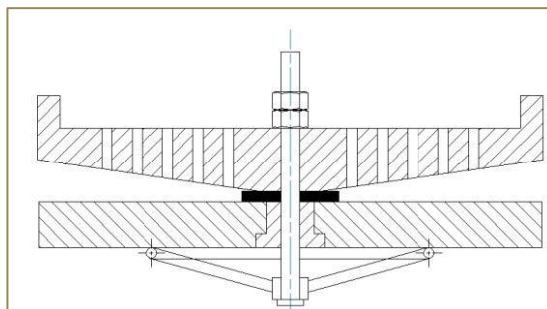


Fuente: John Blake, 1975.

2.2.1.2.2. Válvula con plato perforado

Esta válvula posee un plato perforado de geometría variable y compleja junto a un material que tiene una gran flexibilidad, resistencia al desgaste y alta tolerancia a la fatiga. Material con estas características es a la vez costoso y poco accesible en los países en desarrollo, su construcción es complicada y su vida útil es muy corta (IDRC, 1986).

Figura N° 15: Válvula con plato perforado.

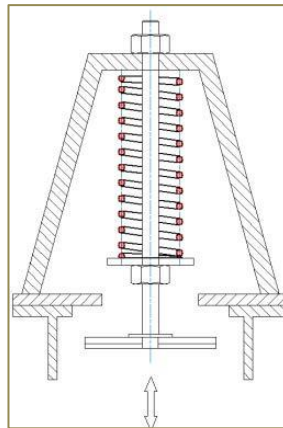


Fuente: IDRC, 1986.

2.2.1.2.3. Válvula regulada con resorte

Este diseño implica cálculos previos muy precisos y construcción de elementos exactos. El desplazamiento de la carrera de la válvula lo gobierna un resorte, la válvula puede estar dispuesta en forma vertical u horizontal (IDRC, 1986).

Figura N° 16: Válvula con resorte.

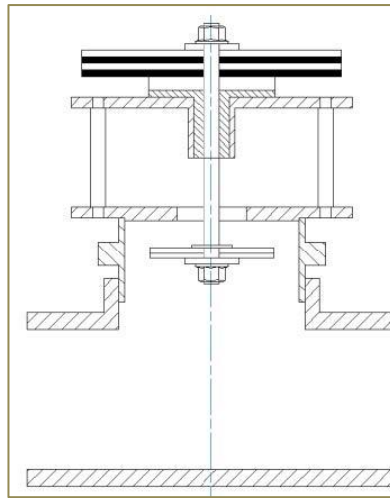


Fuente: IDRC, 1986.

2.2.1.2.4. Válvula con pesas encima

Este diseño tiene la ventaja de poder ajustar su carrera y su velocidad de cierre con la modificación de su conjunto de pesas, su construcción es robusta lo que garantiza una gran durabilidad para un ciclo de vida elevado. Como desventaja se tiene que este tipo de válvulas solo pueden trabajar en forma vertical para que las pesas actúen por la gravedad (IDRC, 1986).

Figura N° 17: Válvula con pesas encima.

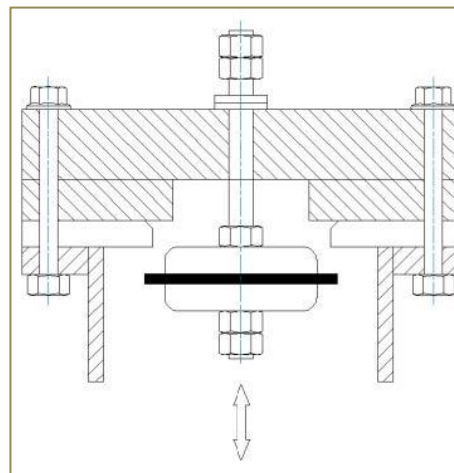


Fuente: IDRC, 1986.

2.2.1.2.5. Válvula con pesas a debajo

Básicamente cumple el mismo principio de la válvula de pesas arriba, posee un diseño robusto, su configuración es sólida, las pesas se ubican en la parte inferior de la tapa de la válvula, tiene la capacidad de variar su carrera y velocidad, con la modificación de su conjunto de pesas. De igual manera debe ser posicionada en forma vertical (Vita, 1990).

Figura N° 18: Válvula con pesas abajo.

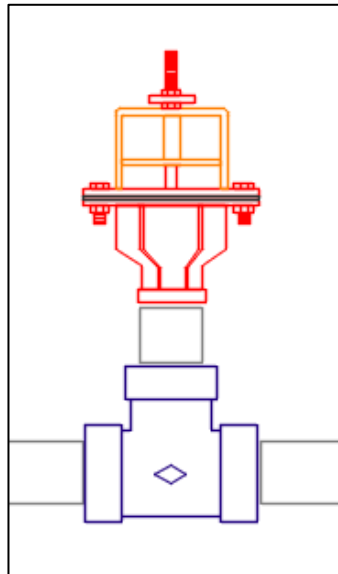


Fuente: Vita, 1990.

2.2.1.2.6. Válvula con pesas encima tipo Check

Este tipo de válvula será utilizada en la presente tesis, ya que su diseño para la válvula de impulsión funciona de forma similar al de válvulas con pesas encima, pero en el cual se incorpora la utilización de una válvula tipo Check y las pesas tienen una guía de recorrido para obtener la ventaja de poder ajustar su carrera y su velocidad de cierre con la modificación del conjunto de pesas que están encima; su construcción es robusta lo que garantiza una gran durabilidad para un ciclo de vida elevado. Como desventaja se tiene que este tipo de válvulas solo pueden trabajar en forma vertical para que las pesas actúen por la gravedad.

Figura N° 19: Válvula de impulsión tipo válvula Check con pesas en la parte superior.



Fuente: Elaboración propia, 2016.

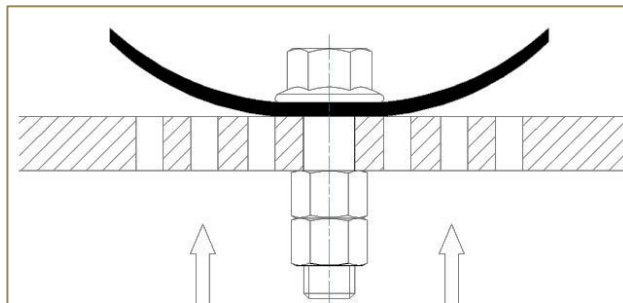
2.2.1.3. Tipos de válvula de entrega

Es la que permite el paso del agua, desde la caja de válvulas hasta la cámara de aire, no permitiendo su retroceso al cerrarse por los efectos del rebote que se produce con el aire comprimido dentro de la cámara, lo que hace que el agua sea impulsada hasta un nivel superior al de la captación. Debe estar construida de forma tal que se logre una buena hermeticidad, lo que evita pérdidas en la eficiencia y el rendimiento (Rivadeneira, 2013).

2.2.1.3.1. Válvula de solapa

Compuesta de una tapa de goma sencilla fijada en el centro contra una placa plana perforada. El movimiento está restringido por el tipo y espesor del caucho utilizado. La cantidad de flujo que atraviesa el agujero en la placa de entrega está limitada por la resistencia del caucho y la presión de entrega. Su baja inercia brinda una respuesta más rápida que otros tipos de válvulas (Jeffery, 1992).

Figura N° 20: Válvula de solapa.

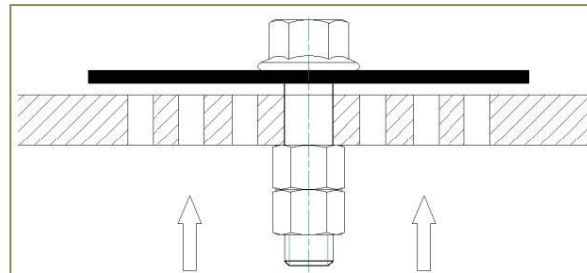


Fuente: Smith, 1995.

2.2.1.3.2. Válvula tipo cabezal

El obturador utiliza caucho muy rígido tal como el material de la suela del zapato subiendo y bajando con un eje central, ver figura 21. Esta es una buena opción para bombas de cabeza alta, aunque puede tener problemas de sellado en las bombas de cabeza baja. Tiene la ventaja de permitir agujeros de gran diámetro en la placa de entrega. La carrera de la válvula debe ser regulada para que realice desplazamientos muy breves (menos de 5 mm) para ayudar a prevenir el reflujo. El agujero en la placa de la entrega y el perno necesitan cuidado en el dimensionamiento para asegurar la facilidad del movimiento. Este tipo de válvulas están sujetas a desgaste muy breve lo que puede ser un problema (Jeffery, 1992).

Figura N° 21: Válvula tipo cabezal.

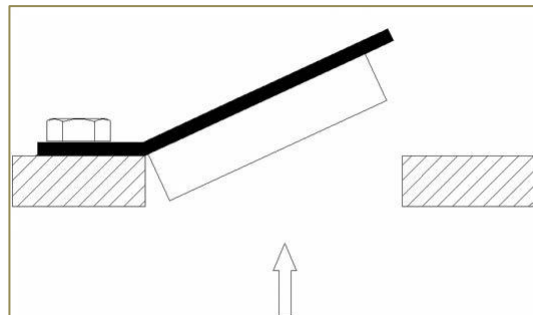


Fuente: Smith, 1995.

2.2.1.3.3. Válvula de bisagra

La válvula de bisagra permite un agujero grande en la placa de entrega, minimizando la resistencia al flujo. Los materiales utilizados para la bisagra y el método de fijación son cruciales y con frecuencia causan problemas. La posibilidad de reflujo debido al cierre lento puede ser un problema (Jeffery, 1992).

Figura N° 22: Válvula de bisagra.

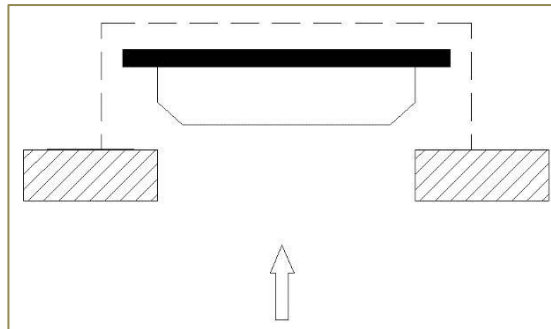


Fuente: Smith, 1995.

2.2.1.3.4. Válvula de disco suelto

La válvula de disco suelto utiliza material similar a la válvula de tipo cabezal ya que está restringido por una jaula unida a la placa de suministro. Es más difícil de fabricar, pero tiene las mismas características que la válvula de tipo cabezal (Jeffery, 1992).

Figura N° 23: Válvula de disco suelto.

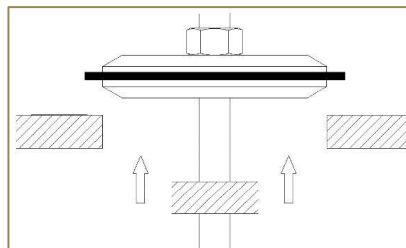


Fuente: Smith, 1995.

2.2.1.3.5. Válvula de tapón

Esta es una válvula de impulsos efectivamente invertida con la presión diferencial que tiene que superar el peso de la válvula con el fin de levantarla. El área de flujo grande de la placa de entrega puede ser una ventaja, pero también puede conducir a un flujo de retorno grande, mientras que la válvula se cierra. Un resorte puede ser añadido para facilitar un cierre rápido, pero esto se suma a la presión diferencial requerida para abrirlo (Jeffery, 1992).

Figura N° 24: Válvula de tapón.

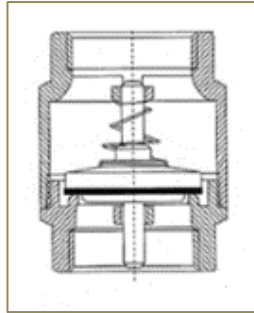


Fuente: Smith, 1995.

2.2.1.3.6. Válvula de tipo Check

Este tipo de válvula será utilizada en la presente tesis. Tiene el mismo funcionamiento que la válvula de tipo tapón, con la diferencia que esta válvula tiene un cuerpo que protege a su sistema de funcionamiento. También se puede añadir un resorte para facilitar un cierre rápido, pero esto se suma a la presión requerida para abrirlo (JohnBlake, 1975).

Figura N° 25: Válvula de tipo Check.



Fuente: Smith, 1995.

2.2.1.4. Cámara de aire o campana

Es el dispositivo que regula el flujo de agua hacia la tubería de descarga, absorbe la sobrepresión (funciona como amortiguador de los golpes de ariete) e impulsa el agua por la tubería, dando de esta forma un flujo casi continuo, logrando un nivel superior al de captación y va montada sobre su propia base en la caja de válvulas mediante tornillos (Jeffery, 1992).

En el interior de la cámara de aire se producen dos presiones producto de sus condiciones de funcionamiento, una presión mínima cuando una cantidad de aire soporta la columna de agua presente en la tubería de entrega y otra presión máxima cuando el fluido ingresa y el aire de la cámara se comprime.

Para el cálculo de estas presiones se utiliza la Ley de Boyle que relaciona el volumen y la presión de una cierta cantidad de gas mantenida a una temperatura constante (Jeffery, 1992).

$$P_1 * V1_{aire} = P_2 * V2_{aire} \quad (Ec. 04.)$$

Dónde:

P_1 = Presión mínima (Pa).

$V1_{aire}$ = Volumen inicial de aire en la cámara (m^3).

P_2 = Presión máxima (Pa).

$V2_{aire}$ = Volumen dos de aire en la cámara (m^3).

2.2.2. Parámetros de diseño para bombas de ariete

2.2.2.1. Locación de la bomba

Determinar el lugar donde se va a utilizar la bomba es la etapa primordial que marcará factores determinantes para el diseño de la misma, debido a las necesidades en el caso específico para su funcionamiento.

2.2.2.2. Altura de entrega

La altura de entrega viene dada por el requerimiento de elevar el fluido a un nivel determinado, para orientar la utilización del líquido hacia una función específica entre las cuales se pueden mencionar; riego, almacenamiento de agua, distribución, potabilización del agua, entre otros (Jeffery, 1992).

2.2.2.3. Altura de suministro

Para establecer la altura con la cual se debe contar para llegar al nivel de descarga requerido se hace uso de relaciones matemáticas realizadas por fabricantes y estudiosos del tema como Wáter S.B Watt que en su publicación expresa que la altura de suministro se determina por medio de la siguiente formula y debe estar entre 1 y 12 m como rangos recomendados.

$$H_s = \frac{1}{3} H_d \quad (Ec. 05)$$

Donde:

H_s = Altura de suministro (m).

H_d = Altura de entrega (m).

2.2.2.4. Tubería de suministro

La tubería de suministro tiene dos objetivos primordiales que son:

- Permitir la entrada de agua al cuerpo de la bomba desde el tanque de suministro con la ganancia adicional de velocidad.
- Resistir el efecto de martillo del impacto producidos por el golpe de ariete.

Las dimensiones, tanto del diámetro como la longitud de la tubería de suministro son factores determinantes para garantizar el buen funcionamiento de la bomba de ariete, ya que conduce el agua desde la fuente a la bomba y retiene la onda de presión producida por el golpe de ariete. Éstas deben cumplir con ciertas relaciones desarrolladas de manera experimental y obviamente de acuerdo al espacio físico disponible.

La longitud de la tubería de suministro es única para cada bomba. La misma no puede ser de material plástico ni PVC porque la sobrepresión efectuada por el golpe de ariete es muy fuerte para este tipo de tubos, es muy recomendable utilizar acero galvanizado de primera calidad o tuberías de hierro. El uso de otros materiales no apropiados conllevará a rutinas de mantenimiento seguidas y posibles fugas en la tubería de suministro. Los estudiosos del tema y los expertos fabricantes mencionan que, tanto el diámetro como la longitud de la tubería de caída son muy importantes, existen relaciones matemáticas desarrolladas experimentalmente que garantizan el buen funcionamiento del ariete. Normalmente, la longitud del tren de tubos debe ser alrededor de tres a siete veces la altura de suministro. Idealmente, el tren de tubos debe tener una longitud de al menos 100 veces su propio diámetro. Según S.B Watt en su publicación que menciona la siguiente relación como la más recomendada (Rivadeneira, 2013).

La bomba funcionará bien si la relación entre la longitud (L) y el diámetro interno (D) se encuentra dentro de los límites.

$$\frac{L}{D} = 150 \text{ a } 500 \quad (\text{Ec. 06})$$

2.2.2.5. Tubería de entrega

El objetivo principal de la tubería de entrega es conducir al fluido hasta su descarga, puede componerse de elementos de acople como uniones, codos, nipples, etc. Los que sean necesarios para armar el tren de tubos que cumpla con la distancia establecida (Jeffery, 1992).

El diámetro de la tubería de entrega normalmente se calcula como la mitad del diámetro de la tubería de suministro.

2.2.2.6. Caudal de entrega

Es el caudal que la bomba de ariete entrega una vez puesta en marcha, se utiliza la siguiente fórmula para su cálculo.

$$\frac{q * H_d}{H_s * D^2 * u_c} = \frac{\pi * C_d}{10} \quad (Ec. 07)$$

Donde:

q = Caudal de entrega (m^3/s).

H_s = Altura de suministro (m).

H_d = Altura de entrega (m).

D = Diámetro interno de la tubería de suministro (m).

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

C_d = Coeficiente de descarga.

De donde el caudal de entrega queda:

$$q = \frac{H_s * D^2 * u_c * \pi * C_d}{H_d * 10} \quad (Ec. 08)$$

2.2.2.7. Velocidad de cierre de la válvula de impulso

Para determinar la velocidad de cierre de la válvula de impulso se utiliza la siguiente relación matemática (Jeffery, 1992).

$$U_c = 0.135 * C_{vi} \quad (Ec. 09)$$

Dónde:

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

C_{vi} = Carrera de la válvula de impulso (mm).

2.2.2.8. Coeficiente de descarga

El coeficiente de descarga es un factor adimensional el cual relaciona el caudal con el cual el fluido se desplaza libremente por una tubería, junto al nivel del fluido en el embalse (Δh)

$$Q_1 = C_d (\sqrt{2 * g * \Delta h}) A \quad (Ec. 10)$$

El coeficiente de descarga es igual a:

$$C_d = \left(\frac{Q_1}{\sqrt{2 * g * \Delta h} A} \right) \quad (Ec. 11)$$

Dónde:

Q_1 = Caudal libre (m^3/s)

C_d = Coeficiente de descarga.

g = Gravedad (m/s^2)

Δh = Diferencia de alturas (m).

A = Área a la salida del fluido (m^2)

2.2.2.9. Caudal libre

El caudal libre es obtenido con la consideración de que la válvula de impulso se mantenga inmóvil permitiendo que el agua fluya hacia la atmosfera sin ninguna interrupción (Rivadeneira, 2013).

Por medio de la Ecuación General de la Energía que es una expansión de la Ecuación de Bernoulli, se hace posible resolver problemas con presencia de pérdidas, las cuales aparecen a medida que un flujo fluye por un conducto debido a la fricción interna en el fluido, permite saber cuál será la velocidad del fluido en el interior de la tubería (Rivadeneira, 2013).

$$\frac{P_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{V_1^2}{2g} + h_A - h_R = \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{V_2^2}{2g} \quad (Ec. 12)$$

Dónde:

P_1 = Presión en el punto uno (Pa).

P_2 = Presión en el punto dos (Pa).

γ = Peso específico del agua (N/m^3)

Z_1 = Altura del punto uno sobre nivel de referencia (m).

Z_2 = Altura del punto dos sobre nivel de referencia (m).

V_1 = Velocidad en el punto uno (m/s).

V_2 = Velocidad en el punto dos (m/s).

g = Aceleración de la gravedad (m/s^2)

h_A : Energía añadida o agregada al fluido mediante un dispositivo mecánico (m).

h_R : Energía removida o retirada del fluido mediante un dispositivo mecánico (m).

h_L : Pérdidas de energía (pérdidas mayores y menores) por parte del sistema (m).

2.2.2.10. Pérdidas mayores

Las pérdidas mayores son producto de la fricción del fluido con el conducto.

Se expresa por la ecuación de Darcy-Weisbach:

$$h_L = f * \frac{L}{D} * \frac{V_2^2}{2g} \quad (Ec. 13)$$

Dónde:

h_l = Pérdida mayor (m).

L = Longitud de la corriente de flujo (m).

D = Diámetro interno de la tubería (m).

V_2 = Velocidad en el punto dos (m/s).

f = Factor de fricción.

2.2.2.11. Pérdidas menores

Las pérdidas menores ocurren cuando hay un cambio u obstrucción de la trayectoria del flujo, debido a la presencia de conectores, válvulas o accesorios (Mataix, 1986).

$$h_{Lm} = k * \frac{V_2^2}{2g} \quad (Ec. 14)$$

Dónde:

h_{Lm} = Pérdida menor (m).

k = Coeficiente de resistencia al flujo.

V_2 = Velocidad en el punto dos (m/s)

g = Gravedad (m/s^2)

2.2.2.12. Factor de fricción

Para el cálculo del factor de fricción, la siguiente ecuación desarrollada por P. K. Swamee y A. K. Jain permite el cálculo directo del factor:

$$f = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{1}{3.7 \frac{D}{\varepsilon}} + \frac{5.74}{N_{RE}^{0.9}} \right) \right]^2} \quad (Ec. 15)$$

Dónde:

f = Factor de fricción.

D = Diámetro interno de la tubería (m).

ε = Rugosidad (m).

N_{RE} = Numero de Reynolds.

2.2.2.13. Número 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 (Mataix, 1986).

$N_{RE} < 2000$ Flujo Laminar

$N_{RE} > 4000$ Flujo Turbulento

$2000 < N_{RE} < 4000$ Flujo Impredecible

El tipo de flujo puede predecirse mediante el cálculo del Número de Reynolds:

$$N_{RE} = \frac{V * D}{\nu} \quad (Ec. 16)$$

Dónde:

V = Velocidad del flujo (m/s).

D = Diámetro interno de la tubería (m).

V = Viscosidad cinética (m^2/s).

2.2.2.14. Rugosidad relativa

Es la relación del diámetro de la tubería y la rugosidad promedio de su pared

$$R_r = \frac{D}{\varepsilon} \quad (\text{Ec. 17})$$

Dónde:

R_r : Rugosidad relativa.

D : Diámetro interno de la tubería (m).

ε : Rugosidad (m).

2.2.2.15. Caudal de suministro

En un sistema ideal habrá una buena transferencia de flujo de donde se tiene:

$$q * Hd = Q * Hs \quad (\text{Ec. 18})$$

Dónde:

q = Caudal de entrega (m^3/s).

Hd = Altura de descarga (m).

Q = Caudal de suministro (m^3/s).

Hs = Altura de suministro (m).

Desafortunadamente, esto no sucede en un sistema real. Existen varias pérdidas producidas por fricción entre el fluido y los elementos que se utilizan para la configuración de la red de tubería con la finalidad de transportar el líquido (Jeffery, 1992).

El ariete no utiliza toda el agua proveniente de la tubería de entrada. Su eficiencia puede ir desde 20 hasta 90% en algunos casos y depende de la

relación entre la cota de la toma y la cota de suministro, con el nivel de referencia en el aparato. La eficiencia es directamente proporcional al valor de esta relación, es decir inversamente proporcional a la altura a la que se va a suministrar el agua. Con el fin de calcular el caudal de suministro, si la eficiencia es desconocida se puede utilizar un valor asumido de 50% (Jeffery, 1992).

2.2.2.16. Eficiencia

$$n = \frac{q \cdot Hd}{Q \cdot Hs} \quad (Ec. 19)$$

Caudal de suministro en función de la eficiencia.

$$Q = \frac{q \cdot Hd}{n \cdot Hs} \quad (Ec. 20)$$

Dónde:

n = Eficiencia (%)

q = Caudal de entrega (m^3/s).

Hd = Altura de descarga (m).

Q = Caudal de suministro (m^3/s).

Hs = Altura de suministro (m).

2.2.2.17. Caudal desechado

Es la cantidad de agua que la bomba de ariete expulsa hacia la atmósfera cuando está en marcha, ver figura 26.

$$Q = q + Q_p \quad (Ec. 1.21)$$

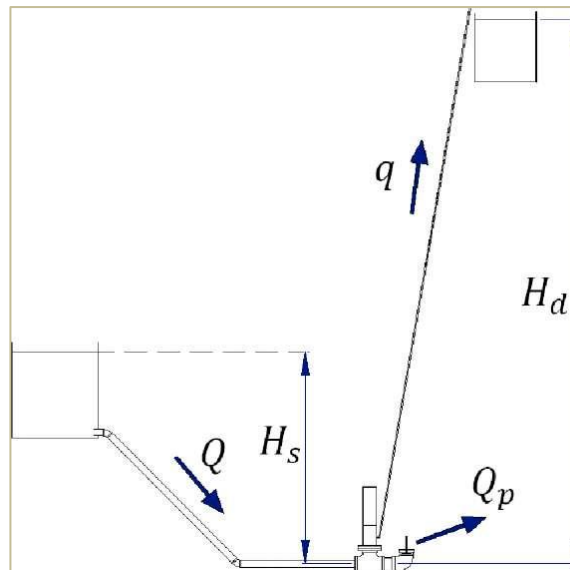
Dónde:

Q = Caudal de suministro (m^3/s).

Q_p = Caudal desechado (m^3/s).

q = Caudal de entrega (m^3/s).

Figura N° 26: Esquema de funcionamiento respecto a diferentes caudales.



Fuente: Rivadeneira, 2013.

2.2.2.18. Rendimiento volumétrico

El rendimiento volumétrico es la relación existente entre el caudal de entrega y el caudal de suministro de una bomba hidráulica.

$$n_v = \frac{q}{Q} * 100 \quad (\text{Ec. 1.22})$$

Dónde:

n_v = Rendimiento volumétrico (%).

q = Caudal de entrega (m^3/s).

Q = Caudal de suministro (m^3/s).

2.2.2.19. Potencia de la bomba de ariete

La potencia requerida para elevar el fluido es proporcional a la tasa de flujo de agua multiplicado por la altura de descarga de la bomba de ariete y el peso específico del agua (Mataix, 1986).

$$P = \gamma * q * Hd \quad (\text{Ec. 1.23})$$

Dónde:

P = Potencia (W).

γ = Peso específico del agua (N/m^3).

q = Caudal de entrega (m^3/s).

Hd = Altura de entrega (m).

2.2.2.20. Fuerza de arrastre para la válvula de impulso

Cuando el fluido acelera lo suficiente para cerrar la válvula de impulso se produce una fuerza de arrastre que genera este cierre según E. J. Schiller en su publicación la describe por la fórmula: (Mataix, 1986).

$$F_a = C_a * A_v * \rho \frac{V^2}{g} \quad (Ec. 1.24)$$

Dónde:

F_a = Fuerza de arrastre sobre la válvula de impulso (kgF).

C_a = Coeficiente de arrastre.

A_v = Área de sección transversal de la válvula de impulso (m^2).

ρ = Densidad del agua (kg/m^3).

V = Velocidad del fluido en el cuerpo del ariete (m/s).

g = Gravedad (m/s^2).

2.2.2.21. Peso máximo para la válvula de impulso

Para determinar el peso de la válvula de impulso se utiliza la siguiente relación:

$$0 < W_v < \frac{C_a * A_v * \rho * H_s}{M} \quad (Ec. 1.25)$$

Dónde:

W_v = Peso (kg).

C_a = Coeficiente de arrastre para la válvula de impulso.

A_v = Área de sección transversal de la válvula (m^2).

H_s = Altura de suministro (m).

M = Sumatorio de pérdidas totales (m).

ρ = Densidad de agua a 20 grados Celsius (kg/m^3).

2.3. Definición de términos básicos

2.3.1. Hidráulica:

Es la ciencia que estudia las propiedades mecánicas de los líquidos, a partir de las fuerzas que se le aplican, y las condiciones en que se encuentra el fluido (Mataix, 1986).

2.3.2. Energía potencial:

Es la energía que tiene un cuerpo situado a una determinada altura o posición (Mataix, 1986).

2.3.3. Energía cinética:

La energía cinética se define como el trabajo necesario para acelerar un fluido de una masa determinada desde el reposo hasta una determinada velocidad (Mataix, 1986).

2.3.4. Bomba hidráulica:

La bomba hidráulica es una máquina generadora que transforma la energía con la que funciona, en energía del fluido, el cual es desplazado o impulsado (Mataix, 1986).

2.3.5. Bomba de ariete:

Es una bomba hidráulica que utiliza energía cinética, ocasionada por un golpe de ariete para elevar una parte del fluido hacia una altura mayor a la utilizada (Mataix, 1986).

2.3.6. Flujo permanente:

Un flujo permanente se presenta cuando las propiedades del fluido y las condiciones del movimiento en cualquier punto no cambian en el transcurso del tiempo, tampoco cambia la densidad, presión, ni temperatura (Mataix, 1986).

2.3.7. Flujo no permanente:

Un flujo no permanente se presenta cuando las condiciones en cualquier punto cambian con el tiempo. También se lo conoce como flujo transitorio (Mataix, 1986).

2.3.8. Flujo compresible:

Es todo flujo en el que la densidad varía significativamente en el tiempo mientras está en movimiento, esto genera que la tubería sufra deformaciones muy pequeñas (Mataix, 1986).

2.3.9. Flujo incompresible:

Es todo flujo que mantiene su densidad constante en el tiempo mientras está en movimiento, en su mayoría los fluidos que se desplazan a baja velocidad son considerados flujos incompresibles (Mataix, 1986).

2.3.10. Caudal:

Es la cantidad de fluido que circula a través de una sección del conducto por unidad de tiempo Pérez, s.f. (Jeffery, 1992).

2.3.11. Caudal de suministro:

Es el caudal que alimenta a la bomba de ariete hidráulico y se transporta por la tubería de alimentación (Mataix, 1986).

2.3.12. Caudal de entrega:

Es el caudal de salida de la bomba de ariete hidráulico y se transporta por la tubería de descarga (Rivadeneira, 2013).

2.3.13. Altura de suministro:

Es la altura que se mide desde la base de la bomba de ariete hidráulico y la lámina de agua en la fuente de alimentación (Rivadeneira, 2013).

2.3.14. Altura de entrega:

Es la altura que se mide desde la base de la bomba de ariete hidráulico y la lámina de agua en la salida de la tubería de descarga (Mataix, 1986).

2.3.15. Eficiencia de bomba de ariete hidráulico:

La eficiencia de la bomba de ariete hidráulico está determinada por el cociente del producto del caudal de entrega por la altura de entrega y el producto del caudal de suministro por la altura de suministro (Rivadeneira, 2013).

2.4. Hipótesis

Un sistema de suministro de agua por impulsión trabajando con una bomba de ariete hidráulico con dos válvulas en serie, es más eficiente que un sistema trabajando con una bomba de ariete hidráulico con dos válvulas en paralelo.

CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA

3.1. Operacionalización de variables

Tabla N° 1: Matriz de Operacionalización de variables independientes de la investigación.

VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	INDICADOR	UNIDAD	TÉCNICAS / INSTRUMENTOS
Caudal de suministro	Es la cantidad de fluido que circula a través de una sección del conducto por unidad de tiempo (Pérez. s.f.) .	Caudal de suministro	m ³ /s	Formatos, cálculo matemático
Altura de suministro	Es la altura que se mide desde la base de la bomba de ariete hidráulico hasta la lámina de agua en el tanque de alimentación.	Altura	m	Wincha
Altura de entrega	Es la altura que se mide desde la base de la bomba de ariete hidráulico hasta la lámina de agua en la salida de la tubería de descarga.	Altura	m	Wincha
Distribución de válvulas	Es el tipo de distribución de las dos válvulas en la bomba de ariete hidráulico en el sistema de suministro de agua por impulsión.	En serie En paralelo	Und	Formatos

Fuente: *Elaboración propia, 2016.*

Tabla N° 2: Matriz de Operacionalización de variable dependiente de la investigación.

VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	INDICADOR	UNIDAD	TÉCNICAS / INSTRUMENTOS
Eficiencia de la bomba	La eficiencia de la bomba de ariete hidráulico está determinada en función a la división del producto del caudal de entrega por altura de entrega entre el producto del caudal de suministro y altura de suministro cuando se da la puesta en marcha.	Caudal de Entrega	l/s	Formatos, cálculo matemático
		Altura de Entrega	m	Wincha
		Caudal de Suministro	l/s	Formatos, cálculo matemático
		Altura de Suministro	m	Wincha
		Eficiencia	(%)	Cálculo matemático

Fuente: *Elaboración propia, 2016.*

3.2. Diseño de investigación

El diseño de la presente investigación es experimental, dentro de la cual es del tipo cuasi experimental.

3.3. Unidad de estudio

La unidad de estudio está compuesta por cada ensayo aplicado con nuestro sistema constituido por el tanque de alimentación, la tubería de alimentación, la bomba de ariete hidráulico, en sus dos distribuciones: una con las válvulas distribuidas en serie y la otra con las válvulas distribuidas en paralelo; y la tubería de entrega.

3.4. Población

La población son todos los ensayos posibles variando caudales de suministro, alturas de suministro y alturas de entrega de la bomba de ariete hidráulico operando con las válvulas en serie y en paralelo.

3.5. Muestra

Son todos los ensayos realizados para esta investigación. El tipo de muestreo es probabilístico, registrando datos de caudales de suministro, altura de suministro, caudal de entrega, altura de entrega y eficiencia.

3.6. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos

La recolección de información se realizó mediante observación, en el laboratorio de Hidráulica de la Universidad Privada del Norte Cajamarca de las cuales se obtendrá diferentes datos para el análisis.

Construcción del banco de pruebas.

El banco de pruebas está compuesto en general por un tanque elevado de 200 lts, una tubería de alimentación de PVC SP de 2”, una bomba de ariete hidráulico conformada por dos válvulas hechizas de fierro galvanizado, un tanque hidroneumático de fierro galvanizado, un manómetro, una manguera de descarga de ½” y diversos accesorios.

El banco de pruebas tendrá dos sistemas hidráulicos:

- A. Un sistema compuesto por un tanque elevado de 200 lts, una tubería de alimentación de PVC SP de 2”, una bomba de ariete hidráulico conformada por dos válvulas hechizas de fierro galvanizado distribuidas en serie, un tanque hidroneumático de fierro galvanizado, un manómetro, una manguera de descarga de ½” y diversos accesorios.
- B. Un sistema compuesto por un tanque elevado de 200 lts, una tubería de alimentación de PVC SP de 2”, una bomba de ariete hidráulico conformada por dos válvulas hechizas de fierro galvanizado distribuidas en paralelo, un tanque hidroneumático de fierro galvanizado, un manómetro, una manguera de descarga de ½” y diversos accesorios.

De cada uno de los sistemas se obtendrá lo siguientes parámetros a fin de determinar su eficiencia:




- ✓ Altura suministro (Hs).
- ✓ Caudal de suministro (Qs).
- ✓ Altura de entrega (He).
- ✓ Caudal de entrega (Qe).
- ✓ Eficiencia del sistema (n).

Partes del banco de prueba.




El esquema mostrado en el Anexo N° 02 representa al banco de pruebas para el sistema hidráulico en serie y el Anexo N° 03 al sistema hidráulico en paralelo, de ambos sistemas se determinará la eficiencia.



El banco de golpe de ariete hidráulico con dos válvulas consta de los siguientes elementos:

Tabla N° 3: Elementos que conforman el banco de pruebas

Nº	Elemento	Fotografía
01	Tanque cilíndrico.	
02	Tubería de alimentación para tanque cilíndrico.	
03	Tubería de rebose para tanque cilíndrico.	

<p>04</p>	<p>Tubería de alimentación para bomba de ariete hidráulico.</p>	
<p>05</p>	<p>Tubería visor de nivel de agua del tanque cilíndrico.</p>	
<p>06</p>	<p>Válvula globo reguladora del caudal de suministro.</p>	

07	Válvulas hechizas distribuidas en paralelo.	
08	Válvulas hechizas distribuidas en serie.	
09	Válvula hechiza.	

10	Tanque hidroneumático hechizo.	
11	Manómetro.	

<p>12</p>	<p>Soporte metálico para bomba de ariete hidráulico.</p>	
<p>13</p>	<p>Tubería de descarga de bomba de ariete hidráulico.</p>	

Fuente: *Elaboración propia, 2016.*

Procedimiento de toma de datos.

Para la eficiencia (n)

Para determinar la eficiencia de cada sistema hidráulico es necesario conocer la altura de suministro, caudal de suministro, altura de entrega y caudal de entrega, para luego aplicar la fórmula de eficiencia.

Para la altura de suministro (H_s)

Se toma la altura medida en metros desde el nivel de la base de la bomba de ariete hidráulico hasta la lámina de agua en el visor del tanque elevado.

Fotografía N° 01: Medición de la altura de suministro (Hs).



Para el caudal de suministro (Qs)

Para determinar el caudal de suministro se utilizó el método volumétrico, la toma del volumen se realizó utilizando un recipiente de 20 lt y se tomaron cuatro medidas de tiempo para su llenado, de los cuales se tomó el caudal promedio como caudal de suministro.

Fotografía N° 02: Medición del caudal de suministro (Qs).



Para la altura de entrega (H_e)

Se toma la altura medida en metros desde el nivel de la base de la bomba de ariete hidráulico hasta la tubería de descarga.

Fotografía N° 03: Medición de la altura de entrega (H_e).



Para el caudal de entrega (Q_e)

Para determinar el caudal de entrega se utilizó el método volumétrico, la toma del volumen se realizó utilizando un recipiente de 1 lt y se tomaron cuatro medidas de tiempo para su llenado de los cuales se tomó el caudal promedio como caudal de entrega.

Fotografía N° 04: Medición del caudal de entrega (Q_e).



3.7. Métodos, instrumentos y procedimientos de análisis de datos

Para el procesamiento de la información se empleó cuadros, comparando las eficiencias obtenidas experimentalmente en laboratorio para los dos sistemas hidráulicos planteados.

Para el análisis de la confiabilidad de datos

Para el análisis de confiabilidad se empleó el método de mitades partidas (Split half), ya que los datos obtenidos son resultado de solo una aplicación de la medición.

Se procedió a separar los datos para cada uno de los sistemas hidráulicos: uno utilizando las válvulas en serie y el otro con las válvulas en paralelo, obtenidos en el banco de prueba instalado en el laboratorio de hidráulica, en las siguientes dos mitades: Altura de suministro, caudal de suministro y altura de entrega y la otra mitad en altura de entrega, caudal de entrega y eficiencia.

Los valores fueron introducidos al software estadístico SPSS v20, en donde se definieron las variables mencionadas anteriormente, y posteriormente se realizó el análisis de fiabilidad obteniendo la correlación y el coeficiente de Spearman-Brown.

Luego el valor calculado será interpretado con el uso de la tabla que se muestra a continuación:

Tabla N° 4: Interpretación del coeficiente de confiabilidad.

INTERPRETACION DE UN COEFICIENTE DE CONFIABILIDAD				
Muy baja	Baja	Regular	Aceptable	Elevada
0	0,01 a 0,49	0,50 a 0,59	0,60 a 0,89	0,90 a 1,00
0% de confiabilidad en la medición (la medición está contaminada).				100% de confiabilidad en la medición (no hay error)

Fuente: Salas, s.f.

Finalmente, verificada la confiabilidad de datos, se procedió a determinar la eficiencia para cada sistema hidráulico, posteriormente se señalará cual tiene la mayor y menor eficiencia.

CAPÍTULO 4. RESULTADOS

4.1. Confiabilidad de datos

4.1.1. Confiabilidad de datos para la eficiencia del sistema hidráulico con válvulas en serie.

Se empleó el software estadístico SPSS v20 para determinar la confiabilidad de datos, y como primer paso se introdujeron las variables involucradas en el cálculo de la eficiencia para el sistema hidráulico trabajando con las válvulas en serie.

Tabla N° 5: Definición de variables en el SPSS v20 para el sistema hidráulico en serie.

	Nombre	Tipo	Anc...	Dec...	Et...	Valores	Perdidos	Colu...	Alineación	Medida	Rol
1	Altura_Suministro	Numérico	8	2		Ninguno	Ninguno	13	☰ Centrado	Escala	Entrada
2	Caudal_Suministro	Numérico	8	2		Ninguno	Ninguno	13	☰ Centrado	Escala	Entrada
3	Altura_Entrega	Numérico	8	2		Ninguno	Ninguno	13	☰ Centrado	Escala	Entrada
4	Caudal_Entrega	Numérico	8	3		Ninguno	Ninguno	13	☰ Centrado	Escala	Entrada
5	Eficiencia	Numérico	8	2		Ninguno	Ninguno	13	☰ Centrado	Escala	Entrada

Fuente: *Elaboración Propia, 2016.*

Tabla N° 6: Introducción de los valores obtenidos en laboratorio para el sistema hidráulico con válvulas en serie.

	Altura_Suministro	Caudal_Suministro	Altura_Entrega	Caudal_Entrega	Eficiencia
1	1,80	4,52	2,35	,111	3,21
2	1,80	4,52	2,80	,102	3,51
3	1,80	4,52	3,25	,095	3,80
4	1,80	4,11	2,35	,094	3,00
5	1,80	4,11	2,80	,085	3,21
6	1,80	4,11	3,25	,083	3,64
7	1,80	3,67	2,35	,067	2,38
8	1,80	3,67	2,80	,061	2,56
9	1,80	3,67	3,25	,055	2,70

Fuente: *Elaboración Propia, 2016.*

Tabla N° 7: Resultado del nivel de confiabilidad de los valores obtenidos en laboratorio para el sistema hidráulico con válvulas en serie.

Escala: TODAS LAS VARIABLES			
SISTEMA HIDRAULICO CON VALVULAS EN SERIE			
Resumen de procesamiento de casos			
		N	%
Casos	Válido	9	100,0
	Excluido ^a	0	,0
	Total	9	100,0
<p>a. La eliminación por lista se basa en todas las variables del procedimiento.</p>			
Estadísticas de fiabilidad			
Alfa de Cronbach	Parte 1	Valor	-2,798E-14 ^a
		N de elementos	3 ^b
	Parte 2	Valor	,103
		N de elementos	2 ^c
	N total de elementos		5
Correlación entre formularios		,903	
Coeficiente de Spearman-Brown	Longitud igual	,949	
	Longitud desigual	,951	
Coeficiente de dos mitades de Guttman		,948	
<p>a. El valor es negativo debido a una covarianza promedio negativa entre elementos. Esto viola los supuestos del modelo de fiabilidad. Podría desea comprobar las codificaciones de elemento.</p> <p>b. Los elementos son: Altura_Suministro, Caudal_Suministro, Altura_Entrega.</p> <p>c. Los elementos son: Altura_Entrega, Caudal_Entrega, Eficiencia.</p>			

Fuente: Elaboración Propia, 2016.

4.1.2. Confiabilidad de datos para la eficiencia del sistema hidráulico con válvulas en paralelo.

Se empleó el software estadístico SPSS v20 para determinar la confiabilidad de datos, y como primer paso se introdujeron las variables involucradas en el cálculo de la eficiencia para el sistema hidráulico trabajando con las válvulas en paralelo.

Tabla N° 8: Definición de variables en el SPSS v20 para el sistema hidráulico en paralelo.

	Nombre	Tipo	Anc...	Dec...	Et...	Valores	Perdidos	Colu...	Alineación	Medida	Rol
1	Altura_Suministro	Numérico	8	2		Ninguno	Ninguno	13	☰ Centrado	📏 Escala	➡ Entrada
2	Caudal_Suministro	Numérico	8	2		Ninguno	Ninguno	13	☰ Centrado	📏 Escala	➡ Entrada
3	Altura_Entrega	Numérico	8	2		Ninguno	Ninguno	13	☰ Centrado	📏 Escala	➡ Entrada
4	Caudal_Entrega	Numérico	8	3		Ninguno	Ninguno	13	☰ Centrado	📏 Escala	➡ Entrada
5	Eficiencia	Numérico	8	2		Ninguno	Ninguno	13	☰ Centrado	📏 Escala	➡ Entrada

Fuente: *Elaboración Propia, 2016.*

Tabla N° 9: Introducción de los valores obtenidos en laboratorio para el sistema hidráulico con válvulas en paralelo.

	Altura_Suministro	Caudal_Suministro	Altura_Entrega	Caudal_Entrega	Eficiencia
1	1,80	4,52	2,35	,094	2,71
2	1,80	4,52	2,80	,088	3,03
3	1,80	4,52	3,25	,085	3,38
4	1,80	4,11	2,35	,071	2,25
5	1,80	4,11	2,80	,065	2,46
6	1,80	4,11	3,25	,060	2,63
7	1,80	3,67	2,35	,055	1,94
8	1,80	3,67	2,80	,048	2,05
9	1,80	3,67	3,25	,044	2,18

Fuente: *Elaboración Propia, 2016.*

Tabla N° 10: Resultado del nivel de confiabilidad de los valores obtenidos en laboratorio para el sistema hidráulico con válvulas en paralelo.

Escala: TODA LAS VARIABLES			
I-1 SISTEMA HIDRAULICO CON VALVULAS EN PARALELO			
Resumen de procesamiento de casos			
		N	%
Casos	Válido	9	100,0
	Excluido ^a	0	,0
	Total	9	100,0
<p>a. La eliminación por lista se basa en todas las variables del procedimiento.</p>			
Estadísticas de fiabilidad			
Alfa de Cronbach	Parte 1	Valor	-2,798E-14 ^a
		N de elementos	3 ^b
	Parte 2	Valor	,112
		N de elementos	2 ^c
		N total de elementos	5
Correlación entre formularios			,892
Coefficiente de Spearman-Brown	Longitud igual		,943
	Longitud desigual		,945
Coefficiente de dos mitades de Guttman			,941
<p>a. El valor es negativo debido a una covarianza promedio negativa entre elementos. Esto viola los supuestos del modelo de fiabilidad. Podría desea comprobar las codificaciones de elemento.</p> <p>b. Los elementos son: Altura_Suministro, Caudal_Suministro, Altura_Entrega.</p> <p>c. Los elementos son: Altura_Entrega, Caudal_Entrega, Eficiencia.</p>			

Fuente: Elaboración Propia, 2016.

4.2. Eficiencia del sistema hidráulico con válvulas en serie

Los resultados de la eficiencia fueron calculados directamente en laboratorio y se tomaron de la siguiente manera:

- Se utilizó una altura de suministro constante (H_s) igual a 1.80m para todas las pruebas.
- Se utilizó tres tipos de caudales de suministro (Q_s) igual a 4.52 l/s, 4.11 l/s y 3.67 l/s respectivamente.
- Se utilizó tres tipos de altura de entrega (H_e) igual a 2.35m, 2.80m y 3.25m respectivamente.
- Se determinó los caudales de entrega (Q_e) para cada tipo de caudal de suministro y alturas de entregas definidas anteriormente.
- Se determinó la eficiencia para cada prueba.

4.2.1. Resultados de eficiencia del sistema hidráulico con dos válvulas en serie para un caudal de suministro de 4.52 l/s.

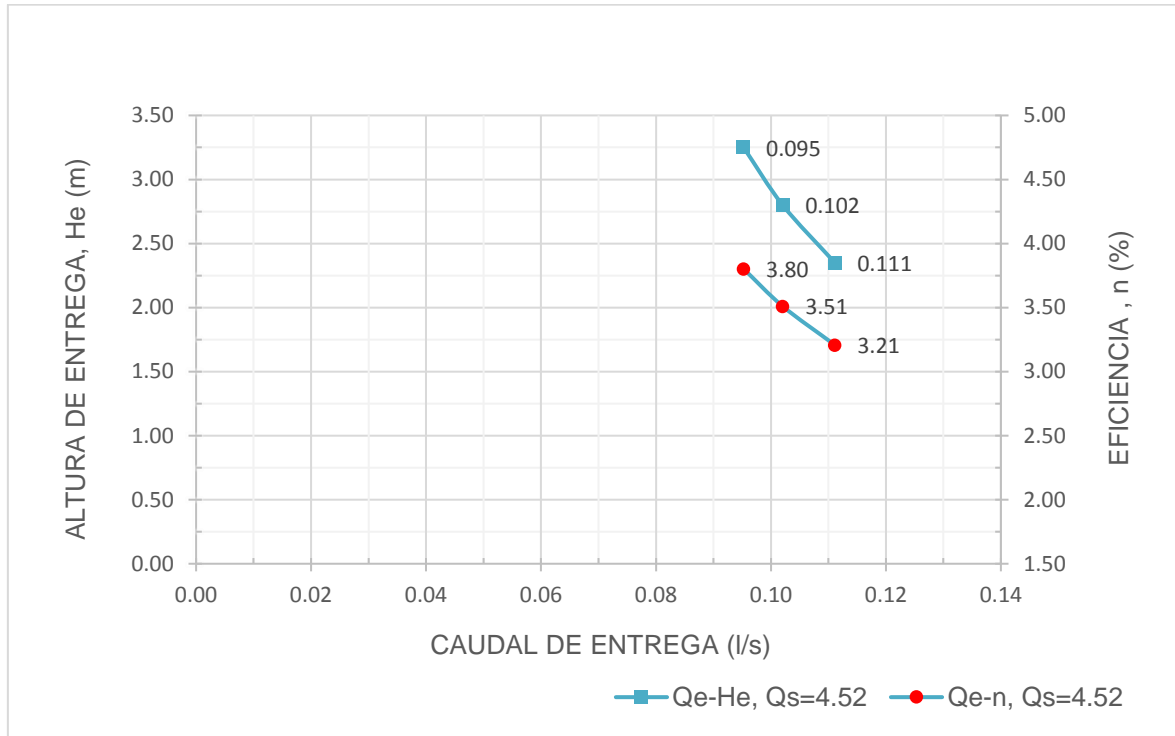
Los resultados fueron calculados directamente en laboratorio, para lo cual se utilizó como valores constantes la altura de suministro y el caudal de suministro, siendo de 1.80m y 4.52 l/s respectivamente; seguidamente se calculó el caudal de entrega, por el método volumétrico, a tres alturas de entrega: 2.35m, 2.80m y 3.25m. Finalmente, estos datos nos sirven para calcular la eficiencia del sistema hidráulico en serie, que bajo estas condiciones la eficiencia máxima obtenida es de 3.80% a una altura de entrega de 3.25m.

Tabla N° 11: Eficiencia para el sistema hidráulico con dos válvulas en serie para un caudal de suministro de 4.52 l/s.

ALTURA DE SUMINISTRO (m)	CAUDAL DE SUMINISTRO (l/s)	ALTURA DE ENTREGA (m)	CAUDAL DE ENTREGA (l/s)	EFICIENCIA (%)
1.80	4.52	2.35	0.111	3.21
1.80	4.52	2.80	0.102	3.51
1.80	4.52	3.25	0.095	3.80

Fuente: Elaboración Propia, 2016.

Figura N° 27: Eficiencia del sistema hidráulico con dos válvulas en serie para un caudal de suministro de 4.52 l/s.



Fuente: *Elaboración Propia, 2016.*

4.2.2. Resultados de eficiencia del sistema hidráulico con dos válvulas en serie para un caudal de suministro de 4.11 l/s.

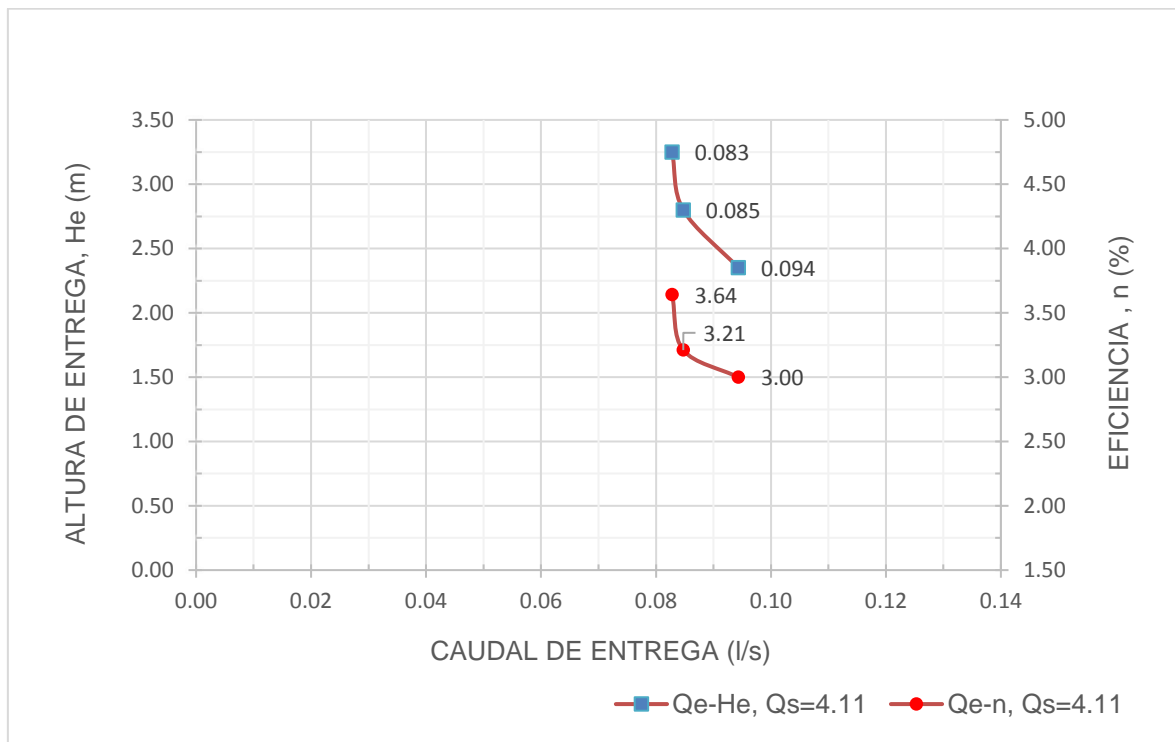
Los resultados fueron calculados directamente en laboratorio, para lo cual se utilizó como valores constantes la altura de suministro y el caudal de suministro, siendo de 1.80m y 4.11 l/s respectivamente; seguidamente se calculó el caudal de entrega, por el método volumétrico, a tres alturas de entrega: 2.35m, 2.80m y 3.25m. Finalmente, estos datos nos sirven para calcular la eficiencia del sistema hidráulico en serie, que bajo estas condiciones la eficiencia máxima obtenida es de 3.64% a una altura de entrega de 3.25m.

Tabla N° 12: Eficiencia para el sistema hidráulico con dos válvulas en serie para un caudal de suministro de 4.11 l/s.

ALTURA DE SUMINISTRO (m)	CAUDAL DE SUMINISTRO (l/s)	ALTURA DE ENTREGA (m)	CAUDAL DE ENTREGA (l/s)	EFICIENCIA (%)
1.80	4.11	2.35	0.094	3.00
1.80	4.11	2.80	0.085	3.21
1.80	4.11	3.25	0.083	3.64

Fuente: Elaboración Propia, 2016.

Figura N° 28: Eficiencia del sistema hidráulico con dos válvulas en serie para un caudal de suministro de 4.11 l/s.



Fuente: Elaboración Propia, 2016.

4.2.3. Resultados de eficiencia del sistema hidráulico con dos válvulas en serie para un caudal de suministro de 3.67 l/s.

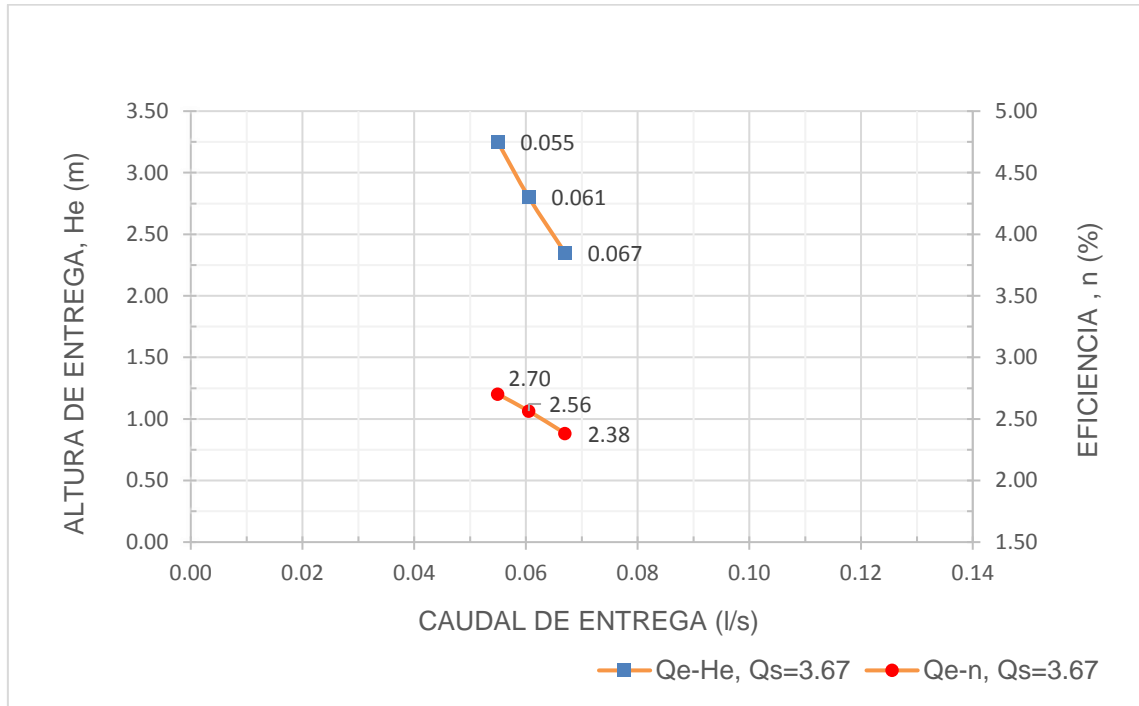
Los resultados fueron calculados directamente en laboratorio, para lo cual se utilizó como valores constantes la altura de suministro y el caudal de suministro, siendo de 1.80m y 3.67 l/s respectivamente; seguidamente se calculó el caudal de entrega, por el método volumétrico, a tres alturas de entrega: 2.35m, 2.80m y 3.25m. Finalmente, estos datos nos sirven para calcular la eficiencia del sistema hidráulico en serie, que bajo estas condiciones la eficiencia máxima obtenida es de 2.70% a una altura de entrega de 3.25m.

Tabla N° 13: Eficiencia para el sistema hidráulico con dos válvulas en serie para un caudal de suministro de 3.67 l/s.

ALTURA DE SUMINISTRO (m)	CAUDAL DE SUMINISTRO (l/s)	ALTURA DE ENTREGA (m)	CAUDAL DE ENTREGA (l/s)	EFICIENCIA (%)
1.80	3.67	2.35	0.067	2.38
1.80	3.67	2.80	0.061	2.56
1.80	3.67	3.25	0.055	2.70

Fuente: Elaboración Propia, 2016.

Figura N° 29: Eficiencia del sistema hidráulico con dos válvulas en serie para un caudal de suministro de 3.67 l/s.



Fuente: *Elaboración Propia, 2016.*

4.3. Eficiencia del sistema hidráulico con válvulas en paralelo

Los resultados de la eficiencia fueron calculados directamente en laboratorio y se tomaron de la siguiente manera:

- Se utilizó una altura de suministro constante (H_s) igual a 1.80m para todas las pruebas.
- Se utilizó tres tipos de caudales de suministro (Q_s) igual a 4.52 l/s, 4.11 l/s y 3.67 l/s respectivamente.
- Se utilizó tres tipos de altura de entrega (H_e) igual a 2.35m, 2.80m y 3.25m respectivamente.
- Se determinó los caudales de entrega (Q_e) para cada tipo de caudal de suministro y alturas de entregas definidas anteriormente.
- Se determinó la eficiencia para cada prueba.

4.3.1. Resultados de eficiencia del sistema hidráulico con dos válvulas en paralelo para un caudal de suministro de 4.52 l/s.

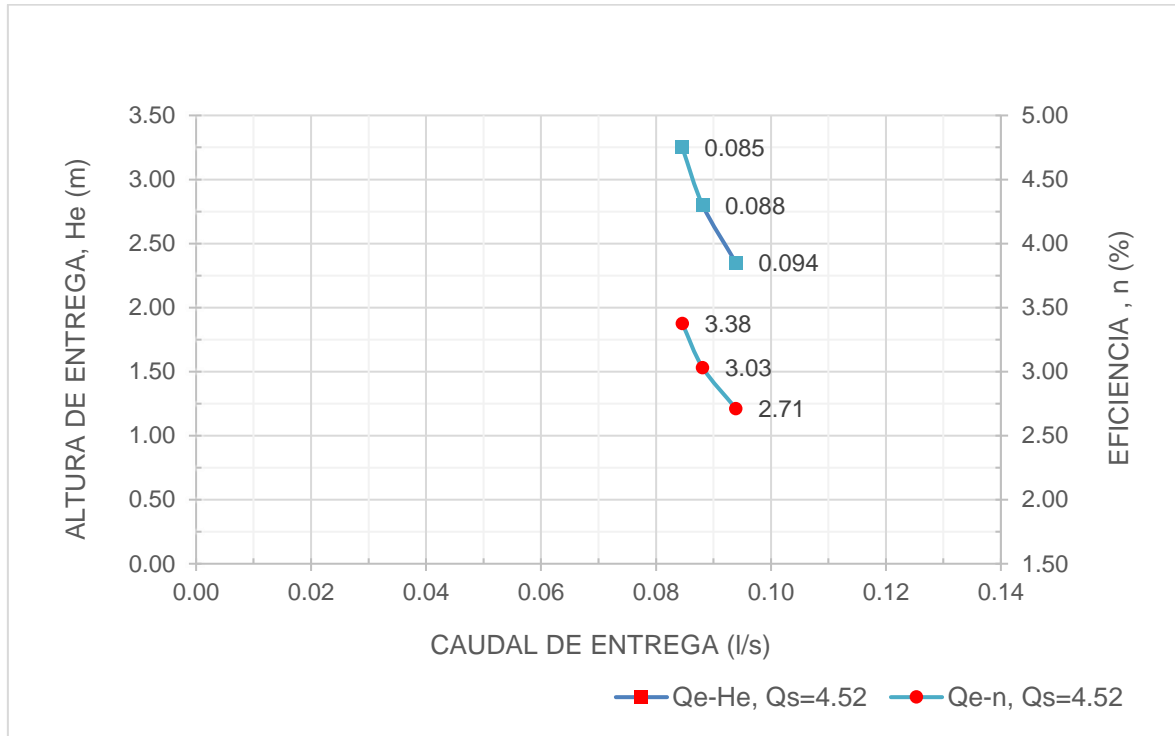
Los resultados fueron calculados directamente en laboratorio, para lo cual se utilizó como valores constantes la altura de suministro y el caudal de suministro, siendo de 1.80m y 4.52 l/s respectivamente; seguidamente se calculó el caudal de entrega, por el método volumétrico, a tres alturas de entrega: 2.35m, 2.80m y 3.25m. Finalmente, estos datos nos sirven para calcular la eficiencia del sistema hidráulico en paralelo, que bajo estas condiciones la eficiencia máxima obtenida es de 3.38% a una altura de entrega de 3.25m.

Tabla N° 14: Eficiencia para el sistema hidráulico con dos válvulas en paralelo para un caudal de suministro de 4.52 l/s.

ALTURA DE SUMINISTRO (m)	CAUDAL DE SUMINISTRO (l/s)	ALTURA DE ENTREGA (m)	CAUDAL DE ENTREGA (l/s)	EFICIENCIA (%)
1.80	4.52	2.35	0.094	2.71
1.80	4.52	2.80	0.088	3.03
1.80	4.52	3.25	0.085	3.38

Fuente: *Elaboración Propia, 2016.*

Figura N° 30: Eficiencia del sistema hidráulico con dos válvulas en paralelo para un caudal de suministro de 4.52 l/s.



Fuente: Elaboración Propia, 2016.

4.3.2. Resultados de eficiencia del sistema hidráulico con dos válvulas en paralelo para un caudal de suministro de 4.11 l/s.

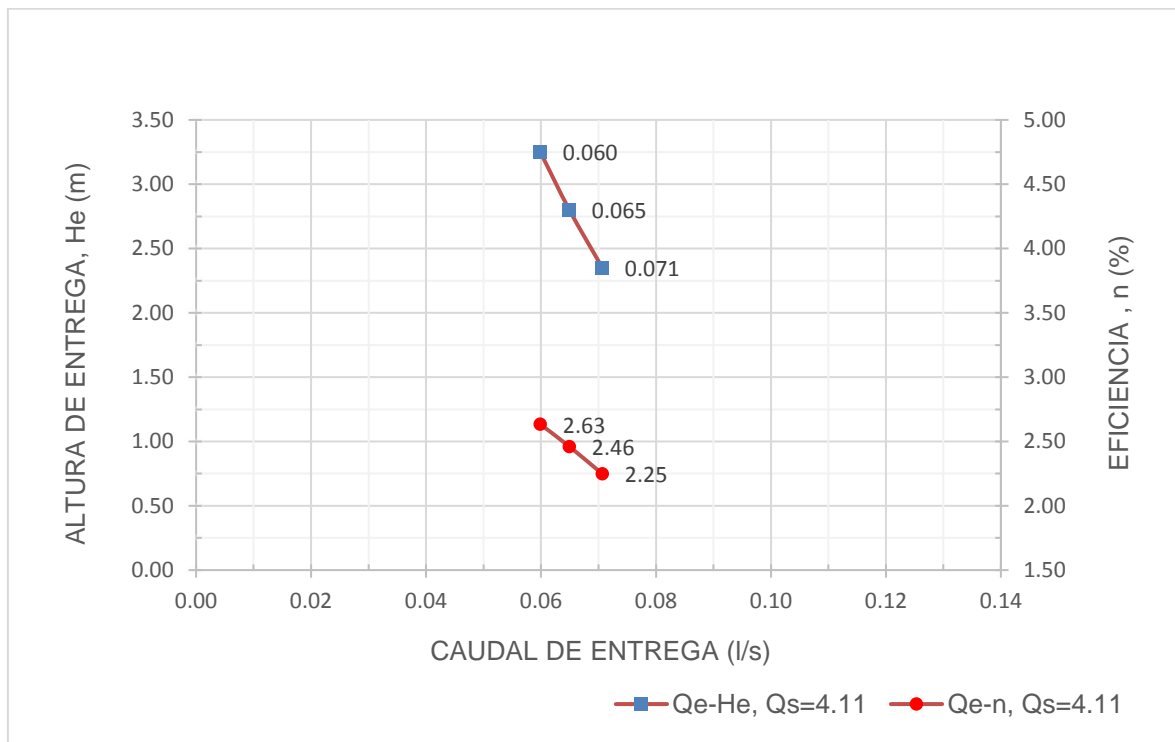
Los resultados fueron calculados directamente en laboratorio, para lo cual se utilizó como valores constantes la altura de suministro y el caudal de suministro, siendo de 1.80m y 4.11 l/s respectivamente; seguidamente se calculó el caudal de entrega, por el método volumétrico, a tres alturas de entrega: 2.35m, 2.80m y 3.25m. Finalmente, estos datos nos sirven para calcular la eficiencia del sistema hidráulico en paralelo, que bajo estas condiciones la eficiencia máxima obtenida es de 2.63% a una altura de entrega de 3.25m.

Tabla N° 15: Eficiencia para el sistema hidráulico con dos válvulas en paralelo para un caudal de suministro de 4.11 l/s.

ALTURA DE SUMINISTRO (m)	CAUDAL DE SUMINISTRO (l/s)	ALTURA DE ENTREGA (m)	CAUDAL DE ENTREGA (l/s)	EFICIENCIA (%)
1.80	4.11	2.35	0.071	2.25
1.80	4.11	2.80	0.065	2.46
1.80	4.11	3.25	0.060	2.63

Fuente: *Elaboración Propia, 2016.*

Figura N° 31: Eficiencia del sistema hidráulico con dos válvulas en paralelo para un caudal de suministro de 4.11 l/s.



Fuente: *Elaboración Propia, 2016.*

4.3.3. Resultados de eficiencia del sistema hidráulico con dos válvulas en paralelo para un caudal de suministro de 3.67 l/s.

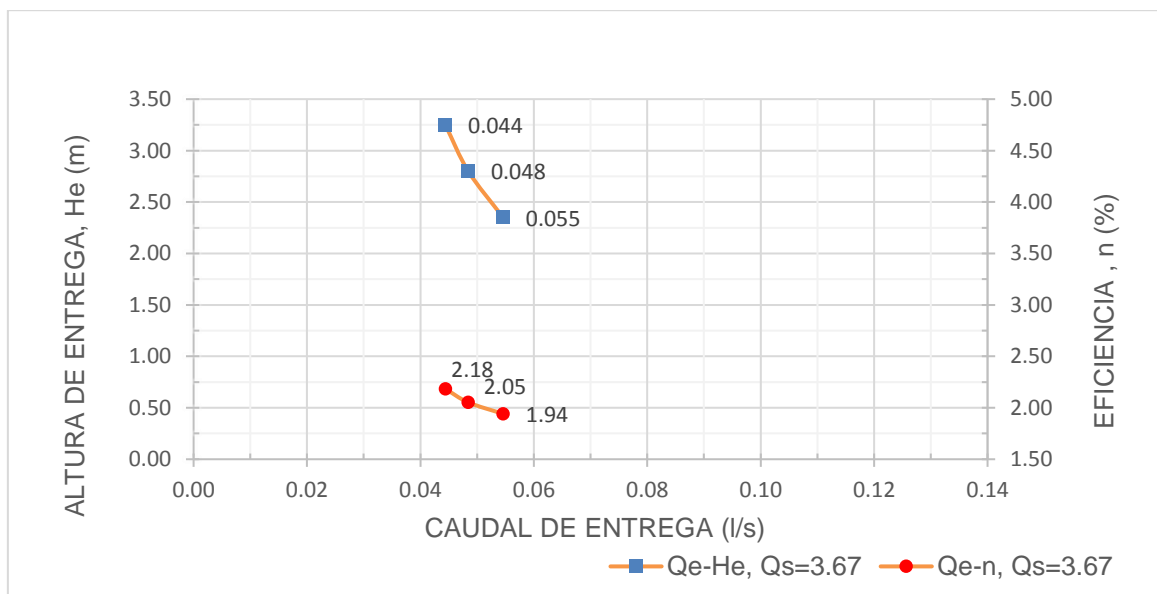
Los resultados fueron calculados directamente en laboratorio, para lo cual se utilizó como valores constantes la altura de suministro y el caudal de suministro, siendo de 1.80m y 3.67 l/s respectivamente; seguidamente se calculó el caudal de entrega, por el método volumétrico, a tres alturas de entrega: 2.35m, 2.80m y 3.25m. Finalmente, estos datos nos sirven para calcular la eficiencia del sistema hidráulico en paralelo, que bajo estas condiciones la eficiencia máxima obtenida es de 2.18% a una altura de entrega de 3.25m.

Tabla N° 16: Eficiencia para el sistema hidráulico con dos válvulas en paralelo para un caudal de suministro de 3.67 l/s.

ALTURA DE SUMINISTRO (m)	CAUDAL DE SUMINISTRO (l/s)	ALTURA DE ENTREGA (m)	CAUDAL DE ENTREGA (l/s)	EFICIENCIA (%)
1.80	3.67	2.35	0.055	1.94
1.80	3.67	2.80	0.048	2.05
1.80	3.67	3.25	0.044	2.18

Fuente: Elaboración Propia, 2016.

Figura N° 32: Eficiencia del sistema hidráulico con dos válvulas en paralelo para un caudal de suministro de 3.67 l/s.



Fuente: Elaboración Propia, 2016.

CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN

5.1. Confiabilidad de datos

5.1.1. Confiabilidad de datos para la eficiencia del sistema hidráulico con dos válvulas en serie

Con los resultados obtenidos se toma el coeficiente de Spearman-Brown (longitud desigual) de 0.951 y en base a la Tabla N°04 se determina que la confiabilidad de datos es Elevada para el sistema hidráulico con dos válvulas en serie.

Tabla N° 17: Confiabilidad de datos para el sistema hidráulico con dos válvulas en serie

Estadísticas de fiabilidad			
Alfa de Cronbach	Parte 1	Valor	-2,798E-14 ^a
		N de elementos	3 ^b
	Parte 2	Valor	,103
		N de elementos	2 ^c
		N total de elementos	5
Correlación entre formularios			,903
Coeficiente de Spearman-Brown	Longitud igual		,949
	Longitud desigual		,951
Coeficiente de dos mitades de Guttman			,948

a. El valor es negativo debido a una covarianza promedio negativa entre elementos. Esto viola los supuestos del modelo de fiabilidad. Podría desea comprobar las codificaciones de elemento.

b. Los elementos son: Altura_Suministro, Caudal_Suministro, Altura_Entrega.

c. Los elementos son: Altura_Entrega, Caudal_Entrega, Eficiencia.

Fuente: *Elaboración Propia, 2016.*

5.1.2. Confiabilidad de datos para la eficiencia del sistema hidráulico con dos válvulas en paralelo

Con los resultados obtenidos se toma el coeficiente de Spearman-Brown (longitud desigual) de 0.945 y en base al Tabla N°04 se determina que la confiabilidad de datos es aceptable para el sistema hidráulico con dos válvulas en paralelo.

Tabla N° 18: Confiabilidad de datos para el sistema hidráulico con dos válvulas en paralelo

Estadísticas de fiabilidad			
Alfa de Cronbach	Parte 1	Valor	-2,798E-14 ^a
		N de elementos	3 ^b
	Parte 2	Valor	,112
		N de elementos	2 ^c
		N total de elementos	5
Correlación entre formularios			,892
Coeficiente de Spearman-Brown	Longitud igual		,943
	Longitud desigual		,945
Coeficiente de dos mitades de Guttman			,941

a. El valor es negativo debido a una covarianza promedio negativa entre elementos. Esto viola los supuestos del modelo de fiabilidad. Podría desea comprobar las codificaciones de elemento.

b. Los elementos son: Altura_Suministro, Caudal_Suministro, Altura_Entrega.

c. Los elementos son: Altura_Entrega, Caudal_Entrega, Eficiencia.

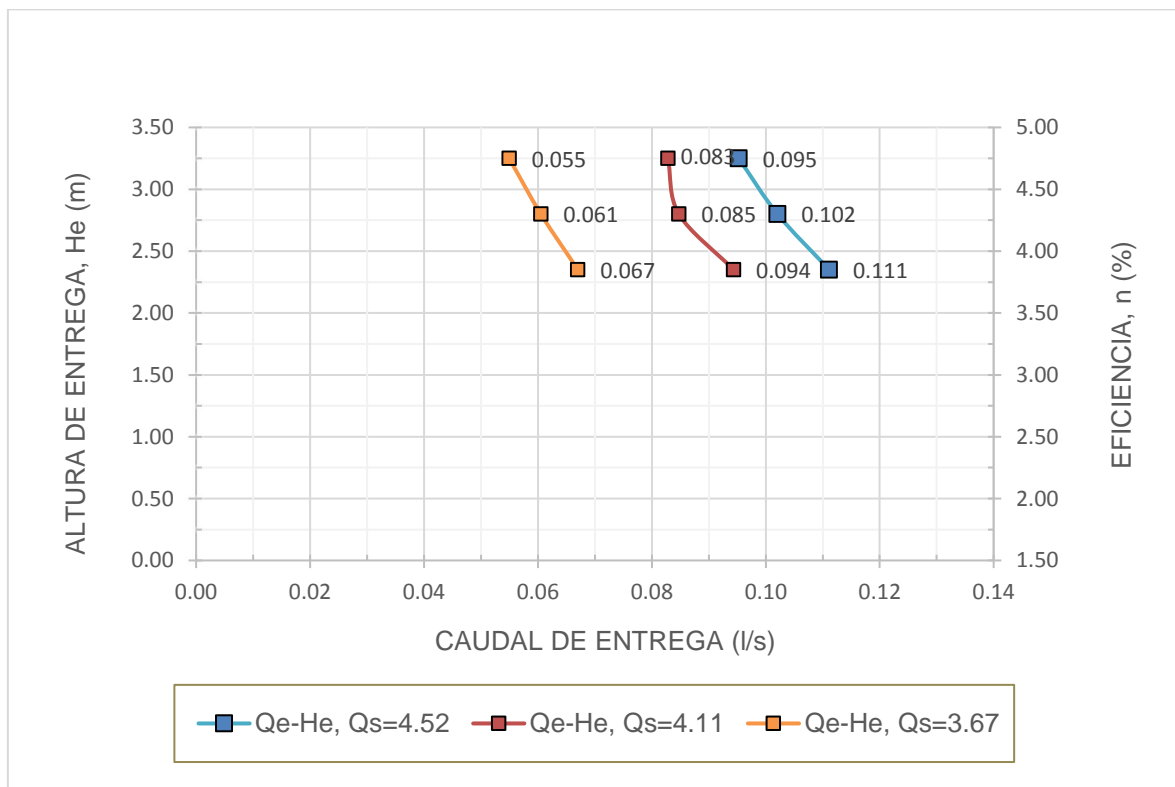
Fuente: *Elaboración Propia, 2016.*

5.2. Comparación de eficiencia para diferentes caudales de suministro del sistema hidráulico con dos válvulas en serie

En los siguientes gráficos se realizó la comparación entre la altura de entrega, caudal de entrega y eficiencia para el sistema hidráulico con dos válvulas en serie.

En el gráfico que se muestra a continuación se realiza la comparación entre la altura de entrega y caudal de entrega, obtenidos para una altura de suministro constante de 1.80 m y para los caudales de suministro de 4.52 l/s, 4.11 l/s y 3.67 l/s; del gráfico se aprecia que, en general, a mayor altura de entrega se obtiene un menor caudal de entrega.

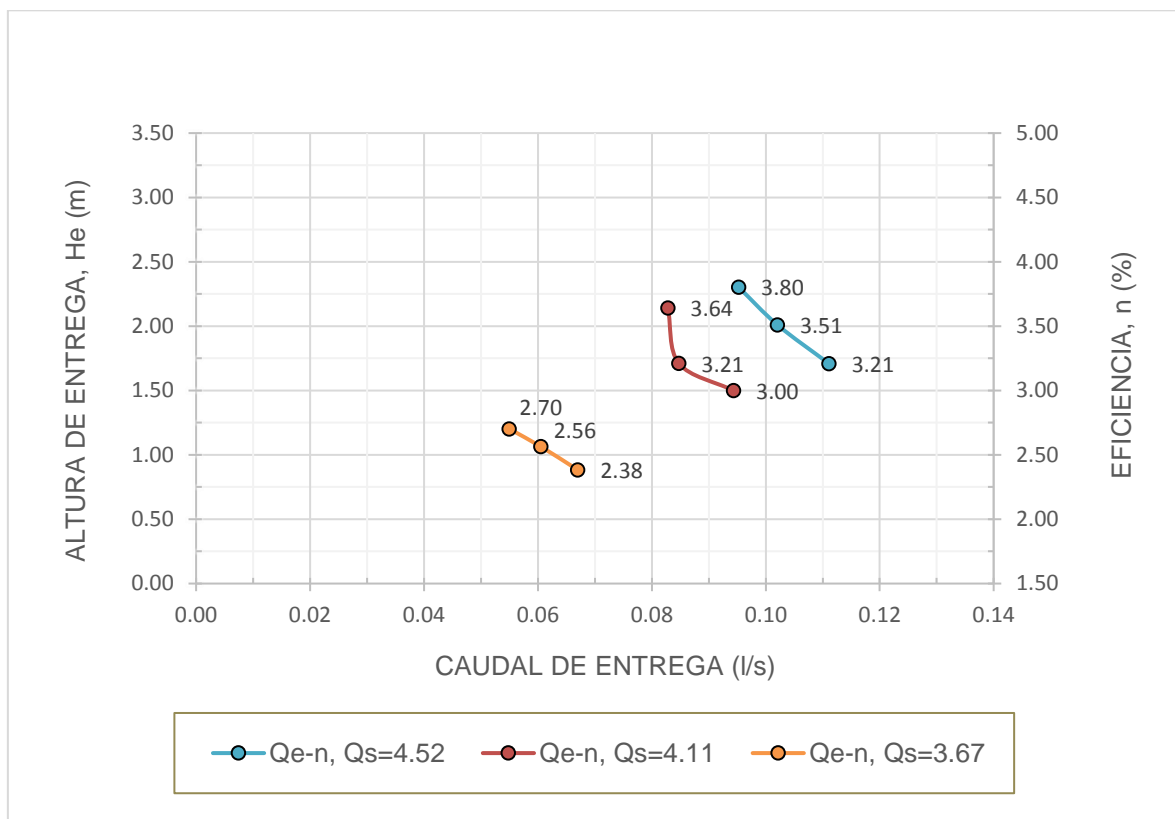
Figura N° 33: Comparación entre caudal de entrega y altura de entrega para diferentes caudales de suministro del sistema hidráulico con dos válvulas en serie.



Fuente: Elaboración Propia, 2016.

En el gráfico siguiente se realiza la comparación entre el caudal de entrega y la eficiencia, obtenidos para una altura de suministro constante de 1.80 m y para los caudales de suministro de 4.52 l/s, 4.11 l/s y 3.67 l/s; del gráfico se aprecia que, en general, a mayor altura de entrega se obtiene una mayor eficiencia del sistema hidráulico.

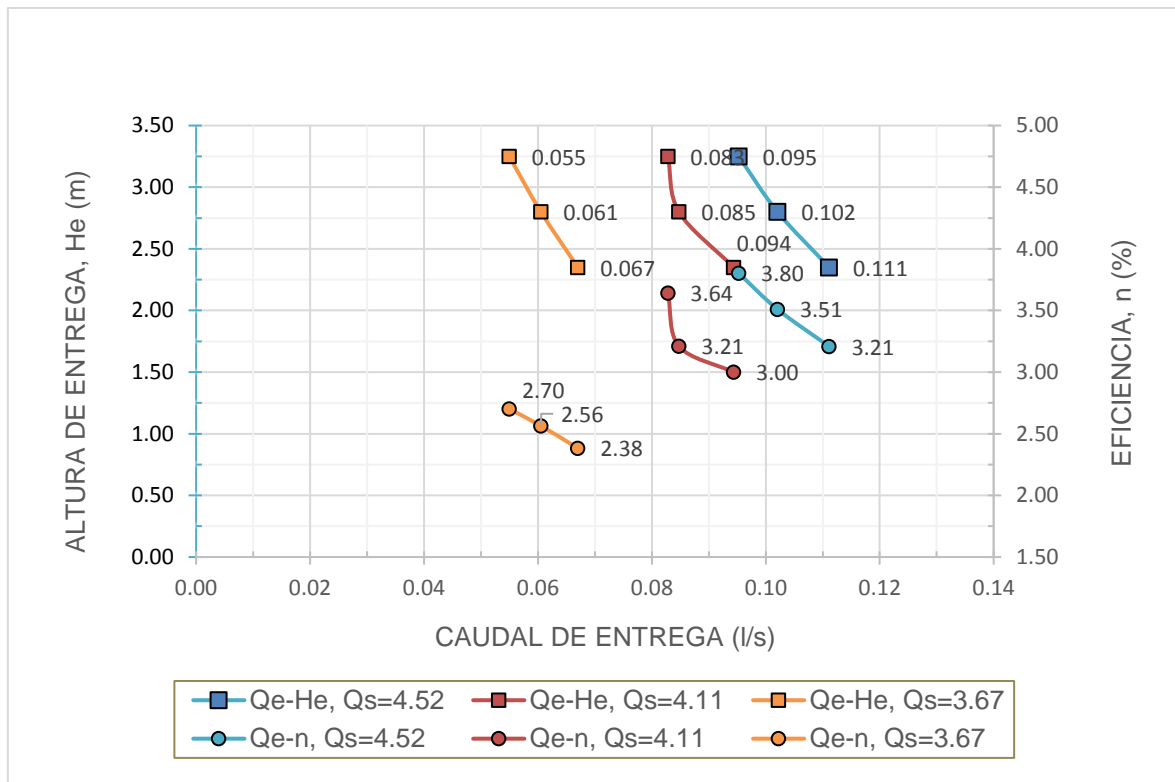
Figura N° 34: Comparación entre caudal de entrega y eficiencia para diferentes caudales de suministro del sistema hidráulico con dos válvulas en serie.



Fuente: *Elaboración Propia, 2016.*

En el gráfico siguiente se realiza la comparación entre el caudal de suministro, caudal de entrega, altura de entrega y eficiencia del sistema, obtenidos para una altura de suministro constante de 1.80 m y para los caudales de suministro de 4.52 l/s, 4.11 l/s y 3.67 l/s; del gráfico se aprecia que, en general, a mayor caudal de suministro es mayor el caudal de entrega, por consiguiente se obtienen mayor eficiencia.

Figura N° 35: Comparación de eficiencia y caudal de entrega para diferentes caudales de suministro del sistema hidráulico con dos válvulas en serie.



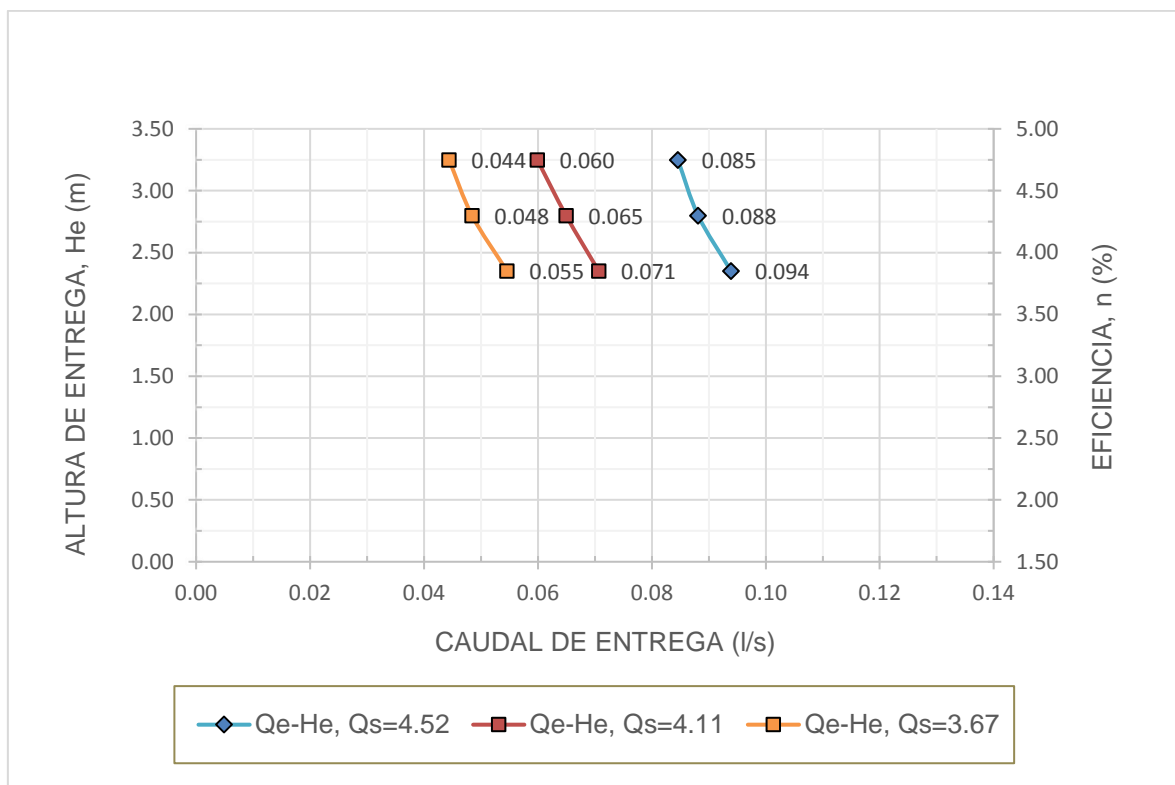
Fuente: Elaboración Propia, 2016.

5.3. Comparación de eficiencia para diferentes caudales de suministro del sistema hidráulico con dos válvulas en paralelo

En los siguientes gráficos se realizó la comparación entre la altura de entrega, caudal de entrega y eficiencia para el sistema hidráulico con dos válvulas en paralelo.

En el gráfico que se muestra a continuación se realiza la comparación entre la altura de entrega y caudal de entrega, obtenidos para una altura de suministro constante de 1.80 m y para los caudales de suministro de 4.52 l/s, 4.11 l/s y 3.67 l/s; del gráfico se aprecia que, en general, a mayor altura de entrega se obtiene un menor caudal de entrega.

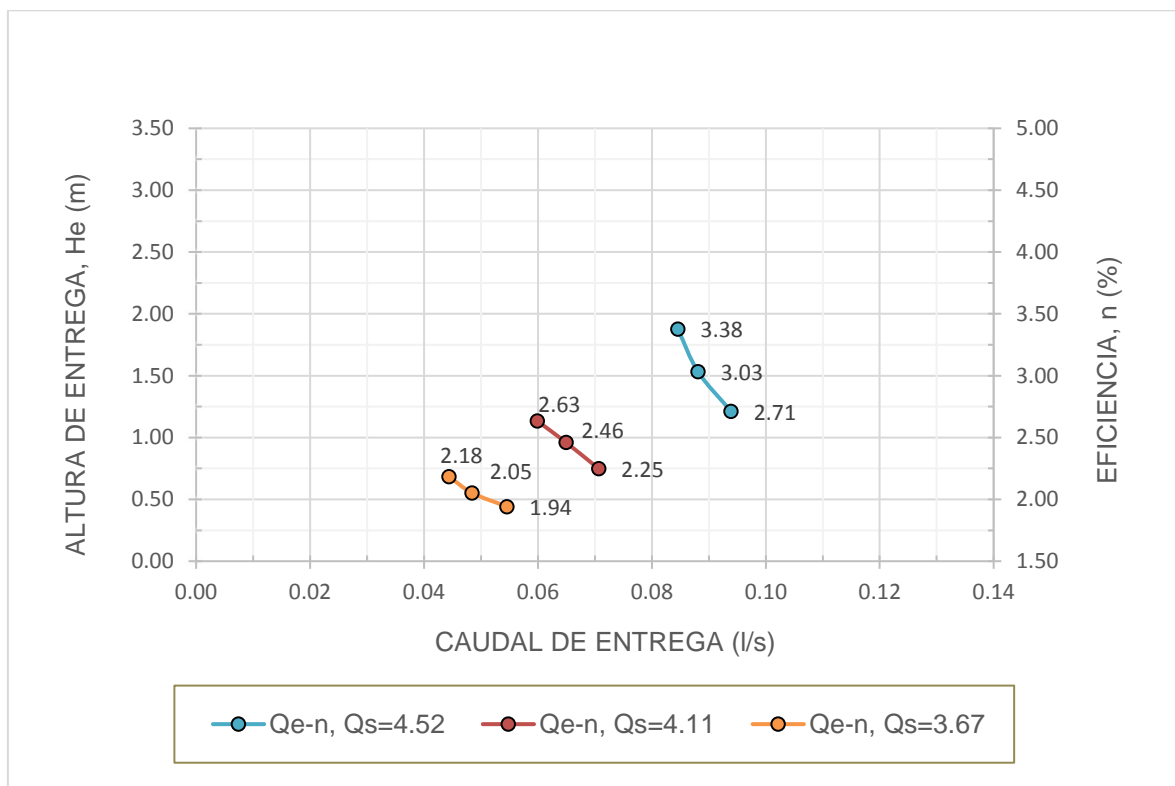
Figura N° 36: Comparación entre caudal de entrega y altura de entrega para diferentes caudales de suministro del sistema hidráulico con dos válvulas en paralelo.



Fuente: Elaboración Propia, 2016.

En el gráfico siguiente se realiza la comparación entre el caudal de entrega y eficiencia, obtenidos para una altura de suministro constante de 1.80 m y para los caudales de suministro de 4.52 l/s, 4.11 l/s y 3.67 l/s; del gráfico se aprecia que, en general, a mayor altura de entrega se obtiene una mayor eficiencia del sistema hidráulico.

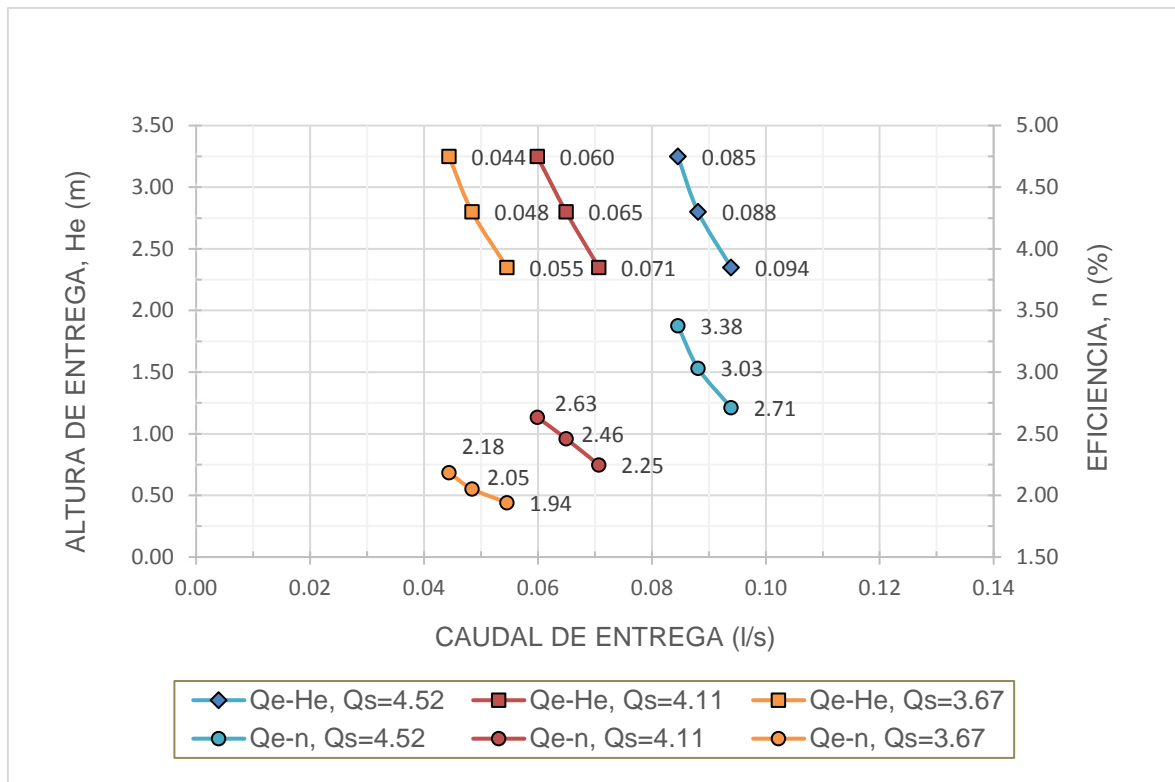
Figura N° 37: Comparación entre caudal de entrega y eficiencia para diferentes caudales de suministro del sistema hidráulico con dos válvulas en paralelo.



Fuente: *Elaboración Propia, 2016.*

En el gráfico siguiente se realiza la comparación entre el caudal de suministro, caudal de entrega, altura de entrega y eficiencia del sistema, obtenidos para una altura de suministro constante de 1.80 m y para los caudales de suministro de 4.52 l/s, 4.11 l/s y 3.67 l/s; del gráfico se aprecia que, en general, a mayor caudal de suministro es mayor el caudal de entrega, por consiguiente se obtienen mayor eficiencia.

Figura N° 38: Comparación de eficiencia y caudal de entrega para diferentes caudales de suministro del sistema hidráulico con dos válvulas en paralelo.



Fuente: Elaboración Propia, 2016.

5.4. Comparación de eficiencia para diferentes caudales de suministro del sistema hidráulico con dos válvulas en serie y en paralelo

En el siguiente cuadro se resume los datos obtenidos para ambos sistemas hidráulicos, los cuales sirven para determinar la eficiencia.

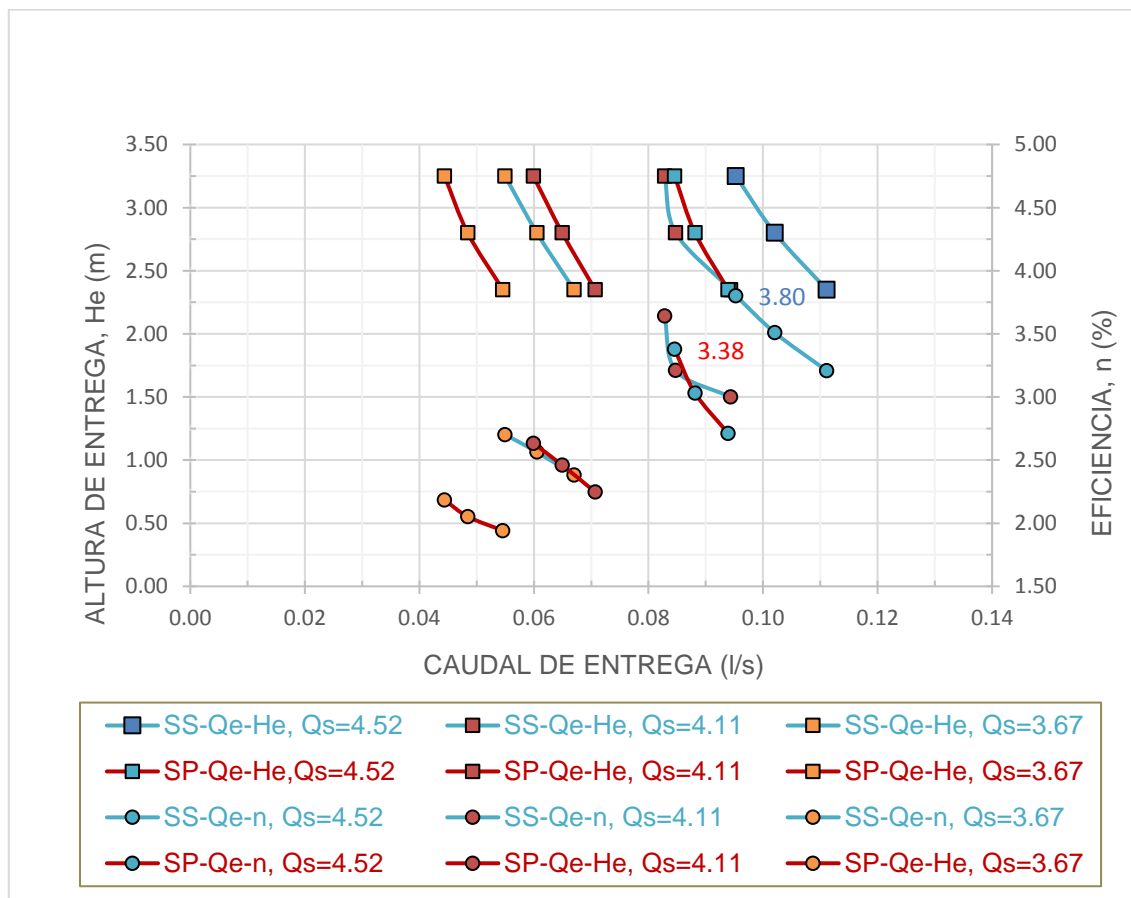
Tabla N° 19: Comparación de eficiencia para diferentes caudales de suministro del sistema hidráulico con dos válvulas en serie y en paralelo.

SISTEMA HIDRÁULICO CON VÁLVULAS EN SERIE				
ALTURA DE SUMINISTRO (m)	CAUDAL DE SUMINISTRO (l/s)	ALTURA DE ENTREGA (m)	CAUDAL DE ENTREGA (l/s)	EFICIENCIA (%)
1.80	4.52	2.35	0.111	3.21
1.80	4.52	2.80	0.102	3.51
1.80	4.52	3.25	0.095	3.80
1.80	4.11	2.35	0.094	3.00
1.80	4.11	2.80	0.085	3.21
1.80	4.11	3.25	0.083	3.64
1.80	3.67	2.35	0.067	2.38
1.80	3.67	2.80	0.061	2.56
1.80	3.67	3.25	0.055	2.70
SISTEMA HIDRÁULICO CON VÁLVULAS EN PARALELO				
ALTURA DE SUMINISTRO (m)	CAUDAL DE SUMINISTRO (l/s)	ALTURA DE ENTREGA (m)	CAUDAL DE ENTREGA (l/s)	EFICIENCIA (%)
1.80	4.52	2.35	0.094	2.71
1.80	4.52	2.80	0.088	3.03
1.80	4.52	3.25	0.085	3.38
1.80	4.11	2.35	0.071	2.25
1.80	4.11	2.80	0.065	2.46
1.80	4.11	3.25	0.060	2.63
1.80	3.67	2.35	0.055	1.94
1.80	3.67	2.80	0.048	2.05
1.80	3.67	3.25	0.044	2.18

Fuente: Elaboración Propia, 2016.

En el gráfico que se muestra a continuación, se realiza la comparación entre las máximas eficiencias obtenidas para los sistemas hidráulicos trabajando con dos válvulas en serie y en paralelo, para lo cual se utilizó una altura de suministro constante de 1.80 m y caudales de suministro de 4.52 l/s, 4.11 l/s y 3.67 l/s; seguidamente se calcularon los caudales de entrega a diferentes alturas de entrega de 2.35m, 2.80m y 3.25m. Del gráfico se aprecia que, el sistema hidráulico con dos válvulas en serie presenta mayores eficiencias que el sistema hidráulico con dos válvulas en paralelo, siendo el sistema hidráulico en serie un 112% más eficiente que el sistema hidráulico en paralelo comparadas en base a sus máximas eficiencias obtenidas de 3.80% y 3.38% para un caudal de suministro de 4.52 l/s y a una altura de entrega de 3.25m.

Figura N° 39: Comparación de eficiencia y caudal de entrega para diferentes caudales de suministro del sistema hidráulico con dos válvulas en serie y en paralelo.



Fuente: Elaboración Propia, 2016.

CONCLUSIONES

1. El sistema de suministro de agua por impulsión utilizando una bomba de ariete hidráulico trabajando con dos válvulas en serie (SHS) presenta mayores eficiencias que el sistema de agua por impulsión utilizando una bomba de ariete hidráulico trabajando con dos válvulas en paralelo (SHP), siendo el SHS un 112% más eficiente que el SHP.
2. El sistema de suministro de agua por impulsión utilizando una bomba de ariete hidráulico trabajando con dos válvulas, tanto en serie como en paralelo, se cumple que a mayor caudal de suministro mayor es el caudal de entrega, siendo los caudales de suministro de 4.52 l/s, 4.11 l/s y 3.67 l/s, para una altura de suministro de 1.80 m y 2.35m para la altura de entrega, obtuvimos caudales de entrega de 0.111 l/s, 0.094 l/s y 0.067 l/s respectivamente, en el sistema hidráulico en serie, y de 0.094 l/s, 0.071 l/s y 0.055 l/s respectivamente para el sistema hidráulico en paralelo.
3. En el sistema de suministro de agua por impulsión utilizando una bomba de ariete hidráulico trabajando con dos válvulas, tanto en serie como en paralelo, se cumple que a mayor altura de entrega menor es el caudal de entrega, siendo el caudal de suministro de 4.52 l/s y 1.80m la altura de suministro, obtuvimos caudales de entrega de 0.111 l/s, 0.102 l/s y 0.095 l/s en alturas de entrega de 2.35 m, 2.80 m y 3.25m respectivamente, para el sistema hidráulico en serie; y caudales de entrega de 0.094 l/s, 0.088 l/s y 0.085 l/s respectivamente para el sistema hidráulico en paralelo.
4. En el sistema de suministro de agua por impulsión utilizando una bomba de ariete hidráulico trabajando con dos válvulas, tanto en serie como en paralelo, se cumple que a mayor altura de entrega se obtiene una mayor eficiencia, siendo el caudal de suministro de 4.52 l/s y 1.80m la altura de suministro, obtuvimos eficiencias de 3.21%, 3.51% y 3.80% en alturas de entrega de 2.35m, 2.80 m y 3.25m respectivamente, para el sistema hidráulico en serie; y eficiencias de 2.71%, 3.03% y 3.38% respectivamente para el sistema hidráulico en paralelo

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda que la alimentación al sistema de suministro de agua por impulsión utilizando una bomba de ariete hidráulico, tanto en serie como en paralelo, sea de manera directa mediante una tubería dispuesta en línea recta en la cual se deba evitar realizar cambios de dirección con accesorios.
2. Se recomienda tener la cantidad mínima de accesorios en el sistema de suministro de agua por impulsión utilizando una bomba de ariete hidráulico, para evitar pérdidas de carga.
3. Se recomienda para futuros ensayos, instalar un sistema de recirculación a fin de no desperdiciar agua.
4. Es recomendable verificar la ausencia de fugas en todos los accesorios, luego de haber realizado la instalación del sistema de suministro de agua por impulsión utilizando una bomba de ariete hidráulico, para obtener datos más coherente y fiables.

REFERENCIAS

1. Egg, E. A. (1995). *Técnicas de Investigación Solcial*. Argentina: Lumen.
2. Hernández, R., Baptista, P., & Fernández, C. (1997). *Metodología de la Investigación*. Bogotá: MCGRAW- HILL.
3. IDRC. (1986). Manuscript Report Proceedings of a workshop on hydraulic Ram Pump.
4. Jeffery, T. (1992). *Hydraulic Ram Pumps*.
5. John Blake. (1975). *A Manual on the Hydraulic Ram for pumping Water*.
6. Mataix, C. (1986). *Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas*. Madrid: Ediciones del Castillo S.A.
7. Rivadeneira, L. S. (2013). *Software de bomba de ariete hidraulico*. quito - ecuador.
8. UPN, U. P. (2005). *Glosario de término*. Cajamarca.
9. VITA. (1990). *Volunteers in Technical Assistance*.
10. Carlos Andrés Sierra Gallo, (2012), “*Análisis del ariete hidráulico para diferentes configuraciones*”, México.
11. María Magdalena Paredes Godoy, (2012), “*Diseño e instalación de un sistema de bombeo mediante ariete hidráulico en la comunidad de Airón Cebadas*”, Ecuador.
12. Luis Fernando Silva Espinoza, (2013), “*Diseño y construcción de una bomba de ariete hidráulico con el desarrollo de un software para su dimensionamiento*”.
13. Smith, (1995). *A guide to ram pump water supply systems*.

ANEXOS

ANEXO N° 01. Formato de toma de datos para el sistema de suministro de agua por impulsión utilizando bombas de ariete hidráulico con válvulas en serie y en paralelo.

ANEXO N° 02. Esquema del sistema de suministro de agua por impulsión utilizando bombas de ariete hidráulico con válvulas en serie.

ANEXO N° 03. Esquema del sistema de suministro de agua por impulsión utilizando bombas de ariete hidráulico con válvulas en paralelo.


ANEXO N° 04. Costos de instalación del sistema de suministro de agua por impulsión utilizando bombas de ariete hidráulico con válvulas en serie y en paralelo.

ANEXO N° 05. Fichas técnicas de los elementos del sistema de suministro de agua por impulsión utilizando bombas de ariete hidráulico con válvulas en serie y en paralelo.

ANEXO N° 06. Panel fotográfico.

ANEXO N° 07. Resultado de los ensayos realizados en laboratorio.

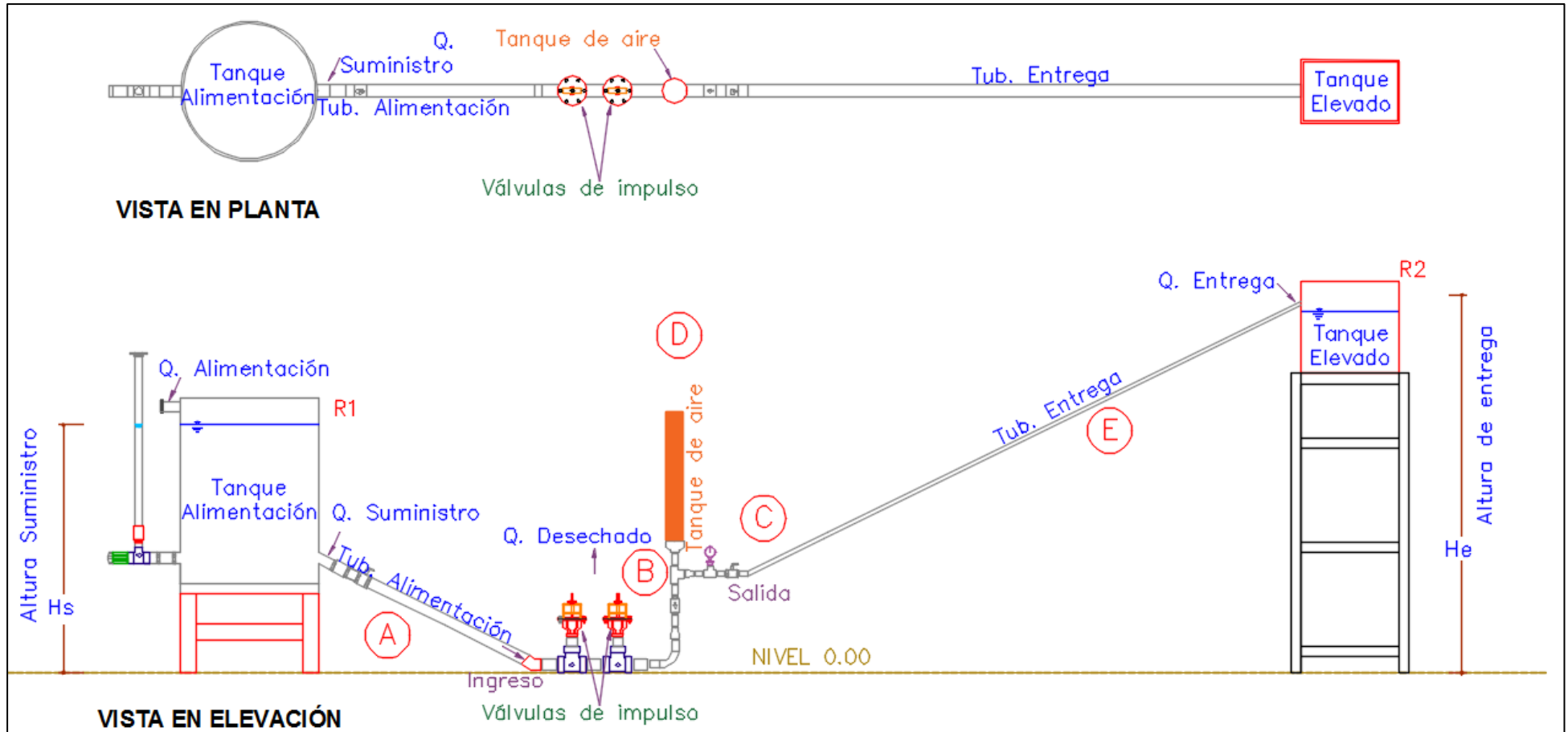
ANEXO N° 01. Formato de toma de datos para el sistema de suministro de agua por impulsión utilizando bombas de ariete hidráulico con válvulas en serie.

 <p>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</p>		DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS PARA CALCULAR LA EFICIENCIA DE LAS BOMBAS DE ARIETE HIDRÁULICO CON DOS VÁLVULAS EN SERIE Y EN PARALELO							
		FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL							
		CARRERA DE INGENIERIA CIVIL							
TESIS		"EFICIENCIA DE UN SISTEMA DE SUMINISTRO DE AGUA POR IMPULSIÓN UTILIZANDO BOMBAS DE ARIETE HIDRÁULICO CON VÁLVULAS EN SERIE Y EN PARALELO"							
LABORATORIO		LABORATORIO DE HIDRÁULICA - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE							
TESISTAS		JULIO ROGELIO MALCA ABANTO							
		RAIDER ARISTEDES QUIROZ GAMBOA							
ASESOR		ING. LUIS VÁSQUEZ RAMÍREZ							
N° DE PRUEBA:					LUGAR:		Laboratorio de Hidráulica UPN-C		
FECHA:					HORA DE INICIO:				
TIPO DE SISTEMA:					NÚMERO DE VÁLVULAS:				
PARÁMETROS DE SUMINISTRO					PARÁMETROS DE ENTREGA				
ALTURA DE SUMINISTRO Hs = (m)	N°	TIEMPO DE LLENADO (s)	VOLUMEN DE RECIPIENTE (lts)	CAUDAL DE SUMINISTRO Qs = (lts/s)	ALTURA DE ENTREGA He = (m)	N°	TIEMPO DE LLENADO (s)	VOLUMEN DE RECIPIENTE (lts)	CAUDAL DE ENTREGA Qe = (lts/s)
	1					1			
	2					2			
	3					3			
	4					4			
TOTAL					TOTAL				
DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LA BOMBA DE ARIETE HIDRÁULICO									
$n = \frac{Q_e \cdot H_e}{Q_s \cdot H_s}$			$n = \frac{\quad \quad \quad}{\quad \quad \quad}$			$n = \frac{\quad \quad \quad}{\quad \quad \quad}$			
Observación: _____									

JULIO ROGELIO MALCA ABANTO		RAIDER ARISTEDES QUIROZ GAMBOA		VÍCTOR CUZCO MINCHAN		ING. LUIS VÁSQUEZ RAMÍREZ		ING. ORLANDO AGUILAR ALIAGA	
TESISTA		TESISTA		LABORATORISTA		ASESOR		DIRECTOR DE CARRERA	

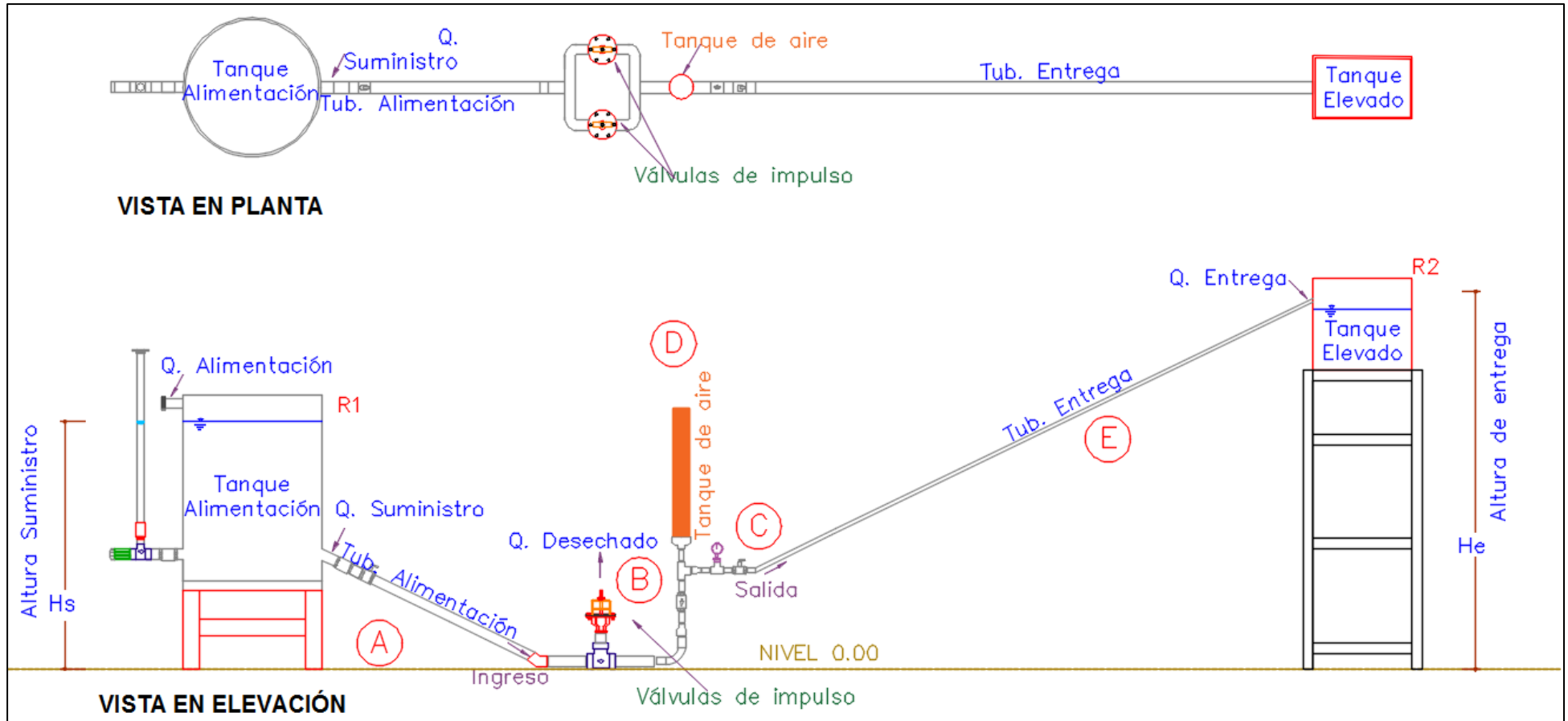
Fuente: Elaboración propia, 2016.

ANEXO N° 02. Esquema del sistema de suministro de agua por impulsión utilizando bombas de ariete hidráulico con válvulas en serie.



Fuente: Elaboración propia, 2016.

ANEXO N° 03. Esquema del sistema de suministro de agua por impulsión utilizando bombas de ariete hidráulico con válvulas en paralelo.



Fuente: Elaboración propia, 2016.

ANEXO N° 04. Costos de instalación del sistema de suministro de agua por impulsión utilizando bombas de ariete hidráulico con válvulas en serie y en paralelo.

ÍTEMS	UND.	CANT	C.U.	PARCIAL	SUB - TOTAL
1.0 Mano de obra					S/. 576.00
Operador	Día	3	S/. 112.00	S/. 336.00	
Ayudante	Día	3	S/. 80.00	S/. 240.00	
2.0 Materiales de laboratorio					S/. 1,145.10
Adaptador PVC CR 2"	Und.	2	S/. 6.50	S/. 13.00	
Adaptador PVC SP 2"	Und.	3	S/. 4.50	S/. 13.50	
Bushing 1/2"	Und.	1	S/. 1.00	S/. 1.00	
Campana de F°G° de 1" - 1/2"	Und.	1	S/. 3.10	S/. 3.10	
Campana de F°G° de 2" - 1"	Und.	2	S/. 6.50	S/. 13.00	
Campana de F°G° de 3" - 2"	Und.	1	S/. 16.00	S/. 16.00	
Cinta teflón METUSA 1/2" x 0.75 x 10 m	Und.	10	S/. 1.50	S/. 15.00	
Cinta teflón METUSA 3/4" x 0.75 x 12 m	Und.	10	S/. 2.50	S/. 25.00	
Codo F°G° 2" x 90° CR	Und.	5	S/. 14.60	S/. 73.00	
Codo F°G° 2" x 45° CR	Und.	1	S/. 14.00	S/. 14.00	
Conexión de bronce de 1/2" x 1/2"	Und.	1	S/. 8.00	S/. 8.00	
Lija	Und.	1	S/. 1.80	S/. 1.80	
Manguera de agua PVC 1/2"	m.	30	S/. 0.90	S/. 27.00	
Manómetro aire 100 psi Fimes	Und.	1	S/. 28.50	S/. 28.50	
Niple F°G° 1/2" x 2"	Und.	2	S/. 1.80	S/. 3.60	
Niple F°G° 1" x 2"	Und.	4	S/. 3.20	S/. 12.80	
Niple F°G° 2" x 2"	Und.	12	S/. 6.90	S/. 82.80	
Niple F°G° 2" x 4"	Und.	1	S/. 7.90	S/. 7.90	
Pegamento PVC 4 oz	Und.	2	S/. 10.90	S/. 21.80	
Soporte metálico para la bomba (inc. accesorios)	Und.	1	S/. 125.00	S/. 125.00	
Spray agro	Und.	2	S/. 10.00	S/. 20.00	
Tanque cilíndrico metálico (inc. accesorios)	Und.	1	S/. 176.00	S/. 176.00	
Tee F°G° 1/2" CR	Und.	1	S/. 1.20	S/. 1.20	
Tee F°G° 1" CR	Und.	1	S/. 3.00	S/. 3.00	
Tee F°G° 2" CR	Und.	6	S/. 14.60	S/. 87.60	
Tubería de PVC SP 2" C-10 x 5.00 m	Und.	2	S/. 38.90	S/. 77.80	
Unión universal PVC CR 2"	Und.	2	S/. 19.90	S/. 39.80	


ÍTEMS	UND.	CANT	C.U.	PARCIAL	SUB - TOTAL
Válvula check 1" CIM	Und.	1	S/. 47.50	S/. 47.50	
Válvula esférica 1/2"	Und.	1	S/. 8.50	S/. 8.50	
Válvula tipo globo PVC SP 2"	Und.	1	S/. 27.90	S/. 27.90	
Válvulas de impulsión (inc. accesorios)	Und.	2	S/. 75.00	S/. 150.00	
3.0 Herramientas					S/. 163.50
Llave mixta Stanley 13 mm	Und	1	S/. 12.00	S/. 12.00	
Desarmador plano 5/16x 7mm Stanley	Und	1	S/. 14.90	S/. 14.90	
Wincha Stanley 8m	Und	1	S/. 39.90	S/. 39.90	
Sierra ajustable profesional Stanley	Und	1	S/. 24.90	S/. 24.90	
Litz calibrador de 6"	Und	1	S/. 34.90	S/. 34.90	
Nivel de mano Stanley	Und	1	S/. 36.90	S/. 36.90	
4.0 Implementos de seguridad					S/. 511.80
Casco de seguridad	Und	2	S/. 35.00	S/. 70.00	
Zapatos de seguridad	Und	2	S/. 150.00	S/. 300.00	
Poncho de agua	Und	2	S/. 10.90	S/. 21.80	
Chaleco de seguridad	Und	2	S/. 35.00	S/. 70.00	
Lentes de seguridad	Und	2	S/. 25.00	S/. 50.00	
TOTAL DE PRESUPUESTO (S/.)					S/. 2,396.40

ANEXO N° 05. Fichas técnicas de los elementos del sistema de suministro de agua por impulsión utilizando bombas de ariete hidráulico con válvulas en serie y en paralelo.

FICHA TÉCNICA CILINDRO METÁLICO

 <p>Recoltambores</p>	FICHA TECNICA DE REACONDICIONAMIENTO		
	Producto: TAMBOR METALICO ABIERTO DE 55 GALONES		Pág. 1 de 1
<p>Descripción: Los tambores metálicos abiertos con tapa de acero y cincho de cierre de palanca o con tornillo, son ideales en aplicaciones para la industria farmacéutica y petroquímica. Útil para líquidos, semilíquidos así como productos fotosensibles e inclusive productos peligrosos. Gran variedad de colores para esmaltar, es posible serigrafiar su marca y/o leyendas que se requiera bajo pedido. Forma: cilíndrico Capacidad Nominal: 208 litros, 55 galones. Material: lámina metálica Calibre: de 16" a 24" Vaciado: tapa de acero con cincho de cierre con tornillo o palanca. Altura: 88 cm Diámetro: 58.6 cm Costillas: múltiples, estilo w, doble, triple. Peso del envase: +/- 16 kg</p>		 	
MATERIALES Y ESPESORES			
TAPA	CUERPO	FONDO TOTAL	COSTILLAS
Metálica con cincho de cierre con tornillo o de palanca.	Lamina cold rolled 16" – 24" +/- .	Lamina Cold Rolled 16" – 24" +/- .	Múltiples, Estilo w, Doble, triple.
<p>MANIPULACION: Se recomienda al operario manipulador del envase reacondicionado desocupado, el uso de los elementos de protección personal, entre estos; botas punta de acero, guantes de carnaza, peto, cinturón de fuerza y casco en caso de apilamientos. Adicionalmente debe estar capacitado en levantamiento de cargas según la ARL correspondiente a cada empresa, conservando posturas correctas de levantamiento y seguridad industrial</p>			
<p>INFORMACION IMPORTANTE: El envase reacondicionado de Recoltambores, no es apto para envasar productos de consumo humano y/o animal. Recoltambores no se responsabiliza por los usos cometidos fuera de estas indicaciones.</p>			
<p>OBSERVACIONES: La información consignada en este documento, es fruto de nuestra experiencia. Sin embargo esto no libera a nuestros clientes de realizar sus controles internos en la manipulación correcta del envase desocupado o lleno y de la disposición final del mismo, como residuo especial.</p>			


FICHA TÉCNICA CODO DE F°G°



MECH

CODO 45°



Clase 150



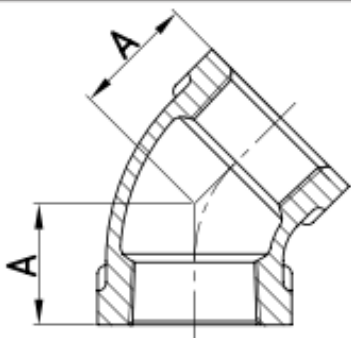
Material: Fierro Maleable ASTM A197/A197M y con Galvanizado (ASTM A153)/HOT-DIP Estándar Americano. Clase 150
Dimensiones: ASME B16.3, B16.14
Dimensiones de Unión: ASME B16.39
Roscado: NPT ASME B1.20.1
Usos:
Fierro Maleable: Aceites, petróleos, gases (GLP/GNV) y vapor. No recomendado para agua y químicos o productos similares.
Galvanizado: Agua, fluidos industriales gases (GLP/GNV), aire y sistemas contra incendio. No recomendado para químicos y fluidos con temperatura.

Medida		Dimensiones (mm)
inch	mm	A
1/8	6	16
1/4	8	18.5
3/8	10	20
1/2	15	22
3/4	20	24.5
1	25	28.5
1 1/4	32	32.5
1 1/2	40	36
2	50	42.5
2 1/2	65	49.5
3	80	55
4	100	66
6	150	88

Modelo 120

NEGRO **GALVANIZADO**



Ejecución MAC - PPKV

* Fotos y medidas referenciales, sujetas a cambios sin previo aviso por parte del proveedor o fabricante.

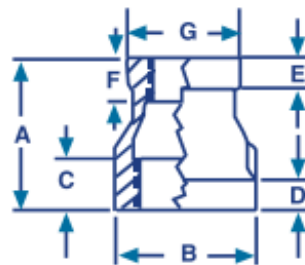
FICHA TÉCNICA CAMPANA REDUCTORA F°G°



REDUCCIÓN CAMPANA
Clase 150

Material: Fierro Maleable ASTM A197/A197M y con Galvanizado (ASTM A153)/HOT-DIP
Estándar Americano: Clase 150
Dimensiones: ASME B16.3, B16.14
Dimensiones de Unión: ASME B16.39
Roscado: NPT ASME B1.20.1

Usos:
Fierro Maleable: Aceites, petróleos, gases (GLP/ GNV) y vapor. No recomendado para agua y quimicos o productos similares.
Galvanizado: Agua, fluidos industriales gases (GLP/GNV), aire y sistemas contra incendio. No recomendado para quimicos y fluidos con temperatura.

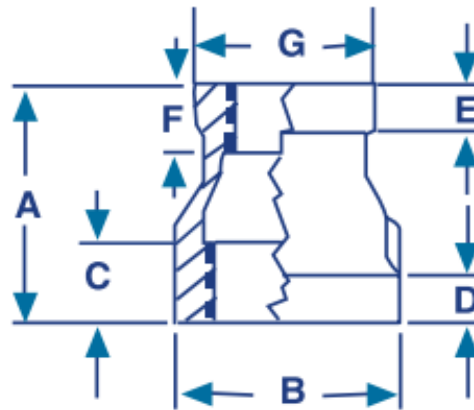


Medida	A	B	C	D	E	F	G
3/8 x 1/4	1.130	1.010	0.360	0.230	0.210	0.320	0.840
1/2 x 1/4	1.250	1.200	0.430	0.250	0.210	0.320	0.840
1/2 x 3/8	1.250	1.200	0.430	0.250	0.230	0.360	1.010
3/4 x 1/4	1.440	1.460	0.500	0.270	0.210	0.320	0.840
3/4 x 3/8	1.440	1.460	0.500	0.270	0.230	0.360	1.010
3/4 x 1/2	1.440	1.460	0.500	0.270	0.250	0.430	1.200
1 x 1/4	1.690	1.770	0.580	0.300	0.210	0.320	0.840
1 x 3/8	1.690	1.770	0.580	0.300	0.230	0.360	1.010
1 x 1/2	1.690	1.770	0.580	0.300	0.250	0.430	1.200
1 x 3/4	1.690	1.770	0.580	0.300	0.270	0.500	1.460
1 1/4 x 1/2	2.060	2.150	0.670	0.340	0.250	0.430	1.200
1 1/4 x 3/4	2.060	2.150	0.670	0.340	0.270	0.500	1.460
1 1/4 x 1	2.060	2.150	0.670	0.340	0.300	0.580	1.770

* Fotos y medidas referenciales, sujetas a cambios sin previo aviso por parte del proveedor o fabricante.




REDUCCIÓN CAMPANA Clase 150





Medida	A	B	C	D	E	F	G
1 1/2 x 1/2	2.310	2.430	0.700	0.370	0.250	0.430	1.200
1 1/2 x 3/4	2.310	2.430	0.700	0.370	0.270	0.500	1.460
1 1/2 x 1	2.310	2.430	0.700	0.370	0.300	0.580	1.770
1 1/2 x 1 1/4	2.310	2.430	0.700	0.370	0.340	0.670	2.150
2 x 1/2	2.810	2.960	0.750	0.420	0.250	0.430	1.200
2 x 3/4	2.810	2.960	0.750	0.420	0.270	0.500	1.460
2 x 1	2.810	2.960	0.750	0.420	0.300	0.580	1.770
2 x 1 1/4	2.810	2.960	0.750	0.420	0.340	0.670	2.150
2 x 1 1/2	2.810	2.960	0.750	0.420	0.370	0.700	2.430
2 1/2 x 1/2	3.250	3.590	0.920	0.480	0.250	0.430	1.200
2 1/2 x 2	3.250	3.590	0.920	0.480	0.420	0.750	2.960
3 x 2	3.690	4.280	0.980	0.550	0.420	0.750	2.960
3 x 2 1/2	3.690	4.280	0.980	0.550	0.480	0.920	3.590
4 x 3	4.380	5.400	1.080	0.660	0.550	0.980	4.280

FICHA TÉCNICA TEE DE F°G°





MECH

TEE
Clase 150

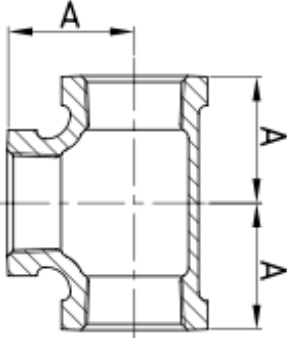
Material: Fierro Maleable ASTM A197/A197M y con Galvanizado (ASTM A153)/HOT-DIP
Estándar Americano: Clase 150
Dimensiones: ASME B16.3, B16.14
Dimensiones de Unión: ASME B16.39
Roscado: NPT ASME B1.20.1
Usos:
Fierro Maleable: Aceites, petróleos, gases (GLP/GNV) y vapor. No recomendado para agua y químicos o productos similares.
Galvanizado: Agua, fluidos industriales gases (GLP/GNV), aire y sistemas contra incendio. No recomendado para químicos y fluidos con temperatura.

Modelo 130

NEGRO

GALVANIZADO



Ejecución MAC - MPKV

Medida		Dimensiones (mm)
inch	mm	A
1/8	6	17.5
1/4	8	20.6
3/8	10	24.1
1/2	15	28.5
3/4	20	33.3
1	25	38.1
1 1/4	32	44.5
1 1/2	40	49.3
2	50	57.2
2 1/2	65	68.6
3	80	78.2
3 1/2	90	86.9
4	100	96.3
5	125	114.3
6	150	130.3

* Fotos y medidas referenciales, sujetas a cambios sin previo aviso por parte del proveedor o fabricante.

FICHA TÉCNICA TUBO DE F°G°

Tubería Negra y Galvanizada ISO 65 ERW Series I (Estándar) y II (Liviana)

Tubos fabricados con acero de bajo carbono laminado en caliente, con sistema ERW de soldadura por resistencia eléctrica por inducción de alta frecuencia longitudinal.

Diámetros y espesores según Norma ISO 65.

Extremos Roscados NPT ASME B1.20.1

Recubrimiento Negro Aceitado o Galvanizado.

Longitud 6.40 m. Prueba hidrostática a 700 PSI



TUBERÍA NEGRA



TUBERÍA GALVANIZADA

Tolerancias - Espesor Mínimo

Serie I (Estándar)	-12.5% de Espesor Nominal
Serie II (Liviana)	-8% Espesor Nominal

Propiedades Mecánicas

Resistencia a la Tracción	320-520 N/mm2
Elongación	15%


Diámetro Nominal	Dimen. Exterior	SERIE I (ESTÁNDAR)		SERIE II (LIVIANA)	
		Espesor Nominal	Peso	Espesor Nominal	Peso
Pulgadas	mm	mm	kg/m	mm	kg/m
1/4	13.5	2.0	0.570	-	-
3/8	17.2	2.0	0.742	-	-
1/2	21.3	2.3	1.080	2.00	0.947
3/4	26.9	2.3	1.390	2.00	1.228
1	33.7	2.9	2.200	2.60	1.980
1 1/4	42.4	2.9	2.820	2.60	2.540
1 1/2	48.3	2.9	3.240	2.65	2.983
2	60.3	3.2	4.490	2.90	4.080
2 1/2	73.0	3.2	5.730	3.00	5.179
3	88.9	3.6	7.550	3.20	6.720
4	114.3	4.0	10.800	3.60	9.750

*Nota: Todas las medidas son nominales. Los pesos en kg/m son teóricos.

FICHA TÉCNICA MANÓMETRO

Modelos 11 y 15

DE WIT

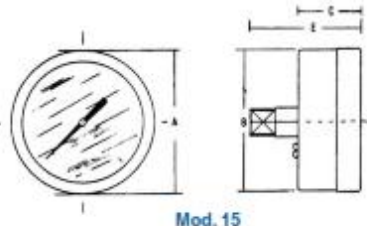


✓ CARACTERÍSTICAS GENERALES

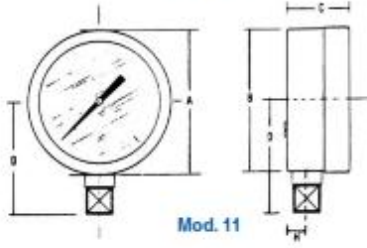
- Exactitud:** +/- 2% del total de la escala
- Elemento:** Tubo bourdon de bronce
- Conexión:** Bronce 1/4" N.P.T. inferior o posterior al centro
- Mecanismo:** Bronce
- Caja:** Lámina de acero esmaltado negro
- Bisel:** A presión de lámina de acero esmaltado negro
- Ventana:** Acrílico
- Carátula:** Aluminio fondo blanco, números negros
- Aguja:** Aluminio esmaltado negro
- Tamaños:** ø 51 mm (2") o 63 mm (2 1/2")
- Rangos:** Doble escala, kg/cm² + psi max. 280 kg/cm²

➤ APLICACIONES

Manómetro diseñado para usos generales para indicar la presión de fluidos no corrosivos al bronce, como aire, agua, aceite, etc., en aplicaciones como bombas, calderas, compresores, entre otras.



Mod. 15



Mod. 11

➤ COMO ORDENAR

Cantidad	Modelo	Tamaño (mm)	Rango	Conexión
Ejem.	00 pzas.	11	63	14 kg/cm ² Inf. 1/4" N.P.T.

RANGOS ESTÁNDAR

PRESIÓN	
Kgf/cm ²	Psi
0 - 1	0 - 15
0 - 2	0 - 30
0 - 4	0 - 60
0 - 7	0 - 200
0 - 11	0 - 100
0 - 14	0 - 160
0 - 21	0 - 300
0 - 28	0 - 400
0 - 42	0 - 600
0 - 70	0 - 1000
0 - 105	0 - 1500
0 - 210	0 - 3000
0 - 280	0 - 4000

VACÍO	
Cm Hg	pulg Hg
-76 + 0	-30 + 0

Dimensiones en mm.

Tamaño nominal	A	B	C	D	E	H
ø 51 mm (2")	52	51	28	45	46	9
ø 63 mm (2 1/2")	68	67	28	54	48	10

FICHA TÉCNICA VALVULA CHECK



Cim 30

"SPRINT" SPRING-LOADED CHECK VALVE



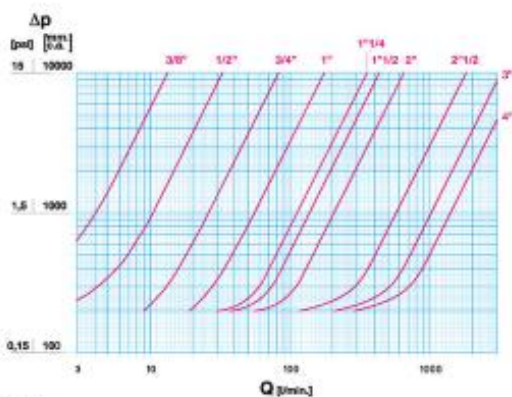
This article was made in compliance with the quality management requirements of standard ISO 9001:2008. All articles are tested according to the standard EN 12266-1:2003. It is used in a wide variety of sectors for non-return piping systems: heating, drinking water, air conditioning, sanitary systems and generally with any non corrosive liquid.

It is guaranteed for 5 years.

It is made of a brass alloy that complies with standard EN 12165-CW617N-M.

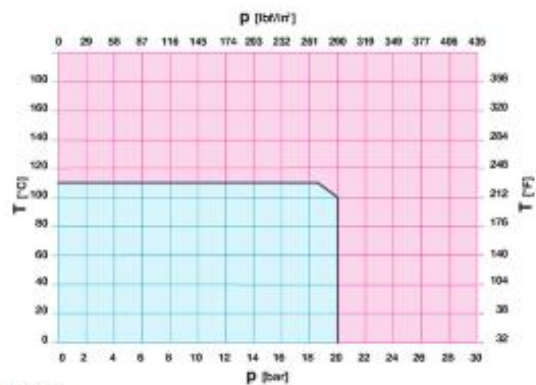
Nominal Pressure: PN 20
Operating temperature: -10 to 110°C

FLOW AND PRESSURE DROP



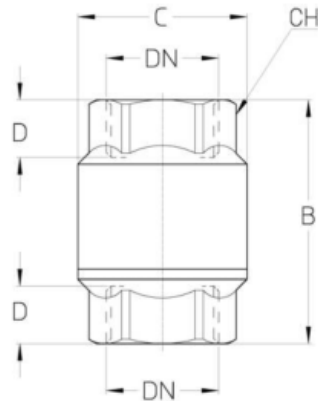
Notes:
1 l/min = 0,06 m3/h
1 m3/h = 16,67 l/min
1 bar = 10.000 mm w.c.
1 psi = 690 mm w.c.

PRESSURE TEMPERATURE RATINGS



Notes:
1 bar = 14,5 psi
1 bar = 14,5 lbf/in2
°C = 5/9 x (°F-32)
°F = 32 + (9/5 x °C)

TECHNICAL DRAWING



DN	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1"1/4	1"1/2	2"	2"1/2	3"	4"
Grms.	210	160	240	380	600	920	1360	2505	3440	5115
B	55,5	55,5	62	72	82	96	109	129	141	146
C	35	35	42	50	60	70	83	103	123	160
D	13	14	14,5	17	18	22	23	29	28	30
CH	25	25	31	39	48	55	67	88	100	123

Thread:
ISO 228

Upon request:
ANSI B.1.20.1 - NPT

TECHNICAL CHARACTERISTICS

KV										
DN	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1"1/4	1"1/2	2"	2"1/2	3"	4"
KV	0,8	2,0	5,0	10,4	21	26	38	108	192	264

KV = Flow rate in m³/h with a pressure drop of 1 bar

OUR CERTIFICATIONS



FICHA TÉCNICA VÁLVULA DE ESFERA

GENEBRE

Edificio Genebre. Av. de Joan Carles I, 46-48
08908 L'Hospitalet de Llobregat. Barcelona (Spain)
genebre@genebre.es - www.genebre.es

ARTICULO: 2014N

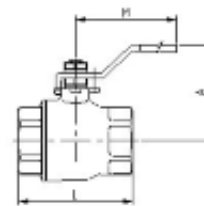
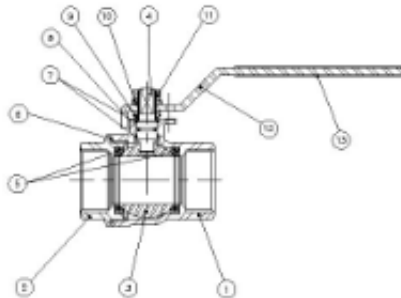
Válvula de esfera paso total 2 piezas Inoxidable. Stainless steel full port ball valve, 2 piece.

Características

1. Válvula esfera paso total 2 piezas
2. Extremos roscados NPT ANSI B 2.1.
3. Construcción en Inox AISI 316 (CF8M) .
4. Asientos PTFE + 15 % F.V.
5. Vástago inexpulsable.
6. Tórica en el eje de Viton.
7. Juntas del eje PTFE.
8. Sistema de bloqueo.
9. Presión de trabajo máxima 63 Kg/cm2.
10. Temperatura de trabajo -25 °C + 180 °C.

Features

1. Stainless steel full port ball valve, 2 piece.
2. Thread ends according NPT ANSI B 2.1.
3. Made of AISI 316 (CF8M).
4. Ball seats PTFE + 15 % G.F.
5. Blow-out proof stem.
6. Viton o'ring stem.
7. Stem gasket PTFE.
8. Locking system.
9. Max. Working pressure 63 Kg/cm2.
10. Working Temperature -25 °C + 180 °C.

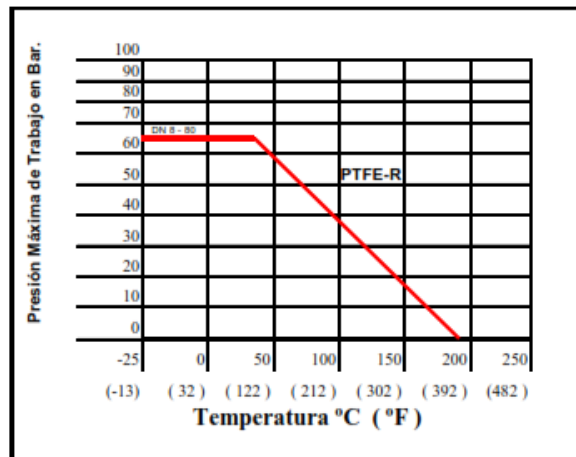


Nº	Denominación/Name	Material	Acabado Superficial/Surface Treatment
1	Cuerpo / Body	Acero Inox AISI 316 / SS 316	Granallado / Shot blasting
2	Tapa / Cap	Acero Inox AISI 316 / SS 316	Granallado / Shot blasting
3	Bola / Ball	Acero Inox AISI 316 / SS 316	-----
4	Eje / Stem	Acero Inox AISI 316 / SS 316	-----
5	Asiento / Seat ball	Teflón + 15% FV / PTFE + 15% GF.	-----
6	Junta / Gasket	Teflón / PTFE	-----
7	Arandela / Trust Washer	Teflón / PTFE	-----
8	Tórica / O'ring	Viton	-----
9	Anillo Prensa / Stem packing	Acero Inox AISI 304 / SS 304	-----
10	Arandela / Washer	Acero Inox AISI 304 / SS 304	-----
11	Tuerca / Nut	Acero Inox AISI 304 / SS 304	-----
12	Maneta / Handle	Acero Inox AISI 304 / SS 304	-----
13	Funda / Handle Sleeve	Vynil	-----

DIMENSIONES GENERALES / GENERAL DIMENSIONS

Ref	Medida/Size	PN	Dimensiones/Dimensions (mm)				Peso/Weight (g)
			P	A	L	M	
2014N 02	1/4"	63	11	50	50	104	207
2014N 03	3/8"	63	12.7	50	50	104	195
2014N 04	1/2"	63	15	51.5	55	104	237
2014N 05	3/4"	63	20.6	62	70	122	442
2014N 06	1"	63	25.4	65	83	122	606
2014N 07	1 ¼"	63	31.8	82	91	180	1084
2014N 08	1 ½"	63	38.1	88	103	205	1544
2014N 09	2"	63	50.8	106	120	219	2648
2014N 10	2 ½"	63	65	119	152	240	4707
2014N 11	3"	63	80	135	172	275	7288

CURVA PRESION TEMPERATURA / PRESSURE TEMPERATURE RATING



ANEXO N° 06. Panel fotográfico.

Fotografía N° 05: Elaboración del diagrama de ensamblaje.



Fotografía N° 06: Tesistas con los accesorios listos para ensamblar.



Fotografía N° 07: Ensamblaje de la bomba de ariete.



Fotografía N° 08: Ensamblaje de la bomba de ariete, zona de válvula de entrega
concluida.



Fotografía N° 09: Despiece del cuerpo de la bomba de ariete.



Fotografía N° 10: Cuerpo de la bomba de ariete ensamblado.



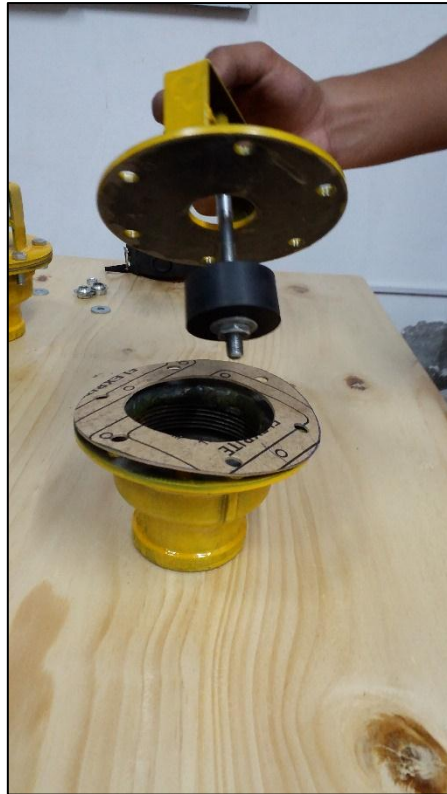
Fotografía N° 11: Elementos constituyentes de la válvula de impulsión.



Fotografía N° 12: Ejes y émbolos de las válvulas de impulsión.



Fotografía N° 13: Válvula de impulso antes de ensamblaje final.



Fotografía N° 14: Válvulas de impulso ensamblada y terminada.



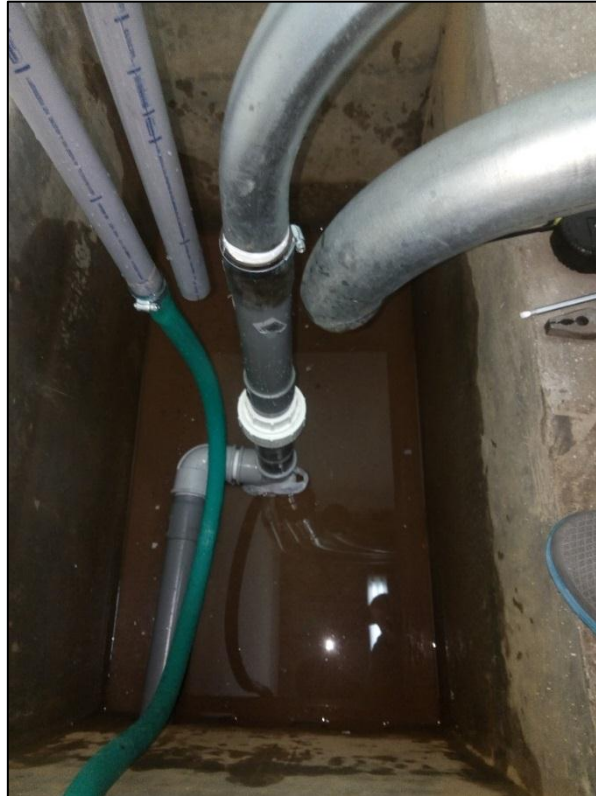
Fotografía N° 15: Primer ensayo realizado en laboratorio de hidráulica de UPN-C; en el que se observa la bomba de ariete hidráulico con las válvulas en serie. En este primer ensayo no se pudo realizar el funcionamiento debido a que la alimentación tenía demasiados accesorios y no era de manera directa.



Fotografía N° 16: Primer ensayo realizado en laboratorio de hidráulica de UPN-C; en el que se observa la bomba de ariete hidráulico con las válvulas en paralelo. En este ensayo tampoco se pudo realizar el funcionamiento de la bomba debido a que la alimentación tenía demasiados accesorios y no era de manera directa.



Fotografía N° 17: Primer ensayo realizado en laboratorio de hidráulica de UPN-C; en el que se observa la alimentación incorrecta para la bomba de ariete hidráulico.



Fotografía N° 18: Primer ensayo realizado en laboratorio de hidráulica de UPN-C; en el que se observa la alimentación incorrecta para la bomba de ariete hidráulico trabajando con válvulas en paralelo.



Fotografía N° 19: Segundo ensayo realizado en campo; en el que se plantea una alimentación directa al sistema hidráulico.



Fotografía N° 20: Segundo ensayo realizado en campo; en el que se observa el ensamblaje de las válvulas de impulsión.



Fotografía N° 21: Segundo ensayo realizado en campo; en el que se observa el ensamblaje del tanque de alimentación para el sistema hidráulico.



Fotografía N° 22: Segundo ensayo realizado en campo; en el que se observa el ensamblaje de la tubería de alimentación al tanque de alimentación para el sistema hidráulico.



Fotografía N° 23: Segundo ensayo realizado en campo; en el que se observa la medición de la altura de suministro para el sistema hidráulico



Fotografía N° 24: Segundo ensayo realizado en campo; en el que se observa la puesta en marcha del sistema hidráulico trabajando con dos válvulas de impulsión distribuidos en serie.



Fotografía N° 25: Tercer ensayo realizado en laboratorio de hidráulica de UPN-C; en el que se observa el nuevo sistema de alimentación y en el que se está procediendo a medir la altura de suministro.



Fotografía N° 26: Tercer ensayo realizado en laboratorio de hidráulica de UPN-C; en el que se observa el tanque de alimentación junto con la tubería de alimentación al sistema hidráulico, así mismo, se aprecia la válvula tipo globo con la cual se pudo manejar los tres tipos de caudales de suministro ($Q_s=4.52$ l/s, $Q_s=4.11$ l/s y $Q_s=3.67$ l/s).



Fotografía N° 27: Tercer ensayo realizado en laboratorio de hidráulica de UPN-C; en el que se observa el ensamblaje y calibración de las válvulas de impulsión.



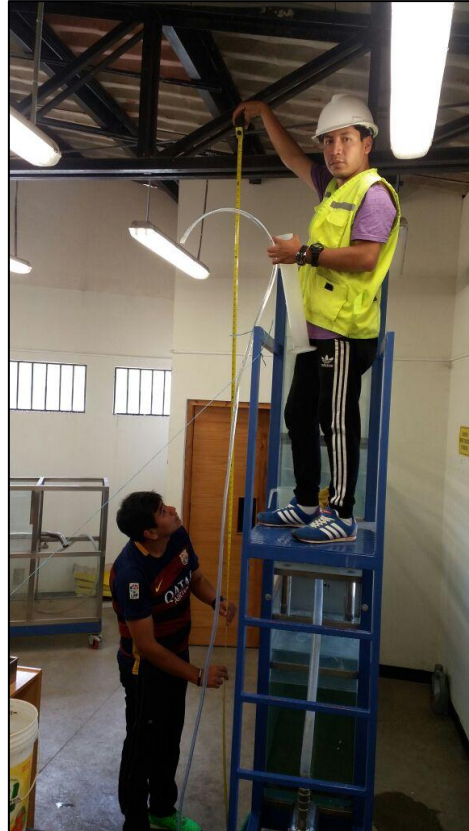
Fotografía N° 28: Tercer ensayo realizado en laboratorio de hidráulica de UPN-C; en el que se observa la puesta en marcha del sistema hidráulico.



Fotografía N° 29: Tercer ensayo realizado en laboratorio de hidráulica de UPN-C; en el que se observa la puesta en marcha del sistema hidráulico y la acumulación de presión en el tanque hidroneumático, con lo cual se puede impulsar el agua a niveles superiores.



Fotografía N° 30: Tercer ensayo realizado en laboratorio de hidráulica de UPN-C; en el que se observa la medición de la altura de entrega (H_e).



Fotografía N° 31: Tercer ensayo realizado en laboratorio de hidráulica de UPN-C; en el que se observa la medición del caudal de entrega (Q_e).



Fotografía N° 32: Tercer ensayo realizado en laboratorio de hidráulica de UPN-C; en el que se observa el correcto funcionamiento del sistema hidráulico.



Fotografía N° 33: Tercer ensayo realizado en laboratorio de hidráulica de UPN-C; en el que se observa la medición del caudal de suministro (Qs).



Fotografía N° 34: Tercer ensayo realizado en laboratorio de hidráulica de UPN-C; en el que se observa la supervisión del asesor durante el ensayo en laboratorio.



Fotografía N° 35: Cuarto ensayo realizado en campo en el río Chonta, en el que se observa su funcionamiento de la bomba trabajando en serie. En este ensayo se pudo obtener una presión de hasta 25 psi.



Fotografía N° 36: Cuarto ensayo realizado en campo en el río Chonta, en el que se observa su funcionamiento de la bomba trabajando en paralelo. En este ensayo se pudo obtener una presión de hasta 20 psi.



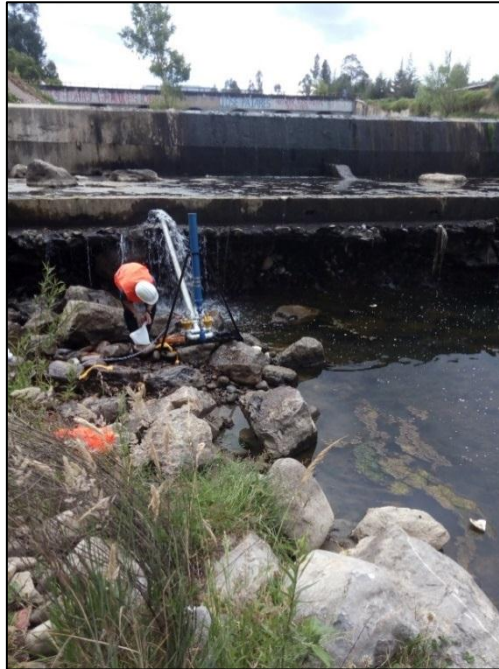
Fotografía N° 37: Cuarto ensayo realizado en campo en el río Chonta, en el que se observa el bombeo hasta un desnivel de 4.00 m de altura con una altura de entrega de 0.80m.



Fotografía N° 38: Cuarto ensayo realizado en campo en el río Chonta, en el que se observa la bomba de ariete hidráulico trabajando con dos válvulas en paralelo, obteniendo una presión de hasta 20 psi (14.06m.c.a.) con un desnivel de 0.80 m



Fotografía N° 39: Quinto ensayo realizado en campo en el Viaducto de Los Baños del Inca, en el que se observa la puesta en marcha de la bomba de ariete hidráulico trabajando con las válvulas en paralelo.



Fotografía N° 40: Quinto ensayo realizado en campo en el Viaducto de Los Baños del Inca, en el que se observa que la bomba de ariete hidráulico impulsa hasta una altura de entrega de 5.00m.



Fotografía N° 41: Quinto ensayo realizado en campo en el Viaducto de Los Baños del Inca, en el que se observa la puesta en marcha de la bomba de ariete hidráulico.



Fotografía N° 42: Quinto ensayo realizado en campo en el Viaducto de Los Baños del Inca, en el que se observa una presión acumulada de 15 psi. para la puesta en marcha de la bomba de ariete hidráulico trabajando con válvulas en paralelo.

