

Diseño CAD de una máquina empaquetadora de tarrinas monodosis de extracto para la automatización de nuevos procesos en producción de café

J. Peña^{1, a}, G. Navarrete^{1, b}, D. Villanueva^{2, c}, V. Morales^{3, d}

¹Universidad Tecnológica Del Centro De Veracruz.

²INFOTEC/Cátedra CONACyT, Aguascalientes, Ags., México.

³Colegio De Posgraduados Campus, Córdoba, Veracruz, México.

^a9942@utc.edu.mx, ^bgabriel.navarrete@utc.edu.mx, ^cdaniel.villanueva@infotec.mx, ^dvicmor@colpos.mx

Resumen— El presente trabajo plantea un diseño asistido por computadora para el desarrollo de una novedosa máquina empaquetadora de tarrinas monodosis de extracto de café, la cual, generará una producción de 1000 tarrinas por hora. El diseño es parte de una primera etapa que permitirá innovar en la automatización de los nuevos procesos en producción de café. El diseño de la máquina empaquetadora surge a partir de la implementación de una metodología de diseño y desarrollo de producto basada en la ingeniería concurrente.

El diseño de la máquina permite estandarizar la extracción del café y, a su vez, garantizar la calidad que, en conjunto, integran un desarrollo en la innovación para los nuevos procesos de producción de café. Para el diseño se han considerado las variables de temperatura, flujo, presión y fuerza, las cuales, afectan al proceso del café. Finalmente, se utiliza el software SolidWorks¹ para el diseño de la máquina y se presentan los resultados obtenidos a partir de las valoraciones de medición de las variables y el diseño de piezas que influyen en el proceso del café.

Palabras clave: Diseño CAD, tarrinas monodosis de café, máquina empaquetadora.

1. Introducción

El café es uno de los cultivos tropicales más importantes no sólo para los 56 países productores del Tercer Mundo, sino para Estados Unidos, Europa y Japón, que consumen el 80% del café producido [1]. En la década pasada el café generó uno de los más altos ingresos para las economías locales de más de cincuenta países tropicales, precedido en algunos casos sólo por el petróleo y el turismo [2]. Éste fue el caso de México donde el café, introducido desde 1795, es un cultivo de una enorme trascendencia desde el punto de vista no solo económico y social, sino cultural y etnológico [3].

Por un lado, el café en México es un producto agrícola que se ha cultivado con fines casi exclusivos de exportación [4]. Por otro lado, los productores mexicanos se han conformado con ser careceros o pergamineros, esto es debido a una brecha considerable en el desarrollo y el crecimiento económico relacionado al negocio del café en México [1][5]. Por lo tanto, se ha desaprovechado la oportunidad de participar activamente en la cadena del valor de café.

La cadena de transformación y comercialización está dominada por grandes empresas, lo cual impide que los

pequeños productores sean capaces de dar valor agregado al café [6]. El desarrollo de nuevos productos y procesos, tienen impacto en la tecnología usada actualmente en la agroindustria del café. Por ejemplo, en el diseño de la máquina para elaborar tarrinas de extracto de café, la cual, impulsarán fuertemente el consumo de café en México, ya que será una alternativa que flexibiliza la preparación de una infusión de alta calidad, de manera fácil y sencilla.

La automatización de procesos de manufactura es cada vez más frecuente en las industrias [7], siendo la cadena productiva de café, uno de los más beneficiados [8]. Actualmente, el desarrollo de máquinas expendedoras de café es muy variado, este tipo de equipos se pueden encontrar en el mercado desde los sistemas más tradicionales, en los que todo el proceso de manufactura es de forma manual, hasta los más sofisticados, en los que el proceso es de manera automática. Cabe mencionar que hay algunos sistemas expendedores de café que implementan métodos electromecánicos que los convierten en máquinas semi-automáticas [9]. Por ejemplo, existen patentes sobre diferentes desarrollos tecnológicos en el mercado a partir de máquinas sofisticadas que permiten obtener extractos de café, las cuales incluyen un modelo vanguardista, mediante el uso de pantallas táctiles para la programación de la temperatura y de los diferentes perfiles de extracción, pero el proceso de molienda y extracción siguen dependiendo del barista [10]. Por lo tanto, es necesario e importante continuar con el diseño y desarrollo de nuevas máquinas innovadoras que ayuden a mejorar los diferentes procesos de producción de café.

2. Metodología de diseño y desarrollo

Para poder realizar el diseño y construcción de una máquina empaquetadora de extracto líquido de café, es necesario determinar una metodología que permita ubicar un desarrollo cronológico y detallado que, a su vez, permita alcanzar el objetivo general; la construcción y puesta en marcha de la máquina. Por lo tanto, la investigación propuso realizarla mediante una metodología de diseño y desarrollo concurrente

¹ <http://www.solidworks.es/>

de producto. Las etapas de la metodología propuesta se muestran en la Fig. 1.

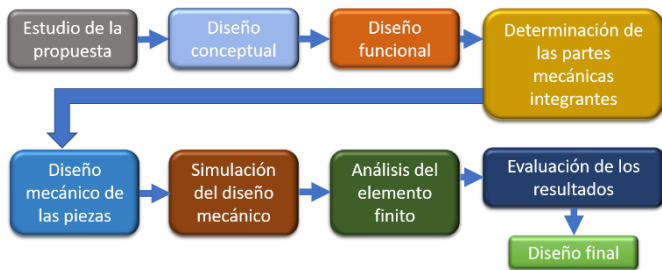


Fig. 1 Metodología para el diseño y desarrollo de una máquina empaquetadora de tarrinas.

A. Diseño conceptual

La idea central del trabajo es el desarrollo y construcción de una máquina capaz de almacenar café tostado, para posteriormente llevarlo a un proceso de molienda con la finalidad de hacer pasar el café molido a través de un sistema de extracción de concentrado de café. Una vez obtenido el extracto deberá ser llevado a una máquina empaquetadora, la cual depositará el concentrado de café en tarrinas monodosis de café, las cuales serán selladas herméticamente y acumuladas para su almacenamiento.

Las etapas del proceso para la producción de café se muestran en la Fig. 2. Al ser un producto alimenticio, todos los elementos, materiales, piezas, así como los componentes constituyentes de la máquina, deberán ser completamente asépticos y de grado alimenticio, además de que se debe contar con un ambiente controlado, es decir, con todas las condiciones necesarias para evitar la propagación de bacterias que pudieran afectar al extracto de café.

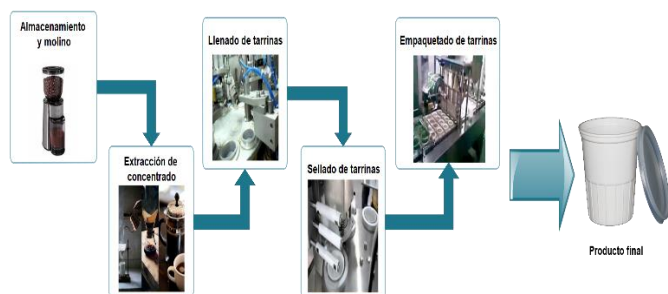


Fig. 2 Etapas del proceso para la producción de café.

B. Diseño funcional y mecánico

Una vez descrito el diseño conceptual de la maquinaria a diseñar, se define el diseño funcional y mecánico que permitan determinar los elementos que intervendrán en cada parte del proceso, tales como; los actuadores, sensores, elementos mecánicos, eléctricos, electromecánicos y electrónicos que formarán parte de la máquina empaquetadora de tarrinas. Los elementos, permiten asegurar el correcto funcionamiento, además se podrá determinar las estrategias de control automático necesarias para la automatización.

En primer lugar, se diseñará el contenedor de café tostado, el cual debe tener la capacidad suficiente para poder almacenar lo necesario para la producción de mil tarrinas de café por hora. Asimismo, a la salida del contenedor, debe estar ubicado el molino de café. Finalmente, se agregará un tamizador para poder hacer la recuperación de café, (ver Fig. 3).

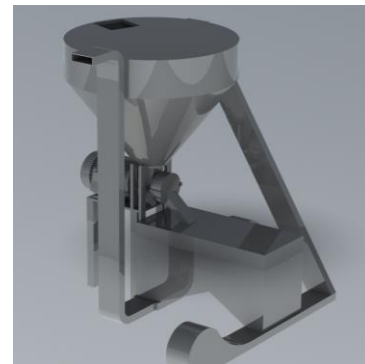


Fig. 3 Diseño de contener con molino de café y tamizador.

En segundo lugar, es determinar el molino de café. El diseño resalta que el molino contiene muelas afiladas, esto con tal fin para que el proceso sea menos desgastante, dentro de las consideraciones de diseño en este equipo se ocupará un mecanismo de tornillo sin fin para poder mover el café de la entrada hasta las muelas del molino (ver Fig. 4).

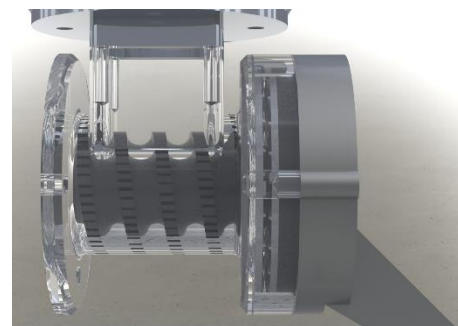


Fig. 4 Vista de corte de molino.

En el diseño del tamizador: Las ventajas que tiene este proceso son en que la molienda se estandariza al tamaño de partícula del café molido necesario, con esto obtenemos un café de mejor calidad. La desventaja es que necesita mucha limpieza; por esta razón se implementó un sistema de doble malla que permitirá garantizar la estandarización de la molienda y en caso de no ser suficiente se implementará un sistema de inyectores de aire para la limpieza. Las mallas tamizadoras son difíciles de conseguir por eso utilizara las siguientes medidas, la primera malla tamizadora es de 1.40mm y la segunda malla es de 1.18mm. (ver Fig. 5).



Fig. 5 Vista de corte del tamizado

La selección de la medida del tamizador se determinó por medio de pruebas de tamizado las cuales se realizaron con un molino para café pavoni, se realizaron 3 muestras de 150g con las siguientes medidas de molienda, muestra 1 en grado 7, la segunda en grado 6 y la última en grado 5. En la TABLA 1, se muestran los resultados de las pruebas de tamizado.

TABLA 1. MEDIDAS DE MOLIENDA PARA PRUEBAS DE TAMIZADO.

Tamizado	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
1.70 mm	0.5 g	1.8 g	11 g
1.40 mm	0.8	3.1 g	5.9 g
1.80 mm	4.0 g	3.0 g	12.3 g
600 mic	134.4 g	46.7 g	54.9 g
500 mic	11.5 g	93.1 g	64.1 g
final	0.4 g	0.2 g	2.3 g

La siguiente sección a diseñar, resulta una de las más complejas y cuidadosas, de acuerdo a la secuencia del proceso es la extracción de café, esto es debido a que de aquí depende el sabor y la calidad del producto final. Esta etapa de diseño se divide en cuatro pasos los cuales son: llenado, compactación, inyección y expulsión de desechos.

El sistema constituye la parte más original del trabajo de diseño, está basado en un cigüeñal para poder mover los pistones y compactar las porciones de café, una vez compactada, desde una caldera, se hará pasar agua a través del pistón, en ese momento, al contacto con el agua caliente y el café se obtiene el extracto, el cual es conducido a través de una tubería a un depósito, para posteriormente ser vertido dentro de las tarrinas monodosis. En la Fig. 6, se muestra el diseño del sistema de extracción.

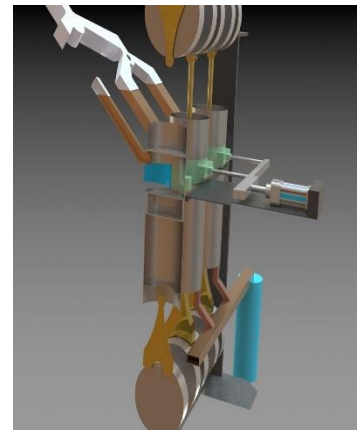


Fig. 6 Renderizado del diseño del sistema de extracción

Para el diseño de la llenadora de tarrinas se procede a llenar las tarrinas con el extracto de café, para ello se requieren unos inyectores alineados a las separaciones de la mesa giratoria, siendo ésta una de las estaciones de la mesa giratoria de la máquina, (ver Fig. 7).

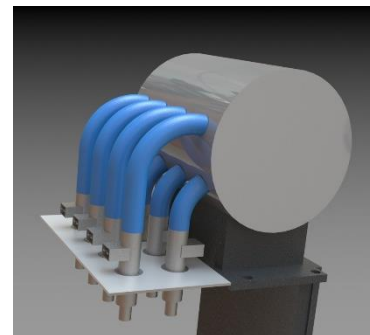


Fig. 7 Renderizado de la llenadora de tarrinas de extracto de café

Para el diseño de tolva y separador de tarrinas, se implementó un sistema de separación de tarrinas, el cual, consistente en una pequeña saliente triangular quien se encargará de separar las tarrinas que se encuentran apiladas dentro de la tolva, (ver Fig. 8).

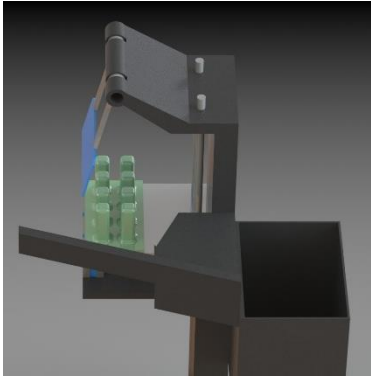


Fig. 8 Vista lateral del separador de tarrinas con tolva para tarrinas

En cuanto al diseño de la selladora y cortadora, ambos procesos se realizarán al mismo tiempo para el ahorro de tiempo dentro del proceso, esto se realiza una vez que la tarrina ya se haya llenado con el extracto de café, a la hora del sellado se impregna una capa de vapor de agua para producir un sellado al vacío y un ambiente aséptico, (ver Fig. 9).

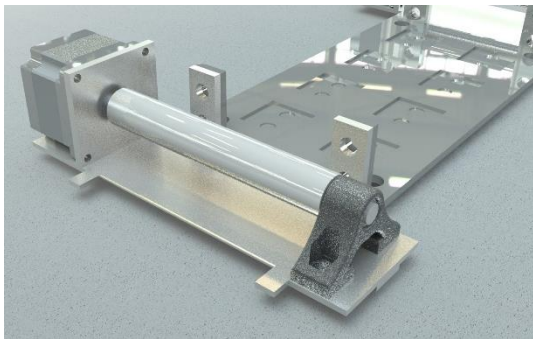


Fig. 9. Renderizado del sellador sin base

Para prolongar su vida útil de las tarrinas monodosis de extracto de café, se le hará una pasteurización rápida la cual consiste en poner en contacto las tarrinas con extracto caliente y, con agua fría, como resultado, producir que la vida de la tarrina se extienda, (ver Fig. 10).



Fig. 10 Renderizado de la selladora con base vista frontal

Para el diseño del extractor de tarrinas: En esta estación de las mesas se retirarán las tarrinas de la mesa giratoria y se pondrán en un contenedor de tarrinas para después ser empaquetados y este es el último paso de nuestro proceso, (ver Fig. 11).

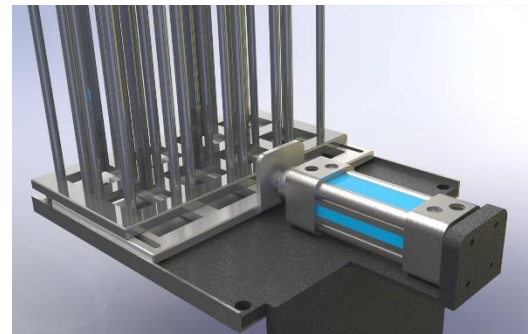


Fig. 11 Extractor de tarrinas

Diseño de mesa giratoria: El conjunto de barrenos tiene una separación igual para que las estaciones puedan coincidir con los barrenos. Esta tiene un corte en el centro donde entra la flecha de torsión, las dimensiones son: 1 metro de diámetro, los barrenos son: de 3.42cm x 3.42cm. y, la separación del conjunto de barrenos es de 60°, (ver Fig. 12).

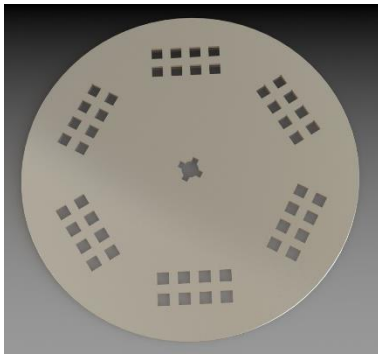


Fig. 12 Planche de la mesa giratoria

En el interior tiene una flecha de tracción la cual va a transmitir el torque del motor a la plancha con la finalidad de que esta pueda moverse y detenerse fácilmente, (ver Fig. 13).



Fig. 13 Mesa con vista de corte

3.-Resultados y conclusiones

Como resultado se ha desarrollado el diseño de una máquina empaquetadora de tarrinas monodosis de extracto para la automatización de nuevos procesos, el diseño se realizó en *SolidWorks*. El resultado final sobre el diseño se muestra en la Fig. 14. Asimismo, en el diseño se puede simular el proceso y realizar el análisis de esfuerzos en cada una de las piezas para poder determinar los materiales de construcción, las técnicas de manufactura, y las dimensiones de la máquina, siendo un proceso importante el diseño para la construcción de la máquina.

Las principales aportaciones en el diseño es la inclusión de un sistema de tamizado, con el cual se pretende garantizar el aprovechamiento de la mayor cantidad posible de café. El siguiente sistema interesante, es el del proceso de extracción, el cual deberá ser probado de manera experimental, como primer paso, para la construcción de la maquinaria completa.

También decir que, gracias a las herramientas de Software CAD, específicamente de *SolidWorks*, se puede obtener diseños funcionales a partir de un concepto de proceso, con este diseño, el siguiente paso será la manufactura, la cual será más fácil de realizar, ya que se cuenta con planos, dimensiones y análisis de esfuerzos a partir del software, esto garantizará un menor tiempo de fabricación.

La ubicación de los elementos dentro del diseño puede cambiar de acuerdo al espacio y las condiciones físicas de la instalación. Sin embargo, las mallas tamizadoras son fabricadas a la medida. Finalmente, se logró hacer el diseño del proceso contemplando las variables de temperatura, presión, humedad, flujo, velocidad, posición y algunas otras variables (ver Fig. 14).



Fig. 14 Ensamble final

La Fig. 15 es una renderización de cómo va a quedar las estaciones de la mesa giratoria.



Fig. 15 . Ensamble de la mesa giratoria

4. Referencias

- [1] P. Escamilla, R. Ruiz, P. Díaz, and S. Landeros, "El agroecosistema café orgánico en México," 2005.
- [2] P. Moguel and V. M. Toledo, "Biodiversity Conservation in Traditional Coffee Systems of Mexico," *Conserv. Biol.*, vol. 13, no. 1, pp. 11–21, Feb. 1999.
- [3] R. Méndez Méndez, G. Córdova Gámez, M. I. Saldaña y Hernández, and E. Lleverino González, "Eficiencia de *Beauveria bassiana* (Vals) Vuill en el control de la broca del café en Zacatal, Guichicovi, Oaxaca," *Publicación Espec. - Inst. Nac. Investig. For. y Agropecu. (México)(no. 9) p. 9-10*, 1996.
- [4] C. Gay, F. Estrada, C. Conde, H. Eakin, L. V.-C. Change, and undefined 2006, "Potential impacts of climate change on agriculture: A case of study of coffee production in Veracruz, Mexico," *Springer*.
- [5] M. Nolasco, "Café y sociedad en México," 1985.
- [6] M.-C. Renard, "The Interstices of Globalization: The Example of Fair Coffee," *Sociol. Ruralis*, vol. 39, no. 4, pp. 484–500, Oct. 1999.
- [7] T. Davenport and J. Short, "The new industrial engineering: information technology and business process redesign," 1990.
- [8] A. Sethi and S. Sethi, "Flexibility in manufacturing: A survey," *Int. J. Flex. Manuf. Syst.*, vol. 2, no. 4, Jul. 1990.
- [9] K. Crater, 146,408 CE Goldman - US Patent 7, and undefined 2006, "Method and system for monitoring a controller and displaying data from the controller in a format provided by the controller," *Google Patents*.
- [10] H. Peter, 879,569 V Otto - US Patent 3, and undefined 1975, "Process for the decaffeination of raw coffee," *Google Patents*.

5. Biografías

Joaquín Peña Ramírez. Es estudiante de Ingeniería en Mecatrónica área Automatización en la Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz, México. Cuenta con un TSU en Mecatrónica, por la Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz, sus principales áreas de interés son la Automatización y el Diseño Asistido por Computadora.

Gabriel Antonio Navarrete Hernandez. Es profesor de tiempo completo en la Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz, México. Gabriel estudió su maestría en ingeniería electrónica con especialidad en Automatización y Control por el Instituto Tecnológico de Orizaba, México, sus intereses de investigación incluyen, sistemas de control automático, sistemas de visión artificial, redes neuronales, procesamiento digital de imágenes, programación visual y electrónica de potencia.

Daniel Villanueva-Vasquez. Es catedrático Conacyt e investigador de tiempo completo en el Centro de Investigación e Innovación en Tecnologías de la Información y Comunicación en Aguascalientes, Ags., México. Daniel obtuvo su doctorado en la Universidad Carlos III de Madrid, estudió su maestría en Electrónica con especialidad en

Sistemas Digitales por el Instituto Tecnológico de Orizaba, México. Sus intereses de investigación incluyen, sistemas inteligentes, sistemas embebidos, IoT, web semántica, Sistemas Digitales, Procesamiento de Señales, Inteligencia Colectiva, Ingeniería Electrónica Automotriz y Procesamiento Digital de Imágenes.

Victorino Morales Ramos. Es profesor investigador por el colegio de postgraduados Campus Córdoba, Veracruz. México, donde imparte cursos de ciencia y tecnología del café, diseños experimentales y métodos estadísticos. Realizo su doctorado en la escuela de Ciencias Fisicomatemáticas en la Universidad de Nottingham en el Reino Unido. De formación es Ingeniero Agroindustrial especialista en café. Victorino tiene diferentes publicaciones nacionales e internacionales y, actualmente funge como responsable del área de Ciencia y Tecnología del café en COLPOS.