

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



Una Institución Adventista

**Evaluación de la eficiencia de una bomba de ariete hidráulico
para mejorar el caudal de bombeo**

Trabajo de Investigación para obtener el Grado Académico de
Bachiller en Ingeniería Civil

Por:

Percy Leonidas Alarcón Dávila

Asesor:

Reymundo Jaulis Palomino

Lima, noviembre 2020

DECLARACION JURADA
DE AUTORIA DE TRABAJO DE
INVESTIGACION

Reymundo Jaulis Palomino, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería y Arquitectura, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente trabajo de investigación titulado: “Evaluación de la eficiencia de una bomba de ariete hidráulico para mejorar el caudal de bombeo” constituye la memoria que presenta el estudiante Percy Leonidas Alarcón Dávila para aspirar al grado de bachiller en Ingeniería Civil, cuyo trabajo de investigación ha sido realizado en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este trabajo de investigación son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en Lima, a los 21, noviembre del año 2020



Reymundo Jaulis Palomino

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

En Lima, Ñaña, Villa Unión, a.....los.....19.....día(s) del mes de.....noviembre.....del año 2020....siendo las.....10:30.....horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión campus Lima, bajo la dirección del (de la) presidente(a):Mg. Leonel Chahuares Paucar....., el (la) secretario(a): Ing. Ferrer Canaza Rojas..... y los demás miembros: Ing. Giuliano Ricardo Moreno Patiño.....y el (la) asesor(a)...Ing. Reymundo Jaulis Palomino.....con el propósito de administrar el acto académico de sustentación del trabajo de investigación titulado: "Evaluación de la eficiencia de una bomba de ariete hidráulico para mejorar el caudal de bombeo". de los (las) egresados (as):a).....**PERCY LEONIDAS ALARCON DAVILA**.....
.....b).....
conducente a la obtención del grado académico de Bachiller en:

.....**INGENIERÍA CIVIL**.....

(Denominación del Grado Académico de Bachiller)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al candidato(a)/s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por el candidato(a)/s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Candidato/a (a): **PERCY LEONIDAS ALARCON DAVILA**.....

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Líteral	Cualitativa	
APROBADO	17	B+	MUY BUENO	SOBRESALIENTE


Candidato/a (b):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Líteral	Cualitativa	

(*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó ... al.... candidato(a)/s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

Presidente
Mg. Leonel Chahuares
Paucar



Secretario
Ing. Ferrer Canaza
Rojas

Asesor
Ing. Reymundo Jaulis
Palomino

Miembro

Miembro
Ing. Giuliano Ricardo
Moreno Patiño

Candidato (a)
Percy Leonidas Alarcon
Davila

Candidato/a (b)

Evaluación de la eficiencia de una bomba de ariete hidráulico para mejorar el caudal de bombeo

EVALUATING THE EFFICIENCY OF A HYDRAULIC RAM PUM TO IMPROVE PUMPING FLOW

PERCY LEONIDAS ALARCÓN DÁVILA*

EP. Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Peruana Unión, Perú.

Resumen

La bomba de ariete es un sistema usado para impulsar agua de un nivel inferior a uno superior posee como fuente principal el agua para su funcionamiento. El objetivo de este presente trabajo es evaluar la eficiencia con respecto al caudal de bombeo por investigaciones de autores que realizaron pruebas y ensayos obteniendo resultados para encontrar los parámetros que influyen para mejorar el caudal de bombeo, buscando así el caudal de bombeo óptimo. Se desarrolló conceptos básicos, parámetros y criterios de diseño que son necesarios para entender el comportamiento de la bomba de ariete para conocer los parámetros que involucran la eficiencia y el caudal de bombeo, se observó en las investigaciones que los factores que influyen el caudal de bombeo, es el caudal de desperdicio así mismo otros parámetros que fueron encontrados como el número de golpes, el diámetro del orificio de la válvula de succión, donde se evaluó para tubería de alimentación 1m ,2m y 3m , dando así los parámetros adecuados encontrados para tubería de 3m.

Palabras clave: Evaluación, caudal de bombeo, número de golpes, ariete hidráulico, eficiencia.

Abstract

The ramp pump is a system used to propel water from a lower level to a higher level, with water as the main source for its operation. The objective of this work is to evaluate the efficiency with respect to the pumping flow by means of investigations by authors who carried out tests and trials, obtaining results to find the parameters that influence to improve the pumping flow, thus seeking the optimal pumping flow. The basic concepts, parameters and design criteria that are necessary to understand the behavior of the ramp pump were developed to know the parameters that involve the efficiency and the pumping flow, it was observed in the investigations that the factors that influence that pumping flow are waster flow, as well as other parameters that were found, such as the number of blows, the diameter of the suction valve hole, where it was evaluated for supply pipes of 1m, 2m and 3m, thus giving the suitable parameters found for 3 m pipe.

Key words: Evaluation, pumping flow, number of strokes, hydraulic ram, efficiency.

**Correspondencia de autor: Avenida 26 de mayo, Ate, Lima. E-mail:*

percyalarcon@upeu.edu.pe

INTRODUCCION

La implementación de nuevas tecnologías económicas debido a la globalización ha hecho que ocurra cambios en las prácticas de las poblaciones rurales y urbanas para la optimización del tiempo en los procesos de trabajo (Chero, 2018).

Los seres humanos desde tiempos atrás han buscado la manera de llevar el agua de un lugar a otro con la finalidad de usarlo con fines productivos y de consumo, buscando así desarrollar métodos para alcanzar estos propósitos, desde caminar largas distancias transportando agua usando recipientes hasta sistemas más sofisticados dando lugar a los diferentes tipos de bombas (Ewing et al., 2013).

Cuando se presenten dificultades para poder transportar el agua de forma manual es donde se requiere un sistema de bombeo para satisfacer esa necesidad, estos sistemas en su mayoría requieren de combustibles o una fuente de electricidad, debido a esto el costo de operación y mantenimiento es elevado, más aún las personas en las zonas rurales donde existe pobreza no pueden adquirir estos sistemas (Abanto et al., 2016).

El uso de electricidad y combustibles generan diversos problemas en el ámbito de trabajo, no es siendo una opción adecuada debido a que contribuye a la contaminación al medio ambiente por sus desechos (Lossio, 2012).

En el proceso durante la operación de una bomba en forma habitual, presentan algunos problemas debido al desgaste de los componentes del sistema, por lo que la eficiencia se verá involucrada y disminuirá conforme pase el tiempo (Peña & Arreguin, 1989).

En el caso de las bombas de ariete hidráulico el caudal elevado dependerá de cierta forma de la eficiencia de la bomba, donde involucra diferentes factores, como el caudal de ingreso, la diferencia de cotas y altura de suministro; el caudal de bombeo y la eficiencia disminuirán mientras menor sea la diferencia de alturas (Peralta, 2015).

Debido a que la eficiencia está relacionada con la cantidad de agua que bombea el ariete hidráulico. El objetivo de esta investigación es evaluar la eficiencia de una bomba de ariete hidráulico buscando los parámetros más adecuados que proporcionen una eficiencia óptima y un caudal de bombeo mayor.

CONCEPTOS BÁSICOS DE UNA BOMBA DE ARIETE HIDRÁULICO

Componentes básicos que conforma una bomba de ariete hidráulico

Según (Cararo, Damasceno, Griffante, et al., 2007) , el modelo con botella PET para una bomba de ariete mostrado en la Figura 1, es uno de los modelos existentes que no habría diferencia respecto a los modelos comerciales y de PVC ya que de igual forma la instalación es similar.

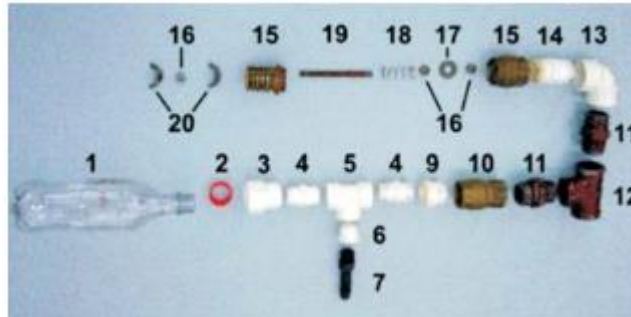


Figura 1: Componentes básicos de una Bomba de Ariete Hidráulico Fuente:(Cararo, Damasceno, & Griffante, 2007)

Componentes de un sistema hidráulico de una bomba de ariete

Según (Arapa, 2016) , el funcionamiento de la bomba de ariete corresponde a un sistema hidráulico mostrado en la Figura 2 , donde involucra la operación del ariete hidráulico de sus componentes típicos para impulsar el agua captado de una fuente a un nivel mayor.

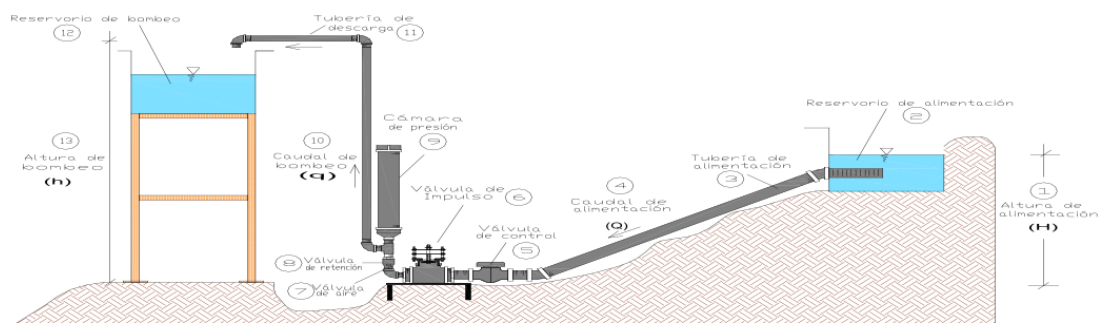


Figura 2: Componentes Básicos de un sistema de ariete hidráulico Fuente: (Arapa, 2016)

Parámetros de Diseño:

El funcionamiento de la bomba de ariete requiere algunas consideraciones para su uso (Lopez, 2017) , menciona que para el flujo del agua alcance una velocidad suficiente y que permita generar esa energía renovable, recomienda un ángulo entre 10° a 45° de pendiente para producir la presión necesaria para su funcionamiento.

Según (Ewing et al., 2013) mencionan, que para cada longitud de tubería debe corresponder a un único modelo de bomba ariete y que este no debe ser de material de PVC, debido a que no puede resistir a la presión generada por la caída, por esta razón se recomienda utilizar acero galvanizado.

DESARROLLO

Criterios de diseño de una Bomba de ariete hidráulico

Los factores importantes para una bomba de ariete se encuentra en la diferencia de alturas , la distancia de la fuente a la bomba de ariete y la distancia que eleva la cantidad de agua impulsada a un reservorio (Hussin et al., 2017).

Tubería de alimentación

Longitud:

Existe una relación entre la longitud y el diámetro interno que corresponde a la ecuación (1) propuesta por (Watt, 1975) y se muestra a continuación:

$$L/D= (150 \text{ a } 500) \dots\dots\dots (1)$$

Diámetro:

Para un dimensionar el diámetro de la tubería (Gonzales, 2015) , propone para obtener el diámetro de la tubería de alimentación en función al caudal alimentado mediante la Tabla 1 , que corresponde el diámetro de la tubería y el caudal.

Tabla 1 : Elección del diámetro de la tubería de alimentación Fuente : (Gonzales, 2015)

CARACTERÍSTICAS TÍPICAS PARA UNA BOMBA DE ARIETE	
TUBERÍA DE ALIMENTACIÓN (mm)	CAUDAL DE INGRESO MÍNIMO (L/min)
19.05	7.5
25.4	23
38.1	53
50.8	95
63.5	130
76.2	230
152.4	570

Altura de alimentación

La altura de alimentación es la distancia entre el desnivel entre la fuente y la base de la bomba de ariete está dada por la ecuación (2) propuesta por (Rojas, 2013).

$$1 \text{ m } \geq H \geq 30 \text{ m } \dots\dots\dots (2)$$

También se puede considerar un valor entre 2 y 5 metros como altura final requerida para bombear el agua.

Altura de Bombeo

El agua impulsada por la bomba de ariete proporciona una altura que puede estar comprendida entre los valores de 4 o 6 veces la altura de alimentación (Peralta, 2015)

Caudal de desperdicio

Según (Abanto et al., 2016) el caudal desechado o caudal de desperdicio es una cantidad de agua perdida al impulsar el agua mediante la bomba de ariete, y esta esta definida en la ecuación (3).

$$Q_w = (Q_a - Q_b) \dots\dots\dots (3)$$

Donde:

Q_b: Caudal de Bombeo (lt/min)

Q_w: Caudal de desperdicio (lt/min)

Q_a: Caudal de alimentación

Número de Golpes

El número de golpes en el funcionamiento de una bomba de ariete hidráulico se determina realizando la prueba en campo pero en una investigación realizado por (Chero, 2018), nos menciona que el ariete hidráulico da entre 40 a 120 golpes por minuto mientras el funcionamiento sea más lento se desperdicia más agua.

Fórmulas empíricas para determinar la eficiencia de una bomba de ariete hidráulico:

Existen dos formas de calcular la eficiencia entre ellas está la fórmula propuesta por (Bansal, 1983) y la otra fórmula dado (D'Aubuisson, 1852) que fueron usadas por el autor (Arapa, 2016) , donde expresó esta fórmula para encontrar la eficiencia de una bomba de ariete hidráulico se indican en la ecuación (4) y (5) que corresponden a Rankine y D'Aubuisson respectivamente.

$$E = ((Q_b + h) / ((Q_b + Q_w) * H)) * 100 \dots\dots\dots (4)$$

$$E = ((Q_b + H_d) / ((Q_b + Q_w) * H)) * 100 \dots\dots\dots (5)$$

Donde:

E: es la eficiencia de la bomba de ariete (%)

Q_b: Caudal de Bombeo (lt/min)

Q_w: Caudal de desperdicio (lt/min)

h: Altura de bombeo (m)

H: Altura de alimentación (m)

H_d: es la suma de (H+h) (m)

En la tabla 2, se muestra los resultados obtenidos por (Arapa, 2016) , realizado en un banco de pruebas en un laboratorio donde se evaluó un modelo de bomba de ariete BAH 1.1/2 con longitudes de 1, 2 y 3 m de tubería de PVC y luz de carrera de 9mm en la válvula de impulsión.

Tabla 2: Resultados de una prueba realizado en laboratorio de una Bomba de Ariete Hidráulico BAH
Fuente:(Arapa, 2016)

Longitud de Tubería L(m)	Altura de Bombeo h(m)	Caudal de Alimentación Q (lt/min)	Caudal de Bombeo q(lt/min)	Caudal de derrame Q-q (lt/min).	Eficiencia η (%)	q/Q x 100	Golpes por Minuto GPM	Potencia Watts
1	30	27.01	0.00	27.01	0.00	0.00	152	0.00
	25	36.56	0.41	36.15	27.90	1.12	189	1.67
	20	38.51	0.52	37.99	27.21	1.36	209	1.71
	15	43.17	1.11	42.06	38.68	2.58	220	2.73
	10	43.79	1.62	42.17	37.00	3.70	216	2.65
2	46	27.09	0.00	27.09	0.00	0.00	100	0.00
	40	37.58	0.21	37.38	21.85	0.55	116	1.34
	40	35.27	0.20	35.07	22.68	0.57	116	1.31
	35	41.18	0.25	40.93	21.08	0.60	120	1.42
	30	41.67	0.52	41.15	37.63	1.25	120	2.56
	25	36.34	0.61	35.73	42.01	1.68	120	2.50
	20	37.28	0.63	36.65	33.62	1.68	112	2.05
	15	41.35	1.31	40.04	47.40	3.16	116	3.20
3	10	47.53	2.27	45.26	47.83	4.78	120	3.72
	7	45.92	3.04	42.88	46.34	6.62	120	3.48
	52	23.53	0.00	23.53	0.00	0.00	72	0.00
	45	31.24	0.19	31.05	27.66	0.61	76	1.41
	40	33.56	0.31	33.25	36.87	0.92	80	2.02
	35	37.41	0.48	36.94	44.53	1.27	80	2.72
	30	40.60	0.80	39.80	59.11	1.97	81	3.92
	25	40.88	0.99	39.90	60.34	2.41	84	4.03
	20	39.29	1.26	38.03	64.16	3.21	86	4.12
	15	43.65	1.96	41.69	67.35	4.49	90	4.81
10	44.50	2.67	41.83	59.92	5.99	92	4.36	
6	42.95	3.80	39.15	53.09	8.85	92	3.73	

También se realizó un gráfico de comparación donde se puede observar en la Figura 3, el Caudal de Bombeo vs Eficiencia donde menciona que la tubería de longitud de 3m alcanzó una mayor eficiencia dando así un valor de 67.35% con caudal de bombeo de 1.96 lt/min realizado en la evaluación (Arapa, 2016)

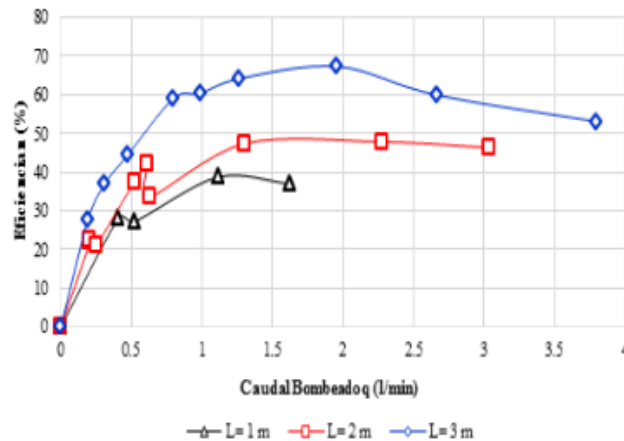


Figura 3 : Caudal de Bombeo Vs Eficiencia para longitud de tubería de 1,2,3 m con luz de carrera de 9mm Fuente:(Arapa, 2016)

En otra investigación realizado por (Sucipta & Suarda, 2019), evaluaron la eficiencia de la bomba de ariete al implementar una válvula de aspiración con un orificio para diferentes diámetros con la finalidad de reemplazar el aire dentro de la cámara de aire, teniendo como resultados en la Figura 3, donde se puede observar que para diámetro de 0 mm, se obtiene una mayor eficiencia y que corresponde también a un caudal de bombeo mayor.

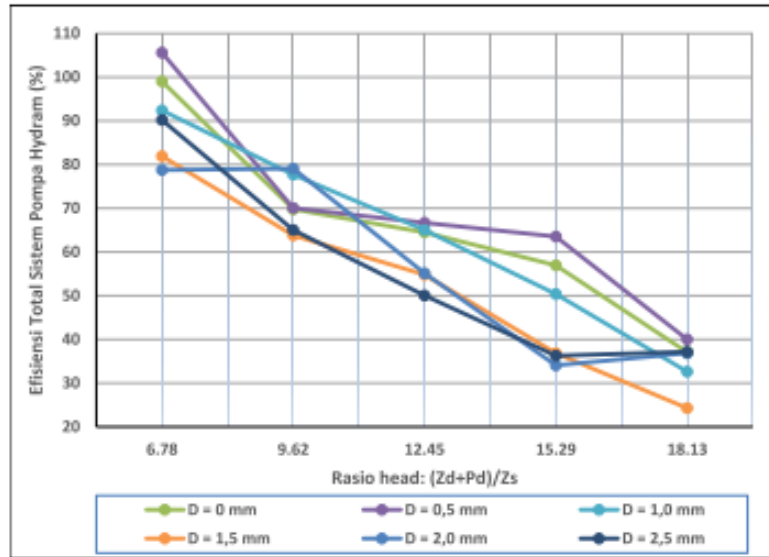


Figura 4: Eficiencia para diferentes diámetros en la válvula de aspiración

En la Figura 5, se observa una comparación de la válvula de succión con diámetro de 1.5 mm, orificio con diámetro de 1mm y sin orificio donde el mayor caudal de bombeo resulta un valor de 0.07 lt/s , un caudal mayor debido al diámetro de la válvula de succión (Sucipta & Suarda, 2019).

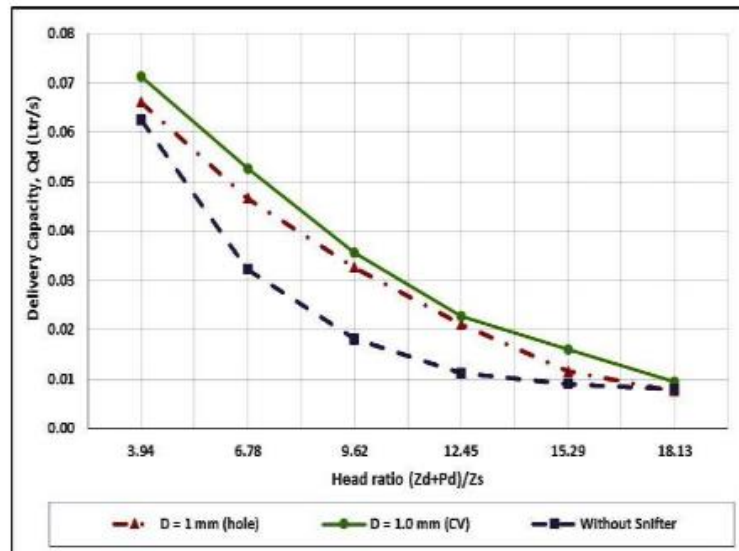


Figura 5 Caudal de Bombeo para diámetro en la válvula de aspiración

En la investigación realizada por (Bardon & Caqui, 2017), realizaron un cuadro comparativo de bombas típicas que son usadas con la bomba de ariete hidráulica, donde menciona que aunque la bomba de ariete no tenga una eficiencia mayor a las bombas eléctricas y de motor, posee una confiabilidad alta y es económica.

CONCLUSIONES

En Tabla 2 se puede observar que la longitud de la tubería de alimentación influye en el caudal de bombeo, en la evaluación se determinó para tres longitudes de tubería,

pero la que obtuvo mayor caudal fue la tubería de longitud de 3m, con una altura de bombeo de 15 m, se logró obtener una eficiencia de 67.35% con caudal de desperdicio de 41.69 lt/min, debido a que el caudal de desperdicio era mayor que los demás parámetros evaluados, hizo que el caudal de bombeo aumente.

Estos parámetros encontrados en la Figura 3, se evaluaron los caudales de bombeo máximo y su eficiencia, y de acuerdo a los parámetros de la Tabla 2 se pueden observar que los valores óptimos se encontraban en la prueba de longitud de 3 m de la tubería de alimentación, con caudal de alimentación de 43.65, caudal de bombeo de 1.96 lt/min, caudal de desperdicio de 41.69 y una eficiencia de 67.35%, dando así un mejor diseño a la bomba de ariete hidráulico.

Podemos observar una característica muy importante que debe tener la bomba de ariete para mejorar su rendimiento y su caudal de bombeo, en la Figura 4 se puede apreciar la eficiencia y el diámetro de la válvula de succión, para un ariete sin este punto de salida, además en la Figura 5 se puede ver que la válvula de succión con diámetro de 1 mm da un mayor caudal de bombeo con respecto a un orificio en la válvula de retención dando así un caudal de bombeo óptimo.

Otro parámetro involucrado es el número de golpes que produce el sistema de la bomba de ariete hidráulico, según la Tabla 2, alcanzó un valor de 90 golpes por minuto, dando así un caudal de bombeo mayor, debido a la experiencia y en las investigaciones el golpe de ariete da entre 40 a 120 golpes por minuto, mientras mayor sea el número de golpes mayor será el funcionamiento y el caudal de bombeo aumentará.

REFERENCIAS

- Abanto, M., Rogelio, J., Gamboa, Q., & Aristedes, R. (2016). Eficiencia de un sistema de suministro de agua por impulsión utilizando bombas de ariete hidráulico con válvulas en serie y en paralelo. In *Ucv*.
- Arapa, J. B. (2016). Evaluación Del Rendimiento Del Ariete Hidráulico Bah-1.1/2 Variando La Longitud De La Tubería De Alimentación Y Condiciones De Operación De La Válvula De Impulso. *Anales Científicos*, 77(2), 155.
<https://doi.org/10.21704/ac.v77i2.485>
- Bansal, R. K. (1983). *Fluid Mechanics and Hydraulic Machines*.
- Bardon, M. E., & Caqui, D. (2017). Diseño e instalación del sistema de bombeo mediante ariete hidráulico para solucionar los problemas de agua potable de la localidad de Huachog - CPM Colpa Baja de la Provincia de Huánuco. *Repositorio Institucional – UNHEVAL*, 171.
<http://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/152433#.XRbcyCJ1cDw.mendeley>
- Cararo, D. C., Damasceno, F. A., & Griffante, G. (2007). *Características constructivas de un ariete hidráulico . con materiales alternativos*. 44, 349–354.
- Cararo, D. C., Damasceno, F. A., Griffante, G., & Alvarenga, L. A. (2007). Características constructivas de um carneiro hidráulico com materiais alternativos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 11(4), 349–354.

- <https://doi.org/10.1590/s1415-43662007000400001>
- Chero, A. (2018). *Diseño de un sistema de bombeo mediante ariete hidráulico*.
- D'Aubuisson. (1852). *A treatise on Hydraulics, for the use of Engineers*.
- Ewing, S. A., Panciera, R. J., Mathew, J. S., Novelli, F. Z., Biológica, R., Bocas, D., Estadual, I., Hídricos, R., Rod, I., Gazeta, G. S., Carvalho, R. W., Avelar, R. F., Amorim, M., Aboud-Dutra, A. E., Barreto, C. G., Campos, J. B., Roberto, D. M. D. M., Roberto, D. M. D. M., Schwarzstein, N. T., ... Aguiar, D. M. (2013). Diseño y construcción de una bomba de ariete hidráulico con el desarrollo de un software para su dimensionamiento. In *Emerging Infectious Diseases* (Vol. 4, Issue 1). [https://doi.org/10.1016/S0304-4017\(96\)01152-1](https://doi.org/10.1016/S0304-4017(96)01152-1)
- Gonzales, E. A. (2015). *Diseño y construcción de una bomba de Ariete para una capacidad de 102 litros por hora y una altura de 8 metros*.
- Hussin, N. S. M., Gamil, S. A., Amin, N. A. M., Safar, M. J. A., Majid, M. S. A., Kazim, M. N. F. M., & Nasir, N. F. M. (2017). Design and analysis of hydraulic ram water pumping system. *Journal of Physics: Conference Series*, 908(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/908/1/012052>
- Lopez, I. (2017). Elaboracion De Una Bomba De Ariete Hidraulico Artesanal Y Puesta En Funcionamiento Que Permita Elevar Agua Aprovechando La Energia Renovable. In *Universidad técnica de machala*. http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/11078/1/TUAIC_2017_IC_C D0033.pdf
- Lossio, M. M. (2012). "Sistema de abastecimiento de agua potable para cuatro poblados rurales del distrito de Lancones"[Universidad de Piura]. https://doi.org/https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2053/ICI_192.pdf?sequence=1
- Peña, S., & Arreguin, J. (1989). Eficiencias electromecánicas de los equipos de bombeo y de las condiciones hidráulicas en los pozos. *Ingeniería Hidráulica En Mexico*, 17–24.
- Peralta, H. (2015). *Aplicación del golpe de Ariete hidraulico para el aprovechamiento del agua de manantial en Quequerana Moho*. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/4602>
- Rojas, D. A. (2013). "Utilización de una Bomba de ariete para la alimentación de agua a predios rurales a partir de cauces naturales de agua. Iquitos-Perú."
- Sucipta, M., & Suarda, M. (2019). Investigation and analysis on the performance of hydraulic ram pump at various design its snifter valve. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 539(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/539/1/012007>
- Watt, S. B. (1975). *a Manual on the Hydraulic Ram for Pumping Water*.