

UNA NUEVA VERSIÓN DE LA BOMBA DE ESTRELLA

Ricardo Chicurel Uziel¹, Filiberto Gutiérrez Martínez²

Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México; Circuito Escolar, Ciudad Universitaria, Coyoacán 04510 D.F.

José León Garza³

DYFIM, S.A., Periférico Ote. 4873, México, Tlalpan 14610 D.F.

(1) Tel. (55) 56-23-36-90, E-mail: rcu@pumas.ii.unam.mx

(2) Tel. (55) 56-23-36-00, ext. 8843, E-mail: fgum@pumas.ii.unam.mx

(3) Tel. (55) 56-53-21-22, E-mail: vinilyt@prodigy.net.mx

RESUMEN

Se describen las características de una nueva versión de la bomba de estrella y se señalan las diferencias con respecto al diseño original. En el impulsor de la nueva versión se sustituye al plato con pernos ensamblados a presión, por un rotor integrado; también se desplaza el plano de contacto entre la cubierta y el cuerpo para facilitar la fabricación de las partes así como el mantenimiento; y se modifica el sistema que evita el confinamiento del fluido en un espacio de volumen variable. Se presentan los resultados de las pruebas hechas a uno de dos prototipos de la nueva versión y se compara la relación gasto-presión con la de una bomba comercial.

ABSTRACT

The features of a new version of the sprocket pump and how it differs from the original design, are described. In the impeller of the new version, the disk having press fitted pins is substituted by a one-piece rotor. Also, the contact plane between the pump's body and its cover is displaced for the purpose of simplifying the construction of the parts as well as maintenance. A different method for avoiding trapping of fluid in a space of variable volume is used in the new version. Results of tests of one of two prototypes built, are presented. The flow vs pressure relation is compared with that of a commercial pump.

1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

La bomba de estrella, patentada en 1988 [1], representa una nueva opción en aplicaciones en las que generalmente se utilizan bombas de engranes, como es el caso de la inyección de combustibles a quemadores, manejo de aceites y bombeo de fluidos de alta viscosidad, como melaza y chocolate [2]. La bomba de estrella se distingue por dar una descarga totalmente libre de fluctuaciones así como porque la potencia hidráulica se transfiere directamente de los pernos del impulsor al fluido, a diferencia de las de engranes en las que una parte de la potencia se transmite entre los engranes y después al fluido. Además, las superficies de sellado son exclusivamente planas y cilíndricas circulares.

La figura 1 muestra una bomba de estrella según el concepto original, que corresponde también al diseño que se ha venido empleando. El rotor (1) es un plato con pernos axiales (2), los cuales impulsan a la estrella (3). El eje de ésta es paralelo, pero no colineal, con el del rotor, de tal manera que los pernos de este último penetran y salen sucesivamente de los escotes de la estrella. Al salir, recorren el pasaje de bombeo (4), impulsando al fluido, de la succión a la descarga. La figura 2, tomada de la referencia [3], es una vista explotada de la bomba, y la figura 3 es una fotografía de una bomba de ese tipo; en este caso para bombeo de agua.

Se han propuesto diversas modificaciones al diseño original, entre ellas, un rotor en que la sección transversal de los pernos, en vez de ser circular, consta de cuatro arcos circulares y dos segmentos rectos, en combinación con una estrella cuyos escotes tienen un perfil que es una curva compuesta, la cual incluye dos arcos circulares [4]. De esta manera se logra un sello de superficie, en vez de línea, entre los pernos y ambos lados del pasaje de bombeo. En la misma referencia antes citada, se describen también modificaciones conducentes a equilibrar la fuerza radial sobre la estrella, resultante del diferencial de presión entre la succión y la descarga, y la fuerza axial excéntrica sobre el plato del rotor. También se ha propuesto un rediseño para facilitar el desensamble, sin modificar la configuración de la bomba [3,5].

Ninguna de las modificaciones anteriores ha sido incorporada aún en un diseño de producción. En el presente trabajo se describen otras que, con base en pruebas y consideraciones prácticas, ofrecen ventajas como mejor sellado entre las superficies que confinan al fluido, diseño más compacto y mayor facilidad para la fabricación y el mantenimiento de la bomba. Dichas modificaciones se han vertido en lo que se puede llamar “una nueva versión”, la cual se estima podrá pasar en breve a la etapa de producción.

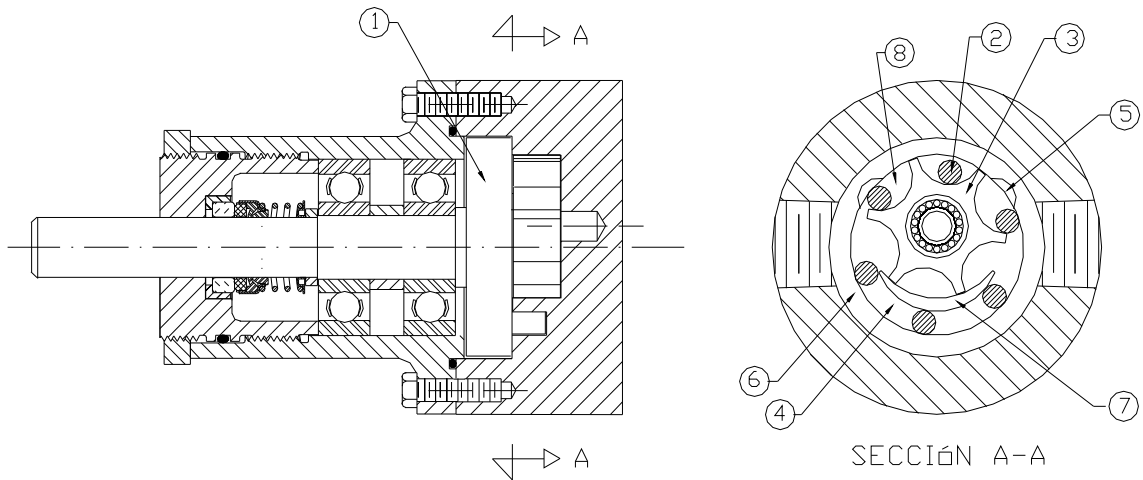


Figura 1. Versión original de la bomba de estrella. (1) rotor, (2) pernos, (3) estrella, (4) pasaje de bombeo, (5) saques de alivio, (6) superficie anular de sellado, (7) luna, (8) espacio de volumen variable.

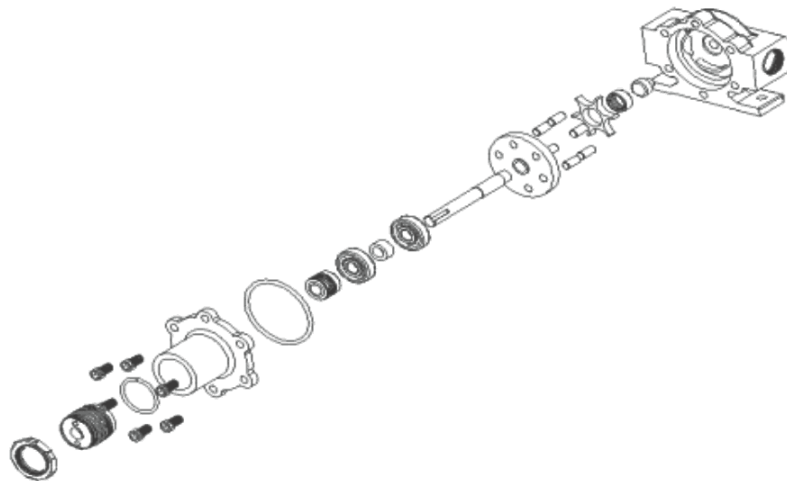


Figura 2. Vista explotada de una bomba de estrella de versión original. (Fuente: ref.[3])



Figura 3. Bomba para agua de versión original

2. CARACTERÍSTICAS DE LA NUEVA VERSIÓN

A continuación se describe la nueva versión de la bomba de estrella, señalando las diferencias con el diseño original. Para ello se hace referencia a las figuras 1 y 4, que muestran respectivamente la construcción de la bomba original y la de la nueva versión.

En esta última, se ha sustituido el plato con pernos por un rotor integrado en el que se elimina la zona anular plana de sellado entre el plato y el cuerpo de la bomba, teniéndose ahora una zona de sellado cilíndrica que funge, además, como cojinete. En vez de pernos, se tiene ahora elementos prismáticos cuyo perfil consta de un semicírculo, dos rectas tangentes al mismo, y un arco coincidente con la periferia del rotor. Cuando se elaboró el diseño original de la bomba, se consideraba muy ventajoso usar un plato con pernos ensamblados a presión pues esto se podía hacer con máquinas-herramienta tradicionales. Esa ventaja se vuelve mínima hoy en día en vista de la disponibilidad cada vez mayor de máquinas de control numérico. Así, en la nueva versión, el impulsor integrado se fabrica utilizando una fresadora CNC. Dicho impulsor presenta las siguientes ventajas: (1) el sello entre los “pernos” y la pared exterior del pasaje de bombeo es ahora de superficie en lugar de ser de línea, (2) al reducirse la superficie de la cara del impulsor, se reduce también el momento flexionante en la flecha causado por la excentricidad de la fuerza axial resultante de la distribución no uniforme de presión, (3) reducción de las dimensiones radiales de la bomba como consecuencia de un menor diámetro del impulsor.

Otra diferencia conspicua entre las dos versiones es que el plano de contacto entre el cuerpo que aloja a la estrella y la cubierta que contiene a los rodamientos del rotor, se desplaza en la nueva versión, de manera que el cuerpo queda reducido a un fondo del cual sobresale la barrera en forma de luna. Con este cambio, las paredes interior y exterior del pasaje de bombeo quedan en partes diferentes facilitando el maquinado de ambas. Otra ventaja de este arreglo es la simplificación de maniobras de mantenimiento pues es posible tener acceso al impulsor, rodamientos, y sello mecánico sin necesidad de desconectar tuberías.

En el diseño original se especificaban unos rebajes (5, figura 1) de la superficie anular de sellado (6), denominados “saques de alivio”, cuyo propósito es evitar que se atrape fluido en el espacio de volumen variable (8, figura 1), lo cual generaría vibraciones y pérdida de eficiencia. En la nueva versión, el problema de proporcionar una salida al fluido atrapado, se resuelve haciendo el espesor de la estrella un poco mayor que la longitud de los pernos. Ello requiere hacer más profundo el alojamiento de la estrella sin modificar la profundidad del pasaje de bombeo, dando origen a un desnivel (9, figura 4). De esta manera, el fluido en el espacio (8) tiene una salida entre el extremo de los “pernos” y el fondo. Se considera que los saques de alivio afectaban adversamente al sellado entre el plato y la superficie anular (6).

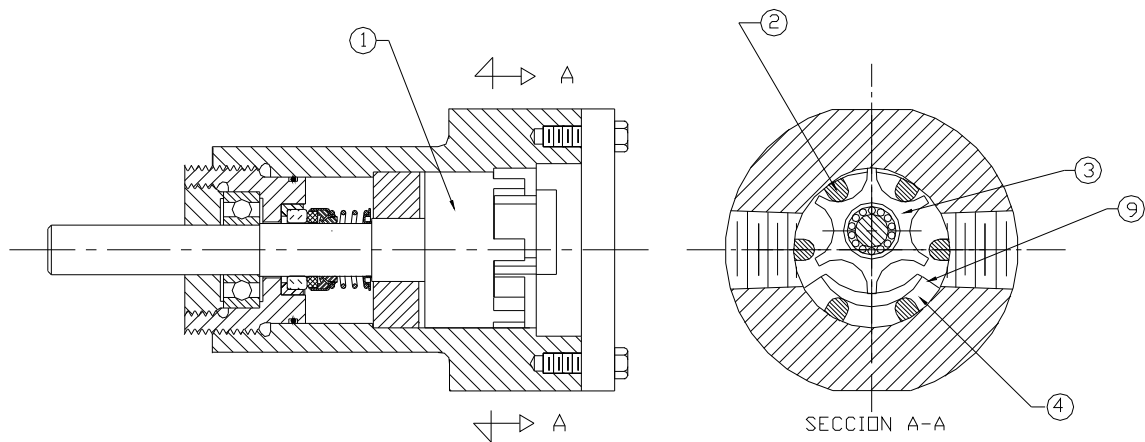


Figura 4. Versión nueva de la bomba de estrella, (1) rotor, (2) “pernos”, (3) estrella, (4) pasaje de bombeo, (9) desnivel.

Con objeto de investigar la efectividad de la geometría modificada de los pernos, se fabricó un impulsor de acuerdo a la versión original excepto por los pernos, que se hicieron con la geometría nueva. A estos pernos se les llamó “semiredondos” para distinguirlos de los redondos originales. En la sección 4 se muestran resultados de pruebas con los dos tipos de pernos que se realizaron con la bomba de la figura 3. A la bomba de la versión original pero con pernos semiredondos se le identificará como “bomba híbrida”

3. PROTOTIPOS

Se construyeron dos prototipos de bomba según la nueva versión: uno diseñado para bombeo de agua y otro para inyección de combustible y manejo de fluidos lubricantes; éstos se muestran respectivamente en las figuras 5 y 6. El impulsor de la bomba de la figura 5 es de bronce, la estrella de polietileno de alto peso molecular, y la carcasa y fondo son de poliamida autolubricada. La bomba de la figura 6 es totalmente de acero. Los desplazamientos de estas bombas son respectivamente 20.0 y 7.7 cm³/rev.



Figura 5. Prototipo de bomba para agua de versión nueva.

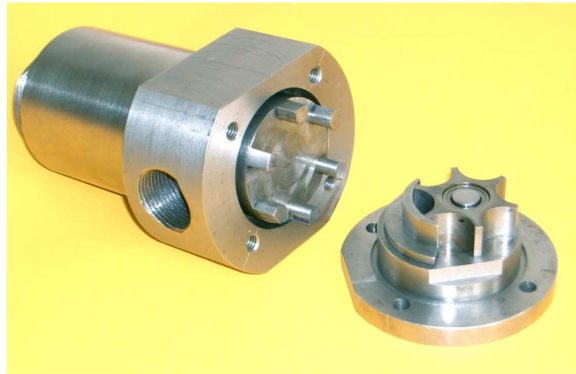


Figura 6. Prototipo de bomba para inyección de combustible de versión nueva.

4. PRUEBAS

Se llevaron a cabo pruebas de desempeño de la bomba de la figura 5, a una velocidad de 930 rpm, para determinar la eficiencia volumétrica y la potencia requerida para impulsar a la bomba en función del diferencial de presión. Los resultados se muestran en la figura 7. El diferencial de presión máximo fue de 2.5 kg/cm², valor que es un 25% mayor que el diferencial de diseño.

Como se mencionó en la sección 2, se llevaron a cabo pruebas de la bomba de la figura 3, tanto con pernos redondos como semiredondos. De esta manera se pudo aislar, de otras variables, el efecto de la geometría de los pernos. El fluido de las pruebas fue agua. En la figura 8 se muestra cómo varía la eficiencia volumétrica con el diferencial de presión en los dos casos. En la misma figura, se reproduce nuevamente la curva de eficiencia de la nueva versión. Se observa claramente que, en general, la mayor eficiencia volumétrica corresponde a la nueva versión, aunque a una presión diferencial de 2 kg/cm² la bomba híbrida es igualmente eficiente que aquella. Se desconoce la razón.

Con objeto de comparar la bomba de estrella con una bomba comercial, se presentan en la figura 9, curvas presión-gasto para el prototipo de la nueva versión y para una bomba de engrane interno y desplazamiento similar, de la marca Johnson Pump, modelo RBS4 [6].

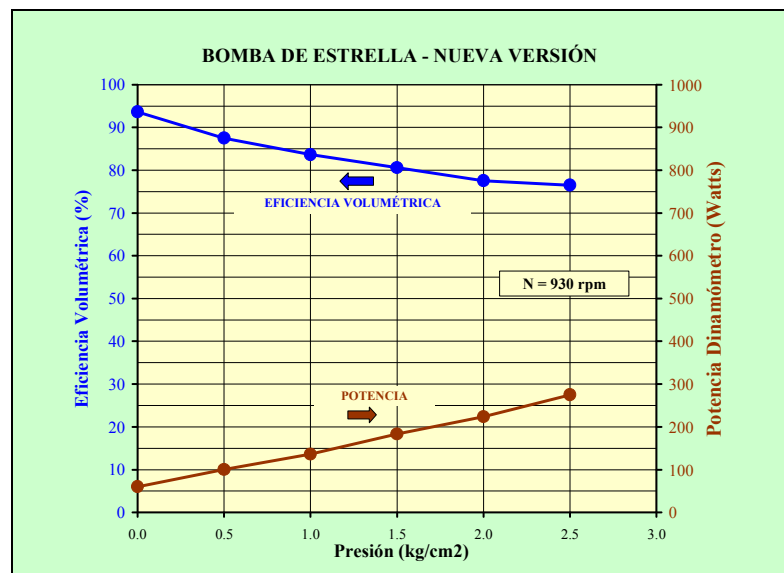


Figura 7. Curvas de desempeño de la bomba de la figura 5.

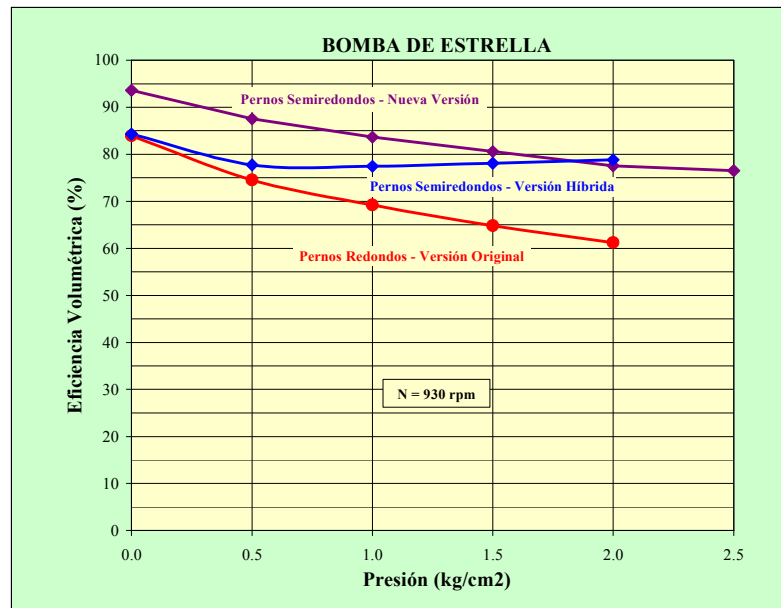


Figura 8. Efecto de la geometría de los pernos sobre la eficiencia volumétrica.

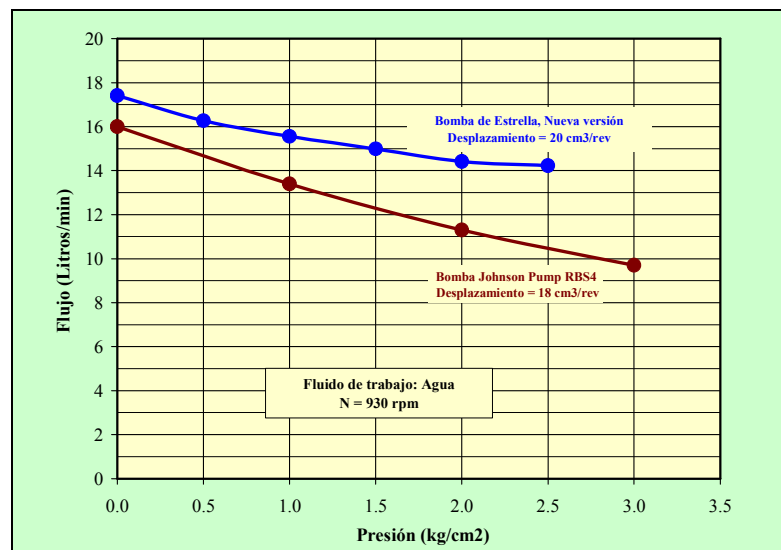


Figura 9. Curvas de desempeño de la bomba de la figura 5 y de una bomba comercial.

5. CONCLUSIONES

La nueva versión de la bomba de estrella incorpora importantes mejoras que se refieren, tanto al desempeño de la bomba, como a la facilidad para fabricar sus partes y darle mantenimiento, objetivos que se persiguieron desde el inicio del proyecto. Estas mejoras son: (1) un sellado más efectivo entre los pernos del impulsor y la pared exterior del pasaje de bombeo, (2) eliminación de la zona anular de sellado entre el plato del impulsor y el cuerpo, (3) eliminación de los saques de alivio, (4) mayor accesibilidad para el maquinado de las paredes del pasaje de bombeo así como para operaciones de mantenimiento y (5) construcción más compacta.

Como se muestra en la figura 8, los pernos con la geometría de la nueva versión son efectivos para mejorar la eficiencia volumétrica.

Las pruebas realizadas a un prototipo para bombeo de agua arrojaron resultados satisfactorios de eficiencia energética y volumétrica comparables a otras bombas comerciales de desplazamiento positivo.

Como se observa en las curvas de la figura 9, la presión en la bomba de estrella decae más lentamente que en la bomba comercial con la cual se compara. Es de suponerse que el mejor desempeño de la nueva versión de la bomba se manifestará igualmente con otros fluidos.

6. REFERENCIAS

- [1] Chicurel, R., "Bomba rotatoria de desplazamiento positivo", patente México, No.155,565, 24 de marzo, 1988.
- [2] Chicurel, R., León, J., "Modelo para el cálculo de la eficiencia volumétrica de las bombas de estrella", Memoria III Congreso Anual SOMIM, Morelia, México, pp. 132-137, 1997.
- [3] Flores, M. A., Borja, V., Valeriano, A., Espinosa, A., "Rediseño de una bomba de desplazamiento positivo aplicando diseño para desensamble", Memoria VI Congreso Anual SOMIM, Colima, Colima, pp. 272-279, 2000.
- [4] Chicurel, R., "Improved Design of Sprocket Pump", Proc. The 11th World Congress in Mechanism and Machine Science, IFToMM, Tianjin, China, pp. 322-324, abril, 2004.
- [5] Flores, A., "Rediseño para desensamble de una bomba tipo estrella considerando su ciclo de vida", Tesis de Maestría, Facultad de Ingeniería, UNAM, noviembre, 2000.
- [6] Johnson Pump, Manual de instrucciones, Gama TopGear TG L/RBS, Bombas de engranaje, Documento A.0100.210 – IM-TGL/04.00 ES (2008/04).
http://www.johnson-pump.com/OTHER/industry_pdfs/TopGear/IM_TGL/IM_TGL-ES.pdf