

Perfeccionamiento del diseño de una máquina bobinadora de materiales para la fabricación de mangueras

Improvement of the design of a machine for winding of materials for the production of hoses

M.Sc. María Victoria Gómez Águila¹, Dra. Yadira Mayáns Gómez¹, Ing. José Orlando Jiménez¹

¹Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Texcoco, Edo. México.

¹¹Clínica de Odontología Santa Cruz de Abajo, Texcoco, Edo. México.

RESUMEN. En la rama de la Ingeniería Mecánica: agrícola, industrial, automotriz, eléctrica, administrativa, mecatrónica, minera, hidráulica, área de salud, etcétera, la mayoría de las máquinas disponen de mangueras. La industria que se dedica al diseño y construcción de éstas, se someten a un gran reto y cada día dedican esfuerzos para mejorar el proceso de producción de las mangueras, fabricadas con plástico hasta las fabricadas de metal o con otras materias. Con el propósito de que el material con el cual se fabrican las mismas tengan una mayor rigidez y resistencia (capacidad de soportar cargas de elevada magnitud sin que se deformen ni se destruyan), la materia prima empleada se componen de la unión de dos tipos de materiales, que pueden ser: poliamida, cuerdas de acero, fibras de diferentes materiales, caucho, etcétera. De ellos según algunos materiales de diferentes tipos son bobinadas en rollos para dejarlos listos para el proceso de fabricación. Se presentan diferentes problemáticas: 1 - En el momento de separar la materia prima del recubrimiento suministrado por el proveedor, en la mayoría de las ocasiones la máquina no genera el par adecuado, lo que provoca que el material se rasgue y no pueda ser utilizado; 2 - No se logra una tensión adecuada en el rollo lo que ocasiona que el corte no sea uniforme en todos los puntos; 3- Las cuchillas utilizadas para el corte no tienen el filo suficiente, ni están colocadas con el ángulo correcto; el material es difícil retirarlo del tubo debido a la diferencia de tensiones en los ramales de la polea motriz. La metodología para calcularlos y seleccionar los variadores e inversores de potencia son las que se establecen en los principios de la ingeniería. En el presente trabajo se proponen las mejoras en el diseño de la máquina bobinadora de materiales destinado a la fabricación de las mangueras industriales, en el se plantea la modificación de la máquina y se automatiza el proceso de bobinado, se proponen: un motor principal de 5 hp y otro secundario de 0,5 hp, un variador de velocidades, dos encoder y un PLC.

Palabras clave: automatización, materia prima, proceso de bobinado.

ABSTRACT. In different areas of Mechanical Engineering: agricultural, industrial, automotive, electrical, administrative, mechatronics, mining, hydraulics, health area, etc., most machines have hoses. The industry specialized in its design and construction undergo a great challenge and each day devoted efforts to improve the production process of hoses, made from plastic to manufactured metal or other materials. In order that these materials have greater stiffness and strength (ability to withstand high loads without being deformed or destroyed), the raw material used is composed of the union of two types of materials, which include: polyamide, steel cords, fibers of different materials, rubber, among others. According to its destination, some materials of different types are wound in rolls to let them ready for the manufacturing process. Different problems are presented: 1- At the time of separating the raw material of the coating provided by the supplier, in most cases the machine does not generate the proper torque, which causes to tear the film and this can not be used; 2 - No proper tension on the roll is achieved, causing that the cut is not uniform at all points; 3 -The blades used for cutting do not have enough edge, nor are positioned at the correct angle; is difficult to remove the material from the tube due to the difference of tensions in the branches of the drive pulley. The methodology used to calculate and select the drives and power inverters is established on the principles of engineering. In this paper is proposed the improvements in the design of the machine for winding materials for the manufacture of industrial hoses, the modifying of the machine, and is automated the winding process: one main 5 hp engine and a secondary 0.5 hp, a speed variator, two encoders and one PLC.

Keywords: automation, raw materials, winding process.

INTRODUCCIÓN

El funcionamiento adecuado de las máquinas e instrumentos dependen en gran medida del estado físico de las mangueras quienes tienen la función de facilitar el traslado de líquidos y gases a baja, mediana y alta presión. Dentro del sistema hidráulico el componente que requiere de mayor cuidado, mantenimiento y que reviste un cierto grado de vulnerabilidad son las mangueras. Esto es lógico porque es un componente de alta presión flexible, mientras que las bombas y las herramientas son unos componentes de alta presión más rígidos. Además porque debido a la naturaleza de su uso, las mangueras son arrastradas a través de metales filosos, vidrios y aún de derrames químicos en la escena del accidente como aceite, gasolina, líquido del sistema de frenos, de gases entre otros. Por estas razones es importante la manufactura con elevada calidad. Acorde a nuestra experiencia hemos podido apreciar como equipos que tienen más de 8-10 años presentaban un buen estado pero sus mangueras ya tenían algunos síntomas de desgastes y de zonas que representaban un peligro potencial, debido a su roce en el piso, falta de mantenimiento, limpieza, etc. Tradicionalmente las mangueras hidráulicas, el cual opera en el rango de 5.000 psi a 10.500 psi de presión son fabricadas con dos clases de productos: Caucho y termoplástico, caucho con cuerdas de acero, poliamidas revestidas de tela de teflón impregnada, y otros. El problema que se presenta está dado en el acomodo de los diferentes materiales sobre un rodillo los que posteriormente serán utilizados para embobinar los materiales alrededor de una barra redonda de longitud mayor a 30 metros y diámetro interior según las especificaciones del cliente (*Seguridad en las mangueras hidráulicas, 2014; Tecnología en las herramientas de rescate, ESFO, México*). La unión a solape de los diferentes materiales permite obtener la materia prima para la fabricación de las mangueras. Debido a que las dimensiones del material a embobinar son elevadas y como el diámetro del rodillo cargado (con material) disminuye a medida que se des embobina, ocasionando inestabilidad en el par y velocidad tangencial en la salida de la polea lo que perjudica considerablemente el producto final debido a que no cumple con las especificaciones de calidad, no es uniforme, se rasga, y se arruga, disminuyendo la calidad de la materia prima a utilizar en la fabricación de las mangueras de baja, mediana y alta presión, (<http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Manguera&oldid=77838497>, 2014; Wikipedia, 2014). El objetivo del presente trabajo es el de analizar las deficiencias y proponer las mejoras de la máquina embobinadora del material para conformar la materia prima utilizada en la fabricación de las mangueras de baja, mediana y alta presión..

MÉTODOS

El trabajo se desarrolló en la empresa Mangueras Especializadas S.A de C.V., ubicada en el Municipio de Atizapán de Zaragoza, Estado de México en conjunto con la Universidad Autónoma Chapingo. Se coloca un variador de velocidades y un mecanismo de ajuste a la polea intermedia sujeta a una chumacera de forma tal que se comprueba la hipótesis de que el material es tensado; Hibbeler, 2012; Campbell, 1987; Feodosiev, 1980) Se simula el recorrido de los materiales a unirse (a solape) y se realiza

la automatización del proceso de embobinado. Phipps, (1997). Se consideraron las metodologías de Shigley & Mischke (2011); Faires (1999); William (1982); Spitzer (1990); Hall *et al.* (2000); Decker (2003), Mott *et al.* (2006), Robert (2013), empleados en proyectos de diseño mecánico: identificación de la problemática, diseño conceptual, lluvia de ideas para generar alternativas de solución, elección y definición de la mejor alternativa (en conjunto con la empresa Mangueras Especializadas, S.A. de C.V, diseño a detalle. Se define los pasos a seguir para la modificación de la máquina y se recomienda los pasos para el ensamblaje de la máquina (Jaeschke, 1998 ; Siskind, 2013).

Al realizar el análisis del flujo tecnológico se observa (Figura 1) que la materia prima se coloca sobre el rodillo (1), aún con la protección que viene de fábrica. El motor (3) comienza a girar en sentido contrario a las manecillas del reloj, provocando que el rollo (2) y el rollo de protección (4) giren también en el mismo sentido. La protección es retirada por la fuerza del par del rollo de protección (4) y el par del rollo que contiene a la materia prima libre (5). Continúa su recorrido hacia el rodillo (6) el cual tensa el material para que sea cortado por las cuchillas (8). El material cortado es embobinado (7). Según las pruebas realizadas en la empresa descrita en la Figura 1 no existe un tensado uniforme, debido a que a medida que disminuye el diámetro del rollo de material, existe de forma brusca un desequilibrio en el par y en la frecuencia de rotación. Este problema se resolvió con el ensamblaje de un variador de velocidades.

El variador de velocidades es el encargado de disminuir la potencia del motor a una potencia moderada la cual estabiliza el par y permite el libre desplazamiento de la materia prima montada sobre los rodillos. Se emplea encoders con la finalidad de monitorear los movimientos en diferentes puntos del proceso, así mismo se emplean sierras radiales las que permitirán cambiar su colocación con el fin de variar los diferentes tipos de corte que se necesiten, según las especificaciones de la empresa. El motor principal de 5 hp (1) será controlado por medio del variador de velocidad (2) disminuyendo la potencia principal. Una vez controla esta potencia, el encoder No. 1 (3) será el sensor encargado de verificar que la velocidad de entrada permanezca siempre constante. El motor de 0,5 hp (4) se encargara del movimiento de los rieles diseñados para enrollar la materia prima ya cortada y se sincronizara a la misma velocidad que el motor principal (1), buscando un movimiento del sistema equitativo, por esta razón, el encoder No.2 (5) será el sensor encargado de verificar que exista una sincronía en el sistema, de lo contrario, se actualizarán los datos en el controlador del PLC (6) y se hará el ajuste pertinente por medio del programa de control que se programara en este CPU industrial. La justificación física de la elección del variador de velocidades (Figura 2) está dada a que el mismo mantiene la razón voltaje/frecuencia (V/Hz) constante entre los valores mínimo y máximos de la frecuencia de operación, con la finalidad de evitar la saturación magnética del núcleo del motor y además porque el hecho de operar el motor a un voltaje constante por encima de una frecuencia dada (reduciendo la relación V/Hz) disminuye el par del motor y la capacidad del mismo para proporcionar potencia constante de salida.

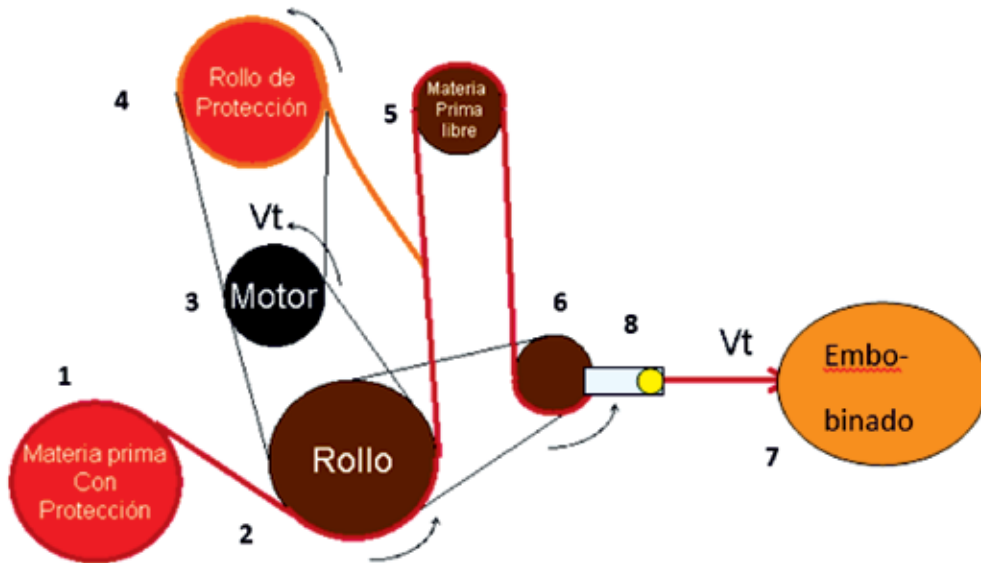


FIGURA 1. Modelo del Mecanismo.

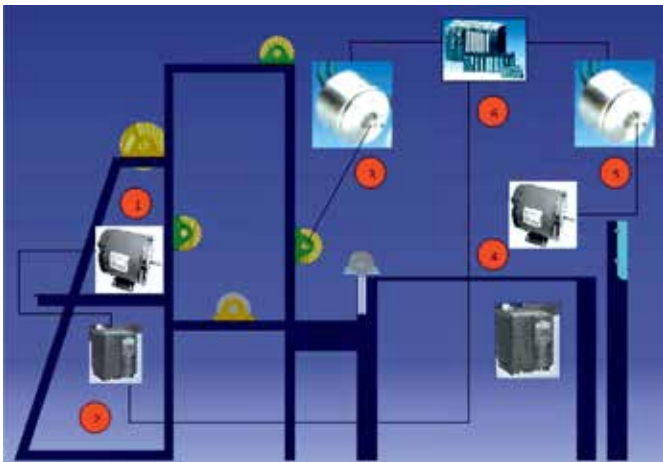


FIGURA 2. Modelo automatizado del mecanismo.

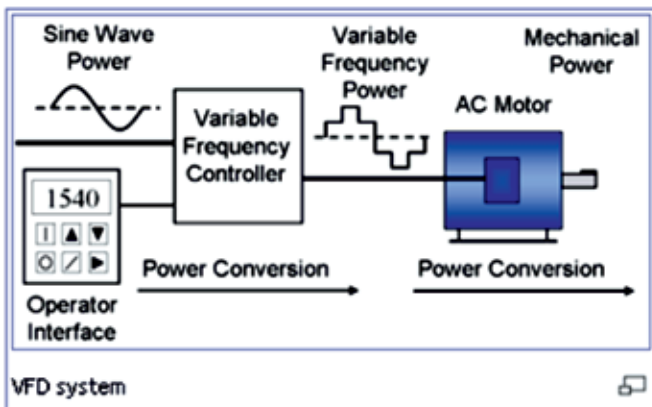


FIGURA 3. Sistema del variador de frecuencia.

La automatización propuesta para la línea de producción se justifica por la necesidad de igualar las velocidades de los dos motores (uno ya existente y uno que se comprará) para el correcto funcionamiento de la alimentación y el corte del

materia para las mangueras. Para lograr regular la velocidad de los motores, se emplea un controlador especial que recibe el nombre de variador de velocidad.

El control de procesos y el ahorro de la energía son las dos principales razones para el empleo de variadores de velocidad. El caso en particular que se trata en este proyecto es darle control al proceso y las ventajas que conlleva su uso son las siguientes: marcha suave, control de la aceleración, igualación de velocidad en diferentes fases del proceso, permite operación lenta para fines de ajuste o prueba, ajuste de la tasa de producción, permite posicionamiento de alta precisión, control del par (torque) y de la tensión mecánica.

Para obtener las dimensiones correctas y poder dar una solución precisa y exacta a lo que se planea, se valida el diseño realizado en CAD (Figura 4) (diseño original). Las bondades que aporta el diseño en CAD es la de permitir ver las dimensiones de la máquina en cualquier momento y de esta manera trabajar con mayor eficiencia, permitiendo realizar modificaciones y probar diferentes soluciones para la automatización de la máquina.

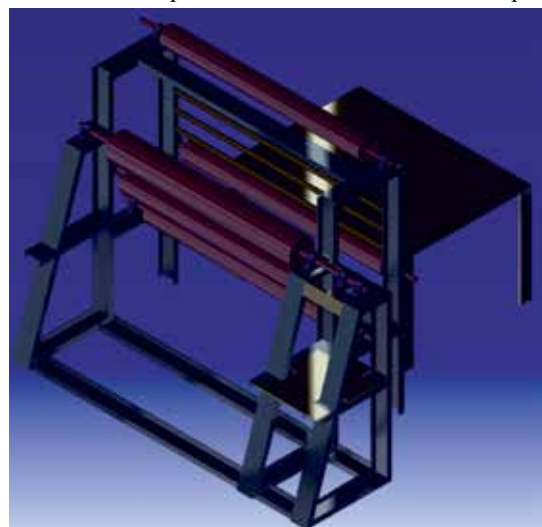


FIGURA 4. Isométrico delantero del sistema original.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Considerando las exigencias planteadas por el empresario, se modifica la máquina (Figuras 5 y 6), con la implementación de propuesta del sistema de automatización para el corte y enrollado de la materia prima para el cubrimiento de las mangueras. El sistema de corte consiste en una brida con una sierra circular. Estas sierras circulares serán impulsadas por un motor en el extremo y estas mismas podrán ser montadas a diferentes distancias a lo largo del eje que las soportará (Figuras 7a y b). La propuesta final del diseño (Figuras 8a, b y c), constan de un sistema de corte con sierras circulares (1), motor para el sistema de corte (2), sistema doble desfasado para enrollamiento de materia prima (3), soporte para el sistema doble de enrollamiento (4), rendija móvil para desarmado de sistema de enrollamiento (5), soportes de mesa para el sistema de corte (6), sistema de corte con sierras circulares (7), motor para el sistema de corte (8), sistema doble desfasado para enrollamiento de materia prima (9), soporte para el sistema doble de enrollamiento (10), rendija móvil para desarmado de sistema de enrollamiento (11) y soportes de mesa para el sistema de corte (12).

Se propuso la adquisición de un inversor vector de 5 hp, modelo ZD18H205-E, Motor tipo Vector con encoder integrado, modelo 37R3UM-1V1R4M, Inversor vector para 1 hp, 220 Volts; ZD18201-E, modelo ZD18201-E, cables con conector para el encoder, adquisición de PLC Industrial, el costo aproximado de fabricación es de 65 000,00 MXN y el costo de recuperación de la inversión asciende a los 8 meses de trabajo.

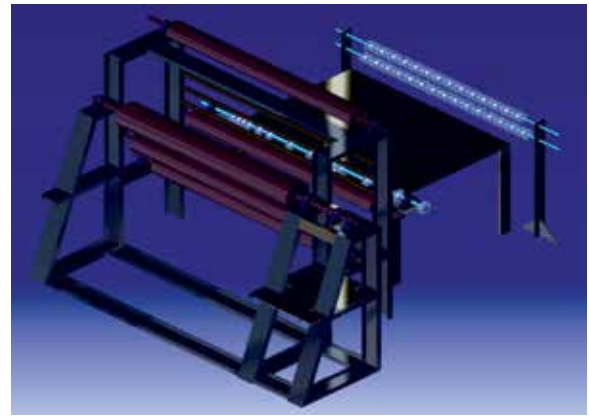


FIGURA 5. Isométrico delantero del sistema automatizado.

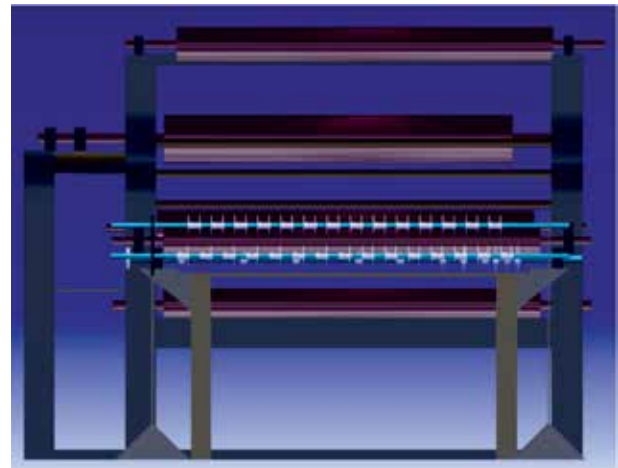


FIGURA 6. Vista trasera del sistema de enrollamiento.

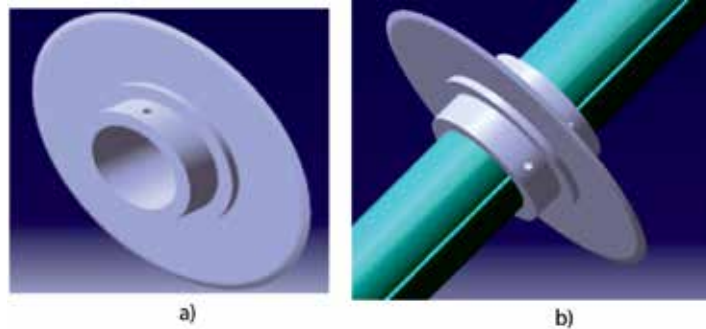


FIGURA 7.a. Brida con sierra circular. b.- Sistema de corte en eje.

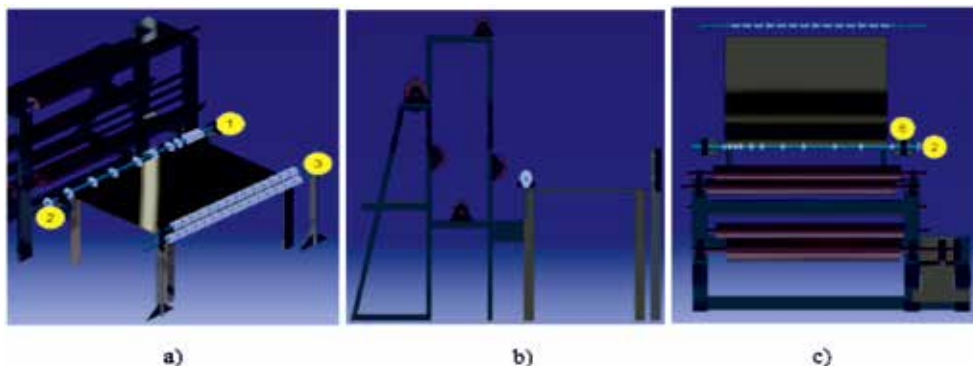


FIGURA 8. Isométrico del sistema automatizado. a) Sistema trasero; b) Sistema lateral; c) Sistema superior.

El desfasaje del sistema de enrollamiento de la materia prima (Figuras 9a y b), se realiza para facilitar la colocación de los rollos a diferentes tamaños de acuerdo a las necesidades de producción de mangueras. Se decidió implementar dos niveles de enrollamiento para evitar el amontono o desviación de los rollos al final y de esta manera mantener los rollos uniformes al final del proceso. El procedimiento a seguir es el de seleccionar el tamaño deseado del rollo y enroscarlo, introducir en el eje de soporte en la posición adecuada, enroscar el prisionero en la

guía que se encuentra sobre el eje. Una vez que se tenga el rollo al finalizar el proceso, se recomienda: mover la rendija móvil del soporte del sistema de enrollamiento, sacar el eje con los rollos finales, desenroscar el prisionero de los rollos, desenroscar la tapa del dispositivo, lográndose el embobinado de la materia prima a diferentes cortes y sin ninguna preocupación por la presión en que se enroscan al final los rollos, ya que al ser un dispositivo que se enrosca, este da una diferencia de alturas lo que da un juego entre el rollo y el dispositivo.

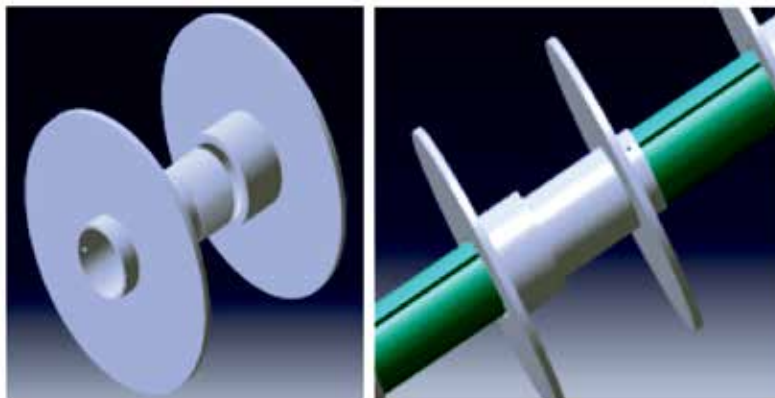


FIGURA 9 a. Dispositivo de enrollamiento. FIGURA 9 b. Dispositivo montado al eje.

CONCLUSIONES

- Se analizó, modificó y validó el diseño de la máquina para embobinar la materia prima destinada a la fabricación de las mangueras, con la finalidad de mejorar la existente. Se automatizó el proceso lo cual permitió la sincronización de los movimientos, controlando la velocidad y sensando en dos puntos importantes como es a la salida del mecanismo

de corte y en la entrada del mecanismo de embobinado, el sistema se comportara en sincronía y con esto se obtendrá la estabilidad requerida.

- El costo aproximado de fabricación es de 65,000.00 MXN y el costo de recuperación de la inversión asciende a los 8 meses de trabajo.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

- CAMPBELL, SYLVESTER J.: Solid-State AC Motor Controls, New York: Marcel Dekker, Inc., ISBN: 0-8247-7728-X, NY, USA, 1987.
- DECKER, KARL: Elementos de máquinas, Urmo, S.A. de Ediciones, ISBN: 84-314-0340-3. España, 2003.
- FAIRES, V. M.: Diseño de elementos de máquinas, Limusa Noriega, ISBN: 9780077591694, México, 1999.
- FEODOSIEV, V.I.: Resistencia de Materiales, Editorial Mir, ISBN: 5-03-001183-8, Moscú, Rusia, 1980.
- MOTT, R.; SALDAÑA, S. S.; HERNÁNDEZ, F. A.: Diseño de Elementos de Máquinas, Pearson Educación, Technology & Engineering, ISBN: 970-26-0812-0, México, 2006.
- PHIPPS, CLARANCE A.: Variable Speed Drive Fundamentals, The Fairmont Press, Inc. ISBN: 0-88173-258-3, USA, 1997.
- ROBERT, C. J.: Diseño de Elementos de Máquinas, m.casadellibro.com/ /2087614, ISBN: 9786070504365, España, 2013.
- SISKIND, CHARLES S.: Electrical Control Systems in Industry, New York: McGraw-Hill, Inc., ISBN: 0-07-057746-3, NY, USA, 1963.
- SHIGLEY & MISHKE: Mechanical Engineering Design, McGraw-Hill, Décima edición, ISBN-13: 978-0073398204, ISBN-10: 0073398209, México, DF, 2011.
- SPITZER, DAVID W.: Variable Speed Drives, Instrument Society of America. ISBN: 1-55617-242-7, USA, 1990.
- WILLIAM, C.: Diseño de componentes de Maquinas, pp. 513-529, Ed. Mc Graw Hill Book Company, 5 ed. ISBN: 0-07-0530319, España, 1982.

Recibido: 23/10/2014

Aprobado: 04/04/2015.

Publicado: 19/05/2015.

María Victoria Gómez Águila, Profesora, Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Ingeniería Mecánica Agrícola, Chapingo, Texcoco, km 38,5, Carretera México-Texcoco. CP 56230, Correo electrónico: mvaguila@hotmail.com

Nota: 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.