

MEJORA DEL RENDIMIENTO DE UNA BOMBA CENTRÍFUGA MEDIANTE LA INCORPORACIÓN DE ÁLABES INTERMEDIOS EN EL IMPULSOR

Victor Hidalgo ¹, Atarihuana Sebastian ¹, Jose Erazo ¹, Mateo Narvaez ¹

1. Departamento de Ingeniería Mecánica, Escuela Politécnica Nacional, Quito 170517, Ecuador; victor.hidalgo@epn.edu.ec, sebastian.atarihuana@epn.edu.ec, jose.erazo@epn.edu.ec, mateo.narvaez@epn.edu.ec

INTRODUCCIÓN

Se espera que la tendencia del consumo energético global aumente en un 30 % entre 2016 y 2030. Se ha demostrado que el crecimiento continuo de la demanda energética en aplicaciones industriales contribuye significativamente a dicho incremento [25]. Según los registros, las bombas representan aproximadamente el 22 % de la energía suministrada por motores eléctricos en todo el mundo, y las bombas centrífugas por sí solas consumen el 16 % del total de energía destinada a bombas, lo que representa un valor superior en comparación con otros tipos de bombas rotodinámicas [27]. Una bomba centrífuga ha demostrado convertirse en un equipo eficiente que a menudo se utiliza en las actividades cotidianas de una industria que implica la producción de bienes industriales y otras necesidades [22,23,24]. Se caracteriza por su diseño simple, pero proporciona un alto rendimiento y presión, que se puede utilizar eficazmente para la distribución y el transporte de fluidos [25].

Sin embargo, las bombas centrífugas a menudo consumen grandes cantidades de energía en aplicaciones industriales para garantizar que el sistema funcione sin problemas [2]. Esto afecta significativamente el consumo mundial de energía; por lo tanto, muchos investigadores se han centrado en proporcionar soluciones para mejorar la eficiencia de la bomba para reducir el consumo de energía [25].

El impulsor de una bomba centrífuga convierte la energía mecánica de rotación en energía cinética del fluido, impulsándolo desde el centro hacia la periferia mediante fuerzas centrífugas. No obstante, durante el flujo se producen diversas pérdidas de energía debido a la fricción con las paredes de los álabes, la geometría del difusor y la turbulencia, lo que genera vórtices [1].

El sistema de bomba centrífuga está compuesto por varios componentes clave: la tubería de entrada, el impulsor, la voluta y la tubería de salida (Figura_) [26]. Una parte significativa de las pérdidas de energía ocurre en el impulsor, por lo que sus parámetros geométricos son especialmente cruciales para optimizar el rendimiento de la bomba [1]. Si bien los cálculos hidráulicos pueden proporcionar parámetros óptimos, la aplicación de modelos CFD detallados permite un análisis más preciso y una mejora de las características del flujo, lo que contribuye a aumentar la eficiencia hidráulica de la bomba.

MATERIALES Y MÉTODOS

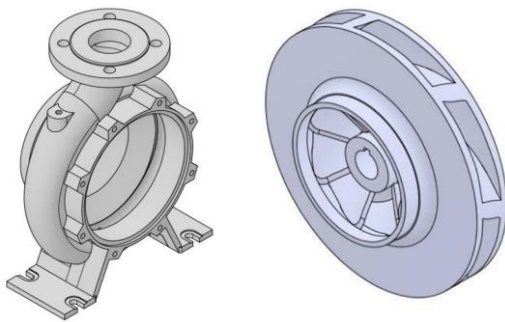
Ingeniería Inversa

La ingeniería inversa es un proceso sistemático que permite analizar, descomponer y reconstruir productos físicos o digitales con el fin de comprender su funcionamiento, replicarlos, mejorarlos o adaptarlos a nuevos requerimientos. Originalmente utilizada en ámbitos militares e industriales para copiar tecnologías existentes,

su aplicación se ha expandido a campos como el diseño asistido por computadora (CAD), la fabricación aditiva, el mantenimiento de maquinaria antigua, y la ingeniería biomédica [18].

En el contexto de productos físicos, la ingeniería inversa implica el uso de herramientas como escaneo 3D, tomografía computarizada o mediciones por coordenadas (CMM) para capturar la geometría de un objeto existente. Esta información se traduce en un modelo digital que puede ser procesado mediante software de CAD para realizar modificaciones, simulaciones o reproducir el componente [19, 20]. En el ámbito del diseño mecánico y manufactura, esta metodología resulta esencial cuando no existen planos originales o cuando se desea optimizar una geometría preexistente.

Sin embargo, es importante destacar que el uso de ingeniería inversa también plantea cuestiones éticas y legales, especialmente relacionadas con los derechos de propiedad intelectual, lo cual debe considerarse cuidadosamente durante su aplicación [21].



Se utilizó la bomba centrífuga NCB-65/200N-A, para el estudio. Los parámetros objetivo de la bomba fueron los siguientes: presión $H = 32\text{ m}$, caudal $Q = 300\text{ m}^3/\text{h}$, velocidad de rotación $n = 1500\text{ rpm}$ y eficiencia $\eta = 80\%$. Los parámetros geométricos de la bomba se presentan en la Tabla 1.

Bomba			
Nombre Bomba	NCB -65/200N-A		
Dimensiones	80/65/200		
Velocidad [rpm]	1800		
Caudal	Nominal (Q_d)	[l/min]	1050
	Máximo ($Q_{máx}$)	[l/min]	1870
	Mínimo ($Q_{mín}$)	[l/min]	583
Preponderancia	Nominal	[m]	21.8
	Máximo	[m]	23.9
	Mínimo	[m]	14.1
Preponderancia $H(Q=0)$	[m]		24.5
NPSH 3%	[m]		4.71
Presión máxima de trabajo	[bar]		2.49
Potencia sobre eje	[hp]		6.37
Eficiencia	%		80.8
Máxima potencia absorbida	[hp]		7.4421

RESULTADOS



Los resultados que se presentarán corresponden a un análisis numérico mediante Dinámica de Fluidos Computacional (CFD) enfocado en evaluar las modificaciones introducidas al rodete de una bomba. La geometría de este componente se obtuvo previamente a través de un proceso de ingeniería inversa, lo cual permitió generar un modelo tridimensional fiel a la pieza real y así analizar de forma detallada cómo las alteraciones en su diseño influyen en el desempeño hidráulico de la máquina.

CONCLUSIONES

En las conclusiones se resalta que la metodología empleada resulta satisfactoria para evaluar modificaciones geométricas en el impulsor, ya que permite no solo analizar su desempeño hidráulico mediante simulación CFD, sino también materializar los diseños mediante impresión 3D con tecnología SLA. Esto facilita la comparación experimental de su eficiencia y proporciona una base sólida para validar los resultados numéricos obtenidos en la simulación.

EJEMPLO DE REFERENCIAS

- [22] F. Aiming, L. Jinming, and T. Ziyun, "Failure analysis of the impeller of a slurry pump subjected to corrosive wear," *Wear*, vol. 183, pp. 876–882, 1995.
- [23] R. J. Llewellyn, S. K. Yick, and K. F. Dolman, "Scouring erosion resistance of metallic materials used in slurry pump service," *Wear*, vol. 256, pp. 592–599, 2004.
- [24] Nguyen, V.T.T.; Vo, T.M.N. Centrifugal Pump Design: An Optimization. *Eurasia Proc. Sci. Technol. Eng. Math.* 2022, 17, 136–151.
- [25] J. Abuan and J. Honra, "Numerical Investigation and Design Optimization of Centrifugal Water Pump with Splitter Blades Using Response Surface Method," *Designs*, vol. 9, no. 2, p. 40, Mar. 2025, doi: 10.3390/designs9020040.
- [26] H. Zhang, K. Li, T. Liu, Y. Liu, J. Hu, Q. Zuo, and L. Jiang, "Analysis the Composition of Hydraulic Radial Force on Centrifugal Pump Impeller: A Data-Centric Approach Based on CFD Datasets," *Applied Sciences*, vol. 15, no. 15, p. 7597, Jul. 2025, doi: 10.3390/app15137597.
- [27] Arun Shankar, V.K.; Umashankar, S.; Paramasivam, S.; Hanigovszki, N. A Comprehensive Review on Energy Efficiency Enhancement Initiatives in Centrifugal Pumping System. *Appl. Energy* 2016, 181, 495–513.
- [1] A. Aliuly, T. Amanzholov, A. Seitov, N. Momyshev, N. Jaichibekov, and A. Kaltayev, "Hydraulic Design and CFD-Based Parametric Study for Optimizing Centrifugal Pump Impeller Performance," *Applied Sciences*, vol. 14, no. 10, p. 10161, Nov. 2024, doi: 10.3390/app142210161.
- [2] X. Sun, H. Huang, Y. Zhao, L. Tong, H. Lin, and Y. Zhang, "A review of methods for "pump as turbine" (pat) performance prediction and optimal design," *Tech Science Press*, 2025, published by Tech Science Press.