

## Rendimiento de una bomba hidráulica prototipo a diferente diámetro de tubería y singularidades

### Performance of a prototype hydraulic pump at different pipe diameters and singularitiess

Buenaventura Usquiza Cruz<sup>1</sup>, Meregildo Silva Ramírez<sup>2</sup>, Segundo Víctor Olivares Muñoz<sup>3</sup>

#### RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo determinar el rendimiento de una bomba hidráulica prototipo a diferente diámetro de tubería y singularidades; para ello se diseñó un experimento bifactorial  $3^2$ , donde el factor A, fue el diámetro de tubería y el factor B, la cantidad de singularidades. Se diseñó y construyó una bomba de pistón con transmisión por cadena accionada con una rueda hidráulica. La instalación y pruebas se llevó acabo en la rivera del río Utcubamba. Los resultados de los tratamientos A1B1, A2B1 y A3B1 tuvieron mayor generación de caudal, determinándose que el tratamiento A2B1 tiene mayor rendimiento con 15 lt/min, altura de 5m, tubería de  $\frac{3}{4}$  " de diámetro, con singularidades de codo y válvula chep.

**Palabras clave:** Bomba hidráulica, prototipo, diámetro tubería

#### ABSTRACT

The objective of the research was to determine the performance of a prototype hydraulic pump at different pipe diameters and singularities; For this, a bifactorial experiment  $3^2$  was designed, where factor A was the diameter of the pipe and factor B, the number of singularities. A chain drive piston pump driven by a waterwheel was designed and built. The installation and tests were carried out on the banks of the Utcubamba river. The results of treatments A1B1, A2B1 and A3B1 had higher flow generation, determining that treatment A2B1 has higher performance with 15 lt/min, height of 5m,  $\frac{3}{4}$ " diameter pipe, with elbow singularities and chep valve.

**Keywords:** Hydraulic pump, prototype, pipe diameter

<sup>1</sup>Bachiller de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. Correo electrónico: 6003118432@untram.edu.pe

<sup>2</sup>Docente de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. Correo electrónico: meregildo.ramirez@untram.edu.pe

<sup>3</sup>Docente de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas Correo electrónico: segundo.olivares@untram.edu.pe

### I. INTRODUCCIÓN

La agricultura es una actividad prioritaria para la alimentación de la humanidad, las plantas tienen problemas de agua por los diferentes cambios que se vienen dando en el planeta. En casi todas las regiones no es un tema fuera de observación, aunque se cuenta con grandes afluentes, el problema radica principalmente en la manera de llevar este líquido desde los ríos hasta las parcelas o a una cota más alta (Auccacusi, 2014).

La rueda hidráulica es un mecanismo que fue descubierto desde hace unos 5000 años. El pueblo sumerio como parte de su historia, disponía de molinos movidos por agua, también los griegos y los romanos hicieron uso de este mecanismo empleando como parte del sistema la rueda hidráulica. En un principio fue conocido como un sistema para elevar el agua quieta, para pasar luego a ser, sin apenas modificaciones a "motor" productor de energía capaz de ser transformada en movimiento (Valdés, 1995).

Según Casas, R., (2012) en su investigación, diseño un prototipo de bomba que es accionada con energía hidráulica con la finalidad de hacer su uso agropecuario en Villa Nueva Veracruz, concluyendo que el modelo de rueda hidráulico que fue construido en dicho lugar satisfacía las expectativas planteadas.

Una de las ideas de un sistema de válvulas es la aplicación del ariete hidráulico, que con un sistema de válvulas se hace que el agua sea impulsada a una cota mayor, para este sistema de bombeo se usa una caída de unos 5m para lograr la fuerza de expulsión. En el trabajo realizado por Peralta (2015) las válvulas y la cámara de vacío hicieron que el agua tenga un caudal continuo a la llegada al reservorio.

En la investigación de Cáceres, (2015) se hizo uso de una volante hidráulica que tiene la finalidad de implementar una rueda mecánica de 1m de diámetro construida de acero inoxidable para mayor durabilidad y además estuvo constituida de 50 álabes, para elevar el agua mediante bombeo de agua desde una vertiente a una altura mayor. Para hacer

trabajar la rueda hidráulica se ajusta el diseño de la rueda hidráulica y se inicia midiendo la velocidad del agua y cuanto es la velocidad de salida del estanque de captación. Se calcula el caudal el rodete, el número de alavés como también las revoluciones por minuto y torque de la rueda hidráulica.

En una investigación se diseñó una bomba usando energía solar, se realizó el estudio pertinente acerca de cada uno de los componentes eléctricos del sistema de bombeo solar, con la finalidad de establecer una metodología para el cálculo de estos sistemas (Montaño, Mogrovejo, & Quizhpe, 2007)

Según Jara et al. (2011) en cuanto a la rueda hidráulica se realizó dos pruebas generales, para esto se usó diferentes direcciones de chorro, a 45° y chorro recto, obteniendo un mejor resultado y eficiencia cuando se utiliza a 45°. Se obtuvo 34 rpm en la rueda y con una eficiencia de bombeado de 4,2 l/min a una cota de 120 metros de altura, mientras que un chorro recto permitió girar a la rueda a 66 rpm dándonos un caudal de 8 l/min con una altura 120 metros de desnivel.

### II. MATERIAL Y MÉTODO

Se ejecutó un diseño en bloques completamente al azar con un arreglo bifactorial, donde se distribuyeron en nueve unidades experimentales por cada bloque. Se consideró el factor A, diámetro de tubería (1/2 pulgada, 3/4 pulgada, 1 pulgada) y el factor B (1 codo 90° y 1 válvula de chep; 2 codos 90°, 2 válvula de chep y 1 llave de agua; 2 codos 90°, 1 codo 45°, 2 válvula de chep y 1 llave de agua). Se realizó tres repeticiones para la combinación de los factores, el total de unidades experimentales fue veintisiete. El experimento se basó en la medición del rendimiento de la bomba hidráulica prototipo en relación al caudal y la altura de impulso juntamente con las singularidades.

Los resultados se evaluaron mediante el análisis estadístico de bloques completamente al azar, con un análisis de varianza al 5 % de significancia, con la prueba de tukey al 95 % de confianza.

### III. RESULTADOS

Figura 1

Resultados de los nueve tratamientos y tres repeticiones.

Rep.	A1: 1/2 pulgada			A2 : 3/4 pulgada			A3 : 1 pulgada		
	B1	B2	B3	B1	B2	B3	B1	B2	B3
1	T1 14 lt/min	T2 13.53 lt/min	T3 13.2 lt/min	T4 15.26 lt/min	T5 14.51 lt/min	T6 14.1 lt/min	T7 13.84 Lt/min	T8 14.52 Lt/min	T9 12.8 Lt/min
2	T1 14.17 lt/min	T2 13.64 lt/min	T3 13.5 lt/min	T4 14.87 lt/min	T5 14.64 lt/min	T6 13.8 lt/min	T7 14.06 Lt/min	T8 14.1 Lt/min	T9 12.3 Lt/min
3	T1 15.38 lt/min	T2 13.64 lt/min	T3 12.8 lt/min	T4 15.38 lt/min	T5 14.28 lt/min	T6 13.53 lt/min	T7 14.17 Lt/min	T8 13.64 Lt/min	T9 12.4 Lt/min

Tabla 2

Análisis de varianza del factor volumen de agua y número de singularidades

		N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
						Límite inferior	Límite superior		
Volumen de agua	media pulgas	9	13,7622	,72754	,24251	13,2030	14,3215	12,80	15,38
	tres cuartos de pulgada	9	14,4856	,62710	,20903	14,0035	14,9676	13,53	15,38
	una pulgada	9	13,5811	,76313	,25438	12,9945	14,1677	12,30	14,52
	Total	27	13,9430	,78842	,15173	13,6311	14,2548	12,30	15,38
Número de singularidades	media pulgas	9	2,00	,866	,289	1,33	2,67	1	3
	tres cuartos de pulgada	9	2,00	,866	,289	1,33	2,67	1	3
	una pulgada	9	2,00	,866	,289	1,33	2,67	1	3
	Total	27	2,00	,832	,160	1,67	2,33	1	3

Tabla 3

Análisis de varianza para el factor del espesor de tubería (pulg).

ANOVA de un factor						
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Volumen de agua	Inter-grupos	4,122	2	2,061	4,109	,029
	Intra-grupos	12,039	24	,502		
	Total	16,162	26			
Numero de singularidades	Inter-grupos	,000	2	,000	,000	1,000
	Intra-grupos	18,000	24	,750		
	Total	18,000	26			

Tabla 4

Análisis de varianza para el factor número de singularidades.

Descriptivos									
		N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
						Límite inferior	Límite superior		
AAA	1codo 90° y 1 válvula de chep.	9	14,5700	,64384	,21461	14,0751	15,0649	13,84	15,38
	2 codos 90°, 1 válvula de chep y 1 llave de agua	9	14,0556	,44867	,14956	13,7107	14,4004	13,53	14,64
	2 codos 90°, 2 válvula de chep y 1 llave de agua	9	13,2033	,57650	,19217	12,7602	13,6465	12,30	14,10
	Total	27	13,9430	,78842	,15173	13,6311	14,2548	12,30	15,38
Espesor de tubería	1codo 90° y 1 válvula de chep.	9	2,00	,866	,289	1,33	2,67	1	3
	2 codos 90°, 1 válvula de chep y 1 llave de agua	9	2,00	,866	,289	1,33	2,67	1	3
	2 codos 90°, 2 válvula de chep y 1 llave de agua	9	2,00	,866	,289	1,33	2,67	1	3
	Total	27	2,00	,832	,160	1,67	2,33	1	3

#### IV. DISCUSIÓN

La bomba de pistón es un dispositivo sencillo que, mediante un pistón, genera condiciones de succión del flujo que permiten el bombeo de fluidos. El mecanismo del citado dispositivo es una de las formas posibles para su accionamiento (Hernandez Solis, 2017), visto el presente trabajo de investigación de la bomba hidráulica prototipo a diferente diámetro de tubería y singularidades permitió realizar la succión del agua en el río Utcubamba desde el nivel cero hacia una altura de 5m.

En la tesis diseño de bomba hidráulica de pistones accionada mediante pedaleo, "Bicibomba" obtuvo un caudal real de  $Q_r = 23,14 \text{ lt/}$  (Hernandez Solis, 2017) mientras que en la presente investigación el rendimiento de la bomba hidráulica prototipo a diferente diámetro de tubería y singularidades fue de un caudal de 15lt/min.

Según la tesis de Gómez Bauzá, J. A. (2011) "Desarrollo de una metodología integrada orientada al diseño de bombas de pistones para pulverizadores agrícolas" que constituye un norte metodológico integrador en el diseño de las bombas de embolo para pulverizadores agrícolas (Gómez Bauzá, 2011), haciendo la comparación con la bomba desarrollada tiene una similitud de funcionamiento, cuando el fluido llega a la parte más alta que es de 5m por el trabajo de la bomba, se puede anexas a la tubería de  $\frac{3}{4}$  pulgadas un dispositivo que permita la pulverización del fluido que de igual forma nos permitiría realizar el regado por aspersión en el campo agrícola.

Según Casas, (2012) que desarrollo un diseño de un prototipo de bomba coaccionada por un caudal de agua para llevar recursos hídricos a la Villa Nueva Veracruz el autor recurrió a un sifón para obtener mayor fuerza en el bombeo del agua, mientras que en la presente investigación no fue necesario el sifón ya que en el lugar de la experimentación no hubo problema porque el pistón realizaba una función de succión e impulsión.

En la tesis "Diseño de un sistema hidráulico para suministrar agua al sistema de riego fundo el papayal, Bagua - 2016" se concluyó que el recorrido en las tuberías llega a 600 m de longitud y una diferencia de 1 m de altitud (Vaca, 2014), haciendo la comparación con la presente investigación que en forma horizontal y lineal se llegó a 500m y tomando como base el nivel del río se llegó a una altura de 5m.

Vaca, (2014) en su tesis plantea como criterio que al menos tres álabes toquen el agua, con estas consideraciones se diseñó una rueda hidráulica de 0.50m de radio con un perímetro de 3m.

Según Caceres, (2015) en un sistema de transmisión

del eje de la rueda hidráulica tiene una efectividad en la impulsión de agua de un punto a otro, en tal sentido en la presente investigación también se llegó a tener esta efectividad pero para ello se utilizó un sistema de transmisión por cadena con un funcionamiento simple y mantenimiento preventivo.

En el sistema de transmisión del eje de la rueda hidráulica hacia la bomba se consideró usar el sistema de transmisión por cadena tomando como referencia las investigaciones realizadas por Casas, R, (2012) y Cáceres, (2015).

La agricultura en nuestro país carece de regadíos por la falta de tecnología y para suplir esta deficiencia existe la bomba de ariete que tiene ventajas y desventajas como lo menciona (Peralta, 2015), que para un metro de desnivel impulsa 10 m de altura, en tanto el rendimiento de la bomba hidráulica prototipo a diferente diámetro de tubería y singularidades no es necesario una pendiente, solamente se tiene que tener en el campo experimental un caudal permanente para que la rueda hidráulica esté inmersa unos 10 a 15cm de profundidad para que así procese el movimiento giratorio y a la vez genere succión e impulsión del agua, en la presente investigación la bomba llegó a una altura de 5m.

Las ruedas hidráulicas son máquinas motrices rudimentarias de buen rendimiento, utilizadas en haciendas, en pequeñas industrias que trabajan con 1 a 8 rpm que exigen la transmisión por correas (Macintyre, 1983), visto que en esta investigación, la bomba de pistón llegó a 15 rpm por minuto, esto va depender de varios factores como flujo de agua, si el flujo es laminar, turbulento, y diámetro de la rueda de agua.

Según Solís, (2017) en su tesis diseño de bomba hidráulica de pistones accionada mediante pedaleo, "bicibomba" usó el sistema de bomba de pistón que instala en el chasis de una bicicleta que mediante el pedaleo logró succionar e impulsar el agua, en nuestra investigación tenemos también una bomba de pistón que es impulsada mediante una volante hidráulica, los resultados obtenidos referente al caudal son similares ya que la bicibomba logra un caudal de 23.14 lt/min y en nuestra bomba se logró también un caudal de 15 lt/min con una altura de 5m.

En las investigaciones de Casas (2012) y Caceres (2015), que son bombas accionadas por una volante hidráulica y también el golpe de ariete en su tesis de Peralta (2015), el agua que genera la fuerza es apartada de su cauce para lograr un mayor salto y como consecuencia mejores resultados para su funcionamiento en nuestro proyecto instalamos directamente en el caudal del río.

Macintyre (1983), define que la bomba por ruedas hidráulicas tiene ventajas porque puede trabajar con agua limpia o sucia, fácil de construir, su

mantenimiento es bastante sencillo, cuando su velocidad es menor, sus depósitos se llenan con mayor facilidad en la cual nos genera un mayor aumento en el momento, cabe precisar que esta investigación tiene una semejanza a lo dicho en el párrafo anterior, quedando definido que cuando existe mayor diámetro de la tubería de succión hacia la parte vertical, tiende a aumentar el peso del fluido, la cual hace frenar el funcionamiento de la bomba, pero sí queda claro que su construcción, mantenimiento, es bien simple y práctico y llegando a una altura de 5m.

Tipismana (2012) menciona que la bomba es empleada para aumentar la presión de un líquido aumentando energía al sistema hidráulico, para mover el flujo de una zona de menor presión a otra de mayor presión, afirmación que se cumple con la bomba de pistón de la presente investigación, que al inicio de funcionamiento de la bomba, existió menor presión a diferencia de la presión final.

## V. CONCLUSIONES

Se diseñó y construyó una bomba de pistón, con las singularidades requeridas: tuberías de 1/2pulg, 3/4pulg y 1pulg; codos; válvulas de chep; llaves de paso.

La volante generó 15 rpm en función al grado de caída que tiene el río como también al tamaño de la volante (la volante hidráulica de menor tamaño se obtiene más revoluciones y más grande menos revoluciones, en consecuencia de menor tamaño menor fuerza y mayor tamaño mayor fuerza).

Las pruebas realizadas con tuberías de ¾ de pulgada una válvula de chep y un codo de 90 grados se tienen una mejor eficiencia en el caudal para una altura de 5metros.

Se observó que al aumentar el número de singularidades mayor resistencia a la fluidez del agua como también que la volante hidráulica opone mayor resistencia para su rotación.

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Auccacusi, D. (2014). *Análisis técnico y económico para la selección del equipo óptimo de bombeo en Muskarumi - Pucyura - Cusco usando fuentes renovables de energía*. Tesis (ingeniero mecánico). Perú, Colombia: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería, pp121.
- Caceres, A. A. (2015). *Diseño y construcción de una rueda hidráulica para impulsar agua desde una vertiente con mediano caudal hacia una vivienda a 300m de distancia en Puerto Quito, recinto la Magdalena* (Bachelor's thesis).
- Casas, R. (2012). *Diseño de un prototipo de bomba accionada con energía hidráulica para uso agropecuario en Villa Nueva Veracruz*. Tesis (Ingeniero Mecánico Electricista). Xalapa: Universidad Veracruzana, Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica, pp 88.
- Gómez Bauzá, J. A. (2011). *Desarrollo De Una Metodología Integrada*. Holguín.
- Hernandez Solis, V. M. (Noviembre de 2017). *Diseño De Bomba Hidráulica De Pistones Accionada*. Guatemala.
- Jara, C. N., Campoverde, O. E., & Pizarro, J. D. (Julio/ Diciembre de 2011). *Emplazamiento, implementación, pruebas de funcionamiento y propuestas de mejora de los sistemas de bombeo mediante rueda hidráulica y ariete multipulsor para el abastecimiento de agua para irrigación en la localidad del campus Juan Lunardi. Lunardi - Yumacay - Paute - Azuay: Ingenius. N° 6 pp. 49-60*.
- Macintyre, A. J. (1983). *Máquinas motrices hidráulicas*. Rio de Janeiro: Guanabara.
- Montaño, P. E., Mogrovejo, R. C., & Quizhpe, L. G. (2007). *Diseño y construcción de un sistema prototipo para el bombeo de agua mediante energía solar*.
- Peralta, H. (2015). *Aplicación del golpe de ariete hidráulico para el aprovechamiento del agua de manantial en quequerana moho*.
- Solis, V. M. (2017). *diseño de bomba hidráulica de pistones accionada*. Guatemala.
- Tipismana Matos, L. (2012). *Bombas Hidráulicas*. Perú.
- Vaca, R. (2014). *Diseño y construcción de un sistema de bombeo mediante una rueda hidráulica de alimentación inferior, para la granja de pollos Avícola Serrano*. Tesis (Ingeniero Electromecánico). Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana..