

Diseño y Construcción de una Máquina Semiautomática para el Corte de Embutidos en Cubos Uniformes

Design and Construction of a Semi-automatic Machine for Cutting Sausages into Uniform Cubes

Vaquera-González, E.¹

Datos de Adscripción:

¹ Vaquera González, Efraín
Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Lerdo,
División de Ingeniería en Sistemas
ROR ID: <https://ror.org/00davry38>
ROR ID: <https://ror.org/04bjbt12>
efrain.vg@itsled.edu.mx
<https://orcid.org/0009-0002-9123-6977>

Resumen - El presente estudio tiene como objetivo diseñar y construir una máquina semiautomática para el corte de embutidos tipo salchicha en cubos uniformes de cinco centímetros, con la finalidad de mejorar la eficiencia en el proceso de preparación y empaque en la industria alimentaria. El alcance del trabajo abarca desde el diseño mecánico y estructural hasta la implementación de un sistema neumático de accionamiento. La metodología empleada consistió en el desarrollo de una estructura de soporte con perfil ptr, la integración de una mesa de acero inoxidable y la instalación de dos cilindros neumáticos que generan el desplazamiento del producto hacia un sistema de corte basado en una malla metálica con geometría cuadrada. El funcionamiento del equipo se activa mediante un pedal neumático que permite el control del proceso, facilitando el empuje del embutido contra la malla de corte, produciendo cubos homogéneos. El producto resultante es conducido mediante una tolva hacia el área de empaque, donde se dosifica en presentaciones comerciales. Los resultados obtenidos muestran una mejora significativa en la uniformidad del corte y una reducción en los tiempos de procesamiento. Se concluye que la máquina desarrollada representa una solución eficiente y de bajo costo para la automatización parcial del corte de embutidos, contribuyendo a la estandarización del producto y a la optimización del proceso productivo.

Palabras Clave: Automatización, Corte, Embutidos, Neumática, Procesos, Uniformidad

Abstract - The present study aims to design and construct a semi-automatic machine for cutting sausage-type processed meat into uniform five-centimeter cubes, with the purpose of improving efficiency in preparation and packaging processes within the food industry. The scope of the work ranges from mechanical and structural design to the implementation of a pneumatic actuation system. The methodology employed consisted of developing a support structure using steel profiles, integrating a stainless steel worktable, and installing two pneumatic cylinders that

generate the displacement of the product toward a cutting system based on a square-shaped metallic grid. The operation of the equipment is activated by a pneumatic pedal that allows process control, facilitating the pushing of the sausage against the cutting grid to produce uniform cubes. The resulting product is guided through a hopper to the packaging area, where it is portioned into commercial presentations. The results obtained show a significant improvement in cutting uniformity and a reduction in processing times. It is concluded that the developed machine represents an efficient and low-cost solution for the partial automation of sausage cutting, contributing to product standardization and process optimization.

Keywords: Automation, Cutting, Pneumatics, Processes, Sausages, Uniformity

I. INTRODUCCIÓN

La industria alimentaria enfrenta el desafío de mejorar la eficiencia de los procesos productivos sin comprometer la calidad e inocuidad de los productos. En particular, el procesamiento de embutidos requiere operaciones precisas que garanticen uniformidad en tamaño, forma y presentación, factores que influyen directamente en la aceptación del consumidor y en la estandarización de los procesos posteriores, como el empaque y la cocción (Fellows, 2017). Dentro de estas operaciones, el corte del producto representa una etapa crítica, ya que de su precisión depende en gran medida la calidad final del alimento.

Tradicionalmente, en pequeñas y medianas empresas, el corte de embutidos se realiza de manera manual o mediante herramientas de baja complejidad, lo que genera una alta variabilidad en las dimensiones del producto y limita la capacidad de producción. Esta situación no solo afecta la uniformidad del producto, sino que también incrementa los tiempos de procesamiento, los costos operativos y la dependencia de la habilidad del operario. De acuerdo con Singh y Heldman (2014), la mecanización de los procesos en la industria alimentaria permite mejorar la eficiencia y reducir la variabilidad, aspectos fundamentales para garantizar la calidad en la producción.

En contraste, las soluciones industriales disponibles en el mercado, como equipos completamente automatizados para el corte de alimentos, ofrecen altos niveles de precisión y productividad; sin embargo, su elevado costo de adquisición, operación y mantenimiento limita su implementación en unidades productivas de menor escala (Rahman, 2009). Esta brecha tecnológica evidencia la necesidad de desarrollar soluciones

intermedias que combinen eficiencia, accesibilidad económica y facilidad de operación.

Desde el punto de vista de la ingeniería, el diseño de maquinaria para la industria alimentaria implica la integración de múltiples disciplinas, incluyendo el diseño mecánico, la selección de materiales, la automatización y la ergonomía. En este sentido, el uso de materiales como el acero inoxidable resulta fundamental debido a sus propiedades de resistencia a la corrosión, durabilidad y cumplimiento de normativas sanitarias (Smith & Hashemi, 2010). Asimismo, la implementación de sistemas neumáticos representa una alternativa eficiente para la automatización parcial de procesos, debido a su simplicidad, bajo costo relativo y facilidad de mantenimiento (Parr, 2011).

Por otra parte, la uniformidad en el corte de los alimentos es un factor clave en la estandarización de los procesos industriales, ya que influye en variables como el tiempo de cocción, la distribución térmica y la presentación del producto final (Barbosa-Cánovas et al., 2005). En el caso específico del corte en cubos, se requiere un sistema que garantice precisión geométrica y repetibilidad, lo cual puede lograrse mediante el uso de mecanismos guiados y elementos de corte diseñados bajo criterios específicos de ingeniería.

Esta investigación se enfoca en el diseño y fabricación de una máquina semiautomática para el corte de embutidos en cubos uniformes, orientada a atender las necesidades de pequeñas y medianas empresas del sector alimentario. La propuesta integra un sistema mecánico y neumático que permite mejorar la eficiencia del proceso de corte, reducir la intervención manual y garantizar la uniformidad del producto.

La investigación describe de manera detallada el proceso de diseño tridimensional, la selección de materiales, el desarrollo del sistema neumático, la fabricación del equipo y las pruebas de funcionamiento realizadas. Asimismo, se presentan los resultados obtenidos, evidenciando la viabilidad técnica del sistema propuesto como una alternativa accesible y funcional para la optimización de procesos en la industria alimentaria.

II. PARTE TÉCNICA DEL ARTÍCULO

2.1 Descripción de la problemática

En el sector de procesamiento de alimentos, particularmente en la producción de embutidos, el corte del producto en porciones uniformes representa una etapa crítica dentro de la cadena productiva. En muchas pequeñas y medianas empresas, este proceso se realiza de manera manual o mediante herramientas rudimentarias, lo que genera inconsistencias en las dimensiones del producto final. Esta variabilidad no solo afecta la presentación estética, sino también la calidad del producto, el control de porciones y la estandarización requerida para su comercialización.

Adicionalmente, el corte manual implica una alta dependencia de la habilidad del operario, lo que incrementa la probabilidad de errores y reduce la eficiencia del proceso. Esta situación se traduce en tiempos de producción más prolongados, incremento en los costos operativos y un mayor desgaste físico del trabajador, lo que puede derivar en problemas ergonómicos y riesgos laborales. A esto se suma la limitada accesibilidad a maquinaria industrial automatizada, ya que los equipos

disponibles en el mercado suelen tener costos elevados y están diseñados para grandes volúmenes de producción, lo cual resulta poco viable para unidades productivas de menor escala.

Por otra parte, la falta de uniformidad en el corte dificulta la implementación de procesos posteriores, como el empaquetado y la cocción homogénea, afectando directamente la calidad del producto final. En consecuencia, existe una necesidad latente de desarrollar soluciones tecnológicas intermedias que permitan mejorar la precisión del corte sin requerir inversiones excesivas ni sistemas altamente complejos.

2.2 Propuesta de solución

Ante esta problemática, se propone el diseño y manufactura de una máquina semiautomática para el corte de embutidos en cubos uniformes, que permita optimizar el proceso de corte mediante la incorporación de mecanismos mecánicos eficientes y de fácil operación. Esta solución busca reducir la intervención manual directa, garantizando al mismo tiempo una mayor precisión y repetibilidad en las dimensiones del producto.

La máquina está concebida bajo criterios de funcionalidad, accesibilidad y seguridad, integrando componentes que faciliten su fabricación y mantenimiento. Su diseño contempla el uso de materiales aptos para contacto con alimentos, así como un sistema de corte que permita obtener cubos de dimensiones homogéneas mediante un mecanismo guiado y controlado. Asimismo, al tratarse de un sistema semiautomático, se logra un equilibrio entre la automatización del proceso y la reducción de costos, haciéndolo viable para pequeñas y medianas empresas. Entre los beneficios esperados se encuentran la disminución del tiempo de procesamiento, la mejora en la calidad y uniformidad del producto, la reducción del esfuerzo físico del operario y el incremento en la eficiencia general del sistema productivo. De esta manera, la propuesta contribuye a fortalecer la competitividad del sector, ofreciendo una alternativa tecnológica adecuada a las necesidades reales de la industria local.

2.2.1 Metodología experimental

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo de tipo experimental aplicado, con el objetivo de diseñar, construir y evaluar el desempeño de una máquina semiautomática para el corte de embutidos en cubos uniformes. Se realizó una revisión bibliográfica y técnica sobre procesos de corte en la industria alimentaria, así como de mecanismos utilizados en máquinas similares. Con base en esta información, se definieron los requerimientos funcionales del sistema, tales como:

- Dimensiones del producto a procesar
- Tamaño del corte (cubos uniformes)
- Capacidad de producción

Posteriormente, se generaron propuestas de solución mediante modelos CAD, seleccionando la alternativa más viable con base en criterios de factibilidad técnica y económica.

2.3 Diseño 3D de la máquina

El diseño tridimensional de la máquina semiautomática para el corte de embutidos en cubos uniformes fue desarrollado utilizando el software NX de Siemens (como se muestra en la

figura 1), herramienta ampliamente utilizada en el ámbito de la ingeniería para el modelado, simulación y análisis de sistemas mecánicos. Este entorno permitió la integración de los componentes del sistema, facilitando la visualización del ensamble, la detección de interferencias y la optimización del diseño antes de su construcción física.

La estructura principal de la máquina está conformada por un bastidor fabricado con perfiles cuadrados de acero inoxidable de 3 x 3 pulgadas, lo que proporciona la rigidez y estabilidad necesarias durante la operación. Las dimensiones generales del equipo son de 1.35 m de largo, 0.90 m de ancho y 1.00 m de altura, lo cual permite su adecuada integración en espacios de trabajo industriales sin comprometer la ergonomía del operario.

En cuanto a los materiales, se seleccionó acero inoxidable de grado alimenticio para la mayoría de los elementos en contacto con el producto, debido a sus propiedades de resistencia a la corrosión, facilidad de limpieza y cumplimiento de normativas sanitarias en la industria alimentaria. Esta elección garantiza condiciones higiénicas adecuadas durante el procesamiento de los embutidos.

El sistema de corte está basado en el accionamiento de pistones neumáticos de acero inoxidable (Figura 2), los cuales generan el movimiento lineal necesario para empujar el embutido a través de una rejilla de corte ubicada al final del recorrido (Figura 3). Dicha rejilla presenta una configuración cuadrática con aberturas de 3 cm x 3 cm, permitiendo obtener cubos uniformes de estas dimensiones. Este diseño asegura la repetibilidad del proceso y la estandarización del producto final.

Para el control del sistema, se incorporó un pedal neumático, el cual permite al operario accionar los pistones de manera segura y eficiente, manteniendo las manos libres durante la operación. Este elemento contribuye a mejorar la ergonomía y reducir riesgos laborales asociados al proceso de corte.

El modelo tridimensional desarrollado no solo permitió definir la disposición espacial de los componentes, sino también validar el funcionamiento del mecanismo propuesto, asegurando que el diseño cumpla con los requerimientos de funcionalidad, seguridad y manufacturabilidad. En la Figura 1 se muestra el diseño 3D final de la máquina.

Figura 1

Diseño 3D de la máquina cortadora de embutidos.

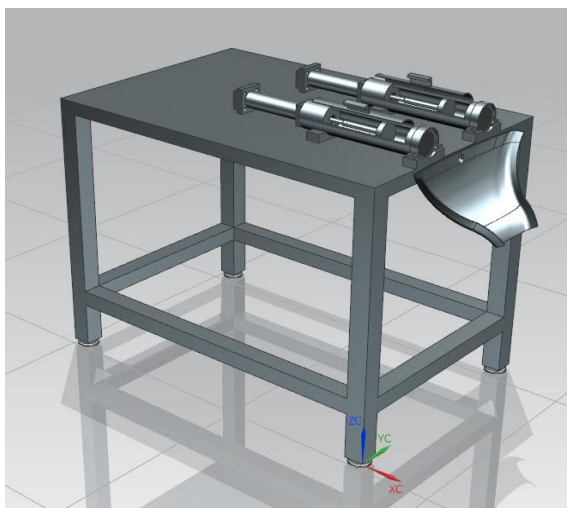


Figura 2

Pistones neumáticos.

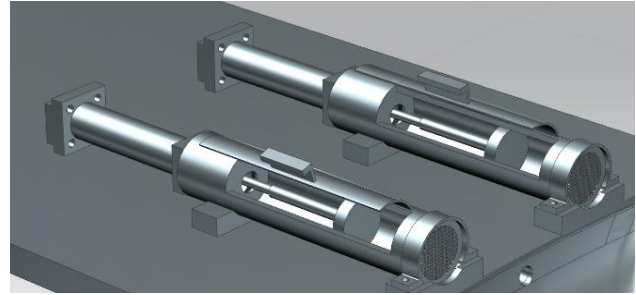
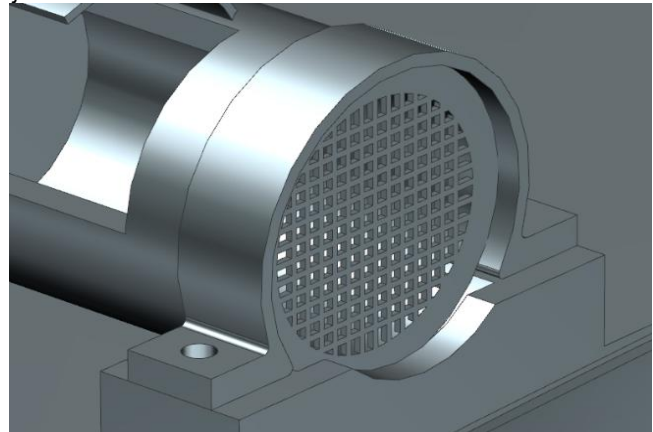


Figura 3

Rejillas cuadráticas.



2.4 Diseño neumático

El sistema neumático de la máquina (Figura 4) fue diseñado para accionar el mecanismo de corte de manera eficiente, segura y controlada, utilizando aire comprimido como fuente de energía. Este sistema permite transformar la energía neumática en movimiento lineal, el cual es empleado para impulsar los embutidos a través de la rejilla de corte, garantizando uniformidad en el producto final.

El diseño contempla la utilización de dos cilindros neumáticos de acero inoxidable con dimensiones de 50 mm de diámetro y 600 mm de carrera, seleccionados en función de la fuerza requerida para el desplazamiento del producto y la longitud necesaria para completar el recorrido de corte. Estos cilindros operan de manera sincronizada, permitiendo una distribución uniforme de la fuerza aplicada sobre el embutido.

El control del movimiento de los cilindros se realiza mediante una válvula direccional 5/2 de pilotaje neumático, la cual permite alternar el suministro de aire entre las cámaras de los cilindros para generar los movimientos de avance y retroceso. El accionamiento del sistema se lleva a cabo a través de un pedal neumático, proporcionando al operario un control sencillo y seguro del proceso, además de mantener libres las manos durante la operación.

Para regular la velocidad de avance y retorno de los cilindros, se incorporaron cuatro reguladores de flujo, los cuales permiten ajustar el caudal de aire en puntos estratégicos del sistema. Esto es fundamental para evitar movimientos bruscos que puedan afectar la integridad del producto o del equipo. Asimismo, el

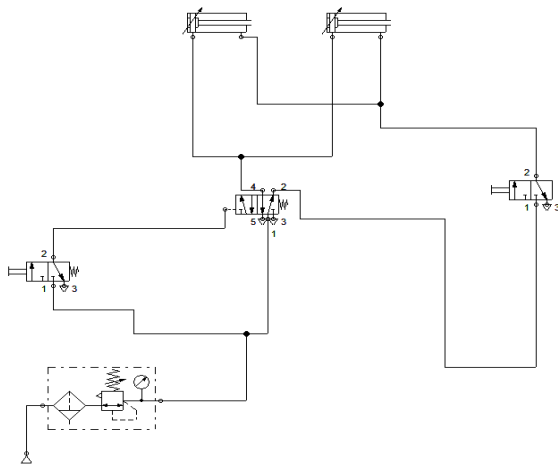
sistema incluye silenciadores instalados en las salidas de aire, con el objetivo de reducir el nivel de ruido generado durante la descarga del aire comprimido.

La red de conducción del aire está conformada por mangueras de 8 mm de diámetro, conectadas mediante conectores neumáticos de 8 mm con rosca de 3/8 y 1/4 de pulgada, así como conexiones tipo "T", que permiten la adecuada distribución del flujo de aire hacia los diferentes componentes del sistema. Esta configuración facilita el ensamble, mantenimiento y posibles modificaciones del sistema neumático.

El acondicionamiento del aire comprimido se realiza mediante una unidad FRL (filtro, regulador y lubricador) de 3/8 de pulgada, la cual garantiza que el aire suministrado esté limpio, con la presión conveniente y con la lubricación idónea para prolongar la vida útil de los componentes neumáticos. Adicionalmente, se incorporó una válvula de corte manual, que permite interrumpir el suministro de aire de manera rápida en caso de mantenimiento o emergencia.

El funcionamiento del sistema inicia cuando el operario acciona el pedal neumático, enviando una señal de pilotaje a la válvula 5/2. Esta válvula dirige el flujo de aire hacia la cámara correspondiente de los cilindros, provocando su extensión y generando el empuje del embutido hacia la rejilla de corte. Una vez completado el recorrido, la válvula invierte su posición, permitiendo el retorno de los cilindros a su posición inicial, preparando el sistema para un nuevo ciclo de operación.

Figura 4
Diagrama Neumático.



2.5 Adquisición de componentes neumáticos

Para la implementación del sistema neumático de la máquina, fue necesaria la selección y adquisición de diversos componentes especializados, como se muestra en la figura 5, los cuales permitieron garantizar el correcto funcionamiento, control y eficiencia del sistema de accionamiento.

Entre los elementos principales se encuentran los cilindros neumáticos de acero inoxidable con dimensiones de 50 mm de diámetro y 600 mm de carrera, seleccionados por su capacidad de generar la fuerza requerida para el proceso de corte.

Asimismo, se adquirieron reguladores de flujo, conectores neumáticos, conexiones tipo "T" y mangueras de 8 mm, los

cuales permiten la adecuada distribución y control del aire comprimido dentro del sistema. Para el control direccional del flujo de aire, se incorporó una válvula 5/2 de pilotaje neumático, así como un pedal neumático que facilita el accionamiento del sistema por parte del operario.

El sistema también incluye elementos auxiliares fundamentales como la unidad de mantenimiento FRL (filtro, regulador y lubricador), encargada de acondicionar el aire comprimido, y una válvula de corte manual, que permite interrumpir el suministro de aire en situaciones de mantenimiento o emergencia. De igual forma, se integraron silenciadores neumáticos, cuya función es reducir el nivel de ruido generado durante la operación del sistema.

La correcta selección de estos componentes, considerando sus especificaciones técnicas y compatibilidad, permitió la construcción de un sistema neumático funcional, seguro y adecuado para las necesidades del proyecto, contribuyendo de manera directa al desempeño eficiente de la máquina desarrollada.

Figura 5
Elementos neumáticos adquiridos.

ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCION	T. ENTREGA	P.UNITARIO	TOTAL
1	2	Cilindro inoxidable 50mm x 600mm	5 dias	\$ 3,650.00	\$ 7,300.00
2	4	Reguladores de flujo mang 8mm rosca 1/4	5 dias	\$ 175.00	\$ 700.00
			5 dias		\$ -
3	1	Válvula 5/2, pilotaje neumático	5 dias	\$ 2,350.00	\$ 2,350.00
4	5	conector recta mang 8mm rosca 3/8	5 dias	\$ 42.00	\$ 210.00
5	2	silenciador 3/8	5 dias	\$ 85.00	\$ 170.00
					\$ -
6	1	Pedal neumático	5 dias	\$ 820.00	\$ 820.00
7	2	conector recta mang 8mm - rosca 1/4		\$ 46.00	\$ 92.00
8	5	T neumática 8mm	5 dias	\$ 62.00	\$ 310.00
			5 dias		\$ -
9	1	Unidad FRL 3/8		\$ 1,867.00	\$ 1,867.00
10	1	válvula de corte manual	5 dias	\$ 465.00	\$ 465.00
11	1	espaciador	5 dias	\$ 76.00	\$ 76.00
12	1	Silenciador para válvula 1/4	5 dias	\$ 85.00	\$ 85.00
13	20	Manguera 8mm (20 metros)	5 dias	\$ 45.00	\$ 900.00

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Proceso de fabricación.

El proceso de fabricación de la máquina semiautomática para el corte de embutidos en cubos uniformes se llevó a cabo siguiendo una secuencia estructurada de etapas, con el objetivo de garantizar la funcionalidad, resistencia mecánica y cumplimiento de las condiciones sanitarias requeridas en la industria alimentaria.

En una primera etapa, se realizó el corte de los perfiles estructurales de acero inoxidable conforme a las dimensiones establecidas en el diseño, correspondientes a la longitud, ancho y altura de la máquina. Para ello, se emplearon herramientas de corte que aseguran precisión dimensional y acabados adecuados en los extremos de los perfiles, permitiendo un correcto ensamble posterior.

Posteriormente, se procedió al ensamble de la estructura principal, utilizando procesos de soldadura adecuados para acero inoxidable de grado alimenticio. Este tipo de soldadura fue seleccionado con el fin de evitar la contaminación del material y garantizar superficies lisas, facilitando la limpieza y el cumplimiento de normativas sanitarias. Una vez ensamblado el bastidor, se verificaron la escuadra, la nivelación y la rigidez estructural del conjunto.

En la siguiente fase, se llevó a cabo la instalación de los componentes mecánicos y neumáticos. Se montaron los cilindros neumáticos en la parte superior de la estructura, asegurando su correcta alineación para un desplazamiento lineal eficiente. Asimismo, se integraron las rejillas de corte con geometría cuadrática, las cuales fueron fijadas en la zona de salida del producto, garantizando su estabilidad durante la operación.

De manera paralela, se realizó la instalación del sistema neumático, incluyendo la colocación de la válvula direccional 5/2, el pedal neumático de accionamiento, la unidad de mantenimiento (FRL), la válvula de corte manual, así como las conexiones, mangueras y accesorios previamente definidos en el diseño. Se verificó la correcta distribución de las líneas de aire, evitando fugas y asegurando un flujo adecuado hacia los actuadores.

Para la fijación de los distintos componentes, se empleó tornillería de acero inoxidable de grado alimenticio, lo cual contribuye a mantener las condiciones higiénicas del equipo y a evitar procesos de corrosión. Finalmente, se realizaron pruebas de funcionamiento del sistema neumático y del mecanismo de corte, evaluando la correcta operación de los cilindros, la respuesta del sistema de control y la uniformidad del producto obtenido.

En la Figura 6 se muestra la máquina construida durante su etapa de pruebas, donde se observa su funcionamiento en condiciones reales de operación.

Figura 6
Construcción de máquina.



3.2 Pruebas de funcionamiento.

Con el objetivo de validar el desempeño de la máquina semiautomática, se llevó a cabo una serie de pruebas de funcionamiento en condiciones reales de operación, utilizando embutido tipo salchicha como materia prima. Estas pruebas permitieron evaluar la eficiencia del sistema neumático, la precisión del mecanismo de corte y la uniformidad del producto obtenido.

Durante la operación, se verificó el correcto accionamiento de los cilindros neumáticos mediante el pedal de control, observándose un desplazamiento uniforme y continuo del producto hacia la rejilla de corte. El sistema respondió de manera adecuada, sin presentar fallas mecánicas ni pérdidas significativas de presión en el circuito neumático.

Como resultado de las pruebas, se obtuvieron cubos de embutido con dimensiones aproximadas de 3 cm x 3 cm, en concordancia con el diseño de la rejilla cuadrática implementada. La geometría de las piezas resultantes fue homogénea, evidenciando una alta repetibilidad en el proceso de corte. Asimismo, se observó que el corte del embutido se realizó de manera limpia y precisa, sin deformaciones significativas ni desintegración del producto.

Adicionalmente, el flujo de salida del producto hacia la zona de recolección fue continuo, lo que demuestra la adecuada integración entre el sistema de empuje y el elemento de corte.

En la Figura 7 se presenta la evidencia del producto obtenido durante la prueba, donde se aprecia la uniformidad en el tamaño de los cubos generados.

En general, los resultados obtenidos pueden considerarse favorables, ya que la máquina cumple con el objetivo de generar cortes uniformes, optimizando el proceso y reduciendo la intervención manual. Esto valida la viabilidad del diseño propuesto como una alternativa eficiente para el procesamiento de embutidos en pequeñas y medianas unidades de producción.

Figura 7

Pruebas de funcionamiento.



3.3 Recomendaciones para la mejora en la máquina.

A partir del desarrollo, construcción y evaluación de la máquina semiautomática para el corte de embutidos, se identificaron diversas áreas de oportunidad que pueden ser consideradas en futuros trabajos con el fin de mejorar el desempeño, la funcionalidad y el alcance de la máquina.

En primer lugar, se recomienda la incorporación de un sistema de automatización electrónica, mediante el uso de controladores lógicos programables (PLC) o microcontroladores, que permita optimizar la secuencia de operación de los cilindros neumáticos. Esto facilitará la programación de ciclos automáticos, la reducción de la intervención del operario y la mejora en la repetibilidad del proceso.

Asimismo, sería conveniente integrar sensores de posición y finales de carrera, con el objetivo de monitorear en tiempo real el desplazamiento de los actuadores y garantizar un control más

preciso del sistema. Esto permitiría incrementar la seguridad operativa y evitar posibles fallas mecánicas derivadas de desajustes en el recorrido de los cilindros.

Otra mejora potencial consiste en el diseño de un sistema de alimentación continua del producto, que permita automatizar la entrada de los embutidos hacia la zona de corte. Esto contribuiría a incrementar la capacidad de producción y reducir los tiempos muertos entre ciclos de operación.

En términos de diseño mecánico, se sugiere explorar la posibilidad de implementar rejillas de corte intercambiables, que permitan variar las dimensiones del producto final según los requerimientos del usuario. De esta manera, la máquina podría adaptarse a diferentes aplicaciones dentro de la industria alimentaria, aumentando su versatilidad.

También se recomienda realizar un análisis estructural detallado, mediante herramientas de simulación como el método de elementos finitos (FEM), con el fin de optimizar el diseño de la estructura y reducir el peso del equipo sin comprometer su resistencia mecánica.

Desde el punto de vista sanitario, se propone mejorar el diseño para facilitar aún más la limpieza, mediante la incorporación de superficies desmontables o sistemas de desmontaje rápido, lo cual es fundamental para cumplir con normativas de inocuidad alimentaria.

Finalmente, se sugiere llevar a cabo pruebas de desempeño a mayor escala, evaluando variables como la productividad, el consumo de aire comprimido, el desgaste de componentes y la durabilidad del sistema en condiciones reales de operación prolongada. Estos estudios permitirían validar la viabilidad del equipo en entornos industriales y fortalecer su potencial de implementación comercial.

La máquina de embutidos construida permitió integrar de manera interdisciplinaria conocimientos de diseño mecánico, sistemas neumáticos y principios de manufactura, evidenciando la importancia de un enfoque sistémico en la solución de problemas industriales.

A lo largo del proyecto, se identificó que la correcta interacción entre los distintos subsistemas (estructura mecánica, sistema de corte y control neumático) es determinante para alcanzar un desempeño eficiente y seguro.

Desde el punto de vista mecánico, el diseño estructural de la máquina demostró ser un factor clave para garantizar la estabilidad durante la operación. La selección de materiales, particularmente el uso de acero inoxidable en las partes en contacto con el producto, no solo responde a criterios de resistencia mecánica, sino también a normativas de higiene en la industria alimentaria. No obstante, durante el desarrollo se identificó que la distribución de esfuerzos y la rigidez estructural pueden optimizarse aún más para minimizar vibraciones y mejorar la precisión del corte.

En cuanto al sistema neumático, su implementación resultó adecuada para lograr movimientos lineales controlados con relativa simplicidad y bajo costo. Sin embargo, se observó que el desempeño del sistema depende en gran medida de variables externas como la calidad del aire comprimido y la correcta regulación del flujo. Esto pone de manifiesto la necesidad de

considerar no solo el diseño del sistema, sino también las condiciones reales de operación y mantenimiento.

Un aspecto relevante del proyecto fue la problemática inicial relacionada con el comportamiento de la mezcla durante el proceso, donde se detectó que el diseño preliminar tendía a proyectar el material hacia arriba, afectando la eficiencia y limpieza del proceso. Este hallazgo permitió replantear el diseño hacia una configuración que mantuviera la mezcla contenida, lo que evidencia la importancia de la experimentación y validación en etapas tempranas del desarrollo.

Asimismo, el sistema de accionamiento mediante pedal neumático facilitó la operación manual, aunque limitó el grado de automatización del proceso. En este sentido, se reconoce como área de oportunidad la incorporación de sistemas de control automatizados (por ejemplo, mediante PLC), que permitan mejorar la repetibilidad, reducir la intervención del operario y aumentar la seguridad operativa.

Desde una perspectiva económica y de aplicabilidad, el proyecto demuestra que es posible desarrollar soluciones funcionales con costos relativamente accesibles, utilizando componentes comerciales y técnicas de manufactura convencionales. No obstante, la escalabilidad del sistema y su implementación en entornos industriales reales requerirían un análisis más profundo en términos de normativas, eficiencia energética y productividad. Esta investigación pone en evidencia que el diseño de maquinaria para la industria alimentaria no solo implica resolver aspectos técnicos, sino también considerar factores como la higiene, la seguridad, la ergonomía y la facilidad de mantenimiento. En conjunto, los resultados obtenidos validan la viabilidad del prototipo desarrollado, al tiempo que abren la puerta a futuras mejoras y líneas de investigación orientadas a la optimización y automatización del sistema.

IV. CONCLUSIONES

El desarrollo de la máquina permitió demostrar la viabilidad de integrar sistemas mecánicos y neumáticos en una solución accesible para el sector alimentario, particularmente en pequeñas y medianas unidades de producción. A partir del diseño, construcción y pruebas realizadas, se comprobó que es posible mejorar significativamente la eficiencia del proceso de corte mediante la automatización parcial del mismo.

El uso de materiales de acero inoxidable de grado alimenticio y componentes neumáticos adecuados garantizó no solo la resistencia mecánica del equipo, sino también el cumplimiento de condiciones higiénicas requeridas en la industria. Asimismo, el diseño estructural proporcionó estabilidad durante la operación, mientras que el sistema neumático permitió un accionamiento controlado, seguro y repetible.

Los resultados obtenidos durante las pruebas de funcionamiento evidenciaron que la máquina es capaz de generar cubos uniformes de aproximadamente 3 cm x 3 cm, cumpliendo con el objetivo planteado. El corte del embutido se realizó de manera precisa y continua, sin deformaciones significativas, lo que valida el correcto funcionamiento del mecanismo de corte y la adecuada sincronización de los actuadores neumáticos.

Adicionalmente, se logró reducir la dependencia del trabajo manual, disminuyendo el esfuerzo físico del operario y mejorando las condiciones de seguridad durante la operación. Esto representa una ventaja importante frente a los métodos tradicionales de corte, contribuyendo a la estandarización del producto y a la optimización del tiempo de procesamiento. La máquina desarrollada constituye una alternativa tecnológica eficiente, funcional y económicamente viable, con potencial de implementación en la industria alimentaria local. Como trabajo futuro, se recomienda incorporar sistemas de automatización más avanzados, como control electrónico o sensores, que permitan optimizar aún más el proceso y aumentar la productividad del equipo.

V. AGRADECIMIENTOS

El autor expresa su más sincero agradecimiento al Tecnológico Nacional de México (TecNM) por su compromiso constante con el fortalecimiento de la educación superior tecnológica, así como por promover el desarrollo de la investigación científica y la innovación en el ámbito de la ingeniería. Su respaldo institucional ha sido fundamental para la generación de proyectos que contribuyen al desarrollo tecnológico y a la solución de problemáticas reales en el sector productivo.

De igual manera, se reconoce y agradece al Instituto Tecnológico Superior de Lerdo por las facilidades otorgadas para la realización del presente proyecto, incluyendo el acceso a infraestructura, recursos materiales y apoyo académico. La disposición de la institución para fomentar espacios de aprendizaje práctico y aplicado ha sido clave en la consolidación de este trabajo.

Asimismo, se extiende un agradecimiento a los docentes, investigadores y colaboradores que, directa o indirectamente, participaron en el desarrollo del proyecto, aportando sus conocimientos, experiencia y orientación a lo largo de las distintas etapas del mismo. Su acompañamiento fue esencial para el logro de los objetivos planteados.

Los trabajos colaborativos como el aquí presentado ponen de manifiesto la importancia de la vinculación efectiva entre la academia, las instituciones educativas y el sector productivo. Esta sinergia no solo fortalece la formación integral de los estudiantes y docentes, sino que también impulsa la generación de soluciones innovadoras con impacto real en la industria, promoviendo así el desarrollo económico y tecnológico de la región.

VI. REFERENCIAS

- Barbosa-Cánovas, G. V., Ortega-Rivas, E., Juliano, P., & Yan, H. (2005). *Food powders: Physical properties, processing, and functionality*. Springer.
- Bolton, W. (2015). *Pneumatic and hydraulic systems* (2nd ed.). Elsevier.
- Budynas, R. G., & Nisbett, J. K. (2020). *Shigley's mechanical engineering design* (11th ed.). McGraw-Hill.
- Fellows, P. J. (2017). *Food processing technology: Principles and practice* (4th ed.). Woodhead Publishing.
- Kalpakjian, S., & Schmid, S. R. (2014). *Manufacturing engineering and technology* (7th ed.). Pearson.
- Parr, A. (2011). *Hydraulics and pneumatics: A technician's and engineer's guide* (3rd ed.). Butterworth-Heinemann.
- Rahman, M. S. (2009). *Food properties handbook* (2nd ed.). CRC Press.
- Singh, R. P., & Heldman, D. R. (2014). *Introduction to food engineering* (5th ed.). Academic Press.
- Smith, W. F., & Hashemi, J. (2010). *Foundations of materials science and engineering* (5th ed.). McGraw-Hill.
- Totten, G. E. (Ed.). (2006). *Steel heat treatment: Metallurgy and technologies*. CRC Press.
- Ashby, M. F. (2011). *Materials selection in mechanical design* (4th ed.). Butterworth-Heinemann.
- Cengel, Y. A., & Boles, M. A. (2019). *Thermodynamics: An engineering approach* (9th ed.). McGraw-Hill.
- Çengel, Y. A., & Turner, R. H. (2012). *Fundamentals of thermal-fluid sciences* (4th ed.). McGraw-Hill.
- Groover, M. P. (2020). *Fundamentals of modern manufacturing: Materials, processes, and systems* (7th ed.). Wiley.
- Kutz, M. (Ed.). (2011). *Mechanical engineers' handbook* (4th ed.). Wiley.
- Mott, R. L. (2013). *Applied fluid mechanics* (7th ed.). Pearson.
- Norton, R. L. (2020). *Design of machinery: An introduction to the synthesis and analysis of mechanisms and machines* (6th ed.). McGraw-Hill.
- Owen, J., & Croft, E. (2015). *Industrial pneumatics handbook*. McGraw-Hill.
- Rao, S. S. (2011). *Mechanical vibrations* (5th ed.). Pearson.
- Sharma, S. K., Mulvaney, S. J., & Rizvi, S. S. H. (2003). *Food process engineering: Theory and laboratory experiments*. Wiley.
- Singh, J., & Cadwallader, K. R. (2016). *Food processing: Principles and applications* (2nd ed.). Wiley-Blackwell.
- Toledo, R. T. (2007). *Fundamentals of food process engineering* (3rd ed.). Springer.
- Wakil, S. D. (2014). *Processes and design for manufacturing* (4th ed.). CRC Press.

No.	Rol	Descripción.
1	Conceptualización [Conceptualization]	Efrain Vaquera González
2	Curación de datos [Data curation]	Efrain Vaquera González
3	Análisis formal [Formal analysis]	Efrain Vaquera González
4	Obtención de fondos [Funding acquisition]	Efrain Vaquera González
5	Investigación [Investigation]	Efrain Vaquera González
6	Metodología [Methodology]	Efrain Vaquera González
7	Administración del proyecto [Project administration]	Efrain Vaquera González
8	Recursos [Resources]	Efrain Vaquera González
9	Software [Software]	Efrain Vaquera González
10	Supervisión [Supervision]	Efrain Vaquera González
11	Validación [Validation]	Efrain Vaquera González
12	Visualización [Visualization]	Efrain Vaquera González
13	Redacción - borrador original [Writing – original draft]	Efrain Vaquera González
14	Redacción - revisión y edición [Writing – review & editing]	Efrain Vaquera González