

Estado de Avance en Proyecto de Diseño y Construcción de un Sistema Automático de Alimentación de Tolvas para Empaquetado de Té

Almeida, Rodrigo N.^a; Ramirez, Carlos R.^a; Cabral, Roberto J.^{a, b, d}; Oliveira, Mario O.^{a, b}; Otano, Gustavo^c; Mariana Carosini^c, Soledad Olivera^c

^a Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones (UNaM), Oberá, Misiones, Argentina.

^b Laboratorio de Investigación y Desarrollo en Energía Eléctrica - LIDEE, FI-UNaM, Oberá, Misiones, Argentina.

^c Cooperativa de trabajo LA HOJA LTDA, San Ignacio, Misiones, Argentina.

^d Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas - CONICET, Argentina

e-mails: almeidarodrigonico@gmail.com, ramirezcarlos1599@gmail.com, robert_rjc@hotmail.com, mario.oliveira@fio.unam.edu.ar, mantenimientopuertomineral@lahoja.com.ar, iqalbertoarrieta@gmail.com, seguridadehigiene@lahoja.com.ar soledadolivera@lahoja.com.ar

Resumen

En el presente artículo se expone el estado de avance del proyecto “Diseño y construcción de un sistema automático de alimentación de tolvas para empaquetado de producto alimenticio”, desarrollado por integrantes del Laboratorio de Investigación y Desarrollo en Energía Eléctrica (LIDEE) en articulación con la Cooperativa de Trabajo La Hoja Ltda., de San Ignacio, Misiones. El proyecto tiene como objetivo mejorar la eficiencia, la higiene y la seguridad del proceso de carga de té a las tolvas de las empaquetadoras mediante la automatización del sistema de dosificación. Hasta el momento, se ha logrado el montaje mecánico completo del sistema —incluyendo elevador de cangilones, zaranda vibratoria, tolva principal y cajón distribuidor—, y se han realizado pruebas funcionales con operación manual, así como mediciones eléctricas y de caudal en planta. Entre las tareas pendientes se encuentra la integración de sensores de nivel, la automatización del accionamiento de las compuertas de distribución y la instalación del tablero de control definitivo.

Palabras Clave – Automatización, Diseño, Empaquetado de té, Prototipo, Tolva, Elevador de cangilones, zaranda.

1. INTRODUCCIÓN

La automatización en la industria alimentaria ha demostrado ser clave para mejorar la eficiencia operativa, la trazabilidad del proceso y la higiene en ambientes productivos [1][2][3]. Diversos estudios recientes destacan el desarrollo de sistemas de dosificación automática aplicados al empaquetado de productos alimenticios, permitiendo reducir la manipulación manual y estandarizar la carga de producto [4] [5]

En el contexto del sector tealero de la provincia de Misiones (Argentina), es habitual que el llenado de las tolvas de alimentación de las empaquetadoras se realice manualmente, utilizando tachos y con esfuerzo físico significativo. Este método representa un riesgo tanto para la seguridad de los operarios como para la limpieza del proceso, además de comprometer la eficiencia operativa.

En este trabajo se presentan los avances alcanzados en la implementación de un sistema automático de alimentación de tolvas para empaquetado de té. El sistema está diseñado para funcionar con sensores de nivel, actuadores eléctricos y una estructura de distribución de producto que permite direccionar el flujo hacia diferentes puntos de descarga. La propuesta técnica busca mejorar el control sobre la alimentación del producto, la seguridad de los operarios y la estandarización de las condiciones de operación en planta. Este estudio es el resultado de una investigación previa [6] [7].

1. Objetivos

Este trabajo persigue los siguientes objetivos:

1.1 Objetivo general:

El objetivo general de este proyecto es diseñar e implementar un sistema automático de alimentación de tolvas para té que permita mejorar las condiciones de higiene, reducir la intervención manual y optimizar el flujo de producto en el proceso de empaquetado.

1.2 Objetivos específicos:

- Incorporar sensores de nivel para la detección precisa del llenado de tolvas.
- Automatizar la apertura y cierre del sistema de distribución mediante actuadores eléctricos.
- Validar el funcionamiento del sistema en planta bajo condiciones reales de operación.

2. METODOLOGÍA DE TRABAJO

2.1 Primera etapa: Enfoque

El diseño del sistema contempla la integración de componentes mecánicos, eléctricos y de control. A partir del relevamiento en planta, se desarrollaron modelos en CAD 3D [8] que permiten optimizar el espacio y asegurar el flujo gravitacional del producto.

Se construyó un sistema de elevación por cangilones, una zaranda vibratoria para el cribado del producto, una tolva principal de alimentación [9] y un sistema distribuidor tipo cajón clapeta. La sensorización se realiza mediante sensores de nivel y actuadores, conectados a un sistema de control que comanda el accionamiento de motores y solenoides.

Las visitas técnicas a la planta permitieron verificar el avance en el montaje del sistema, realizar pruebas de caudal y mediciones eléctricas, así como identificar puntos críticos de mantenimiento y limpieza y, finalmente, corroborar la utilización de los materiales correctos según [10].

2.2 Segunda etapa: Reuniones entre directivos e integrantes

Se coordinaron reuniones entre los afectados al proyecto para: conocer y generar buena relación entre los participantes; chequear estados de avance en el montaje del sistema; relevar datos importantes y problemas con el montaje; compartir resultados de cálculos e información relevada y definir un cronograma de actividades con las cuales avanzar por etapas.

Estas reuniones se realizaron de manera presencial, como se observa en las Fig. 1, 2, incluyendo también un recorrido completo de las instalaciones de la cooperativa, como también de manera virtual para obtener datos necesarios a fin de ir avanzando con el desarrollo de cálculos y verificaciones del proyecto en la parte del trabajo de “oficina” llevado a cabo en las instalaciones del Laboratorio de Investigación y Desarrollo en Energía Eléctrica (LIDEE).



Figura 1. Reunión del equipo de trabajo y recorrido por las instalaciones



Figura 2. Equipo actual de trabajo

2.3 Tercera etapa: Visitas y relevamientos

La primera de las reuniones presenciales, incluyó un recorrido completo de la planta, pasando por todas las distintas etapas del proceso para la yerba y el té que se produce dentro del establecimiento. Este recorrido concluyó con el reconocimiento y la inspección del montaje del sistema de automatización con elevador de cangilones que se encuentra en una avanzada etapa de montaje Fig. 4, 5, 6. También se relevaron las medidas de las partes que componen el sistema como ser: las tolvas alimentadoras Fig. 7, la tolva principal, el sistema distribuidor Fig. 8 y un chequeo del estado de instalación del tablero eléctrico de mando y control Fig. 9 . Todo esto se realizó a medida que también se iba realizando la carga de los datos relevados en almacenamientos en línea compartidos con todos los integrantes del trabajo Fig. 10.

En una segunda visita el relevamiento consistió en una actividad de muestreo más exhaustiva donde los integrantes del equipo de la FI-UNaM junto al personal de la cooperativa, procedieron a verificar el estado de avance actual del montaje del sistema. A diferencia de visitas anteriores, en esta oportunidad ya se encontraban instaladas en su posición definitiva la tolva principal y la zaranda vibratoria.

El elevador de cangilones se encontraba funcionando de manera continua con arranque directo, aunque aún sin estar vinculado eléctricamente al tablero diseñado para el sistema.

Durante esta visita, se realizaron ensayos de caudal de té despachado en las tolvas de alimentación a las máquinas empaquetadoras, así como pruebas de apertura y cierre manual de las clapetas del cajón distribuidor, a cargo de operarios de planta. También se efectuaron mediciones de consumo eléctrico en los motores del elevador y la zaranda, y se evaluaron los niveles de iluminancia [11] en los sectores críticos de operación como las tolvas y el área de empaquetado, verificando su adecuación a normativa.

Finalmente, se identificaron puntos críticos para el flujo de té y zonas de difícil acceso para limpieza o desmontaje. Esta información fue relevada y sistematizada, siendo clave para ajustar los últimos detalles del diseño del sistema.



Figura 3. Vista general del sistema completo de alimentación de tolvas instalado en planta.



Figura 4. Vista cercana del elevador de cangilones y el cajón distribuidor



Figura 7. Elevador de cangilones montado y sistema distribuidor



Figura 8. Relevamiento de medidas de tolvas alimentadoras

A estas instancias cabe destacar que, en la presentación anterior de este trabajo, tanto el sistema de elevador de cangilones como las tolvas y el sistema de distribución no estaban siquiera contruidos y el tablero no estaba montado. Las imágenes que podemos apreciar, denotan un avance significativo en la implementación y puesta en marcha del proyecto como así también una predisposición total por parte de la empresa para trabajar en conjunto con los avances en los cálculos.



Figura 9. Chequeos en el sistema de distribución



Figura 10. Estado actual del tablero montado



Figura 11. Carga in situ de datos relevados

2.4 Cuarta etapa: trabajo de laboratorio

Una vez hecho el relevamiento de datos, la verificación de estado de avance, el registro de las actividades faltantes y la coordinación de las tareas futuras; se procedió a comenzar un trabajo de oficina en las instalaciones del LIDEE.

Este trabajo de laboratorio consistió en una reevaluación del sistema de sensores de nivel de las tolvas alimentadoras, el análisis de factibilidad para la incorporación de un sistema de distribuidor interno para las mismas con base en el modelo de un denominado “sombrero chino” Fig. 12, 13,

elaborado con [8] realizado con el estudio del caudal de llenado de las tolvas alimentadoras mediante examinación del volumen de cada cangilón, la potencia del motor del elevador y el espaciado entre cangilones en la cinta del elevador.

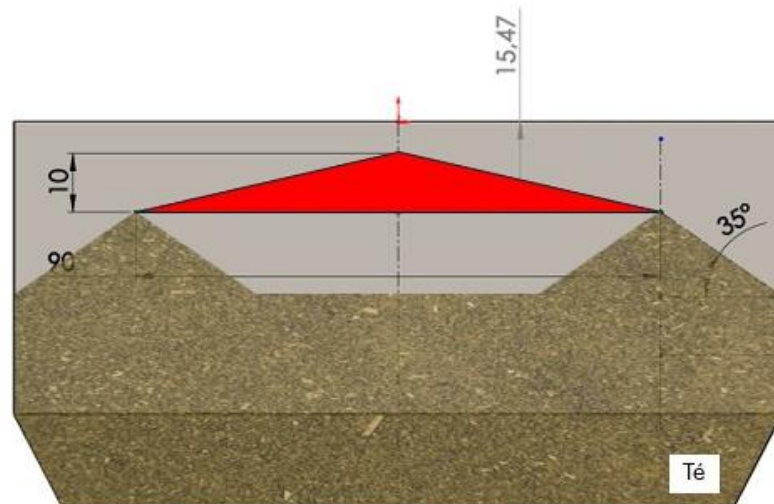


Figura 12. Imagen representativa del dispersor dentro de la tolva

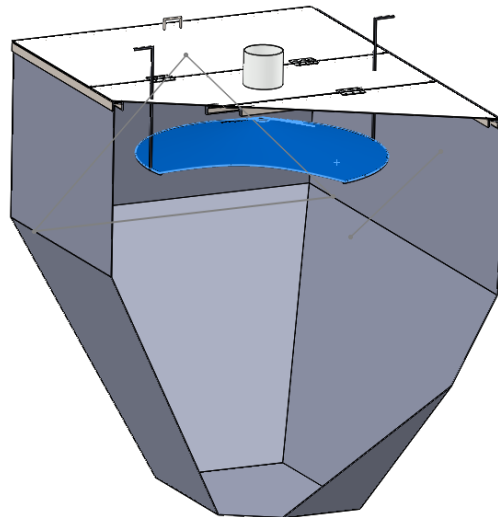


Figura 13. Imagen representativa del dispersor dentro de la tolva

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Estado actual y acciones futuras

COMPONENTE	ESTADO ACTUAL	PRÓXIMAS ACCIONES
Elevador de cangilones	Instalado y en funcionamiento bajo arranque directo.	Integrar al tablero de control automatizado.
Zaranda vibratoria	Montada junto a la tolva principal. Se identificó necesidad de cambiar la malla (de 18 a 16) para aumentar el caudal de despacho.	Realizar cambio de malla y nueva prueba de funcionamiento.
Tolva principal	Completamente montada. Recpta producto desde la zaranda.	Integrar sensorización de nivel.
Cajón distribuidor	Instalado. Fue operado manualmente por operarios para verificar funcionalidad.	Incorporar sistema de accionamiento automático de las clapetas.
Tablero eléctrico y control	Diseño finalizado. Instalado. No funcionando	Instalar y programar el control automatizado. Definir secciones de conductores, canalizaciones y presupuestar todo el circuito eléctrico
Medición de caudales	Realizadas con éxito durante la prueba manual.	Repetir pruebas con accionamiento automático.
Iluminación sector empaquetado	Medida según valores normativos. Algunos sectores con iluminancia insuficiente.	Definir refuerzo lumínico si es necesario.

4. CONCLUSIÓN

El sistema de alimentación automática para empaquetado de té ha superado la etapa de diseño y se encuentra en una fase avanzada de montaje y validación en planta. La incorporación de sensores de nivel y actuadores eléctricos representa un aporte técnico relevante en un entorno que previamente operaba con carga manual.

Durante las pruebas funcionales se validó la operatividad del sistema mecánico de distribución y se identificaron ajustes menores necesarios para optimizar el flujo de producto. Si bien aún se

encuentra pendiente la integración del control automatizado, los ensayos realizados permiten proyectar una mejora sustancial en la higiene del proceso, la seguridad de los operarios y la reducción del tiempo de carga de las tolvas.

La capacidad de producción de las empaquetadoras (90 saquitos por minuto) no se ve alterada por el nuevo sistema, lo que garantiza la compatibilidad con el ritmo actual de trabajo, mejorando sustancialmente las condiciones operativas. Las mejoras sustanciales que aporta este sistema automatizado se verán reflejadas en la cantidad de cajas de té que se elaboran por turno ya que se elimina el tiempo perdido por el operario que tenía que abandonar su puesto de trabajo para realizar la carga manual de las tolvas de las empaquetadoras. Se espera que la puesta en marcha completa del sistema permita cuantificar impactos en eficiencia y trazabilidad del proceso.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] P. Peng, L. Li, Y. Zhao, “Design of Automatic Feed Packaging Machine with Robotic Arm”, International Journal of Scientific Research, vol. 9, no. 6, pp. 45-49, 2020.

[2] M. Tiwari, A. Gupta, “Design and Automation of Food Dispensing and Packaging Machinery using PLC”, International Research Journal of Engineering and Technology, vol. 7, no. 11, pp. 865–869, 2021.

[3] J. Komulainen, “Boosting Efficiency with Industrial Automatic Dosing Lines”, Kometos Oy Tech Reports, 2022. Disponible en: <https://kometos.com/finmodules-plants/boosting-efficiency-with-industrial-automatic-dosing-lines/>

[4] Argentina Productiva 2030 (2023), “Misión 6. Adaptar la producción de alimentos a los desafíos del siglo XXI”. Marzo 2023. [Online]. Disponible: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/06_adaptar_la_produccion_de_alimentos_a_los_desafios_del_siglo_xxi.pdf.

[5] Centro Interdisciplinario de Estudios en Ciencia, Tecnología e Innovación (CIECTI), “Análisis tecnológico sectorial”. 2012. [Online]. Disponible: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/analisis_tecnologico_sectorial.pdf.

[6] R. N. Almeida, P. G. Heck, L. D. Seewald, C. R. Ramírez, R. J. Cabral, M. O. Oliveira, G. Otano, A. Arrieta, y L. Álvarez, “Diseño y construcción de un sistema automático de alimentación de tolvas para empaquetado de té,” en Jornadas de Investigación, Desarrollo Tecnológico, Extensión y Vinculación (JIDeTEV), Facultad de Ingeniería, UNaM, Oberá, Misiones, Argentina, 2024.

[7] M. O. Oliveira, et al., “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE ALIMENTACIÓN DE TOLVAS PARA EMPAQUETADO DE PRODUCTO ALIMENTICIO (16/I1644-FE)”, Expediente FIO 0000283/2024, no publicado.

[8] Jon Hirschtick. (2002). SOLIDWORKS (2019) [Windows 11]. SolidWorks Corporation.

[9] J. D. Castañeda Aguirre & J. A. Díaz Badillo, “Diseño y Simulación de un sistema automático para cargue de una tolva”, M.S., Ingeniería Mecatrónica, Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia, 2015.

[10] Código Alimentario Argentino (Capítulo IV), “Utensilios, recipientes, envases, envolturas, aparatos y accesorios”, 2023. Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/anmat/codigoalimentarioargentino/capitulo-iv>

[11] IRAM 10029, “Iluminación de los lugares de trabajo”, Instituto Argentino de Normalización y Certificación, 1995