

Sistema automatizado para la determinación de los parámetros de funcionamiento de las máquinas hidráulicas

Automated system for determining the operating parameters of hydraulic machines

 Héctor R. de las Cuevas Milán^{*},  Pedro Paneque Rondón^I,  Idaris Gómez Ravelo^{II} and  Yanara Rodríguez López^I

^IUniversidad Agraria de La Habana, Facultad de Ciencias Técnicas, Centro de Mecanización Agropecuaria, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

^{II}Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Cultura Física, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

*Autor para correspondencia: Héctor R. de las Cuevas Milán, e-mail: cuevasm@nauta.cu

RESUMEN: El presente trabajo tiene como objetivo desarrollar un sistema automatizado que determina los parámetros de funcionamiento de las máquinas hidráulicas rotatorias (bombas y motores), así como, los regímenes óptimos de trabajo de la máquina hidráulica, coeficiente de isogonalidad, las relaciones entre la eficiencia de la bomba y el motor. Los resultados del software muestran además las curvas de las eficiencias totales de la bomba y el motor hidráulico en función del coeficiente de isogonalidad, garantizando rapidez y precisión en la evaluación realizada.

Palabras clave: coeficiente de isogonalidad, rozamiento líquido, rozamiento seco, fugas..

ABSTRACT: The purpose of this paper is to develop an automated system that determines the operating parameters of rotary hydraulic machines (pumps and motors), as well as the optimal operating regimes of the hydraulic machines, the coefficient of isogonality, and the relationships between pump and motor efficiency. The software results also display curves of the total efficiency of the pump and hydraulic motor as a function of the coefficient of isogonality, ensuring rapid and accurate evaluation.

Keywords: Coefficient of Isogonality, Liquid Friction, Dry Friction, Leak.

INTRODUCCIÓN

La hidráulica es una de las formas más versátiles y flexibles que ha inventado el hombre para transmitir energía (Dransfield, 1981). Los sistemas hidráulicos sencillamente, convierten la energía de una forma a otra para realizar trabajos, en la maquinaria pesada esto se traduce en el uso de la energía otorgada por el motor de combustión interna que comúnmente son los motores diésel hacia una potencia hidráulica (Guasumba *et al.*, 2021).

La bomba hidráulica es un sistema mecánico que forma parte de un sistema hidráulico que comúnmente existe en la actualidad (Llanes *et al.*, 2020). El movimiento de la bomba son acciones de regulación y control para la elevación de un caudal (Manring y Fales, 2019).

La bomba de engranajes tiene un desplazamiento positivo, es decir una bomba en el cual su caudal se da por revoluciones, pero esta no puede variarse (Tipán *et al.*, 2021). El fluido es llevado entre los dientes de engranes y la carcasa, los engranes de malla ajustados a la carcasa (Paneque, 2010). Este tipo de bombas trabajan a una alta velocidad no regulable y a bajas presiones, está constituido por una carcasa de fundición de hierro o de aleación de aluminio (Merritt, 1967).

El rendimiento de la bomba hidráulica está dado por la presión de salida, el caudal al que trabaja, su cilindrada respecto al caudal, su par de accionamiento y su velocidad angular.

La ausencia de válvulas de aspiración e impulsión condicionan la existencia de espacios en las máquinas hidráulicas entre las paredes fijas y móviles donde tienen lugar las pérdidas principales de energía (Paneque *et al.*, 2018; Yao, 2018; Merritt, 1967; Kong *et al.*, 2022).

El régimen de trabajo de la máquina hidráulica se determina por los tres parámetros siguientes: diferencia o gradiente de presión, velocidad angular de giro del rotor y coeficiente dinámico de viscosidad del líquido (Merritt, 1967; Nekrasov, 1968a; 1968b; Paneque, 2010).

Las eficiencias de las máquinas hidráulicas rotatorias se expresan simplemente por el coeficiente de isogonalidad y los coeficientes de fugas de pérdidas por rozamiento del líquido y de pérdidas por rozamiento seco (Pérez y Paneque, 2001).

Teniendo en cuenta la expresado anteriormente el presente trabajo tiene como objetivo desarrollar un sistema automatizado para la determinación teórica de los parámetros de funcionamiento de las máquinas hidráulicas (bombas y motores).

Recibido: 03/01/2025

Aceptado: 22/04/2025

Los autores de este trabajo declaran no presentar conflicto de intereses.



Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC 4.0).
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



MATERIALES Y MÉTODOS

Sobre la base de la investigación teórica desarrollada por Pérez *et al.* (2005), así como, los datos experimentales y estadísticos sobre los parámetros de funcionamiento de máquinas hidráulicas, se desarrolló el sistema automatizado Performance Curves ver. 2.0, sobre plataforma Excel de Microsoft Office Professional Plus 2021.

Sistema automatizado (Performance Curves) para determina los parámetros de funcionamiento de las máquinas hidráulicas rotatorias. El software se desarrolló a partir del diagrama de flujo sintetizado que se muestra en la Figura 1.

Al entrar al sistema se accede directamente al Panel de Control, el cual contempla la selección de la máquina (bombas o motores), selección del status de la máquina (normal o anormal), selección de los coeficientes (normal o anormal), resultados (tabla y gráfico) y Acerca de: (Figura 2).

- La selección de la máquina contiene los siguientes botones:

Bombas o motores: Permite elegir el tipo de máquina en estudio, mediante el empleo de un cuadro de lista, que contempla las opciones bomba o motor hidráulico.

La selección del status de la máquina contiene lo siguiente:



FIGURA 2. Panel de control.

Normal o anormal: Permite la entrada de datos sobre el status de la máquina (normal o anormal) empleando un botón de opción.

- La selección de los coeficientes contempla:

Normal o anormal: Permite acceder a dos ventanas, normal o anormal, que contienen la entrada de la información, referente a la selección del coeficiente de fuga, de rozamiento líquido, y de rozamiento seco, según el tipo de bomba y motor hidráulico seleccionado.

Estas ventanas poseen botones de comando que facilitan el regreso al Panel de Control, a la tabla de resultados y al gráfico de eficiencia para las condiciones escogidas. (Figuras 3 y 4).

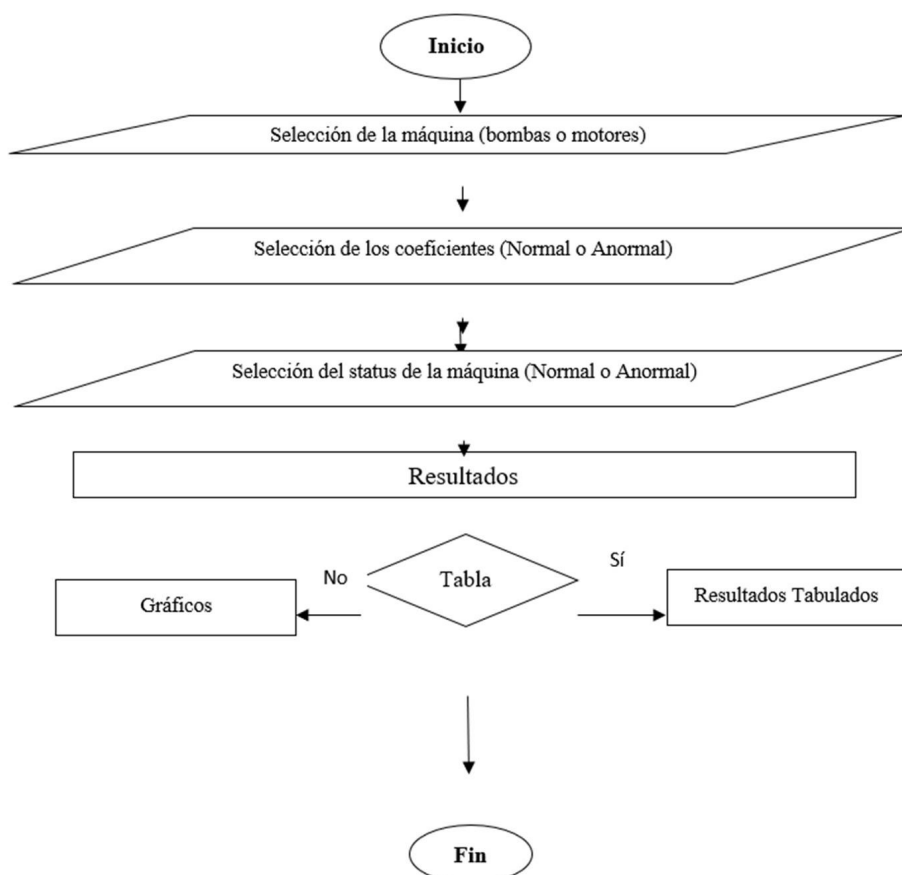


FIGURA 1. Diagrama de flujo del sistema automatizado Performance Curves.

- Los resultados contienen los siguientes botones:

Tabla: Permite acceder la ventana de los resultados del coeficiente de isogonalidad, eficiencia volumétrica, eficiencia mecánica y eficiencia total, para un rango de presiones preestablecidas por el usuario. Además, determina el valor del coeficiente de isogonalidad * y de eficiencia total máxima de la máquina hidráulica.

Esta ventana posee botones de comando que permiten el regreso al Panel de Control y al gráfico de eficiencia para las condiciones escogidas.

Gráfico: Muestra las curvas de eficiencia volumétrica, total y mecánica en función del coeficiente de isogonalidad, permitiendo estudiar el comportamiento de las mismas para una máquina hidráulica, bajo diferentes condiciones de desgaste, producto de la contaminación y de la explotación de ésta (Figura 5).

Esta ventana posee botones de comando que permiten el regreso al Panel de Control y a la tabla de resultados.

Acerca de: Ventana donde se muestra los nombres y apellidos de los autores, versión, logotipo y dirección del centro de trabajo, etc.

CONCLUSIONES

- El sistema automatizado "Performance Curves" es de fácil manipulación, accediendo a cada una de las partes que lo componen, mediante el vínculo del usuario con el Panel de Control Principal.
- Performance Curves permite la determinación teórica y fiable de los parámetros de funcionamiento de las máquinas hidráulicas (bombas y motores).
- El software permite determinar el valor máximo de eficiencia total de las bombas y motores hidráulicos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DRANSFIELD, P.: *Hydraulic control systems-design and analysis of their dynamics*, Ed. Springer, 1981.
- GUASUMBA, M.J.E.; GARAY, C.V.A.; SOLÍS, S.J.M.; JIMA, M.J.C.: "Análisis del sistema de inyección electrónica de combustible para motor de combustión interna respecto a sus fallas y mantenimiento", *Polo del Conocimiento*, 6(1): 603-621, 2021, ISSN: 2550-682X.
- KONG, X.; CAI, B.; LIU, Y.; ZHU, H.; LIU, Y.; SHAO, H.; YANG, C.; LI, H.; MO, T.: "Optimal sensor placement methodology of hydraulic control system for fault diagnosis", *Mechanical Systems and Signal Processing*, 174: 109069, 2022, ISSN: 0888-3270.
- LLANES, C.E.A.; MORENO, P.A.; GUAÑA, F.W.V.; JIMA, M.J.C.: "Análisis estructural de un bus por el método de elementos finitos", 2020, ISSN: 2550-682X.
- MANRING, N.D.; FALES, R.C.: *Hydraulic control systems*, Ed. John Wiley & Sons, 2019, ISBN: 1-119-41647-7.

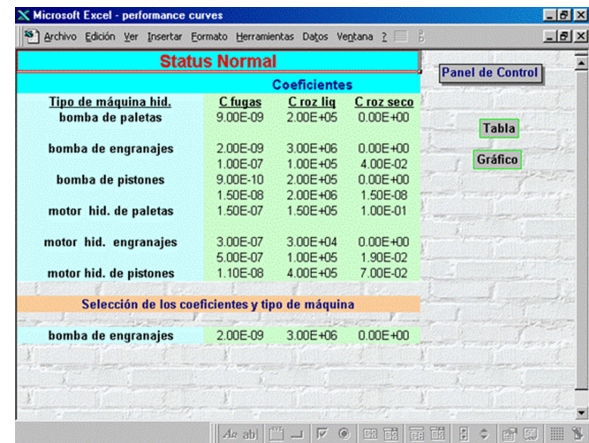


FIGURA 3. Ventana de cálculo de los coeficientes normales.

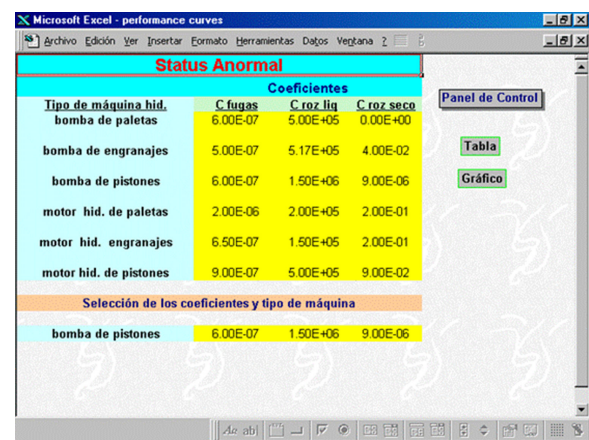


FIGURA 4. Ventana de cálculo de los coeficientes anormales.

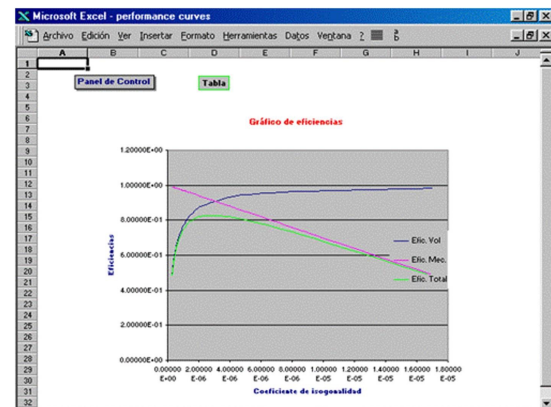


FIGURA 5. Curvas de eficiencias

- MERRITT, C.: "Systems Approach to Pipe Handling, Cementing, and Mud Mixing", En: *Annual Meeting of the American Institute of Mining, Metallurgical, and Petroleum Engineers*, Ed. SPE, p. SPE-1729, 1967, ISBN: 1-55563-841-4.
- NEKRASOV, B.: *Hidráulica*, Ed. Mir, Moscú, Rusia, Moscú, Rusia, Publisher: MOSCÚ: MIR, 1968a.
- NEKRASOV, B.: *Hidráulica*, Ed. Instituto cubano del libro, La Habana, Cuba, vol. 1, La Habana, Cuba, 976 p., 1968b.

- PANEQUE, R.P.: *Elementos y Sistemas Oleohidráulicos en las Máquinas Agrícolas*, Ed. Universidad Autónoma Chapingo, primera ed., vol. 1, Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Ingeniería Mecánica Agrícola, Chapingo, Texcoco, Edo. México, 285 p., 2010, ISBN: 978-959-16-2382-9.
- PANEQUE, R.P.; LÓPEZ, C.G.; MAYANS, C.P.; MUÑOZ, G.F.; GAYTÁN, R.J.G.; ROMANTCHIK, K.E.: *Fundamentos Teóricos y Análisis de Máquinas Agrícolas*, Ed. Universidad Autónoma Chapingo, vol. 1, Chapingo, Texcoco, México, 456 p., 2018, ISBN: 978-607-12-0532-2.
- PÉREZ, S.; PANEQUE, P.: “Parámetros de rendimiento de una bomba oleohidráulica”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 10(1): 37-40, 2001.
- PÉREZ, S.L.; PANEQUE, R.P.; DE LAS CUEVAS, M.H.: “Fundamentación de los parámetros de funcionamiento de la máquina hidráulica rotatoria”, *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 14(1): 19-22, 2005, ISSN: 1010-2760.
- TIPÁN, S.A.M.; BELTRAN, C.C.M.; JIMA, M.J.C.; GUASUMBA, M.J.E.; VEGA, S.W.H.: “Análisis del rendimiento de las bombas hidráulicas de máquinas autopropulsadas dedicadas a movimiento de tierras”, *Polo del Conocimiento*, 6(3): 1570-1580, 2021, ISSN: 2550-682X.
- YAO, J.: “Model-based nonlinear control of hydraulic servo systems: Challenges, developments and perspectives”, *Frontiers of Mechanical Engineering*, 13: 179-210, 2018, ISSN: 2095-0233.

Héctor R. de las Cuevas-Milán, MSc., Inv. Auxiliar, Universidad Agraria de La Habana (UNAH), Facultad de Ciencias Técnicas, Centro de Mecanización Agropecuaria (CEMA), Carretera de Tapaste y Autopista Nacional km 23 ½. San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

Pedro Paneque-Rondón, Dr.C., Inv. Titular, Universidad Agraria de La Habana (UNAH), Facultad de Ciencias Técnicas, Centro de Mecanización Agropecuaria (CEMA), Carretera de Tapaste y Autopista Nacional km 23 ½. San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, e-mail: paneque@unah.edu.cu.

Idaris Gómez-Ravelo, Dr.C., Profesora, Universidad Agraria de La Habana (UNAH), Facultad de Cultura Física, Dpto. de Didáctica de la Educación Física, Carretera de Tapaste y Autopista Nacional km 23 ½. San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, e-mail: idarid@nauta.cu.

Yanara, Rodríguez-López, Dr.C., Inv. Titular, Universidad Agraria de La Habana (UNAH), Facultad de Ciencias Técnicas, Centro de Mecanización Agropecuaria (CEMA), Carretera de Tapaste y Autopista Nacional km 23 ½. San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, e-mail: yanita@unah.edu.cu.

La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por los autores ni por el editor.