

Estaciones de bombeo, anti-golpe de ariete y control de fugas, válvulas y sistemas automáticos

Pumping stations, anti-water hammer and leak control, valves and automatic systems

Jorge Daniel Mercado-Bautista

jmercado0070@utm.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0001-6055-1670>

Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Ecuador

Mayer Santiago Quiñonez-Alava

mayer.quinonez.alava@utelvt.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0001-2262-133X>

Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas, Ecuador

Ariel Ángel Angulo-Quiñonez

ariel.angulo@utelvt.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-3007-6992>

Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas, Ecuador

Carlos Humberto Reyes-Vera

humberto.reyes.vera@utelvt.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0001-6753-0856>

Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas, Ecuador

Mirna Geraldine Cevallos-Mina

mirna_cevallos_mina@utelvt.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-5383-4522>

Universidad Técnica Luis Vargas Torres de Esmeraldas, Ecuador

RESUMEN

El presente estudio se basa en una metodología experimental y se enfoca en las estaciones de bombeo, el control de golpes de ariete, el control de fugas, las válvulas y los sistemas automáticos. Las estaciones de bombeo desempeñan un papel crucial en diversos sectores industriales, como el suministro de agua y el tratamiento de aguas residuales. El objetivo principal es evaluar la eficiencia y efectividad de diferentes medidas para garantizar el funcionamiento óptimo de estas estaciones. En primer lugar, se aborda el tema del control de golpes de ariete, un fenómeno que puede causar daños significativos en las tuberías y equipos. Se diseñan y se instalan sistemas anti-golpe de ariete, que incluyen dispositivos como válvulas de alivio de presión, tanques de amortiguación y sistemas de control de velocidad. A través de experimentos controlados, se evalúa el rendimiento de estas medidas para mitigar el golpe de ariete y proteger la integridad del sistema. Además, se analiza el control de fugas, que es otro aspecto crítico en las estaciones de bombeo. Las fugas pueden provocar pérdidas de fluido, reducir la eficiencia del sistema y causar impactos ambientales negativos. Se implementan técnicas de detección y monitoreo de fugas, así como válvulas de cierre automático y sistemas de control de fugas. A través de experimentos, se evalúa la efectividad de estas medidas para minimizar las fugas y garantizar el uso eficiente de los recursos. Asimismo, se examinan las válvulas y los sistemas automáticos utilizados en las estaciones de bombeo. Estas válvulas desempeñan un papel crucial en el control del flujo de líquidos, y los sistemas automáticos permiten un control preciso y eficiente. Mediante experimentos, se evalúa el rendimiento y la confiabilidad de diferentes tipos de válvulas y sistemas automáticos en condiciones de operación realistas..

Palabras claves: Estaciones de bombeo, anti-golpe de ariete, control de fugas, válvulas, sistemas automáticos..

ABSTRACT

The present study is based on an experimental methodology and focuses on pumping stations, water hammer control, leakage control, valves and automatic systems. Pumping stations play a crucial role in various industrial sectors, such as water supply and wastewater treatment. The main objective is to evaluate the efficiency and effectiveness of different measures to guarantee the optimal functioning of these stations. First, the issue of water hammer control is addressed, a phenomenon that can cause significant damage to pipes and equipment. Anti-water hammer systems are designed and installed, including devices such as pressure relief valves, buffer tanks, and speed control systems. Through controlled experiments, the performance of these measures to mitigate water hammer and protect the integrity of the system is evaluated. In addition, leak control is analyzed, which is another critical aspect in pumping stations. Leaks can cause fluid loss, reduce system efficiency, and cause negative environmental impacts. Leak detection and monitoring techniques are implemented, as well as self-closing valves and leak control systems. Through experiments, the effectiveness of these measures to minimize leaks and ensure the efficient use of resources is evaluated. Likewise, valves and automatic systems used in pumping stations are examined. These valves play a crucial role in controlling the flow of liquids, and automatic systems allow precise and efficient control. Through experiments, the performance and reliability of different types of valves and automatic systems are evaluated under realistic operating conditions.

Keywords: Pumping stations, anti-water hammer, leak control, valves, automatic systems

INTRODUCCIÓN

Las estaciones de bombeo desempeñan un papel crucial en el transporte eficiente de fluidos en diversos sectores, como el abastecimiento de agua, el tratamiento de aguas residuales, la industria petrolera y muchas otras aplicaciones

industriales. Estas estaciones están diseñadas para impulsar el flujo de líquidos a través de tuberías, superando obstáculos topográficos y manteniendo la presión adecuada en todo el sistema. Además, se emplean medidas como el control de fugas y la instalación de válvulas y sistemas automáticos para garantizar un funcionamiento seguro y eficiente (Tchobanoglous, & Stensel, H. D, 2003).

El fenómeno del golpe de ariete es uno de los desafíos a los que se enfrentan las estaciones de bombeo. El golpe de ariete ocurre cuando se produce una perturbación abrupta en el flujo de líquido, generando ondas de presión que pueden causar daños en las tuberías y los equipos. Para mitigar este efecto, se implementan sistemas anti-golpe de ariete que consisten en dispositivos como válvulas de alivio de presión, tanques de amortiguación y sistemas de control de velocidad. Estos sistemas ayudan a absorber las fluctuaciones de presión y proteger la integridad del sistema (Datta, A. K., 2006).

El control de fugas es otro aspecto crítico en las estaciones de bombeo. Las fugas en las tuberías y conexiones pueden ocasionar pérdidas de fluido, reducir la eficiencia del sistema y provocar problemas medioambientales. Para abordar este desafío, se emplean técnicas de monitoreo y detección de fugas, así como la instalación de válvulas de cierre automático y sistemas de control de fugas. Estos mecanismos permiten una respuesta rápida ante fugas detectadas y minimizan los desperdicios de fluido (Tchobanoglous, & Stensel, H. D, 2003).

Las válvulas y sistemas automáticos también son esenciales en las estaciones de bombeo. Las válvulas se utilizan para controlar el flujo de líquidos, permitiendo su apertura, cierre y regulación según sea necesario. Las válvulas de control automatizadas, como las válvulas de control de caudal o las válvulas de control de presión, se utilizan para mantener las condiciones operativas óptimas en el sistema. Estas válvulas pueden ser controladas mediante sistemas automáticos, como controladores electrónicos o sistemas de automatización basados en PLC (Controladores Lógicos Programables), lo que permite un control preciso y eficiente del sistema de bombeo (Datta, A. K., 2006).

Desarrollo

Estaciones de bombeo

De acuerdo con Koutoudjian en el año 2012, una Estación de Bombeo (EB) es una instalación hidroelectromecánica destinada a forzar el escurrimiento de una vena líquida para que ésta llegue a destino en las condiciones previstas en su diseño.

Por hidroelectromecánica se entiende aquella instalación donde se conjugan los componentes y estructuras hidráulicas en primer lugar, mecánicas, eléctricas y últimamente también las electrónicas.

Por lo general esta instalación está contenida en una obra civil, motivo por el cual la EB reúne en sí misma los conocimientos de casi todas las ramas de la ingeniería.

En rigor, forzar el escurrimiento, implica impartirle al líquido una determinada cantidad de energía proveniente de una bomba, la cual a su vez la recibe en forma mecánica en su eje.

En consecuencia, una EB es una instalación hidroelectromecánica donde se le imprime al líquido que pasa por ella una cierta cantidad de energía hidráulica suministrada por una máquina hidráulica llamada bomba, la cual se alimenta mecánicamente desde un motor.

Son muy variadas las necesidades que llevan al diseñador de la instalación hidráulica a colocar en algún punto de ella una EB. Por lo general, se puede afirmar que a excepción de alguna instalación que se alimente con agua proveniente de un río o montaña o del agua de lluvia, casi todas requieren una bomba para impulsar el líquido con el caudal, la presión y la velocidad deseada.

Por tanto, un caudal excesivo en bombas puede presentar los siguientes problemas (ver figura 1):

- Sobrecarga en el circuito eléctrico de la bomba.
- Caída de presión en la línea de succión de la bomba.
- Entrada de aire en exceso a la bomba.
- Daño por cavitación en el impulsor de la bomba.
- Colapso de paredes y bombeo de impurezas al sistema.



Figura 1. Comportamiento de Bomba ante excesivo caudal.

En consecuencia, partiendo de lo anterior, se puede afirmar que donde se coloca una bomba, se ha instalado una EB. En tal sentido, una perforación de agua también sería una EB, ya que su misión es forzar el agua de la napa a salir hacia la superficie, ya que por sus propios medios no sería posible.

Particularmente, en la ingeniería hidráulica y sanitaria se tienen tres tipos de EB, según sea el tipo de agua a bombear:

- Las estaciones de bombeo de agua potable.
- Las estaciones de bombeo cloacales.
- Las estaciones de bombeo pluviales.

Las características distintivas de estas estaciones de bombeo es que todas ellas tienen un recinto llamado pozo de bombeo, donde llega el agua y desde donde las bombas se alimentan para impulsarla fuera de la instalación. El caudal de la(s) bomba(s) puede o no coincidir con el caudal afluente al pozo, en cuyo caso éste actúa como recinto pulmón.

Para el control de bombeo, se regula el nivel de presión durante la apertura/cierre de la bomba, para proteger el sistema de bombeo y el conjunto aguas abajo (figura 2). Se conjuga con un sistema sostenedor de alivio de presión, el cual consiste en una válvula hidráulica con piloto activada por la presión del sistema. Solo cuando la presión del sistema sube sobre los valores prefijados, la misma se abre y así mantiene una presión determinada aguas arriba. Cuando la presión baja, la válvula se vuelve a cerrar.

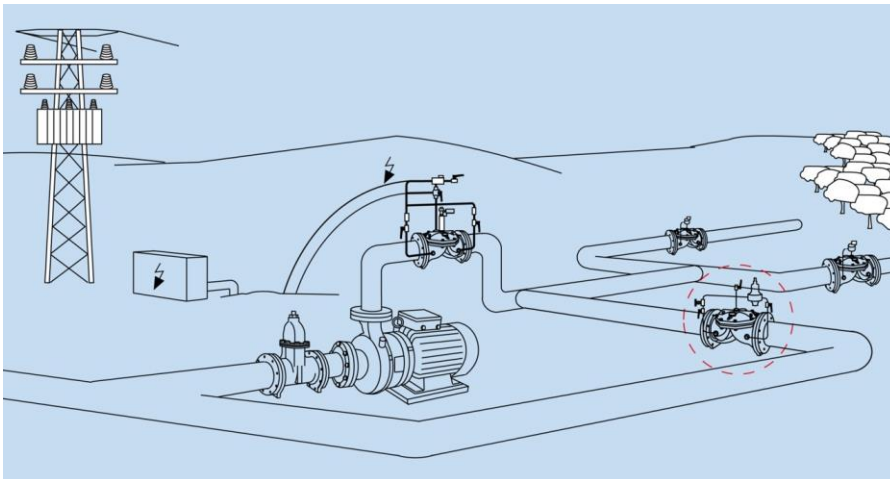


Figura 2. Control de bombeo y sostenedora de alivio.

Válvulas anti-golpe de ariete

Por especificaciones de diseño del Grupo Tallis emanadas en el año 2019, esta válvula elimina el riesgo de onda de presión, típico de condiciones de golpe de ariete. Un golpe de ariete es causado por un corte repentino de una bomba o un cierre rápido de la válvula principal, causando un frente de baja presión de rápida propagación, seguido por una onda inversa de alta presión (figura 3).



Figura 3. Falla en válvula por efecto de golpe de ariete.

Se origina así una serie de ondas de presión, cada una compuesta por presiones bajas y altas alternadas en un breve espacio de tiempo. Con ello, se tiene que la RAF 88 es una válvula hidráulica con piloto activada por la presión del sistema. Tiene dos pilotos, uno regula las presiones bajas y otro las altas. Bajo condiciones normales, la válvula está cerrada. Se abre cuando la presión del sistema es menor a la presión prefijada, en anticipación de la onda siguiente, y permanece abierta mientras las fluctuaciones subsisten (Figura 4).

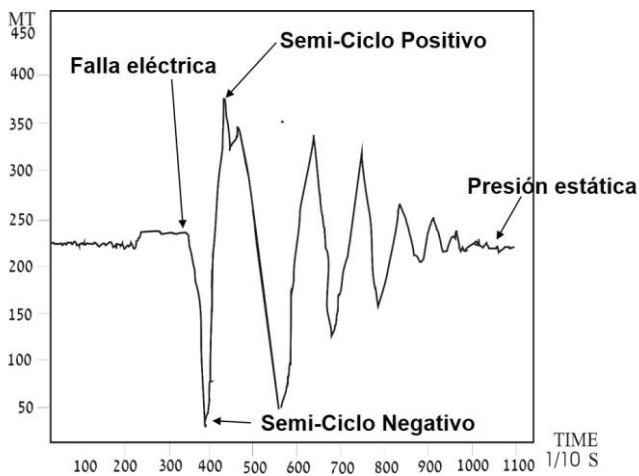


Figura 4. Presión vs. Tiempo, falla en la alimentación eléctrica de bombas.

Datos mínimos para la simulación de un caso hidráulico para análisis de golpe de ariete

- Caudal de diseño máximo.
- Diámetro interno, longitud, material y espesor de pared de la línea principal.
- Número máximo de bombas en operación y curvas de bombeo.
- Cotas en el reservorio de succión y reservorio de destino.
- Tipo de válvula de retención (si no se dispone de este dato, se asumirá una válvula de retención que tenga un cierre inmediato).
- Perfil hidráulico del sistema.

Se recomienda que la protección por golpe de ariete dependa de dispositivos confiables que eviten las presiones negativas y las sobrepresiones, y que sean de larga vida útil y escasa necesidad de mantenimiento. La selección y dimensionado de cualquier tipo de dispositivo de protección anti-golpe de ariete se realiza mediante modelados matemáticos del transitorio hidráulico (figura 5).

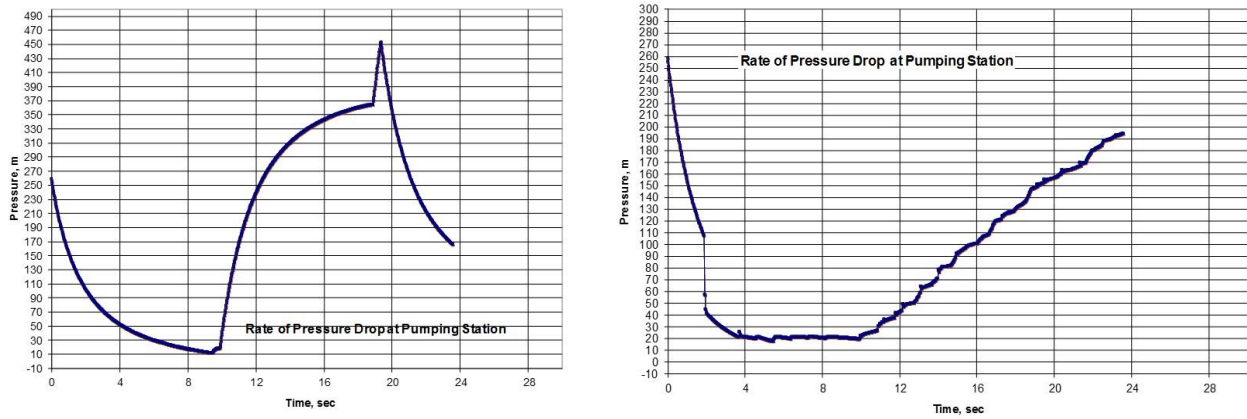


Figura 5. Línea sin y con protección por golpe de ariete.

Las válvulas con actuador de pistón están diseñadas para trabajar en la regulación y control de fluidos bajo condiciones hidráulicas exigentes. Son aplicables tanto en áreas industriales, como en sistemas de abastecimiento, así como en aquellas aplicaciones que demanden precisión y fiabilidad. La misma no requiere ningún aporte de energía exterior, ya que funciona con la presión del sistema hidráulico en el que se encuentra instalada, siendo completamente independiente (figura 6 y 7).

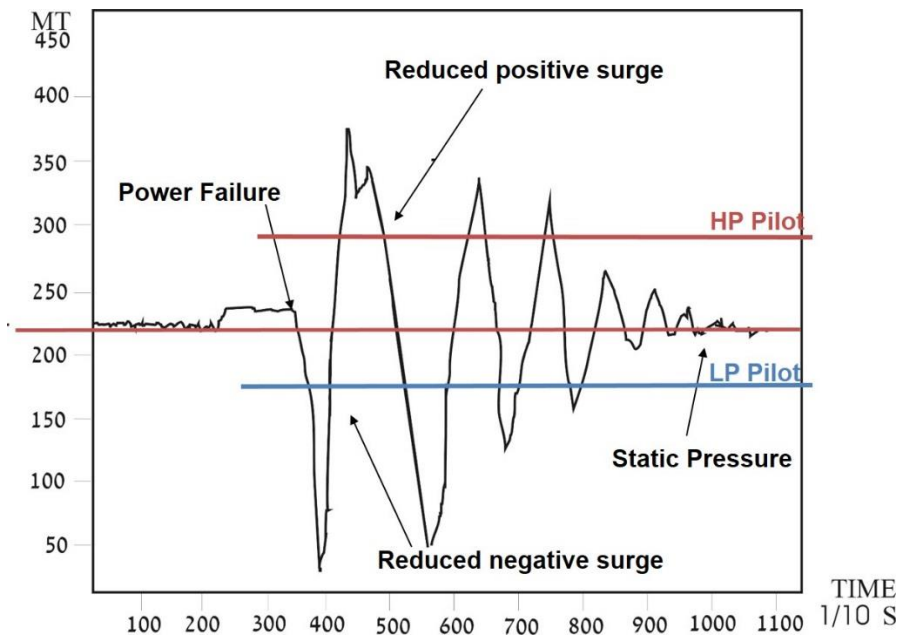


Figura 6. Desarrollo del funcionamiento con y sin protección por golpe de ariete.



Figura 7. Válvula de control anti-golpe de ariete.

Control de fugas

Las roturas en tuberías impactan de forma negativa a la gestión de las empresas que manejan el suministro de agua potable. Por ello, dichas empresas deben velar por la preservación del vital líquido en pro de minimizar los efectos de pérdida y disminución en presiones de suministro y también en la rebaja en los costos de mantenimiento.

De acuerdo con datos estadísticos recolectado por Grupo Talis en el año 2019 se manejan porcentajes de pérdida de agua no contabilizada y datos de presión en puntos críticos, estimándose su significancia para la última década del siglo XX en aras de manejar dichos datos para las estimaciones futuras (figura 8 y 9).

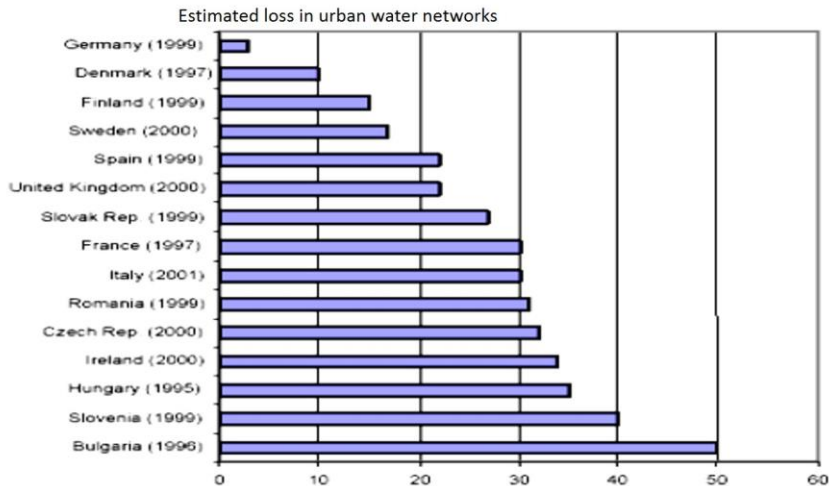


Figura 8. Porcentajes de pérdida de agua no contabilizada.

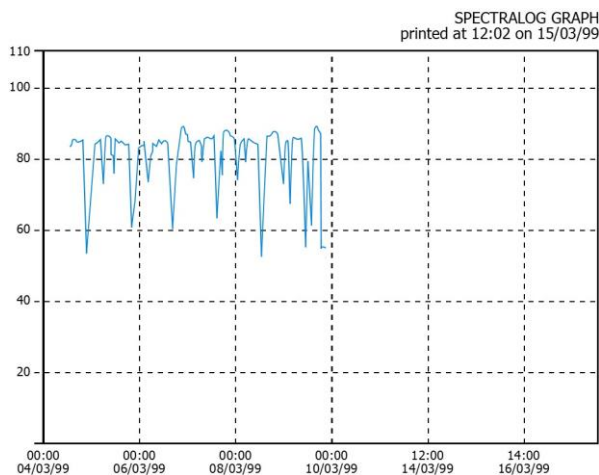


Figura 9. Presión en puntos críticos.

La disminución de fugas se lleva a cabo realizando un control de la presión, en donde el diseño y funcionamiento óptimo del sistema de agua potable necesita que se puedan realizar cambios en los valores de presión (figura 10), manejando controles horarios de la presión en función del caudal (consumo).

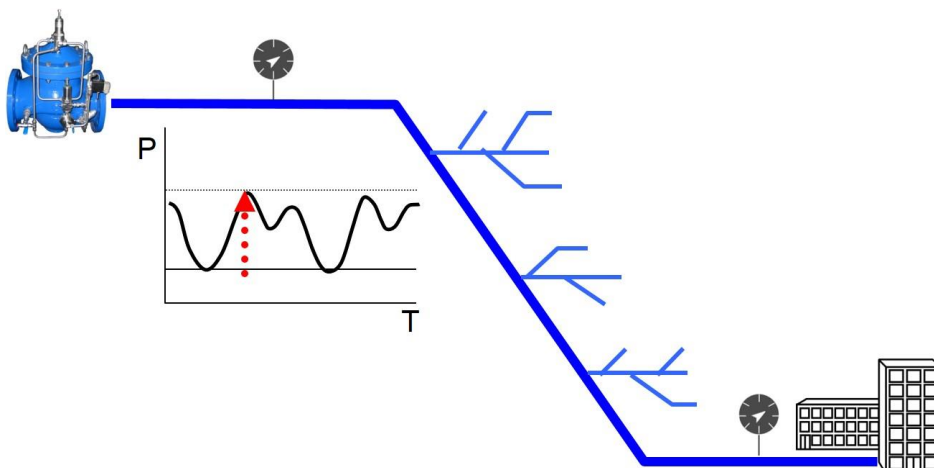


Figura 10. Sistema de suministro de agua potable (variaciones de presión).

Consideraciones finales

Las estaciones de bombeo desempeñan un papel vital en el transporte de fluidos, y requieren de medidas como sistemas anti-golpe de ariete, control de fugas, válvulas y sistemas automáticos para asegurar un funcionamiento eficiente y seguro. La implementación adecuada de estas medidas garantiza un flujo continuo de líquidos, evita daños en el sistema y contribuye a la conservación de los recursos naturales.

Las estaciones de bombeo son obras que se construyen con el objeto de elevar el nivel agua de la fuente primaria a los sitios donde se desea utilizar. Por tanto, cuando la energía hidráulica que se dispone en un conducto a presión no es suficiente para cumplir con los requerimientos de diseño se instalan estaciones de bombeo con el fin de incrementar la energía existente mediante la aplicación de una energía externa.

Los sistemas de bombeo tienen diferentes aplicaciones, tales como el riego, el agua potable, las aguas servidas, aguas pluviales y sistemas de protección contra incendios, lo que conlleva a que la necesidad de mantenerlos en condiciones operativas eficientes cobra vital importancia en el impacto socioeconómico de una comunidad.

Es de vital importancia, capacitar al cuerpo de ingenieros y técnicos operarios encargados del mantenimiento de los sistemas de bombeo, ya que de la pericia de dicho personal dependerá el éxito de una buena gestión en el ramo hídrico como servicio público.

REFERENCIAS

1. Grupo Talis (2019). Ponencia sobre Estaciones de Bombeo, Anti-golpe de Ariete y Control de Fugas, Válvulas y Sistemas Automáticos. Raphael by Talis. ELLOIL.
2. Koutoudjian, J. (2012). Curso de Hidrología y Diseño de Captaciones de Aguas Superficiales y Meteóricas. Estaciones de Bombeo. Operación y Mantenimiento. Instituto de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Universidad de Buenos Aires.
3. Organización Panamericana de la Salud (2005). Guías para el diseño de estaciones de bombeo de agua potable. Lima, 2005.
4. RAPHAEL (2010). Catalogo Raphael. NaanDanJain Ibérica s.l.u. 2010.
5. Tchobanoglous, G., Burton, F. L., & Stensel, H. D. (2003). Wastewater Engineering: Treatment and Reuse. McGraw-Hill Education.
6. Datta, A. K. (2006). Fluid Mechanics and Machinery. New Age International.
7. Forti Torres, B. M. ., & Cevallos Reyes, C. B. . (2022). Sistema de bombeo para riego mediante ariete hidráulico en sectores aislados de la provincia de Manabí. *Sapienza: International Journal of Interdisciplinary Studies*, 3(7), 71–81. <https://doi.org/10.51798/sijis.v3i7.511>