

Implementation of the ecological water hammer and use in the drinking water supply in Cajamarca, 2023

Vera Hernández, Luis Fernando Estudiante¹, Romero Cueva, Yoner Jaime. Doctor², Romero Cueva, Jorge Wilson. Magister³

¹Universidad Privada del Norte, Perú, N00037195@upn.pe

²Universidad Privada del Norte, Perú, yoner.romero@upn.edu.pe

³ Universidad Nacional de Cajamarca, Perú, Wilson_ih@hotmail.com

Abstract– The absence of drinking water supply networks to provide this resource to Peruvian families is a latent problem, in addition to the topography in highland areas such as Cajamarca, where water sources are located at lower elevations than the localities or social groups that require water to meet their needs. In such a way the research work aims to analyze the implementation of the ecological water hammer for the impulsion of drinking water to the town of Pueblo Nuevo in the district of San Bernardino, province of San Pablo - Cajamarca, proposing as a viable solution to this problem, the use of ecological water hammer pumps. This research work has a descriptive exploratory scope; a functional prototype of a ram pump with recycled materials was developed for a sample of 33 families in the area where the project is involved and 1 study unit, knowing that the area to intervene is a population expansion of the same locality that does not have drinking water service. The results have made it possible to determine the amount of spring water, with a flow rate of 0.5 l/s, used to supply the town, knowing that the population is rural and in accordance with the Peruvian Technical Design Standard: Technological Options for Sanitation Systems in Rural Areas, it corresponds to an 80 l/inhabitant per day, for a sanitation system with hydraulic dragging; which makes a total of 10560 l/day. In the first test with an inlet difference of 3 m, an amount of 14058 l/day, in the second test with a difference of 8 m an amount of 38880 l/day, up to the fifth test with a difference of 18 m an amount of 87480 l/day. It was determined that the project is viable since it will be able to supply drinking water to the locality, satisfying the need in its entirety, as long as the correct manufacture and installation of the accessories of the ecological ram pump is carried out. We noticed that the results are optimal from the first test, but being conservative it was decided to opt for the maximum water flow. A direct cost of S/ 1487.50 soles was obtained for construction costs of the ecological ram pump, water pre-filter, conduction and impulsion network; having as final analysis that it is a profitable project in the long term despite the fact that the operation of the ram pump itself has a waste of 30% of water generated by its operation, but it becomes an important waste, since it keeps alive the ecosystem under the spring that provides drinking water.

Keywords-- Water hammer, ecological, water resource, supply.

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LEIRD).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LEIRD).
DO NOT REMOVE

Implementación del golpe de ariete ecológico y aprovechamiento en el abastecimiento de agua potable en Cajamarca, 2023

La ausencia de redes de abastecimiento de agua potable para brindar dicho recurso a las familias peruanas es un problema latente, además de la topografía en las zonas de la sierra como es el caso de Cajamarca, donde se encuentra las fuentes de agua en cotas inferiores a las de las localidades o grupos sociales que requieren de agua para satisfacer sus necesidades. En tal manera el trabajo de investigación tiene como objetivo, analizar la implementación del golpe de ariete ecológico para la impulsión de agua potable hacia la localidad de Pueblo Nuevo en el distrito de San Bernardino, provincia de San Pablo – Cajamarca, Planteando como solución viable a esta problemática, el uso de bombas de ariete ecológicas. Este trabajo de investigación tiene un alcance de tipo exploratorio descriptivo; se desarrolló un prototipo funcional de una bomba de ariete con materiales reciclados para una muestra de 33 familias de la zona donde se involucra el proyecto y 1 unidad de estudio, conociendo que la zona a intervenir es una expansión poblacional de la misma localidad que no cuenta con servicio de agua potable. Los resultados han permitido determinar la cantidad de agua de manantial, con un caudal de 0.5 l/s impulsada para abastecer a la localidad, conociendo que la población es rural y de acuerdo a lo mencionado en la normativa peruana Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural le corresponde una dotación de 80 l/hab por día, para un sistema sanitario con arrastre hidráulico; lo que hace un total de 10560 l/día. En la primera prueba a un desnivel de entrada de 3 m. una cantidad de 14058 l/día, en la segunda prueba con un desnivel de 8 m una cantidad de 38880 l/día, hasta llegar a la quinta prueba con un desnivel de 18 m una cantidad de 87480 l/día. Se llegó a determinar que el proyecto es viable ya que logrará abastecer de agua potable a la localidad satisfaciendo la necesidad en su totalidad, siempre y cuando se realice la correcta fabricación e instalación de los accesorios de la bomba de ariete ecológica. Notamos que los resultados son óptimos desde la primera prueba, pero al ser conservadores se decidió optar por el máximo caudal de agua. Se obtuvo un costo directo de S/ 1487.50 soles por gastos de construcción de la bomba de ariete ecológica, pre-filtro de agua, red de conducción e impulsión; teniendo como análisis final que es un proyecto rentable a largo plazo a pesar de que el propio funcionamiento de la bomba de ariete tiene un desperdicio del 30% de agua que genera su funcionamiento, pero que se convierte en un desperdicio importante, ya que mantiene con vida el ecosistema bajo el manantial dotador de agua potable.

Keywords—Bomba de ariete ecológica, red de conducción, red de impulsión.

I. INTRODUCCIÓN

El abastecimiento de agua potable en nuestro país es una falla social que ha permanecido durante años, la necesidad del

líquido elemento es un requisito fundamental para la supervivencia de las poblaciones, y sobre todo en la satisfacción de las necesidades humanas.

El cierre de brechas al abastecer agua potable a las localidades de bajos recursos y donde la fuente de agua está ubicada en una cota inferior a la población que se busca beneficiar, es gran importancia, ya que favorecen al desarrollo de cada uno de los hogares, las ciudades y sobre todo en el aspecto económico; ya que abastecer de agua a una población disminuirá la probabilidad de encontrarse con enfermedades que dañan la salud por consecuencia de consumir agua no potable o que sea de baja calidad sin prestar las condiciones salubres mínimas requeridas, como se establece en el Perú a través del D.S. 004-2017 emitido por [1], en el que se aprueban los Estándares de Calidad Ambiental - (ECA) para agua y establecen Disposiciones Complementarias. Esta propuesta de solución dispone de políticas ideales para el idóneo abastecimiento de agua a las zonas de bajos recursos, por ser un método ecológico y de bajo costo.

En [2] se explica que una de las principales metas universales es el acceso al agua potable (como derecho fundamental), y solo se dará si se otorga la debida atención a las desigualdades sociales. Si se logra dar solución al acceso al agua potable, al saneamiento y a la higiene, se logrará localizar las principales causas de desigualdad social, donde se requiere intervención urgente y efectiva.

Además, como lo indica [3] nos dice que el agua es indispensable y fuente de vida. Indispensable porque con ella podemos dar vida a especies animales y vegetales. Es muy fácil ubicar en ríos las precipitaciones, la nieve, incluso en las nubes, pero de una forma impactante se encuentra en donde se puede ver: nuestro organismo, el aire, las frutas que consumimos y la tierra donde habitamos.

Debemos tener en cuenta lo que nos dice [4] acerca de las poblaciones menos beneficiadas, que por lo general son personas de bajos recursos, y según las estadísticas actuales en nuestro país 7.9 millones de ellas habitan en los centros rurales. Y dentro de ellos, 3 millones no tienen agua potable, y 5.5 millones no tienen el sistema de saneamiento básico en sus viviendas. En base a esto, su objetivo es poner en marcha un sistema sostenible que solucione esta problemática en los pueblos rurales. [5] Además, dice que la evaluación de la sostenibilidad como sistema, debe tener una metodología de estudio, por lo que plantea que las encuestas que tienen formatos ya establecidos que demuestren el estado del sistema como su infraestructura sanitaria tenga capacidad para abastecer a una población. Entonces notamos que un análisis

temporal a los proyectos de abastecimiento es de vital importancia. Es por eso que cuando [6] nos habla en su tesis sobre el uso de bombas de ariete como sistema de bombeo para transporte de relaves, que de manera simple podemos asociarla a la impulsión de líquidos. Nos dice que el procedimiento ideal es aproximar un futuro crecimiento o disminución de lo que se requiere, en el caso de poblaciones será un mayor crecimiento, lo que se va a necesitar que sea una proyección ascendente de abastecimiento de agua potable.

Si nos enfocamos en lo que [7] explica, en su tesis sobre el diseño instalación, energización y puesta en operación de equipos electromecánicos en pozos profundos. Si notamos con electrobombas, o forma de impulsión que requieren de combustibles, ya sea uso de corriente alterna o continua, o en su defecto combustibles derivados del petróleo. Incluso después de aplicar tecnologías las bombas siempre tendrán un porcentaje de contaminación presente. Esto comparado con la utilización de las bombas de ariete, no tiene comparación alguna, puesto que es un equipo que no requiere de combustible para su desarrollo, simplemente usa la fuerza generada por el choque brusco en su cámara primaria y lo utiliza para generar una contra presión en la cámara de aire y enviar el agua a desnivel. Para determinar que el uso de la bomba de ariete es ideal, notemos lo que [8] nos dice en su tesis, enfocada en el estudio de la falta de mantenimiento de las redes y el bajo nivel en el área de operaciones, que, en las empresas grandes, aproximadamente el 41 % del agua usada no es contabilizada, que el racionamiento de agua es muy común, y que menos del 8% de población goza de tener en su casa 24 horas de agua potable. Teniendo en cuenta que esto no solo sucede en nuestro país, sino también en los países vecinos como el Brasil, expone [9] explicando que en dicha nación hay sectores que no tienen acceso al agua potable o en la mayoría presentan dificultades para obtenerlo. Siendo esta la causa que motiva a las personas para buscar soluciones que le permitan abastecerse de agua. Y entre estas soluciones encuentran el uso de bombas de ariete o sistemas de impulsión de bombeo de agua a un reservorio.

Uno de los impulsores de usar soluciones con energía eco-amigable es [10], que nos dice que la energía fotovoltaica es una gran solución respecto a la solución de requerimiento de energía que se puede usar con el beneficio del bombeo de agua y abastecimiento de recurso a las comunidades. Así como este autor, también tenemos a [11] quien utilizó la energía solar para bombear agua para el Ganado y el uso residencial. En esta parte si es importante reconocer que, si el agua es para consumo humano, debe estar bajo la normativa del D.S. 004-2017 emitido por [1]. Esto lo podemos encontrar en [12]; puesto que este artículo demuestra la calidad de agua que se obtendrá, su nivel de cloración y si es apta para consumo humano. Cuando hablamos de energía renovable o eco-amigable, actualmente siempre vamos a contar la energía solar, que es fuente de mucha energía y que facilita su aprovechamiento, lo mismo que hizo [13] con la implementación de energía solar térmica aplicado a procesos industriales. Buscando diversificar las fuentes de energía comunes, reutilizando la energía, mejorando la

rentabilidad económica de los productos, generando pérdida del impacto ambiental y aumento económico social. Todo esto sería posible si el sistema de bombeo es factible y funcional, lo que mejorará a que todos los objetivos sean resueltos a totalidad. [14] en su tesis expresa que la implementación de proyectos que usen tecnologías ecológicas en las zonas rurales dará un impacto de mayor magnitud, enseñando al uso de las energías que nos presta el medio ambiente.

Cuando hablamos de las bombas de ariete, es muy común notar el proyecto presentado por [15] donde utilizan el diseño de una bomba de ariete hidráulico, que ayudó a evacuar aguas acidas de empresas mineras en Cajamarca, realizado en el año 2019. Notando que es un sistema de fácil utilización y sobre todo económico, haciendo que las empresas trabajen con el medio ambiente y disminuyan costos operacionales.

Si hablamos de sistemas económicos y saludables con el medio ambiente, definitivamente tenemos que profundizar en las bombas de ariete; su uso es ideal en estos casos, puesto que como dice [16] la funcionalidad de un sistema de suministro de agua tiene que ser accesible, ecológica y de bajo costo, como también su manufactura y puesta en marcha. De tal manera se llegó a explicar en [17] donde demuestran que el cultivo de truchas es factible con el uso de las bombas de ariete, y según la investigación este tipo de crianza requiere de un agua que sea de calidad y sobre todo que tenga fluidez constante para generar vacíos de aire en las pozas de crianza, y esta es la tarea que la bomba de ariete cumple a un 100%.

Esta investigación tiene por finalidad absolver la siguiente interrogante: ¿Qué beneficios generará la utilización del golpe de ariete ecológico con la impulsión de agua de manantial de tipo ladera en la localidad de Pueblo Nuevo, distrito de San Bernardino, de la provincia de San Pablo - Cajamarca? En el que estudiaremos el caudal máximo diario que llegaremos a impulsar por medio de este equipo, buscando abastecer de agua los 365 días del año, teniendo como unidad de estudio investigaciones que fueron realizadas en años atrás y realizando un análisis del prototipo que se instalará en dicha comunidad.

Para analizar estos datos contamos con los resultados en campo y aplicaremos la fórmula siguiente:

$$q = A_{pd} * V_d \quad (1)$$

Donde:

q= caudal de descarga, (m^3/seg)

V_d =Velocidad del agua a través de la válvula, (m/seg)

A_{pd} =Área de paso de la válvula de descarga.

Las bombas de ariete se clasifican por su material que van desde PVC, pasando por hierro galvanizado y llegando hasta el acero comercial. En esta oportunidad al ser una bomba ecológica se utilizarán materiales reciclados, como tubos de agua, válvulas en desuso, y otros materiales que contribuyan el proyecto ecológico. Cada material presenta características diferentes y reporta un aumento o disminución sobre el funcionamiento al momento de impulsar el agua a mayor altura.

Es así que, cada material tiene una vida útil diferente, así se tiene: PVC (3 años), hierro galvanizado (5 años), y el acero comercial (4 años). Como se parecía en los tres materiales no hay mucha diferencia de tiempo en su vida útil, por lo que nos decantamos por el uso del PVC para fabricar la bomba y enviar el agua a desnivel de una forma más rentable y respetando el medio ambiente. Así mismo vamos a determinar por medio de la evaluación de la calidad del agua en el LABORATORIO DE SALUD AMBIENTAL, el Análisis Microbiológico de Aguas, y el Análisis Físico Químico de Aguas en DIRESA (Dirección Regional de Salud) – CAJAMARCA. Se realizará el cotejo con las tablas del D.S. 004 – 2017 del [1] para evaluar el tipo de agua y la calidad que tenemos. Es por eso que [1] nos dice que está aprobado el Estándares de Calidad Ambiental (ECA), que se utiliza para agua y determinan sus disposiciones complementarias.

La información presentada anteriormente da lugar a la siguiente hipótesis: La impulsión de agua de manantial usando el golpe de ariete ecológico generará beneficios sociales en la localidad de Pueblo Nuevo, distrito de San Bernardino, provincia de San Pablo - Cajamarca. La investigación basa su justificación en los bajos costos que tiene la bomba de ariete, el servicio ecológico que brinda y el efecto multiplicador que tendrá respecto al beneficio de más localidades con la implementación de este equipo.

Esta investigación permitirá conocer cuánto es la cantidad de agua impulsada por una bomba de ariete ecológica construida con materiales reciclables, y sobre todo el beneficio social que se genera a la localidad de Pueblo Nuevo. Y se espera se cumpla un efecto de multiplicación para otras zonas donde no tienen este sistema, pueda ser aplicado y se logre soluciones sociales sobre la calidad de vida a las personas. Se precisa que no se han realizado estudios ni ensayos de este tipo en esta zona, lo que constituye un aporte importante al conocimiento de interés a todo el distrito de San Bernardino, de la provincia de San Pablo – Cajamarca.

II. METODOLOGÍA

La investigación es de tipo aplicada, de nivel demostrativo, enfoque cuantitativo, y de diseño experimental [18] ya que se realizó un prototipo de bomba de ariete ecológica, buscando resultados favorables que permita dar viabilidad al proyecto. La instalación se llevó a cabo en uno de los manantiales existentes de la zona, que será el dotador de agua para el funcionamiento y abastecimiento del recurso a la población.

La pregunta de investigación es: ¿Qué beneficios generará la utilización del golpe de ariete ecológico con la impulsión de agua de manantial en la localidad de Pueblo Nuevo, distrito de San Bernardino, de la provincia de San Pablo – Cajamarca 2023?

La investigación está enfocada en buscar el beneficio socio – económico para una población de 33 familias aledañas a la localidad de Pueblo Nuevo, distrito de San Bernardino, provincia de San Pablo, departamento de Cajamarca. La misma que representa la población de estudio de la investigación.

La muestra es la evaluación del caudal que será entregado en la red de impulsión desde la bomba de ariete hacia el reservorio principal de la comunidad. La unidad de estudio sirvió para determinar la cantidad de agua brindada a la localidad beneficiaria, realizando cinco pruebas que darán los datos exactos si se logrará implementar idealmente la bomba de ariete o redireccionar su instalación en campo. Después de recolectar los datos, se realizó una comparación entre los ensayos tomados y se determinará que desnivel se debe utilizar, así como la cantidad de agua entregada. Buscando una muestra total de la investigación otorgando resultados reales y correctos.

Los criterios que se tomaron para considerar a los beneficiarios del proyecto fueron: **i)** Viviendas que ya contaban con agua potable, **ii)** Viviendas que tenían manantiales en sus cabeceras de terrenos, **iii)** Viviendas que han sido beneficiarias por el distrito para su ampliación de la red de abastecimiento de agua potable, **iv)** Viviendas que no tengan habitantes en el predio, y **v)** Viviendas que las personas no tengan interés por el proyecto.

En base a los resultados que se obtienen tras la experimentación en campo, se presentan tablas de datos para su respectivo análisis y responden a la hipótesis la cual menciona que el bombeo de agua de manantial será de beneficio de la localidad de Pueblo Nuevo, perteneciente al distrito de San Bernardino-San Pablo/Cajamarca.

TABLA I
CANTIDAD DE PRUEBAS DE IMPULSIÓN CON EL USO DE LA BOMBA DE ARIETE ECOLÓGICA.

	PRUEB A 1 m.c.a.	PRUEB A 2m.c.a.	PRUEB A 3 m.c.a.	PRUEB A 4 m.c.a.	PRUEB A 5 m.c.a.
Altura de entrada (captación) – COTA	3 m. – 1105 m.s.n.m.	8 m. – 1105 m.s.n.m.	12 m. – 1105 m.s.n.m.	14 m. – 1105 m.s.n.m.	18 m. – 1105 m.s.n.m.
Altura de salida a desnivel (reservorio) - COTA	5 m. – 1107 m.s.n.m.	10 m. – 1107 m.s.n.m.	26 m. - 1119 m.s.n.m.	31 m. - 1122 m.s.n.m.	40 m. - 1127 m.s.n.m.
RESULTADO	SI CUMPL E	SI CUMPL E	SI CUMPL E	SI CUMPL E	SI CUMPL E

La revisión de las características de los materiales es de suma importancia, con la finalidad de hacer una correcta selección del material para la fabricación de la bomba de ariete [19]. A continuación, se reconocen las bondades que puede ofrecer el PVC, hierro galvanizado, y el acero comercial. Esta tabla otorgada por [20] nos da los datos requeridos.

TABLA II
MUESTRA DE COTEJO PARA LOS MATERIALES PROPUESTOS

En la tabla presentada anteriormente, [20] muestra que lo ideal es elegir (PVC), por su menor pérdida de fricción, menor peso, nivel mínimo de corrosión, muy bajo costo, resistencia a la presión de calidad media y sobre todo por su vida útil, que favorecen para su uso. Con lo que se constituye en el principal candidato a la construcción de la bomba de ariete.

III. RESULTADOS

Se presentan a continuación los resultados de la presente investigación en tres apartados.

A. Caudal de entrada al reservorio comunal

El río de la zona cuenta con un caudal de 47.89 m³/s, aforado el 15/01/2023, dato indicado por una de las estaciones meteorológicas de la región Cajamarca.

Ref. [21] menciona el alcance geográfico de la ubicación de dichas estaciones. Respecto a la prueba realizada, se tomó para un desnivel de 18 m, con la se obtiene una altura de impulsión de 40 m una altura considerable de 18 m.c.a. sabiendo que podemos alcanzar una altura de 40 m.c.a., con una longitud horizontal de 500 metros.

Conocemos que esta altura será suficiente para llegar a alcanzar al punto donde está el reservorio y lograr hacer el almacenamiento del líquido elemento que servirá para el beneficio de la comunidad que está geográficamente ubicada a 1500 m.s.n.m.

El cálculo efectuado que se realizó en la Figura 1 para hallar el caudal diario que es suficiente para abastecer a la localidad con el líquido elemento se puede apreciar a continuación:

$$q = 4.5 \cdot \frac{18}{40} \cdot 0.50 \cdot 86400$$

$$q = 87480 \frac{\text{Lit}}{\text{día}}$$

$$q = 87480 \frac{\text{Lit}}{\text{día}}$$

Fig. 1 Resultado del cálculo del caudal diario que se entregará por parte de la Bomba de Ariete Ecológica.

En la siguiente tabla se obtuvo las alturas entregadas usando la bomba de ariete ecológica. Teniendo la altura de entrada (reservorio de abastecimiento de agua a la bomba), vs la altura vertical impulsada por la bomba de ariete, tomamos la mayor altura de 18m.c.a. para obtener una altura de 40 m.c.a. y con medio kilómetro de recorrido, lo que nos dio mayor facilidad en la instalación de la bomba y la ubicación del reservorio.

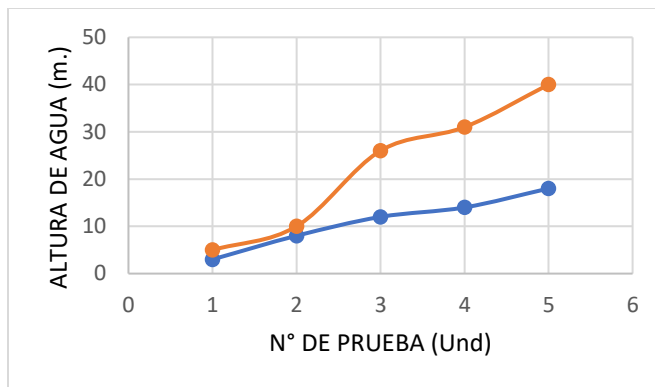


Fig. 2 Curva de comparación de ingreso de agua a la bomba Vs salida de agua al reservorio para la muestra de la localidad de Pueblo Nuevo.

B. Análisis De Beneficio Poblacional Según Los Datos Obtenidos:

A continuación, en la siguiente tabla se detalló los resultados de altura mínima y máxima de entrega de agua vs la cantidad de agua alimentada. Se lograron datos satisfactorios, pues sí cumple satisfaciendo la necesidad de las 33 familias. Lo que nota que desde la primera prueba la bomba tiene una excelente funcionalidad.

TABLA III
DATOS OBTENIDOS EN CAMPO PARA EL ANÁLISIS DEL CAUDAL MÍNIMO Y MÁXIMO ENVIADO POR LA BOMBA DE ARIETE ECOLÓGICO.

Nº DE PRUEBA	ALTURA DE ENTREGA (m)	CANTIDAD DE AGUA (l/día)	LITROS DE PERSONA POR DÍA (142 l/día x 99 personas = 14058 l/día que se necesita)
PRUEBA 1	5	14580	SI CUMPLE
PRUEBA 2	10	38880	SI CUMPLE
PRUEBA 3	26	58320	SI CUMPLE
PRUEBA 4	40	68040	SI CUMPLE
PRUEBA 5	43	87480	SI CUMPLE

C. Resultados De Potabilidad Del Agua

Material	Pérdida por fricción	Peso	Corrosión	Costo	Presión de trabajo	Vida útil
PVC	3	3	2	1	3.5	3
Hierro Galvanizado	5	5	4	5	5	5
Acero Comercial	4	3	3	3	4	4

Según los resultados emitidos por [1], nos dice que la muestra de agua tomada del manantial en la localidad donante “Cadacchón” (manantial del mismo nombre); califica para un tipo de agua de la **Categoría 1: Poblacional y recreacional**, dentro de la **Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable**, y en el tipo **A1. Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección**. Entendiéndose que son aguas que para el consumo humano sólo necesitan simple desinfección, en conformidad con la norma vigente. La siguiente tabla detalla dicha información:

TABLE IV
DATOS OBTENIDOS DEL LABORATORIO DE SALUD AMBIENTAL – ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE AGUAS.

N°	Ensayo	Resultados	LMP (Límites máximos Permisibles – ECA (Estándar de Calidad Ambiental))
1	Ph (20.9 °C)	6.6	6.5 – 8.5
2	Conductividad(uS/cm)	596.2	1500
3	Sólidos Totales Disueltos STD (mg/l)	291.7	1000
4	Turbidez (UNT)	1.22	5
5	Cloro (mg/l)	-	-
6	Sulfatos SO ₄ (mg/l)	37.2	250
7	Hierro Fe (mg/l)	0.096	0.3
8	Cobre: Cu (mg/l)	0.057	2
9	Cromo: Cr ⁶⁺ (mg/l)	0.014	0.05
10	Nitrito: NO ₂ ⁻ (mg/l)	0.0112	3
11	Nitrato: NO ₃ ⁻ (mg/l)	2.6	50
12	Aluminio: (Al)(mg/l)	<0.008	0.9

En esta tabla se detallan los resultados otorgados por [22] donde nos dice que los resultados del “Análisis Físico Químico de Aguas” están dentro de los parámetros establecidos por el [1], lo que confirma la viabilidad del proyecto, y asegurando que la salud de la población no será perjudicada.

Los métodos que usaron para la determinación físico-química de las aguas nos explica [23], como segundo ensayo tenemos a [24] que nos habla de la conductividad del agua y su método de ensayo, también [25] explica un método para determinar la gravimetría de los sólidos disueltos, como también [26] nos completa los métodos de ensayos que se realizan para determinar la calidad del agua, que cumplan bajo los estándares de [1], donde ubicaremos su tipo de agua, forma de desinfección y para qué es apto tipo de vida está destinado su consumo.

TABLE V
DATOS OBTENIDOS DEL LABORATORIO DE SALUD AMBIENTAL – ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE AGUAS.

Cod. De Laboratorio	Ensayos			
	Bacterias Heterotróficas (UFC/ml) a 35 °C	Coliformes Totales (NMP/100 ml) a 35 °C	Coliformes Fecales (NMP/100 ml) a 44.5 °C	E. Coli (NMP/100 ml) a 44.5 °C
11020	-	22	20	-

La siguiente tabla detalla los resultados otorgados por [22] donde nos dice que los resultados del “Análisis Microbiológico de Aguas” están dentro de los parámetros establecidos por el [1], teniendo en cuenta que para Coliformes totales se necesita como máximo un valor de 50 (NMP/100 ml), y se obtuvo un resultado de 22 (NMP/100 ml), y respecto a Coliformes Fecales se debe tener como dato máximo 20 (NMP/100 ml) y se obtuvo 20 (NMP/100 ml) haciendo que estemos dentro del límite; lo que hace a nuestro proyecto viable.

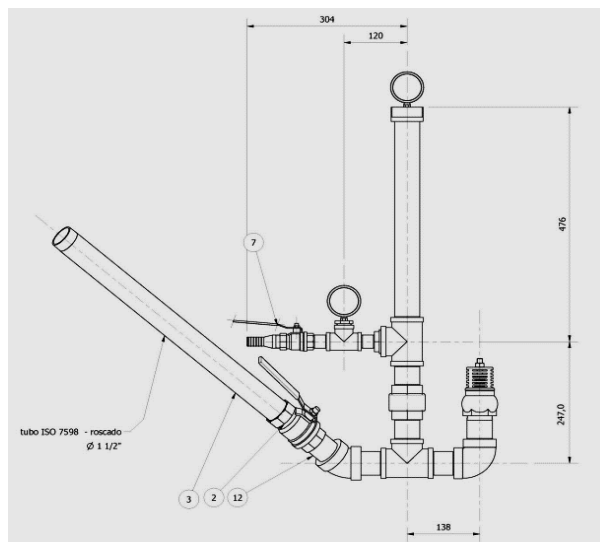


Fig. 3 Representación técnica de la bomba de ariete ecológica y sus accesorios primordiales.

D. Análisis De Implementación y Aprovechamiento de la Bomba de Ariete Ecológica

La bomba de ariete fue instalada en un manantial que tiene la zona a intervenir, por medio del golpe de ariete que se genera en el interior de la misma se aprovechó para la impulsión del agua hacia un reservorio que se encuentra a un desnivel desde el punto de ubicación de la bomba. El agua impulsada recibirá un tratamiento básico para que cumpla como agua potable y de consumo humano. De este reservorio se destina el agua hacia la población para que sea beneficiada y puedan tener agua potable en sus viviendas, ya que es la problemática que se tenía antes de la implementación de la bomba de ariete ecológica.

IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Las bombas de ariete son equipos que trabajan de la mano con la naturaleza, eco-amigables, capaces de funcionar sin la necesidad de usar ningún combustible. De igual manera [27] pronuncia que son tecnologías accesibles, eficientes y sobre todo ecológicas.

Para la construcción y montaje de la bomba, [27] dice que los accesorios deben estar bajo la condición de los cálculos de diseño que se requiere según el material que se elige para su fabricación. En nuestro caso utilizamos PVC para la fabricación de la bomba de ariete ecológica, que cumple los estándares según [20], lo que hace que el prototipo esté dentro de lo establecido en los parámetros de fabricación.

Después de culminar la construcción de la bomba de ariete ecológica se logró realizar la instalación, notando que sus materiales son ecológicos ya que son reciclados, y además fue fabricada con materiales de bajo presupuesto de inversión; logrando también cumplir la meta de elevación de agua de 40 m.c.a. Si nos basamos en los resultados conseguidos por [28] explica que una bomba debe ser funcional, tiene que brindar sobre todo seguridad, amigable con el medio ambiente para que cumpla con la denominación ecológica, ergonómica, de bajo costo para las poblaciones rurales, y de fácil acceso al mantenimiento. Que es justamente lo que la bomba de ariete ecológica brinda a la sociedad, una bomba amigable con el medio ambiente y con las personas que la monitorean.

Un modelo funcional debe cumplir ciertas características como los que [29] muestra en sus pruebas de ensayos 3 pruebas de baja presión con un prototipo funcional, donde ve que alcanzaron 156 m.c.a. con una bomba hecha de acero galvanizado y se muestran los porcentajes en investigación. El hierro galvanizado soporta mayor presión tiene perdida por fricción, pero la altura de impulsión dependerá de la altura de entrada de agua a la bomba. En nuestra investigación se realizaron 5 ensayos de presión en los cuales, en el primer intento se realizó a un desnivel de entrada de 3 m.c.a. obteniendo una altura de entrega máxima de 5 m.c.a. progresivamente se fue incrementando esta altura de abastecimiento que representa de línea de aducción. Inicialmente logrando llegar a una altura de 18 m.c.a. y finalmente el objetivo final que fueron los 40 m.c.a., altura

necesaria para beneficiar a la población de la localidad sin uso de combustibles para la impulsión del líquido elemento.

En cuanto a los materiales reciclables se identificó un peligro de sobre presión en la Bomba de Ariete Ecológica, lo que le hace vulnerable a grandes presiones, por lo que se recomendó a la población hacer una inversión en tubería galvanizada ya que como se ve en la Tabla 1, muestra que las bondades de la tubería galvanizada son ideales para este tipo de equipos, teniendo mayor resistencia a altas presiones, y dando mayor vida útil a los equipos. Como dice [30] en su primer ensayo usó para la línea de impulsión PVC, lo que explica que hay un peligro de rotura debido a la vibración, lo que tomamos en cuenta la recomendación hecha, que es evitar brindar excesiva presión a la Bomba. [30] nos comenta que no tuvo problemas de rotura en el sistema lo que da fe de que nuestro proyecto es viable con el respectivo control.

Nuestro proyecto tuvo el mismo resultado, no se presentó falla en el equipo, de ningún modo, logrando resultados satisfactorios. Analizando esta sobre presión es importante considerar ubicar micro reservorios a alturas menores para que la Bomba pueda funcionar de manera óptima y con una vida útil prolongada, ya que las presiones serán de menor magnitud.

[19] menciona que se obtuvo un resultado de caudal de 138 945.6 litros por día. Este dato fue gracias a que utilizaron una bomba de ariete de acero galvanizado, y esto nos da a entender que una bomba de este tipo es mejor respecto a resultados, sin embargo, hablando económicamente, el precio de instalación y fabricación es aproximadamente 4 veces más que el costo de nuestro prototipo funcional.

Comparando resultados, nosotros obtuvimos 87 480 litros por día. La bomba de ariete nos muestra un resultado muy cercano al resultado que brinda una bomba de ariete de acero galvanizado.

La localidad de Pueblo Nuevo, perteneciente al distrito de San Bernardino, ahora es una de las localidades con mejor futuro, ya que se estará abasteciendo agua potable para un aproximado de más de 2 mil metros cuadrados de terreno, lo que beneficiará aproximadamente a un total de 33 familias, dando soluciones agrícolas y económicas, en busca de un futuro mejor.

Los resultados presentados anteriormente nos dan a conocer que el uso de la bomba de ariete ecológica es una solución viable en las localidades que carecen de agua potable, pero que tienen fuentes de agua a desnivel, lo que puede ser aprovechada con esta tecnología eco-amigable. El uso de las bombas de ariete ecológicas son alternativas factibles ya que se puede utilizar el agua que tenemos en manantiales que pueden ser usados para consumo humano en zonas que carecen del mismo. Este líquido debe ser analizado y comprobar su tipo de Agua como lo recomienda [1] en el [12] que son los estándares mínimos de calidad, control y forma de manejo del líquido elemento.

Al utilizar fórmulas matemáticas nos da la facilidad de hallar el caudal de entrega, para analizar si es que va a ser posible el abastecimiento de agua a la población, lo que da o no

viabilidad a nuestro proyecto, que es justamente lo que dice nuestro primer objetivo de estudio. Al obtener datos satisfactorios comprobamos que las fórmulas nos ayudaron efectivamente para el cálculo del caudal de entrega y que el agua sea destinada a su reservorio respectivo.

El segundo objetivo fue realizar la construcción de la bomba de ariete, para determinar su buen funcionamiento, el uso de materiales de bajos costos, y su beneficio que generará a la sociedad. Primero se ubicó el material reciclable que se va a utilizar, como son tuberías, pesetas, válvulas, entre otros. Luego se procedió al ensamblaje de la bomba de ariete, y se compró los accesorios y materiales que fueron necesarios para que se puedan hacer las pruebas e instalación en campo. Al concluir el ensamble y pruebas en campo se concluye que la bomba de ariete ecológica es ideal para este trabajo ya que cumple las expectativas en resultados desde la primera prueba realizada.

La bomba de ariete ecológica viene siendo la mejor alternativa de solución idealmente para los pueblos que no cuentan con recurso de agua en cabecera de la localidad. Pero que sin embargo hay manantiales en un nivel inferior y que pueden impulsar el agua con el uso de la bomba de ariete. [7] [30] [25] [8] demuestran que es una alternativa viable mundialmente. Está comprobado su efectividad y esto nos dice que en Cajamarca si va a mejorar significativamente el abastecimiento de agua a las poblaciones de la región, de una manera segura y ecológica, que es lo que Cajamarca necesita actualmente para cerrar la brecha de abastecimiento de agua en el territorio rural.

Los beneficios obtenidos con la bomba de ariete ecológica permiten abordar la problemática latente de la región Cajamarca, acerca del insuficiente abastecimiento de agua a las localidades. Si podemos aprovechar los manantiales que existen en las zonas se logrará ayudar en el cierre de brechas en la región.

Así mismo nuestro tercer objetivo busca dar beneficio a un sector del Distrito de San Bernardino, que está ubicado en la provincia de San Pablo de la región Cajamarca. Se concluye que se a logrado dar beneficio a la población total, ya que el caudal de entrega sobrepasa el caudal que requerido para satisfacer la necesidad de 33 familias. Este modelo debe ser replicado en cada una de las localidades que carecen de agua potable, ya que primero está la salud y el desarrollo social, teniendo en cuenta lo que nos dice [14], concluimos que el agua es un recurso muy importante para el desarrollo del mundo.

Este proyecto busca motivar a las entidades públicas y privadas a buscar ideas de tecnologías eco-amigables que solo necesitan inversión de ensamblaje e instalación, puesto que no requieren de combustible alguno para su funcionamiento, ya que no sólo nos dan beneficio de entrega de agua, sino también da calidad de vida de poblaciones enteras, ya que no sólo ellos no tendrán gastos, si no por lo contrario se generarán ingresos económicos con la venta de recursos que puedan generar al aprovechar el agua. Además de resultados exitosos, este proyecto nos lleva a formularnos preguntas como: ¿Cuál sería la altura vertical máxima de entrega de agua que podría alcanzar

nuestra bomba de ariete ecológica?, ¿Actualmente se han desarrollado la aplicación de la bomba de ariete en otras localidades con el aprovechamiento del agua de manantial?, ¿Existe apoyo económico por parte del gobierno para la implementación de las bombas de ariete o fabricación de equipos que trabajan de la mano con la naturaleza? Responder estas preguntas es muy importante para conocer el campo de apoyo que se tiene. Además, ayudaría a abrir ideas de investigación, sobre la aplicación de tecnologías que sean amigables con el medio ambiente, o diseñar nuevos prototipos buscando dar solución a la brecha del abastecimiento de agua potable a las localidades rurales. Con la única finalidad de apoyar en el desarrollo social al brindar calidad de vida a las personas.

Esta investigación concluye también que los resultados obtenidos deben ser utilizados para fomentar el desarrollo de este concepto a escalas mucho mayores para servir no sólo a las comunidades rurales sino también para explorar su potencial con las industrias agrícolas y el desarrollo turístico en las zonas rurales del país. Fortaleciendo así el desarrollo integral y el cierre de brechas sociales, como es la falta de abastecimiento de agua potable en la población, unificando la relación social entre las empresas privadas y poblaciones rurales.

El alcance de esta investigación no tuvo limitaciones de ningún tipo, puesto que las personas apoyaron a la fabricación, ensamblaje, montaje y prueba de la bomba de ariete ecológica. Fue muy importante las capacitaciones que fueron impartidas sobre el uso de tecnologías renovables, que previamente al desarrollo del proyecto. Fue importante realizar charlas con la población por el poco conocimiento de estas nuevas tecnologías que son amigables con el medio ambiente. Un factor limitante fue la falta de señal para las comunicaciones en la localidad, lo que dificultó un poco al realizar las pruebas.

En conclusión, la bomba de ariete a satisfecho la necesidad de abastecimiento de agua a una pequeña parte de la población de la región Cajamarca, teniendo resultados óptimos que serán muestra clave para otras investigaciones. Además, el uso de estas nuevas tecnologías ecológicas ayuda a determinar que su uso mejorara el cierre de brechas de abastecimiento de agua potable en la ciudad de Cajamarca. También que es ideal poner en práctica lo aprendido durante el proceso de formación y distribuir los conocimientos impartidos al servicio de los demás para resolver una necesidad concreta. A nivel teórico-práctico emitió ahondar en la materia, generando el desarrollo de las variables de estudio y en cuanto a las implicancias metodológicas muy significativo debido a la experimentación en campo y análisis estadístico.

REFERENCIAS

- [1] MINAM, «Ministerio del Ambiente Del Perú,» JUNIO 2017. [En línea]. Available: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/12870/DS-004-2017-MINAM.pdf?v=1530656700>. [Último acceso: 2022].

- [2] R. Rogriguez García, C. Martinez Muñoz , D. Hernández Vizcaino, J. De Lucas Veguillas y L. Acevedo de Pedro, «Scielo,» ORIGINAL, 03 Junio 2013. [En línea]. Available: https://www.scielosp.org/article/ssm/content/raw/?resource_ssm_path=/media/assets/resp/v77n3/original9.pdf. [Último acceso: 2022].
- [3] I. A. Rivadeneira Flores, «Scielo,» 22 Enero 2013. [En línea]. Available: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/22070>. [Último acceso: 2022].
- [4] P. J. Apaza Cardenas, «Repositorios Latinoamericanos,» 15 Septiembre 2012. [En línea]. Available: <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/3275581>. [Último acceso: 2022].
- [5] A. R. Soto Gamarra, «Repositorio UNC,» 11 Enero 2014. [En línea]. Available: <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/677>. [Último acceso: 2022].
- [6] P. Escobar Santiago, «Repositorio Upn,» 07 Marzo 2013. [En línea]. Available: https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-28132020000100078&lang=es. [Último acceso: 2022].
- [7] I. I. Aguirre Huaman , «Red de Repositorios Latinoamerianos,» 16 Diciembre 2013. [En línea]. Available: <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/2352021>. [Último acceso: 2022].
- [8] C. Barriga Ordoñez, «Sistemas de Energía,» 20 Junio 2013. [En línea]. Available: <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/23578/Zambrano%20Cueva%20Jeisner.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Último acceso: 2022].
- [9] C. S. Huaman Torrejon, «UNSM,» 10 Agosto 2021. [En línea]. Available: <https://tesis.unsm.edu.pe/handle/11458/4176>.
- [10] P. G. Ventura Carrillo, «Repositorio Pedro Ruiz Gallo,» 01 Marzo 2018. [En línea]. Available: <https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/2159/BC-TES-TMP-1032.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Último acceso: 2022].
- [11] A. Chero Lizana, «Pirhua-uped,» 12 Marzo 2018. [En línea]. Available: <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/3903>. [Último acceso: 2022].
- [12] El Peruano, «El Peruano,» 7 Junio 2017. [En línea]. Available: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/12870/DS-004-2017-MINAM.pdf?v=1530656700>. [Último acceso: 2022].
- [13] F. Cruz Santos, J. Muñoz Tongonbol, C. Altobelli Saenz y V. Condorí Miro, «Repositorio UPN,» 31 Junio 2019. [En línea]. Available: <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/23578/Zambrano%20Cueva%20Jeisner.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Último acceso: 2022].
- [14] F. Muñoz Anticona, «Scielo,» 16 Junio 2015. [En línea]. [Último acceso: 2022].
- [15] A. Reza Sert y K. Alireza Porza, «Repositorio UNSM,» 12 Abril 2013. [En línea]. Available: <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/23578/Zambrano%20Cueva%20Jeisner.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Último acceso: 2022].
- [16] L. Rivadeneira Saenz, «Repositorio UPN,» 15 Abril 2014. [En línea]. Available: <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/25349/Barreto%20Vasquez%20Denis%20David.pdf?sequence=2&isAllowed=y>. [Último acceso: 2022].
- [17] J. Blake Saens, «Repositorio Upn,» 18 Marzo 2018. [En línea]. Available: <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/14061/Ch%c3%a1vez%20Ch%c3%a1vez%2c%20Christian%20Franciles.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Último acceso: 2022].
- [18] R. Hernández Sampieri, «Metodología de la Investigación,» Octubre 2017. [En línea]. Available: <https://drive.google.com/file/d/1Fjufmi0oGY4Zs8EajFiAJYNT2qoecH4k/view>.
- [19] M. M. Paredes Godoy y R. M. Tuquinga Guzman, «Scielo,» 20 Julio 2012. [En línea]. Available: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2403/1/15T00519.pdf>. [Último acceso: 2022].
- [20] M. M. Paredes Godoy y R. M. Tuquinga Guzman, «Scielo,» 20 Julio 2012. [En línea]. Available: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2403/1/15T00519.pdf>.
- [21] Senamhi, «SENAMHI,» 10 Nobiembre 2022. [En línea]. Available: <https://www.senamhi.gob.pe/mapas/mapa-estaciones-2/>. [Último acceso: 2022].
- [22] DIRESA, «Dirección Regional de Salud Cajamarca,» 14 Noviembre 2022. [En línea]. Available: <http://www.diresacajamarca.gob.pe/>.
- [23] J. A. Ragio, «Google AC,» 12 Marzo 2018. [En línea]. Available: https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/tesis/tesis_n0349_Raggio.pdf.
- [24] W. P. Ruiz Lopez y K. L. Ruiz Román, «Universidad Central,» 15 Mayo 2018. [En línea]. Available: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/15362/1/T-UC-0017-0095-2018.pdf>.
- [25] W. Fong Silva, F. Colpas Castillo y C. A. Severiche Sierra, «Google Académico,» 27 Agosto 2015. [En línea]. Available:

<http://revistas.uniguajira.edu.co/rev/index.php/cei/article/view/27/24>.

- [26] Journal Of Public Health, «Google Académico,» 28 Junio 2016. [En línea]. Available: <https://ajph.aphapublications.org/doi/pdf/10.2105/AJPH.56.3.387>.
- [27] A. Chero Lizana, «Google académico,» 01 Diciembre 2018. [En línea]. Available: https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3903/IC_I_265.pdf?sequence=1&isAllowed=y. [Último acceso: 2022].
- [28] E. A. Gonzales Alayza, «Google Académico,» 24 Junio 2015. [En línea]. Available: <file:///C:/Users/LUIS/Downloads/4A.0215.IM.pdf>. [Último acceso: 2022].
- [29] C. S. Huaman Torrejón, «Google Académico,» 15 Enero 2021. [En línea]. Available: <https://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/4176/MAEST.%20GEST.EMP.%20-%20Carlos%20Segundo%20Huam%20c3%a1n%20Torrej%20c3%b3n.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Último acceso: 2022].
- [30] B. S. Enrique Alva, «Google Académico,» Diciembre 2017. [En línea]. Available: http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/2369/T033_47437905_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y. [Último acceso: 2022].
- [31] D. B. Rowe, «Green roofs as a means of pollution abatement,» *Environmental Pollution*, vol. 159, n° 8, pp. 2100-2110, 2011.
- [32] INEI, «CENSOS 2017: Departamento de Cajamarca cuenta con 1341 012 habitantes,» 2018. [En línea].
- [33] INDECI, «Programa de prevención y medidas de mitigación ante desastres de la ciudad de Cajamarca,» 2005. [En línea]. Available: http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/estudios_CS/Region_cajamarca/cajamarca/cajamarca.pdf.
- [34] L. Soriano Martínez, «Estrategias integradas para la gestión sostenible de aguas de lluvia en áreas metropolitanas» de Congreso Nacional del Medio Ambiente, Madrid, 2012.