


PROYECTOS

Diseño de una etiquetadora semiautomática de bajo costo para agriculturas familiares en el noroeste argentino

Design of a low-cost semi-automatic labeling machine for family farming operations in northwestern Argentina

¹Alejo Martín Chanampe
alejomchanampe@gmail.com;
 <https://orcid.org/0009-0006-5844-1126>
Universidad Nacional de Chilecito, Chilecito

²Agustín Ramiro Chumbita
agustinchumbita27@gmail.com
 <https://orcid.org/0009-0003-9656-5013>
Universidad Nacional de Chilecito, Chilecito.

Resumen

Datos del artículo:

Recibido: 03/08/2024
Aceptado: 11/12/2024

Palabras clave:

Etiquetadora;
Agriculturas
Familiares;
Industrialización
a baja escala;
Impresión en 3D;
Automatización

Este artículo busca la reducción de los costos al momento de diseñar una etiquetadora semiautomática para envases cilíndricos de conservas de alimentos. Se planean utilizar nuevas tecnologías accesibles para optimizar recursos de mano de obra, tiempo y dinero. La importancia del proyecto radica en que en el noroeste argentino se encuentra una matriz productiva conformada aproximadamente por el 60 % de agriculturas familiares muchas de las cuales no etiquetan sus productos debido al elevado costo de tiempo, dinero y mano de obra que una tarea de terminaciones estéticas requiere ante otras necesidades más urgentes. Esto desemboca en la imposibilidad de sumarse a la cadena de valor y el mercado formal, además de perder todos los beneficios que, desde el marketing, acarrea el etiquetado de productos. Se plantea la reducción de los costos hasta un 50 % del valor promedio de etiquetadoras semiautomáticas, a partir del diseño de piezas mecánicas impresas en 3D, con sus correspondientes cálculos estructurales a fin de comprobar su fiabilidad para este uso. Además, se propone añadir funcionalidades a las etiquetadoras semiautomáticas existentes en el mercado con la programación de un entorno de diálogo humano-máquina que usando un microcontrolador con comunicación Wi-Fi permita la regulación automática de determinados parámetros.



Abstract

Keywords

Labeling machine;
Family farming; Small-
scale industrialization;
3D printing; Automation

This article aims to reduce costs in the design of a semi-automatic labeling machine for cylindrical food-preserve containers. The use of accessible emerging technologies is proposed in order to optimize labor, time, and financial resources. The relevance of the project lies in the fact that, in northwestern Argentina, the productive matrix is composed of approximately 60% family-based farming operations, many of which do not label their products due to the high costs in time, money, and labor associated with aesthetic finishing tasks when compared to other more urgent needs. This situation results in their inability to join the value chain and the formal market, as well as the loss of all the benefits that product labeling provides from a marketing perspective. The project proposes reducing costs by up to 50% of the average price of semi-automatic labeling machines through the design of 3D-printed mechanical components, supported by corresponding structural calculations to verify their reliability for this application. In addition, the incorporation of new functionalities into existing semi-automatic labeling machines available on the market is proposed by programming a human-machine dialogue interface. This interface, implemented using a Wi-Fi-enabled microcontroller, would allow the automatic adjustment of specific operational parameters.

1. Introducción

En toda América Latina y el Caribe (ALC) se conciben diversas definiciones de agricultura familiar, el mismo concepto puede recibir incluso distintos nombres dependiendo el país. Actualmente existen diferencias sustanciales entre estas definiciones debido

a las variables que se utilizan para definirla.

Este hecho logra que no exista, a día de la fecha, un concepto concreto. A fines de establecer un punto de partida, en este proyecto se entenderá como agricultura familiar a aquella que cumpla los criterios establecidos en cada país. La agricultura

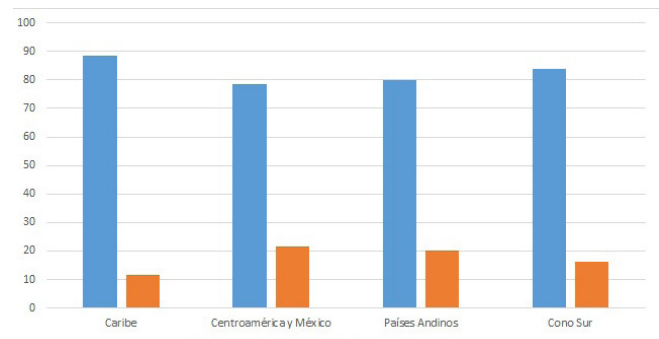
familiar, una década atrás y según los datos vertidos por Leporati et al. (2014), contempla en América Latina el 81,3 % del total de las explotaciones agrícolas; en algunos países llega a proveer el 67 % de la producción alimentaria; y compone más del 50 % del empleo agrícola en la región. La mayoría de las producciones pertenecen al segmento de subsistencia (más orientado al autoconsumo) lo que pareciera indicar, para los autores arriba citados, que “la mayor parte de la agricultura familiar en ALC cuenta con recursos productivos limitados y con importantes niveles de pobreza, variables que permiten proyectar la magnitud del desafío de desarrollo del sector” (Leporati et al., 2014, p. 45).

Esta diferencia, al momento de agregar valor a la materia prima con labores de industrialización, se ve acrecentada. Cada eslabón necesario para procesar un producto hasta comercializarlo incluye una gran cantidad de costos. Como son muchas las etapas en la industrialización, a baja escala, en este artículo nos centraremos en las características y beneficios que representan

uno de los últimos pasos de esta cadena: el etiquetado.

Figura 1.

Porcentaje de unidades agrícolas pertenecientes a las agriculturas familiares y a otros sectores sobre el total de las explotaciones



Nota: Elaboración propia a partir de Leporati et al., 2014, p.37

El etiquetado de los productos alimenticios conforma una parte fundamental del marketing de este. Citando a Valero (2015) “la etiqueta es identidad e identificación” ya que, por un lado, permite al usuario conocer aquella información que, por normativa o interés del productor, se considera fundamental (ingredientes, modo de conserva, fecha de vencimiento, entre otros).

Por otro lado, la etiqueta es identificación

debido a que le permite a un usuario identificar un producto a través de la marca y/o el diseño, distinguiéndolos de cualquier otro.

Los expertos en marketing Kotler y Keller en su libro Dirección de Marketing (2006) establecen que las etiquetas pueden cumplir diversas funciones como identificar, calificar y describir el producto o la marca, además de promover al mismo. Según varios estudios (Babio, López y Salas-Salvadó, 2013; Ponce, Valero y Berghe, 2014), la etiqueta puede modificar las prácticas de consumo de las personas, prefiriendo aquellas con información clara y apoyos cromáticos. Esto permite a los usuarios elegir un producto no solo en base al precio, sino también a la calidad nutricional y falta de aditivos. Se puede concluir entonces, que el etiquetado permite atraer a los clientes a consumir el producto, del mismo modo en que, aquel producto no etiquetado, pierde todas las ventajas antes enlistadas.

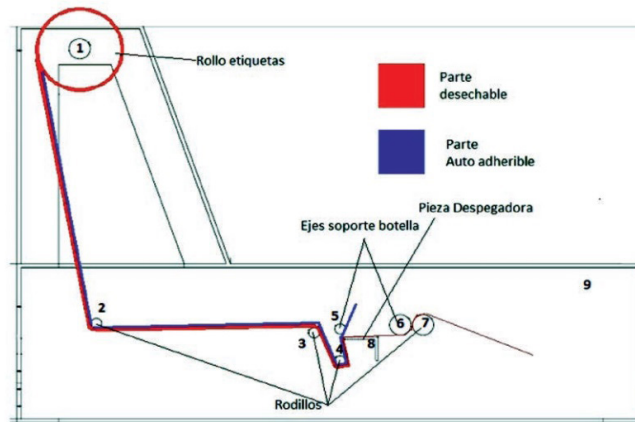
Teniendo esto presente, etiquetar el producto se torna algo decisivo al momento de incrementar las ventas y el

reconocimiento de la agricultura familiar, a la vez que le permite al productor (en los países que se regula) acceder a canales de venta formales. En este contexto, una etiquetadora semiautomática diseñada bajo los requerimientos del sector puede brindar una solución, desde la automatización, a una problemática real como es el etiquetado. Al momento de industrializar productos alimenticios, muchos de ellos terminan siendo envasados en frascos, botellas u otros envases estandarizados de forma cilíndrica; por ser estos los más económicos por sobre aquellos con formas diferenciales que pueden llegar a permitirse grandes empresas y que se pueden observar en el mercado. En este proceso existen dos grandes cuellos de botella, el envasado (que incluye el proceso de llenado y tapado del envase) y el etiquetado del producto.

De estos, nos centraremos en el etiquetado. El etiquetado es un proceso costoso con variables de mano de obra, tiempo y dinero; si uno debe etiquetar manualmente, la velocidad de etiquetado es considerablemente menor a cuando

Figura 2.

Diseño conceptual de la máquina etiquetadora



Nota: Tomado de Gómez Águila, M. V., Jiménez, J. O., & Nava, Á. I. (2014). Diseño de una máquina etiquetadora para botellas de agua mineral natural. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 23(4), 76-81.

se etiqueta automáticamente como lo demuestra Ojeda Sosa (2017), y, en ámbitos industriales, el tiempo es dinero. Desde un punto de vista estético, la buena terminación del producto depende al cien por ciento de la habilidad del operario, la cual se puede ver afectada por una infinidad de factores.

Por ello, en muchas ocasiones se opta por no realizar el etiquetado o realizarlo sin la debida prolijidad, perdiendo así todos los beneficios, vistos anteriormente, que el etiquetado acarrea.

2. Metodología

El objetivo principal del artículo es abaratar al máximo los costos de una etiquetadora semiautomática y, para poder hacerlo, se considera de vital importancia entender el funcionamiento básico de las que se encuentran en el mercado. Estas funcionan a partir de una sucesión de rodillos que tensan el rollo de etiquetas hasta que la misma llegue a una pieza desprendedora de etiquetas ubicada debajo de los ejes soporte de envase para que, cuando este gire, se le adhiera la etiqueta a la superficie.

Estos diseños están ideados con materiales de alta tolerancia a la fatiga y fueron pensados para resolver las problemáticas que surgían de las industrias que producen una gran cantidad de productos por hora. Una primera medida para reducir los costos es el cambio del material, generalmente acero inoxidable, por filamento PLA impreso en 3D a través de la tecnología Fused Deposition Modeling (FDM) que consiste en la extrusión de material por una boquilla a una presión constante. Esta tecnología forma una estructura a partir de la superposición de capas, formando así una estructura sólida.

La elección del plástico PLA se justifica en la accesibilidad que presenta este producto en el noroeste argentino¹, tanto en la materia prima como en la maquinaria encargada de imprimirlo.

Si bien el filamento PLA, según lo planteado por León-Calero et al. (2019), tiene una buena resistencia a la tracción (considerando también que los esfuerzos a

¹ Este es el material más accesible en el noroeste argentino por su costo y facilidad de compra.

los que será sometido no son elevados), es de suma importancia realizar los cálculos estructurales necesarios para que, al imprimir la pieza, esta tenga la mayor durabilidad posible. Para esto, se deberán diseñar cada una de las piezas digitalmente y, con la ayuda de un software (SolidWorks), detectar los puntos críticos de la estructura. A la etiquetadora se le añadirá un microcontrolador como, por ejemplo, el ESP-32 que controlará los sistemas de detección de etiquetas disponibles, los motores que girarán los rodillos y la comunicación Wi-Fi con una interfaz que cumpla el rol de una interfaz humano-máquina, y con ello automatizar procesos de selección de tamaño de envase a utilizar (acción que las antecesoras, en un sondeo superficial, no realizan²).

Una envasadora semiautomática, como la arriba planificada, incrementaría la velocidad del etiquetado entre un 400 % y un 450 %, según lo estudiado por Gómez Águila, Jiménez y Nava (2014).

²Etiquetadoras de las marcas DENEST (MD-30) y ZoneSun (ZS-TB3 y ZS-TB150), y el modelo sin marca MT-50D.

Si a esto, le sumamos la disminución significativa del costo y el añadido de automatización para ampliar la versatilidad de esta, permitiría a las agriculturas familiares insertarse a nuevos canales de venta con un considerable incremento, en cantidad y calidad, en lo referente a su producción industrializada.

La metodología para construir una etiquetadora semiautomática de bajo costo debería tener en cuenta que “la solución típica para los problemas más comunes en robótica y mecatrónica se puede establecer mediante la construcción de un ciclo de cuatro pasos: modelar, diseñar, simular e implementar” (Jiménez et al., 2014).

En una primera etapa se realizó una exhaustiva investigación de los antecedentes de etiquetadoras semiautomáticas. Buscando comprender el modelo básico de funcionamiento, se identificaron todas aquellas partes que puedan ser reemplazadas por su ídem impresa en 3D. Esta investigación también tiene como objetivo conocer los requerimientos específicos de calidad y seguridad que el modelo de etiquetadora

deberá cumplimentar para ser funcional en el entorno en el que se planifica la misma.

Esta primera instancia facilita el modelado de los sistemas que pone en funcionamiento la etiquetadora. Con esta información se desarrollará un gemelo digital de la etiquetadora semiautomática deseada a partir del diseño y ensamblaje de archivos CAD³.

Es en esta instancia donde se realizarán los cálculos estructurales a través de software especializado (SolidWorks), introduciendo cada parte de la etiquetadora, como el ensamblaje completo, para ser analizado. En caso de existir puntos críticos se deberán reforzar debidamente en esta instancia y recalcular.

También es en esta fase donde se diseñarán los circuitos electrónicos necesarios para gestionar la potencia y controlar el sistema. Este proceso abarca la creación de circuitos para el control de actuadores, sensores y cualquier otro componente eléctrico esencial para el óptimo funcionamiento del sistema tomando como referencia las metodologías

³ Diseño Asistido por Ordenador por sus siglas en inglés.

planteadas por Jiménez Fernández, C. J., López Ojeda, A., & León de Mora, C. (2010).

Con el modelado previo, se procederá a la elaboración del primer prototipo físico de la etiquetadora semiautomática, imprimiendo en 3D las piezas necesarias. Se deberán implementar y controlar el correcto funcionamiento de los circuitos previamente diseñados.

Una vez esté ensamblado el prototipo se programarán los distintos entornos tanto el microcontrolador elegido, como un sitio web que cumpla el rol de panel de interfaz humano-máquina (HMI por sus siglas en inglés).

Una cuarta etapa está planificada para la evaluación del prototipo y la resolución de las problemáticas que puedan llegar a surgir a partir de la implementación.

Para poder implementar las ideas vertidas en este trabajo se deberán utilizar distintos softwares. A continuación, un listado de aquellos que se estiman necesarios:

SolidWorks, para el diseño de las piezas; Arduino IDE, para la programación del microcontrolador; Visual Studio Code, para la programación del entorno HMI; DesignSpark PCB, para el diseño de circuitos eléctricos; UltiMaker Cura, para el diseño de las piezas en impresión 3D.

De estos softwares mencionados y con el fin de democratizar la posibilidad de ejecución del proyecto, la mayoría son softwares libres, sin costo alguno. La única excepción es SolidWorks, el cual es de pago, pero contiene funcionalidades de modelado que no fueron encontradas en algún par gratuito.

Por último, se recuerda la obligatoriedad de documentar el proceso de ejecución y generar todos los archivos necesarios para poder confeccionar un manual de usuario de la etiquetadora semiautomática que le permita a los usuarios finales realizar un correcto mantenimiento y un buen uso del dispositivo final.

3. Resultados

A partir de la investigación realizada se propone dividir la etiquetadora en tres sistemas fundamentales: el sistema de distribución, encargado de transmitir los movimientos generados por los motores; el sistema de dispensación de etiquetas, que, por su estrecho vínculo con el de distribución, permite dispensar las etiquetas de un modo sincronizado, y el sistema de comunicación, encargado de establecer el diálogo entre el humano y la máquina.

Estos sistemas fueron pensados de dicho modo para poder segmentar las zonas de trabajo y poder trabajar en paralelo.

Se espera obtener un prototipo funcional de etiquetadora semiautomática que permita mejorar los tiempos de etiquetado, aumentando la productividad del usuario y con un costo significativamente menor que el que se encuentra actualmente en el mercado.

De esta manera, se intenta poder contribuir con la llegada de sistemas automatizados

a las agriculturas familiares y reducir, en la medida de lo posible, la brecha tecnológica entre pequeños y grandes productores.

Conclusiones

El diseño de una etiquetadora semiautomática de bajo costo implica tener conocimientos en: diseño 3D, cálculo estructural, materiales, electrónica y programación con el fin de optimizar el uso de recursos para concebir el mismo.

En la primera fase se propone trabajar con un material de bajo costo (en este proyecto PLA) con la posibilidad de utilizar filamento reciclado a partir de botellas PET, en el caso de no conseguir el PLA.

Aunque nuestra recomendación se inclina hacia el PLA al tener mejores características a la resistencia. A partir de nuestra investigación se recomienda el uso de microcontroladores económicos como lo es el ESP32, este incluye comunicación Wi-Fi y Bluetooth. Al programar la interfaz HMI, esta debe ser lo más intuitiva posible, teniendo

iconografía clara y libre de ambigüedades, porque las personas que lo van a utilizar no suelen tener formación técnica.

En el caso de que se quiera extrapolar una máquina de estas características en otro país, es importante el conocimiento específico de la legislación del mismo, para poder incorporar a la etiquetadora funcionalidades necesarias y específicas del producto a etiquetar y las obligaciones que la etiqueta debe presentar.

En Argentina, las etiquetas deben tener obligatoriamente la fecha de vencimiento y la identificación de lote; de este modo, una etiquetadora pensada para una agricultura familiar en Argentina, debería tener la posibilidad de añadir esta información a la etiqueta.

Referencias

- Babio, N., López, L., & Salas-Salvadó, J. (2013). Análisis de la capacidad de elección de alimentos saludables por parte de los consumidores en referencia a dos modelos de etiquetado nutricional: Estudio cruzado. *Nutrición Hospitalaria*, 28(1), 173–181.
- Gómez Águila, M. V., Jiménez, J. O., & Nava, Á. I. (2014). Diseño de una máquina etiquetadora para botellas de agua mineral natural. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 23(4), 76–81.
- Hanna Nieto, J. A. (2017). *Diseño y construcción de una máquina etiquetadora semiautomática para botellas cilíndricas con etiquetas autoadhesivas* [Tesis de licenciatura]. Universidad Internacional del Ecuador. <https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/2224>
- Jiménez Fernández, C. J., López Ojeda, A., & León de Mora, C. (2010). Metodología de diseño electrónico dentro de prácticas obligatorias de laboratorio. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, (37), 19–27.
- Jiménez, E. V. C., Navarro, D. Z., & Cisneros, M. A. P. (2014). *Fundamentos de robótica y mecatrónica con Matlab y Simulink*. Rama Editorial.
- Kotler, P., & Keller, K. L. (2006). *Dirección de*

marketing. Pearson Educación.

León-Calero, M., Marcos-Fernández, A., & Rodríguez-Hernández, J. (2019). Impresión 3D con materiales elastoméricos. *Revista de Plásticos Modernos*, (747), 4–15.

Leporati, M., Salcedo, S., Jara, B., Boero, V., & Muñoz, M. (2014). La agricultura familiar en cifras. En *Agricultura familiar en América Latina y el Caribe* (pp. 35–56).

Ojeda Sosa, F. R. (2017). *Diseño, construcción y automatización de sistema de etiquetado de envases PET para proceso de producción de bebidas en la empresa Yoguis S.R.L.* [Tesis de grado]. Universidad Católica de Santa María.

Rodríguez Fernández, J., Cerdá Filiu, L. M., & Bezos Sánchez-Horneros, R. (2014). *Automatismos industriales*. Ediciones Paraninfo.

Sebastian-Ponce, M. I., Sanz-Valero, J., & Wanden-Berghe, C. (2014). Los usuarios ante los alimentos genéticamente modificados y su información en el etiquetado. *Revista de Saúde Pública*, 48, 154–169.

Valero, P. A. G. (2015). Diseño gráfico de

una etiqueta: Elementos y funciones. Análisis a partir de productos del sector alimentario. *AACA Digital: Revista de la Asociación Aragonesa de Críticos de Arte*, (32), 4.