

**MAQUINA PARA LA ELABORACIÓN DE QUESOS ARTESANALES CON CICLOS
AUTOMÁTICOS PARA LA COMUNIDAD DE SAN PEDRO DE LOS MILAGROS.**

**JOHN NICOLAS ACEVEDO ORTIZ
JUAN MANUEL GOMEZ MIRA**



**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
FACULTAD DE INGENIERÍA
TECNOLOGÍA ELÉCTRICA
MEDELLÍN
2024**

**MAQUINA PARA LA ELABORACIÓN DE QUESOS ARTESANALES CON CICLOS
AUTOMÁTICOS PARA LA COMUNIDAD DE SAN PEDRO DE LOS MILAGROS.**

**JOHN NICOLAS ACEVEDO ORTIZ
JUAN MANUEL GOMEZ MIRA**

**TRABAJO DE GRADO PRESENTADO COMO REQUISITO PARA OPTAR AL
TÍTULO DE TECNÓLOGO ELECTRICISTA**

**ELKIN MAURICIO GONZALES MONTOYA
INGENIERO MECANICO**

**SERGIO ANDRES ESTRADA MESA
INGENIERO ELECTROMECHANICO**

**INSTITUCIÓN UNIVERSIARIA PASCUAL BRAVO
FACULTAD DE INGENIERÍA
TECNOLOGÍA ELÉCTRICA
MEDELLÍN**

2024

CONTENIDO

1.	Planteamiento del problema	3
1.1	Descripción.....	3
1.2	Formulación.....	4
2.	Justificación.....	5
3.	Objetivos	6
3.1	Objetivo general	6
3.2	Objetivos específicos.....	6
4.	Referentes teóricos.....	7
4.1	Proceso de elaboración del queso.....	7
4.2	Materiales y su resistencia.....	7
4.10	Derivados de la leche.....	9
6.	Descripción técnica del proyecto.....	13
7.	Metodología	15
7.1	Tipo de proyecto	15
7.2	Método	15
8.	Resultados de la propuesta	18
9.	Recursos.....	31
9.1	Humanos	31
9.2	Técnicos.....	31
9.3	Presupuesto	32
10.	Cronograma de actividades.....	33
12.	Referencias bibliográficas.....	34
13.	Anexos.....	36
13.1	Código microcontrolador 328P	36

Tabla de figuras

Figura 1. Olla seleccionada para realizar la máquina.....	18
Figura 2. Estructura mecánica máquina para la elaboración de quesos artesanales. Fuente: autor	19
Figura 3. Estructura mecánica máquina para la elaboración de quesos artesanales. Soporte para prensa. Fuente: autor	19
Figura 4. Recipiente numero 1 con su respectiva perforación. Fuente: autor	20
Figura 5. Recipiente para el prensado y escurrido del suero. Fuente: autor	20
Figura 6. Pala mezcladora. Fuente: autor	21
Figura 7. Orificios pala mezcladora. Fuente: autor	21
Figura 8. Diseño estructura de la máquina para elaborar quesos artesanales. Fuente: autor...	22
Figura 9. Estructura mecánica de la máquina.Fuente: autor.....	23
Figura 10. Imagen del motor seleccionado. Fuente: autor.....	24
Figura 11. Fuente de poder para la máquina. Fuente: autor	24
Figura 12. Circuito equivalente motor. Fuente: autor	25
Figura 13. Diagrama de flujo. Fuente: autor	28
Figura 14. Simulación del circuito en el programa Tinkercad. Fuente: autor	29
Figura 15. Diagrama GRAFCET Maquina elaboración de quesos artesanales. Fuente: autor	30
Figura 16. Implementación del Arduino, con sus componentes. Fuente: autor	30

Introducción

La producción de quesos artesanales en la zona de San Pedro de los Milagros ha enfrentado desafíos significativos debido a la elaboración manual, un proceso laborioso y limitante en términos de eficiencia y capacidad de producción. En este contexto, surge la necesidad de implementar una solución innovadora que permita automatizar el proceso de elaboración de quesos, mejorando la eficiencia y facilitando el acceso a esta tecnología en comunidades de bajos recursos.

El costo de implementación y tamaño de tecnologías existentes presentan un obstáculo para el desarrollo de la producción de queso en la región. La implementación de una máquina con ciclos automáticos alimentada por energía eléctrica no solo podría superar estas limitaciones, sino que también abriría nuevas oportunidades para aumentar la producción de queso en menos tiempo y con menor esfuerzo físico.

Este proyecto se enfoca en el diseño y desarrollo de una máquina automatizada para la elaboración de quesos artesanales, específicamente adaptada a las necesidades y recursos de la comunidad de San Pedro de los Milagros. La asequibilidad y facilidad de mantenimiento son aspectos fundamentales a considerar, ya que la máquina está destinada a comunidades con recursos limitados.

La formulación del problema se centra en la pregunta clave: ¿Se puede diseñar e implementar una máquina automatizada para la elaboración de quesos artesanales que sea alimentada con energía eléctrica y accesible para las comunidades de bajos recursos en San Pedro de los Milagros?

La justificación de este proyecto se basa en la necesidad urgente de mejorar la eficiencia y la capacidad de producción de queso en la comunidad, superando las limitaciones impuestas por los métodos manuales tradicionales. La implementación de una máquina automatizada no solo busca optimizar los procesos, sino también garantizar la consistencia y calidad del producto final.

Los objetivos generales y específicos se delimitan con el propósito de guiar el desarrollo de la máquina de quesos, desde la construcción de la estructura hasta la programación del sistema de control y la garantía de seguridad eléctrica.

Los referentes teóricos abarcan diversas áreas, desde el proceso de elaboración del queso hasta los conceptos de resistencia de materiales, sistemas de transmisión de movimiento, seguridad alimentaria, electricidad y electrónica, programación de PLCs, eficiencia energética, automatización y control de procesos, seguridad eléctrica y programación de Arduino. Estos conocimientos teóricos proporcionan la base necesaria para abordar de manera integral los desafíos planteados en este proyecto.

La descripción técnica del proyecto detalla la implementación de una máquina eléctrica compuesta por dos tanques especializados para las diferentes fases de la producción de queso, con el objetivo de mejorar la eficiencia y accesibilidad para comunidades de bajos recursos.

Finalmente, se presentan los resultados anticipados, la metodología a seguir, que incluye un enfoque experimental y pasos específicos desde el diseño hasta la implementación y prueba de la máquina, y se destaca la importancia de una interfaz de usuario intuitiva para maximizar la efectividad del sistema.

1. Planteamiento del problema

1.1 Descripción

Actualmente, la elaboración de quesos en la zona de San Pedro de los Milagros se lleva a cabo de forma manual, un proceso que puede resultar laborioso, ineficiente y limitante para la producción. La implementación de una máquina que funcione con ciclos automáticos y sea alimentada con energía eléctrica podría significativamente mejorar la eficiencia en la producción de queso. Esto permitiría a la comunidad aumentar la producción de queso en menos tiempo y con menor esfuerzo físico.

Es importante destacar que, al estar dirigida a comunidades de bajos recursos, la máquina debería ser asequible y fácil de mantener. En la actualidad, la elaboración artesanal de quesos en la comunidad de San Pedro de los Milagros se realiza de manera manual, lo que puede resultar laborioso y consumir mucho tiempo, limitando así la cantidad de queso producido.

Además, es crucial considerar que las comunidades con recursos limitados pueden enfrentar dificultades para adquirir las herramientas y equipos necesarios para una producción eficiente de queso, lo que afecta directamente su capacidad para aumentar la producción y mejorar la calidad del producto final.

La falta de acceso a tecnologías de producción automatizadas se presenta como un obstáculo significativo. Las máquinas de elaboración de queso con ciclos automáticos suelen ser costosas y, por ende, pueden estar fuera del alcance financiero de comunidades con bajos recursos económicos. En este sentido, la búsqueda de soluciones asequibles y de fácil mantenimiento se convierte en un factor clave para el éxito de la implementación de dicha maquinaria en la comunidad.

1.2 Formulación

¿Se puede diseñar e implementar una máquina automatizada para la elaboración de quesos artesanales que sea alimentada con energía eléctrica y sea accesible para las comunidades de bajos recursos en San Pedro de los Milagros?

2. Justificación

Para el desarrollo de una máquina automatizada destinada a la producción de quesos artesanales en San Pedro de los Milagros se fundamenta en la urgente necesidad de superar los desafíos inherentes a la elaboración manual de queso en la región. Esta implementación no solo busca aumentar la eficiencia y capacidad de producción, sino también abordar obstáculos financieros y de recursos que actualmente limitan el desarrollo de la industria quesera local. La accesibilidad y asequibilidad de esta tecnología son aspectos cruciales, especialmente en comunidades con recursos limitados, donde la introducción de una máquina automatizada podría revolucionar la forma en que se produce queso, facilitando su adopción y utilización por parte de los productores locales. Además, la automatización promete asegurar una mayor consistencia y calidad en el producto final, lo que beneficia tanto a los productores como a los consumidores, consolidando así una industria quesera más sólida y competitiva en la región. Esta necesidad se ve respaldada por el testimonio del trabajador Leonel García Méndez de una finca dedicada a la producción láctea, quien durante una visita confirmó la importancia de una máquina que ayude a automatizar el proceso de elaboración del queso. García Méndez expresó que la implementación de una máquina automatizada liberaría tiempo para otras actividades esenciales en la finca y lamentó la falta de opciones disponibles en el mercado para productores a pequeña escala como ellos.

3. Objetivos

3.1 Objetivo general

Construir una máquina para la elaboración de quesos artesanales que opere con ciclos automáticos y alimentada con energía eléctrica para comunidades de bajos recursos en el municipio de San pedro de los Milagros.

3.2 Objetivos específicos

- Modelar computacionalmente y construir la estructura para la elaboración de quesos artesanales.
- Diseñar el sistema de control para suministro de energía eléctrica que permita automatizar el proceso de la elaboración de quesos.
- Desarrollar un Programa de control basado en máquinas de estado para la operación automática programable de la Maquina de quesos.

4. Referentes teóricos

4.1 Proceso de elaboración del queso

Según (Universidad Nacional de la plata , 2020) la elaboración del queso implica la coagulación de la leche mediante diversos medios, como el cuajo, enzimas, bacterias o ácidos, lo que resulta en la separación del suero de la leche. Este proceso puede realizarse en recipientes de diferentes materiales, donde la leche fermenta y se acidifica. La coagulación adecuada de la leche produce un gel que se separa del suero, y al eliminar la mayor parte de este último, se obtiene la cuajada, que puede ser procesada para producir diferentes tipos de queso, ya sea fresco o madurado.

4.2 Materiales y su resistencia

La resistencia de materiales es una ciencia que estudia la capacidad de los materiales para soportar fuerzas sin romperse o deformarse. Se basa en la mecánica, matemáticas, física y ciencia de materiales. Es fundamental para construir máquinas, edificios y estructuras seguras y eficientes. (Romero Garcia, 2013)

4.3. Sistemas de transmisión de movimiento.

Las transmisiones mecánicas son conjuntos de mecanismos utilizados para llevar la energía mecánica desde una fuente de energía, como una máquina o un motor, hacia los componentes de trabajo de otra máquina. Estas transmisiones pueden modificar la velocidad, la fuerza o el momento de la energía, y en ocasiones también alterar el tipo y la forma del movimiento. (Flores García, 2012)

4.4 Seguridad alimentaria.

La problemática alimentaria en el mundo, resaltando crisis en producción, distribución y consumo. Se propone abordarla desde el concepto de Seguridad Alimentaria, considerando aspectos ecológicos, tecnológicos, económicos, nutricionales, sociales y culturales. Se destaca la necesidad de una intervención activa del Estado y la academia para regular la cadena alimentaria, contrarrestando la influencia dominante del mercado. (Aguirre, 2004)

4.5 Placas programables con microcontroladores

La función consiste en llevar a cabo las estrategias de control y protección eléctrica de manera automatizada en una máquina o proceso. Estas estrategias, que son algoritmos de control, se implementan en tiempo real, es decir, a la velocidad más rápida posible que permita la respuesta dinámica de la máquina o proceso. Por lo general, esta tarea se realiza en lo que se conoce como la "estación de control". (Ortiz Rosas, 2018)

4.6 Eficiencia energética.

La eficiencia energética global se evidencia en vehículos, electrodomésticos y lámparas más eficientes, sin embargo, solo el 37% de la energía primaria se convierte en útil. Se persigue reducir el consumo manteniendo el servicio mediante mejores tecnologías y hábitos de uso. Las políticas de conservación de energía se aplican en diversos países, logrando beneficios económicos y contribuyendo a la mitigación del calentamiento global. (Poveda, 2007)

4.7 Automatización y control de procesos.

La automatización de un proceso industrial implica integrar una serie de componentes y dispositivos tecnológicos en la maquinaria, conjunto o equipo industrial para garantizar su control y funcionamiento óptimo. Este sistema automatizado debe ser capaz de responder tanto a situaciones predefinidas como a eventos imprevistos, con el objetivo de optimizar tanto el proceso en sí como el trabajo de los recursos humanos involucrados, procurando siempre situarlos en la posición más favorable posible. (Moreno, 2001)

4.8 Seguridad eléctrica

La seguridad, desde una perspectiva integral y sistémica, es crucial para el funcionamiento de un sistema y la vida humana. Este trabajo analiza los problemas de seguridad de las personas en el entorno eléctrico, incluyendo sistemas completos, partes de un sistema y partes de una instalación o edificación. Se define la seguridad como el estado de riesgo aceptable o la actitud mental de las personas en un entorno determinado. El objetivo es estudiar la influencia de las nuevas tecnologías en la seguridad del entorno eléctrico. (Castro, 2010)

4.9 Programación (Arduino).

Arduino es una plataforma de prototipos electrónicos de código abierto, que se apoya en hardware y software flexibles y accesibles. Está diseñado para ser utilizado por artistas, diseñadores, entusiastas y cualquier persona interesada en crear objetos o entornos interactivos. Con Arduino, es posible percibir el entorno mediante la recepción de datos de diversos sensores y actuar sobre él controlando luces, motores y otros dispositivos. (Herrador, 2009)

4.10 Derivados de la leche

Según (Ablan De florez & Abreu Olivo, 2003), algunos derivados de la leche son:

Leche en polvo completa: Esta categoría abarca todas las variantes de leche en polvo disponibles en el país, excluyendo las variedades descremadas y las destinadas a la alimentación infantil.

Quesos: En este grupo se engloban los quesos fabricados en la industria, así como el queso artesanal producido en granjas. Este último comprende la totalidad de la leche sin procesar utilizada en la granja, ya sea para consumo propio o para la elaboración de quesos que eventualmente serán comercializados.

Leche pasteurizada: Esta clasificación incluye tanto la leche pasteurizada como la leche esterilizada de larga duración.

Otros productos lácteos industriales: Este término abarca la leche evaporada, la leche condensada, la leche en polvo desnatada, la crema de leche y otros derivados lácteos no mencionados anteriormente.

5. Estado del arte

En la actualidad, se observa una clara tendencia hacia la actualización, mejora y eficiencia en los procesos que involucran mano de obra humana. Esta necesidad ha impulsado la integración de equipos mecánicos semiautomatizados de control en diversas industrias, incluida la láctea. En este sentido, las máquinas queseras disponibles en el mercado permiten a la industria láctea optimizar sus procesos y ajustar parámetros de producción. Este interés también se refleja en el creciente enfoque de Colombia hacia la industrialización a gran escala en la producción de queso (De Vargas, 2021). Sin embargo, es importante destacar que, si bien estas mejoras benefician a las industrias en general, el objetivo primordial de este proyecto es mejorar las condiciones de los pequeños ganaderos en el municipio de San Pedro de los Milagros.

En cuanto al proceso de elaboración del queso duro, tradicionalmente se ha llevado a cabo de manera manual, desde la coagulación del cuajo hasta el prensado de la proteína para su compactación. Este método ha perdurado a lo largo del tiempo, aunque con algunas variaciones.

Es relevante mencionar que hasta el momento no se han encontrado trabajos centrados en la producción y elaboración de quesos artesanales. En contraste, la mayoría de los trabajos de investigación se han enfocado en el ámbito industrial. Por ejemplo, en el trabajo de grado "Diseño de equipo hiladora del queso para la producción de productos queseros a escala industrial" de la Universidad de Antioquia (De Vargas, 2021), se diseñó una máquina con capacidad para hilar 900 kg de cuajada por ciclo, con un sistema de transmisión de potencia de 3 ejes, elaborado en acero inoxidable AISI 304 para cumplir con estándares de calidad.

Otro ejemplo lo encontramos en la tesis de grado "Diseño e implementación de una máquina prensadora semiautomática para la elaboración de quesos" de la Universidad Politécnica de Salamanca, en Ecuador (Bohórquez & Ushiña, 2023), donde se destaca que el prensado semiautomático basado en sistemas neumáticos reduce significativamente el tiempo de extracción del suero en comparación con los métodos manuales. Este proyecto también incluyó el diseño de

un circuito de control que regula la fuerza medida por una galga extensiométrica, utilizando un microcontrolador Arduino.

También se puede tener en cuenta el trabajo realizado por unos jóvenes de la facultad de ingeniería (Reyes Herrera & Vergara Baldovino, Automatización del proceso de elaboración de queso, 2016), en el cual llevaron a cabo la investigación de automatización del proceso de elaboración de queso, centrándose en la automatización del proceso de producción de queso costeño, comúnmente consumido en la costa atlántica. La metodología utilizada se basó en el control lógico programable (PLC) y tanques con capacidad de 1500 litros de leche.

Otra investigación y proyecto relevantes son el diseño de un sistema automatizado para las etapas de pasteurización e hilado en el proceso de elaboración de queso de la empresa Del Altiplano Productos Lácteos del municipio de Jenesano – Boyacá, . El objetivo principal de este proyecto fue diseñar un sistema automatizado para la pasteurización e hilado en el proceso de producción de queso en la empresa “Del Altiplano Productos Lácteos” mediante la utilización de PLC (Controlador Lógico Programable) y sensores industriales para controlar los actuadores ya presentes en el proceso de producción. Además, se diseñó una interfaz hombre-máquina que permitirá al operario visualizar y controlar el proceso.

Se puede mencionar también el proyecto de tesis "Sistema automatizado para el proceso de pasteurización y cuajada de leche en la elaboración de queso fresco para el consorcio de lácteos Tungurahua" de la Universidad Técnica de Ambato en Ecuador (Salazar & Crespo, 2020) En este proyecto, se concluyó que el método artesanal no era adecuado debido al esfuerzo físico prolongado requerido por el operador. Esto llevó a la implementación de un sistema automatizado que permite el control de actuadores, sensores y parámetros del proceso, ofreciendo dos modos de operación: manual y automático.

6. Descripción técnica del proyecto

Este proyecto responde a la necesidad evidente en la comunidad de San Pedro de los Milagros, donde la producción artesanal de queso se ve limitada por la laboriosa tarea de supervisar cada etapa del proceso de manera manual. Esta situación no solo consume tiempo, sino que también impide la optimización de recursos y la posibilidad de dedicarse a otras actividades productivas. Ante esta problemática, se propone la implementación de una máquina eléctrica tipo mecano, diseñada para ejecutar ciclos automáticos y así liberar a los productores de la carga laboral asociada con la elaboración de quesos.

La estructura mecánica de la máquina, dividida en dos partes, brinda el soporte necesario para llevar a cabo cada fase del proceso de producción. En la parte superior, el primer contenedor almacena la leche, que se mezcla con cuajo y sal mediante un aspa de aluminio con ranuras para homogeneizar la mezcla y facilitar el posterior proceso de corte. Una vez completada esta etapa, la mezcla se dirige hacia la parte inferior de la máquina, donde otros contenedores reciben el producto para llevar a cabo el desuerado y el prensado.

Los motores y la electroválvula desempeñan un papel crucial en la ejecución eficiente del proceso. Mientras un motor impulsa las aspas de aluminio para homogeneizar y cortar la mezcla en el primer contenedor, otro motor acciona un tornillo sin fin que realiza el proceso de prensado en la parte inferior. La electroválvula, por su parte, controla el flujo de líquido entre los contenedores para garantizar un proceso fluido y preciso.

El control de todo el sistema se confía a una placa programable Arduino, que coordina las acciones de los motores, la electroválvula y otros componentes. Un pulsador inicia el proceso, mientras los relés permiten el funcionamiento de los motores y la electroválvula. Además, un sensor ultrasónico de distancia garantiza la seguridad y eficacia del proceso al detectar la profundidad del contenido en los contenedores.

La implementación de esta máquina eléctrica para la elaboración de quesos artesanales no solo representa una mejora significativa en la eficiencia y calidad de la producción, sino que también ofrece la oportunidad de aumentar la producción y garantizar un producto final consistente. Al automatizar estos procesos, se brinda a las comunidades de bajos recursos una herramienta accesible y fácil de usar, contribuyendo así al desarrollo económico y social de la región.

7. Metodología

7.1 Tipo de proyecto

En este proyecto de desarrollo experimental, se aplican conocimientos y técnicas existentes para construir una máquina destinada a la elaboración de quesos artesanales en comunidades de bajos recursos del municipio de San Pedro de los Milagros. Se aprovecha tanto el conocimiento tradicional de las comunidades queseras como los principios tecnológicos disponibles. El objetivo principal es crear una máquina física que opere con ciclos automáticos y esté alimentada con energía eléctrica, facilitando así el proceso de elaboración de los quesos. Esto implica el diseño y la construcción de una solución concreta y práctica que pueda ser utilizada por las comunidades destinatarias.

7.2 Método

Para el desarrollo de este proyecto, se comenzó con el diseño a mano alzada de la máquina, aplicando las normas técnicas colombianas (NTC 1594). En este diseño se tuvieron en cuenta cada uno de los procesos necesarios para la elaboración de quesos, con el objetivo de hacer que este proceso se realizara de forma continua. Luego de establecer una base, se utilizó una licencia institucional del programa Autodesk Inventor, adquirida a través de la institución, para la modelación 3D. Esto se hizo con el fin de diseñar en detalle cada una de las partes.

Previo a su uso, se completó un curso de capacitación en el manejo del software a través de la plataforma YouTube, donde se adquirieron habilidades en el uso de las herramientas necesarias para llevar a cabo el despiece de la máquina y comprender su estructura mecánica. Una vez obtenidos los diseños en el programa mencionado, se inició la fase constructiva, la cual se llevó a cabo en los laboratorios de soldadura de la Institución Universitaria Pascual Bravo. Allí se impartieron capacitaciones adecuadas para el uso de los implementos de protección personal y también en el manejo de los equipos de soldadura.

Para la formación de la estructura, se compraron ángulos de acero, los cuales fueron cortados con una pulidora. También se realizaron los cortes necesarios en los lugares donde se efectuarían los ensamblajes. Se llevó a cabo la selección de los materiales necesarios para la elaboración física de la máquina, consultando las normas y entidades que regulan la manipulación de los alimentos, como la NTC Colombiana 947-1, el INVIMA, el INS y la Resolución 4143 de 2012, que establece los requisitos sanitarios para los materiales, objetos, envases y equipos plásticos y elastoméricos destinados a entrar en contacto con alimentos y bebidas para consumo humano en el territorio nacional. Por este motivo, se optó por el aluminio para las partes que entran en contacto directo con el alimento, debido a que tiene un precio más económico que el acero inoxidable y también cuenta con propiedades resistentes a la corrosión.

Para la parte del contenedor, se seleccionó una olla de aluminio con capacidad para 30 litros, debido a que era más fácil de conseguir en el mercado. A dicha olla se le hizo una perforación con una broca sierra de una pulgada para permitir acoplar en la parte inferior un racor macho, con el fin de permitir la salida de la proteína y el suero almacenado en este contenedor. El ensamblaje del racor macho a la olla se realizó utilizando una resina llamada Sintesolda. Posteriormente, para la conducción del suero, se utilizó una manguera transparente de 1", a la cual se le agregó un inserto PDT de 1" para acoplarse al racor macho que se añadió a la olla.

Se realiza la correcta selección de los componentes electromecánicos, fundamentales para automatizar el proceso de elaboración del queso. Para ello, se llevan a cabo los cálculos de la densidad de la leche tanto en su estado líquido como en su estado sólido. Basándose en estos cálculos, se analiza el torque requerido en el primer motor. Posteriormente, se selecciona la electroválvula que permite el paso del suero y la proteína cortada. Además, se elige otro motor que sirve como guía para el prensado de la máquina. También se realiza un análisis en el mercado de los métodos de prensado disponibles para determinar cuál se adapta mejor al torque del motor.

Para el desarrollo de la parte de control, se elaboró un diagrama GRAFCET para tener un esquema lógico de cómo se iba a implementar el control de los componentes electromecánicos de la máquina. Este se realizó en el programa Cade Simu, el cual cuenta con licencia libre. Luego de

implementar este sistema, se evaluaron los elementos electrónicos necesarios para este control. Este proceso se llevó a cabo en el laboratorio de mecatrónica de la universidad, donde se recibió asesoría sobre qué programa era necesario para la implementación de la máquina. Según el tipo de salidas lógicas requeridas, se optó por trabajar con la placa programable Arduino 1.

Posteriormente, se comenzó a realizar el montaje de los componentes necesarios mediante un simulador web llamado Tinkercad, para el cual la universidad tiene licencia. En este simulador, se realizaron los montajes iniciales, que incluyeron dos relés: uno para el primer motor, encargado del mezclado y cortado de la máquina, y otro para abrir el paso en la electroválvula. Además, se utilizó un sensor ultrasónico para medir la distancia. Este sensor se configuró para apagar el motor 1 (mezclado y cortado) y encender la electroválvula cuando la profundidad de la olla alcanzara los 27 cm. También se empleó un solo puente H, encargado de hacer que el segundo motor iniciara el proceso de prensado y posteriormente invirtiera su giro.

Luego de definir estos componentes, se procedió a la programación de la máquina utilizando el programa Arduino, que también cuenta con licencia abierta. Para la programación, primero fue importante definir en qué entradas o salidas lógicas se conectarían los componentes mencionados, ya que esto es vital para crear el algoritmo. En este trabajo, los ciclos de trabajo de cada componente estuvieron guiados por tiempos: se definió que el primer motor realizaría la homogenización durante 3 minutos, luego reposaría durante 30 minutos para permitir la acción del cuajo. Pasados estos 30 minutos, la máquina comenzaría el proceso de cortado por 5 minutos, luego se activaría la electroválvula y el sensor ultrasónico, que, como se mencionó, cerraría la electroválvula y detendría el primer motor, iniciando el motor encargado del prensado. Este motor funcionaría hasta alcanzar un final de carrera y luego invertiría su giro durante 30 minutos.

8. Resultados de la propuesta

Diseño de la Estructura de la Máquina de Quesos:

Para comenzar el desarrollo computacional, primero se realizaron diversos bocetos a mano alzada, donde se tomaron varias decisiones en cuanto a la capacidad que debía tener la olla en la parte superior, que es donde se llevarán a cabo los procesos de homogenización, salmuera y cortado. Para ello, se optó por buscar en el mercado recipientes que se ajustaran a las normas y reglamentaciones como se ilustra en la figura 1. Además, se tuvo en cuenta el costo, ya que el proyecto está dirigido a comunidades de bajos recursos en San Pedro de los Milagros, y el aluminio, en comparación con otros tipos de metales como el acero inoxidable, es más económico. En este caso, se eligió una olla de aluminio con capacidad para 30 litros de leche. A partir de esto, se desarrolló el diseño que se decidió realizar en el programa Autodesk Inventor.



Figura 1. Olla seleccionada para realizar la máquina.

Fuente: Diseño propio

Para la parte de la estructura mecánica, se basaron en el diseño de una mesa que garantiza soportar el peso de estos 30 litros, según muestra la figura 2.

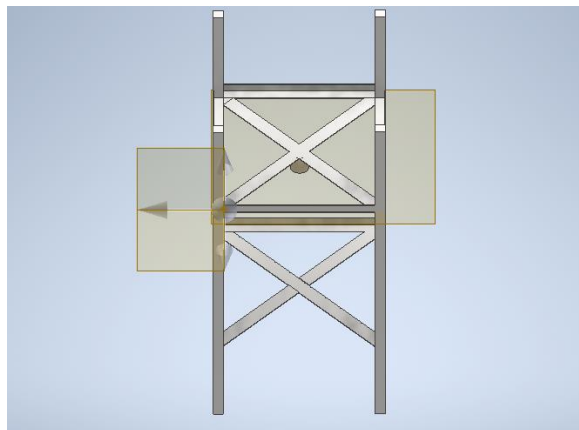


Figura 2. Estructura mecánica máquina para la elaboración de quesos artesanales. Fuente: autor

Asimismo, la estructura se diseñó para servir también como anclaje para la prensa. Con el fin de brindar mayor estabilidad a la máquina durante todos sus procesos, se incorporó un cierre adicional en la parte inferior de la estructura como se puede observar en la figura 3. Todo esto se pudo comprobar gracias al análisis de tolerancia proporcionado por esta aplicación.

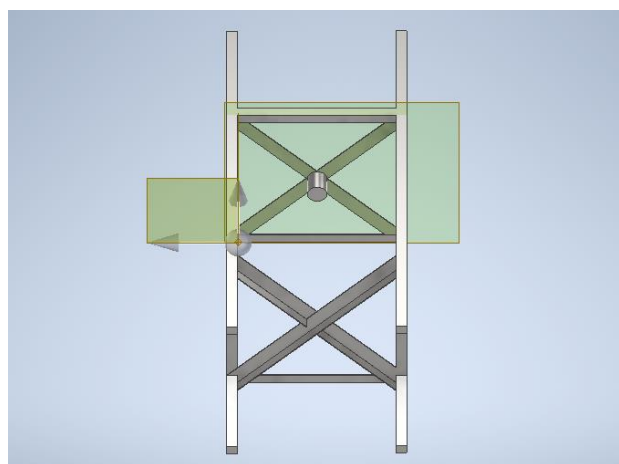


Figura 3. Estructura mecánica máquina para la elaboración de quesos artesanales. Soporte para prensa. Fuente: autor

Como fue mencionado, en el primer contenedor cuyas medidas son 38 cm de diámetro por 24 cm de altura; en la figura 4 se puede observar un diseño elaborado en el programa Autodesk, se deben realizar diversos procesos antes de ser enviados al siguiente, que sería la parte del prensado. Por esta razón, en el diseño fue necesario agregar un orificio a la olla el cual va conectado a un adaptador macho de PVC de 1, Esto permite generar la conducción del suero y de la proteína al siguiente recipiente. Esta adaptación permitirá un flujo continuo y controlado de los ingredientes entre las etapas del proceso.

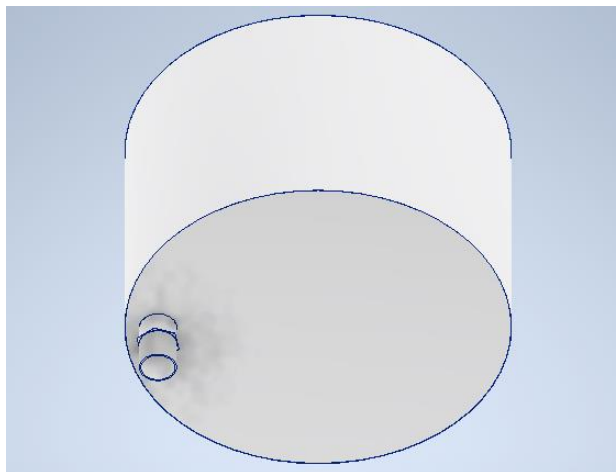


Figura 4. Recipiente numero 1 con su respectiva perforación. Fuente: autor

En la parte de la estructura mecánica, destinada a la fase del prensado, se tienen dos recipientes. En el primero, se dispone un espacio para acoplar la manguera que lleva el suero y la proteína al segundo contenedor. Además, para garantizar una mayor higiene en el segundo recipiente, se ha incorporado una pequeña perforación. Esta permite almacenar el suero sobrante, el cual se utiliza para alimentar a los animales en la granja.

El segundo recipiente es un contenedor perforado diseñado específicamente para el proceso de prensado. Tiene un diámetro de 15 cm y una altura de 30 cm. Las perforaciones tienen un diámetro de 0.2 milímetros, lo que facilita el correcto escurrimiento del suero y, por ende, la separación adecuada de la proteína, como se puede observar en la figura 5.



Figura 5. Recipiente para el prensado y escurrido del suero. Fuente: autor

En la parte superior se diseñó un mezclador, el cual se puede observar en la figura 6, cuyo propósito es llevar a cabo dos ciclos de trabajo. El primero ocurre cuando se introduce la leche con el cuajo, momento en el que el mezclador se encarga de homogeneizar la mezcla.

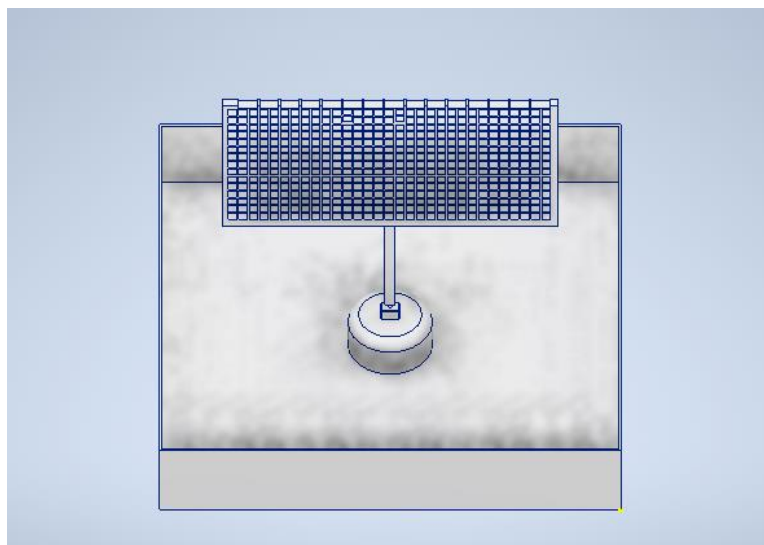


Figura 6. Pala mezcladora. Fuente: autor

Después de un tiempo de reposo, la máquina debe cortar la proteína, ya que esta se convierte en una nata blanda. Por este motivo, el mezclador diseñado cuenta con dos alas, lo que permite realizar ambos procesos. Está equipado con un enmallado de 5 mm por orificio, como se puede observar en la figura 7, que facilita estas funciones.

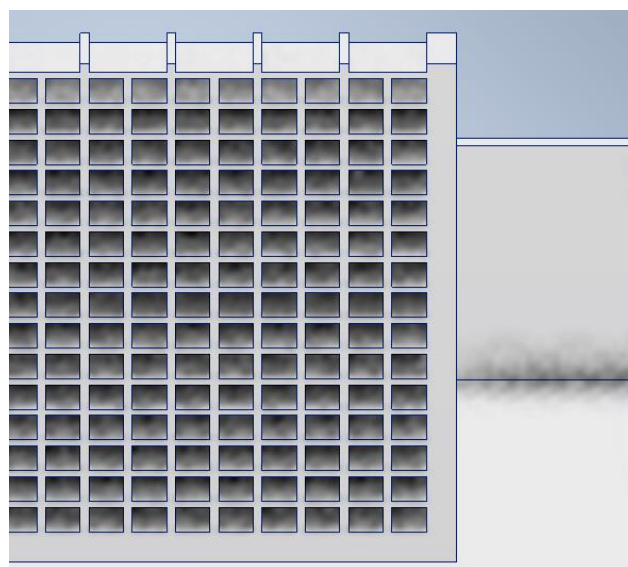


Figura 7. Orificios pala mezcladora. Fuente: autor

Después de considerar todos estos aspectos en el diseño, procedemos al ensamblaje como se observa en la figura 8, allí se puede tener una visión más clara de cómo van cada uno de los componentes.

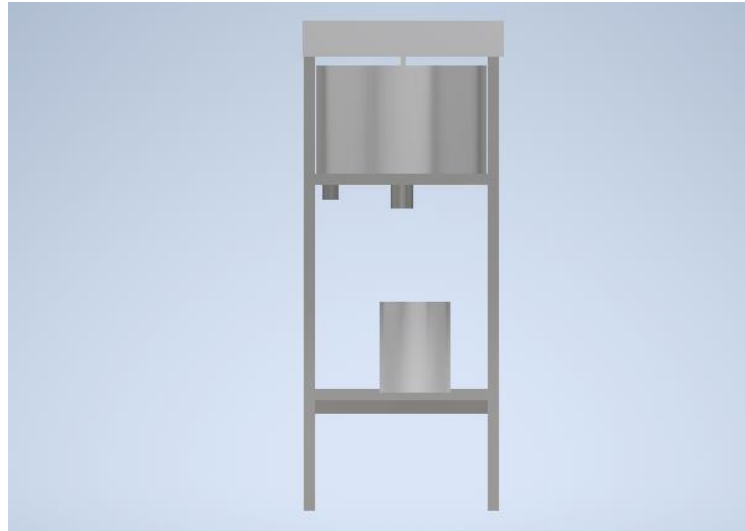


Figura 8. Diseño estructura de la máquina para elaborar quesos artesanales. Fuente: autor

En la Figura 9 se puede observar en detalle la estructura terminada de la máquina. Esta figura muestra cómo se sigue fielmente el diseño computacional previamente realizado. Sin embargo, ya se pueden apreciar varios componentes clave en su forma física final. Entre ellos, se destaca la utilización del gato mecánico, que es fundamental para la operación de la máquina. Además, se puede observar la manguera que conecta los dos contenedores, facilitando el flujo entre ellos. También se puede ver la válvula, que permite el paso controlado de la proteína y el suero,

elementos esenciales en el proceso de elaboración de quesos. Esta figura ilustra claramente cómo el diseño teórico se materializa en una estructura funcional y detallada.



Figura 9. Estructura mecánica de la máquina. Fuente: autor

Implementación de un Sistema de Control con Suministro de Energía Eléctrica:

Para el desarrollo de esta parte, se evaluaron las necesidades de cada uno de los procesos establecidos, considerando la importancia de no incurrir en un alto consumo de energía. Por esta razón, se decidió utilizar motores de corriente directa. Después de buscar en el mercado, se encontró un tipo de motor adecuado: un motor genérico que opera a 12 voltios con una corriente de 5 amperios y a 90 RPM, como se observa en la figura 10.



Figura 10. Imagen del motor seleccionado. Fuente: autor

Teniendo en cuenta los valores de entrada al motor y de la fuente que se va a utilizar según la figura 11, se realizó el cálculo de la potencia de entrada (eléctrica), para así poder calcular el torque total de la máquina.



Figura 11. Fuente de poder para la máquina. Fuente: autor

$$W_{mx} = V * I$$

Donde:

W= Potencia Eléctrica máxima

V= Voltaje

I= Corriente

Reemplazamos los valores del motor en la ecuación en la anterior ecuación.

$$W_{mx} = 20 * 5$$

$$W_{max} = 100$$

Ahora es necesario calcular el torque, por lo que primero se deben hallar otras variables importantes para determinar el torque de este motor. En la siguiente gráfica se puede ver el circuito equivalente del motor. Para calcular el torque, es primordial primero determinar la FEM (fuerza electromotriz). Luego, se debe encontrar la potencia de salida para finalmente calcular el torque total.

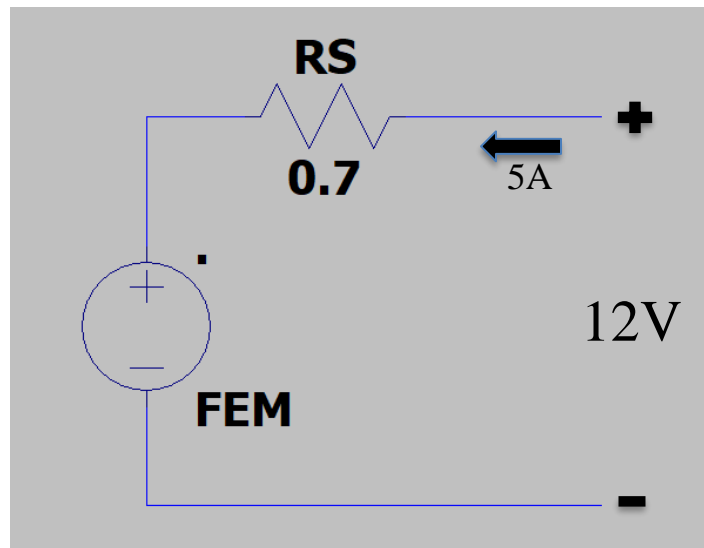


Figura 12. Circuito equivalente motor. Fuente: autor

Aplicando las leyes de Ohm, se busca la pérdida de voltaje que se presenta en el motor en la resistencia asociada en el circuito.

$$PVR = I * R$$

Donde:

PVR= Caída de voltaje en la resistencia.

I= Corriente

R= Resistencia

En este caso se utilizó el valor de la resistencia del motor la cual en la figura 9 se relaciona como RS.

$$PVR = 5 * 0.7$$

$$PVR = 3.5$$

Ahora, conociendo la caída de voltaje en la resistencia, se puede encontrar el valor de la FEM. Aplicando la siguiente formula.

$$\epsilon = Vf - PVR$$

Donde,

ϵ = FEM

V.f = Voltaje de la fuente

PVR = Caída de voltaje en la resistencia.

Se reemplaza en la formula por los valores obtenidos.

$$\epsilon = 20 - 3.5$$

$$\epsilon = 16.5$$

Luego de obtener la FEM, es importante hallar $K\phi$ Este se determina utilizando la siguiente fórmula:

$$K\phi = \frac{\epsilon}{\omega}$$

Donde,

ϵ = FEM

ω = Velocidad angular del rotor de la máquina, en este caso lo tenemos en RPM, por esto es necesario pasarlos a Rad/seg. Utilizando la siguiente regla de 3

$$\omega = 90 \frac{REV}{MIN} * \frac{1min}{60 seg} * \frac{2\pi}{1 REV}$$

Se cancelan las unidades correspondientes.

$$\omega = 90 \frac{REV}{MIN} * \frac{1min}{60 seg} * \frac{2\pi}{1 REV}$$

Se reescribe la formula

$$\omega = \frac{90 * 2\pi}{60}$$

Donde la Velocidad será igual a

$$\omega = 3\pi \text{ rad/seg}$$

Ahora se encuentra $K\phi$

$$K\phi = \frac{16.5v}{3\pi}$$

$$K\phi = 4.71$$

Después de encontrar $K\phi$, se calcula el torque utilizando la siguiente fórmula:

$$\tau = K\phi * I$$

Se reemplaza con los valores obtenidos.

$$\tau = 4.71 * 5$$

El troque del motor es:

$$\tau = 23.55 \text{ N/m}$$

En el diagrama de flujo de la figura 13, se observa el comportamiento de los componentes eléctricos que permiten el funcionamiento de cada uno de los motores. El proceso comienza con la alimentación del motor desde la red eléctrica, la cual proporciona corriente alterna a un voltaje de 110 voltios. A continuación, la corriente alterna es transformada a 12 voltios y rectificadas para convertirla en corriente directa, ya que los motores funcionan con este tipo de corriente. Posteriormente, la corriente pasa por un fusible de 5 amperios, el cual protege la tarjeta de

Arduino, que a su vez controla la programación de las máquinas asociadas, y también protege los motores, que son el componente final de este ciclo.

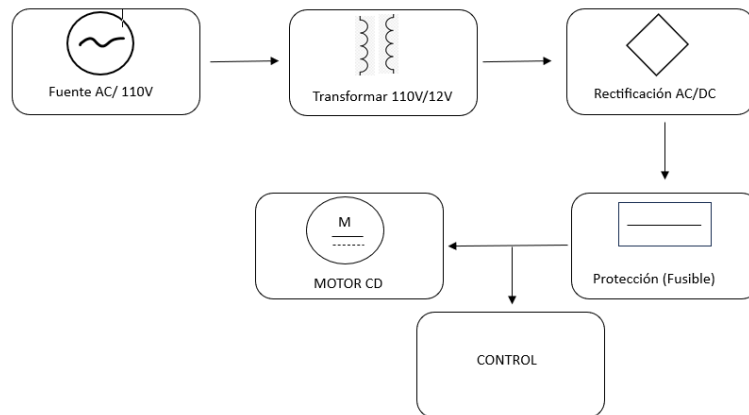


Figura 13. Diagrama de flujo. Fuente: autor

Desarrollo de un Programa de Control Automático:

Durante el proceso de desarrollo de la parte de programación del proyecto, fue crucial tener en cuenta las entradas y salidas lógicas necesarias para seleccionar adecuadamente los componentes electrónicos. En la etapa inicial, se analizaron las especificaciones del sistema para determinar qué tipos de sensores, actuadores y otros componentes electrónicos serían necesarios.

Para esto, fue de vital importancia utilizar simuladores como Tinkercad, que permitieron experimentar y confirmar los componentes requeridos para el funcionamiento del sistema sin necesidad de construir físicamente el circuito desde el principio como se puede observar en la figura 14. La simulación proporcionó una base sólida para entender cómo interactuarían los componentes en el entorno real.

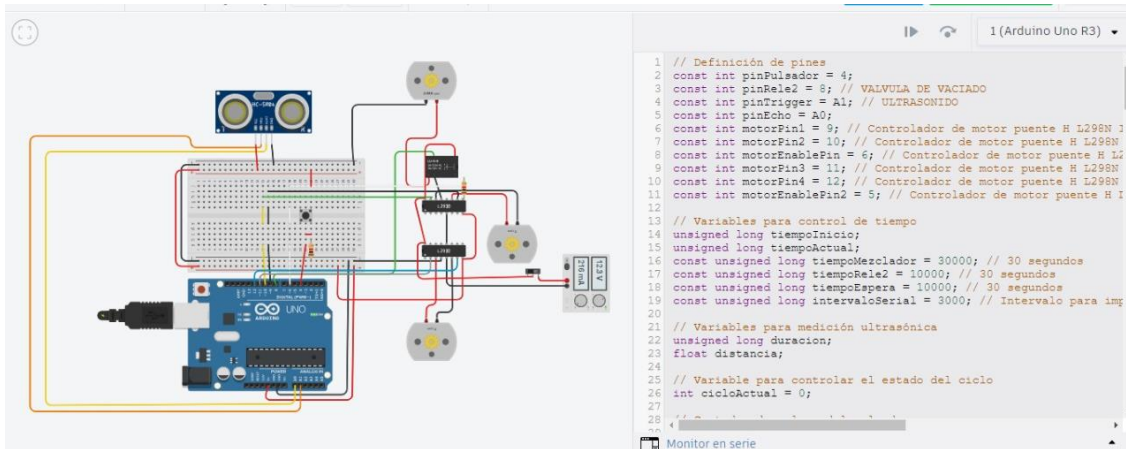


Figura 14. Simulación del circuito en el programa Tinkercad. Fuente: autor

Después de revisar y confirmar los componentes electrónicos mediante Tinkercad, se procedió a realizar una simulación práctica utilizando varios componentes prestados del laboratorio de electrónica de la universidad. Esta etapa fue fundamental para observar el correcto funcionamiento del sistema en un entorno controlado y para realizar los ajustes necesarios antes de la implementación final.

Una vez asegurada la funcionalidad de los componentes, se procedió a elaborar un diagrama GRAFCET relacionado en la figura 15. Este diagrama permitió definir de manera clara y estructurada las secuencias de operaciones y las variables necesarias para el correcto funcionamiento de la máquina en cada uno de sus ciclos.

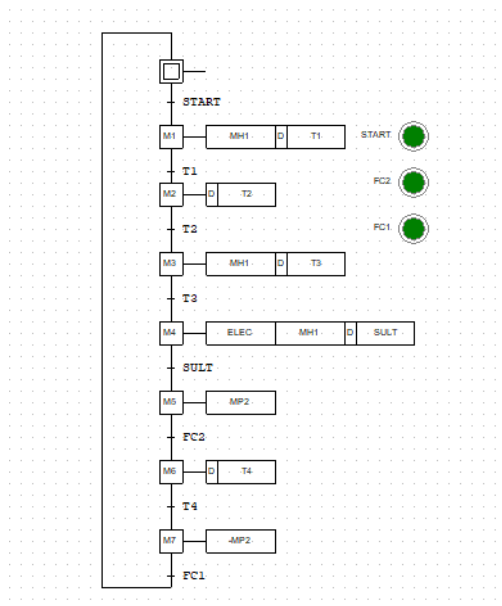


Figura 15. Diagrama GRAFCET Máquina elaboración de quesos artesanales. Fuente: autor

Con todas las variables claramente identificadas y definidas, se desarrolló el código de programación en la plataforma Arduino el cual se puede encontrar en anexos 1. Este código se realizó el algoritmo considerando todas las entradas y salidas establecidas en el diagrama GRAFCET, asegurando así que cada ciclo de operación de la máquina se ejecutara de manera precisa y eficiente. En la figura 16 podemos observar el código Arduino implementado para hacer el proceso.

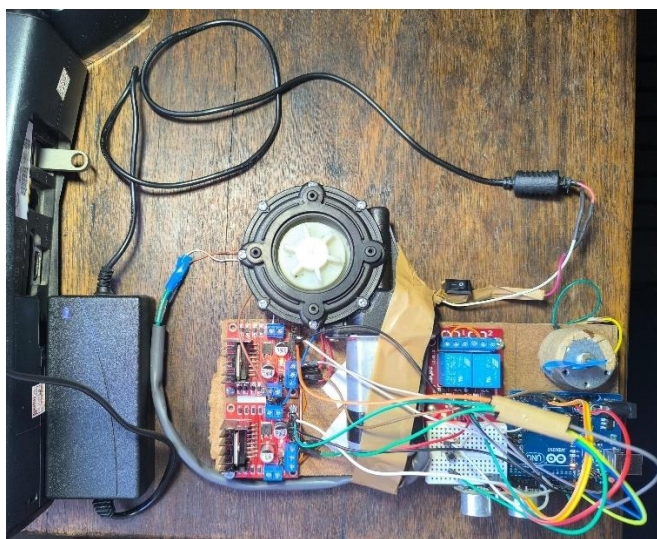


Figura 16. Implementación del Arduino, con sus componentes. Fuente: autor

9. Recursos

9.1 Humanos

Para la elaboración de este trabajo, se requirió la colaboración de varias personas, quienes fueron indispensables en la creación de este documento. En primer lugar, se destaca la labor de los asesores del trabajo de grado, Elkin Mauricio González Montoya y Sergio Andrés Estrada Mesa, quienes brindaron asesoría en toda la parte metodológica y práctica de este proyecto, además de guiarnos en el uso de los programas necesarios para el desarrollo óptimo del trabajo de grado. También se agradece la colaboración del compañero y laboratorista Henry Camilo Taborda Galeano, quien proporcionó orientación en la programación del Arduino y en el manejo de sus componentes electrónicos.

9.2 Técnicos

Para la elaboración de este trabajo, se necesitaron varios insumos que ayudaron y facilitaron la creación de la máquina, la cual está dividida en cada uno de sus procesos. Para la parte mecánica del proyecto, se requirieron los siguientes insumos:

- Tubo cuadrado de 1" calibre 18
- Ángulo de 1/8" x 1"
- Tornillos hexagonales G2 Zinc de 5/16" x 2 1/2"
- Arandelas Zinc de 5/16"
- Soldadura 6013 de 3/32"
- Discos de corte para metal de 4" x 1/16"
- Acople Macho de PVC para agua a presión
- Manguera transparente
- Broca sierra de 1"
- Resina Sintesolda
- Gato mecánico para carro

Para la parte eléctrica del proyecto, se requirieron los siguientes insumos:

- Estaño
- Motor genérico que opera a 12 voltios con una corriente de 5 amperios y a 90 RPM
- Válvula solenoide de 1"
- Fuente de poder CD 15 V - 5 A

Para la parte electrónica del proyecto, fueron necesarios los siguientes insumos:

Placa de pruebas protoboard

Placa programable Arduino 1

Sensor ultrasónico

Puente H

Relé de 5V

Pulsador

Fusible de 5 A

Cable AWG 16

9.3 Presupuesto

Tabla 1. Costo del proyecto .

Actividad	Valor Recurso Humano	Valor físico	Sub total
Diseño de estructura mecánica	\$ 487.440	\$ 138.000	\$ 625.440
Construcción de estructura mecánica	\$ 135.400	\$ 368.000	\$ 503.400
Maquina electromecánicas	\$ 21.664	\$ 230.000	\$ 251.664
Diseño y programación parte control maquina	\$ 680.768	\$ 200.000	\$ 880.768

10. Cronograma de actividades

11. Actividad	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4				Mes 5			
	1	1	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Diseño de la estructura de la máquina de quesos.	x	x	x	x																
Diseño de la estructura de la máquina de quesos.					x	x														
Diseño de la estructura de la máquina de quesos									x	x	x									
Simulación parte electrónica									x	x	x	x								
Diseño del sistema de control eléctrico.													x	x						
Programación de Arduino para automatizar el proceso de elaboración de quesos.																				
Planteamiento trabajo escrito													x	x						
Instalación del sistema de control en la máquina de quesos.																	x	x	x	x
Planteamiento trabajo escrito																	x	x	x	x
Construcción maquina																				x
Conexión de sus componentes electrónicos																				x
Diseño de una interfaz de usuario fácil de usar.																				x
																				x
Mantenimiento y actualizaciones del software de control.																				x
																				x
																				x

Tabla 2

Cronograma de actividades del trabajo de grado

Fuente. Diseño propio

12. Referencias bibliográficas

- Ablan De florez, E., & Abreu Olivo, E. (Febrero de 2003). *Scielo.org*. Obtenido de Scielo.org : https://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0378-18442003000200003&script=sci_arttext
- Aguirre, P. (2004). *La seguridad alimentaria*. Buenos Aires.
- Bohórquez, E., & Ushiña, L. (2023). *Diseño e implementación de una máquina prensadora semiautomática para la elaboración de quesos*. Quito: Universidad Politecnica Salesiana .
- Castro, M. (2010). *La seguridad eléctrica y los sistemas eléctricos*. La Habana, Cuba: Ingeniería Energética, 31(1), 10-18.
- De Vargas, C. E. (2021). *Diseño de equipo hiladora del queso para la producción de productos queseros a escala industrial*. Medellin: Universidad de Antioquia.
- Flores García, J. C. (2012). *SISTEMAS DE TRANSMISIÓN MECANICA*. San Andres: Universidad mayor de San Andres.
- Galindo, E. S. (2021). *Sistema automatizado para las etapas de pasteurización e hilado De queso*. Tunja, Colombia: Universidad Santo Tomás.
- Herrador, R. E. (2009). *Guía de usuario de Arduino*.
- Moreno, E. G. (2001). *Automatización de procesos industriales*. Valencia: ALFAOMEGA.
- Ortiz Rosas, A. (2018). *Programación de PLC, HMI y comunicaciones en la industria*. Santiago de Cali: Universidad autonoma de Occidente.
- Poveda, M. (2007). *EFICIENCIA ENERGÉTICA: RECURSO NO APROVECHADO*. Quito: OLADE.
- Reyes Herrera, Á. L. (s.f.).
- Reyes Herrera, Á. L., & Vergara Baldobino, E. D. (2016). *AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE QUESO*. CARTAGENA DE INDIAS: UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLIVAR.
- Reyes Herrera, Á. L., & Vergara Baldovino, E. D. (2016). *Automatización del proceso de elaboración de queso*. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12585/1240>
- Romero Garcia, M. (2013). *FUNDAMENTO DE RESISTENCIA DE MATERIALES* . Ciudad de Mexico : Esimez.
- Salazar, F., & Crespo, R. (2020). *SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL PROCESO DE PASTEURIZACIÓN Y CUAJADA DE LECHE EN LA ELABORACIÓN DE QUESO*

FRESCOPARA EL CONSORCIO DE LÁCTEOS TUNGURAHUA. Ambato: Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial. Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones.

Universidad Nacional de la plata . (Marzo de 2020). *Laboratorio de investigación en productos agroindustriales* . Obtenido de LIPA: <https://lipa.agro.unlp.edu.ar/wp-content/uploads/sites/29/2020/03/Guia-QUESOS.pdf>

13. Anexos

13.1 Código microcontrolador 328P

```
// Definición de pines
const int pinPulsador = 4;
const int pinRele2 = 8; // VALVULA DE VACIADO
const int pinTrigger = A1; // ULTRASONIDO
const int pinEcho = A0;
const int motorPin1 = 9; // Controlador de motor puente H L298N IN1 (Prensa)
const int motorPin2 = 10; // Controlador de motor puente H L298N IN2 (Prensa)
const int motorEnablePin = 6; // Controlador de motor puente H L298N ENA (PWM) (Prensa)
const int motorPin3 = 11; // Controlador de motor puente H L298N IN3 (Mezclador)
const int motorPin4 = 12; // Controlador de motor puente H L298N IN4 (Mezclador)
const int motorEnablePin2 = 5; // Controlador de motor puente H L298N ENB (PWM)
(Mezclador)

// Variables para control de tiempo
unsigned long tiempoInicio;
unsigned long tiempoActual;
const unsigned long tiempoMezclador = 30000; // 30 segundos
const unsigned long tiempoRele2 = 10000; // 30 segundos
const unsigned long tiempoEspera = 10000; // 30 segundos
const unsigned long intervaloSerial = 3000; // Intervalo para imprimir en el puerto serial (3
segundos)

// Variables para medición ultrasónica
unsigned long duracion;
float distancia;

// Variable para controlar el estado del ciclo
int cicloActual = 0;
```

```
// Contador de pulsos del pulsador
int contadorPulsos = 0;

// Variable para controlar el tiempo de impresión en el puerto serial
unsigned long tiempoSerial = 0;

// Variable para controlar el tiempo de impresión durante el ciclo 3
unsigned long tiempoCiclo3 = 0;
const unsigned long intervaloCiclo3 = 1000; // Intervalo para imprimir durante el ciclo 3 (1
segundo)

// Número máximo de reintentos para obtener una medición válida
const int maxReintentos = 5;

// Función para iniciar motores con rampa
void iniciarMotorConRampa(int motorEnablePin, int motorPin1, int motorPin2, int direccion,
int tiempoRampa) {
    for (int i = 165; i <= 255; i += 5) {
        analogWrite(motorEnablePin, i);
        digitalWrite(motorPin1, direccion == 1 ? HIGH : LOW);
        digitalWrite(motorPin2, direccion == 1 ? LOW : HIGH);
        delay(tiempoRampa / 51); // 51 pasos de 5 unidades cada uno
    }
}

void setup() {
    pinMode(pinPulsador, INPUT);
    pinMode(pinRele2, OUTPUT);
    pinMode(pinTrigger, OUTPUT);
    pinMode(pinEcho, INPUT);
}
```

```
pinMode(motorPin1, OUTPUT);
pinMode(motorPin2, OUTPUT);
pinMode(motorEnablePin, OUTPUT);
pinMode(motorPin3, OUTPUT);
pinMode(motorPin4, OUTPUT);
pinMode(motorEnablePin2, OUTPUT);
digitalWrite(pinPulsador, LOW); // Asegurarse de que el pulsador comienza en bajo
Serial.begin(9600);
}

void loop() {
    tiempoActual = millis();

    // Actualizar distancia y calcular nivel de mezcla
    actualizarDistancia();
    float nivelMezcla = calcularNivelMezcla(distancia);

    // Imprimir estado de la máquina, distancia y nivel de mezcla cada 3 segundos
    if (tiempoActual - tiempoSerial >= intervaloSerial) {
        Serial.print("Ciclo: ");
        Serial.println(cicloActual);
        Serial.print("Distancia: ");
        Serial.print(distancia);
        Serial.println(" cm");
        Serial.print("Nivel de la mezcla: ");
        Serial.print(nivelMezcla);
        Serial.println(" %");
        tiempoSerial = tiempoActual;
    }

    // Incrementar contador de pulsos cuando se presiona el pulsador
```

```

if (digitalRead(pinPulsador) == HIGH) {
  contadorPulsos++;
  delay(200); // Pequeño retraso para evitar rebotes
  while (digitalRead(pinPulsador) == HIGH) {} // Esperar a que se suelte el pulsador
}

// Imprimir la cantidad de pulsos cuando el ciclo es 0
if (cicloActual == 0) {
  Serial.print("Cantidad de pulsos: ");
  Serial.println(contadorPulsos);
  if (contadorPulsos >= 1) {
    cicloActual = 1;
    contadorPulsos = 0; // Reiniciar contador de pulsos
  }
}

// Secuencia de ciclos
if (cicloActual == 1) {
  Serial.println("Ciclo 1: Homogenizando la mezcla");
  iniciarMotorConRampa(motorEnablePin2, motorPin3, motorPin4, 1, 3000); // Rampa de
inicio para el motor del mezclador
  delay(tiempoMezclador - 3000); // Esperar el tiempo restante después de la rampa
  analogWrite(motorEnablePin2, 0); // Apagar motor del mezclador
  cicloActual = 2;
} else if (cicloActual == 2) {
  Serial.println("Ciclo 2: En reposo");
  delay(tiempoEspera); // Esperar 30 segundos
  cicloActual = 3;
} else if (cicloActual == 3) {
  Serial.println("Ciclo 3: Cortando y midiendo nivel de mezcla");
}

```

```

    iniciarMotorConRampa(motorEnablePin2, motorPin3, motorPin4, 1, 3000); // Rampa de
inicio para el motor del mezclador

```

```

    delay(8000); // Esperar un tiempo antes de encender el segundo relé

```

```

    digitalWrite(pinRele2, HIGH); // Encender rele2

```

```

    tiempoCiclo3 = millis(); // Reiniciar el tiempo para la impresión en el ciclo 3

```

```

// Esperar hasta que la distancia sea mayor a 25cm

```

```

while (true) {

```

```

    actualizarDistanciaConReintentos();

```

```

    nivelMezcla = calcularNivelMezcla(distancia);

```

```

    if (millis() - tiempoCiclo3 >= intervaloCiclo3) {

```

```

        Serial.print("Distancia durante ciclo 3: ");

```

```

        Serial.print(distancia);

```

```

        Serial.println(" cm");

```

```

        Serial.print("Nivel de la mezcla durante ciclo 3: ");

```

```

        Serial.print(nivelMezcla);

```

```

        Serial.println(" %");

```

```

        tiempoCiclo3 = millis();

```

```

    }

```

```

    if (distancia >= 25) {

```

```

        analogWrite(motorEnablePin2, 0); // Apagar motor del mezclador

```

```

        digitalWrite(pinRele2, LOW); // Apagar rele2

```

```

        break;

```

```

    }

```

```

}

```

```

cicloActual = 4;

```

```

} else if (cicloActual == 4) {

```

```

    Serial.println("Ciclo 4: Prensado 1");

```

```

    iniciarMotorConRampa(motorEnablePin, motorPin1, motorPin2, 1, 3000); // Rampa de
inicio para el motor de la prensa
    delay(5000 - 3000); // Mover hacia adelante durante el tiempo restante después de la rampa
    detenerMotor(motorEnablePin, motorPin1, motorPin2);
    delay(3000); // Esperar 3 segundos
    iniciarMotorConRampa(motorEnablePin, motorPin1, motorPin2, -1, 300); // Rampa de
inicio para mover el motor hacia atrás
    Serial.println("Ciclo 4: Retirando prensa");
    delay(5000 - 3000); // Mover hacia atrás durante el tiempo restante después de la rampa
    detenerMotor(motorEnablePin, motorPin1, motorPin2);
    Serial.println("Producto terminado, por favor retire el queso.");
    delay(3000);
    cicloActual = 0; // Reiniciar ciclo
}
}

```

```

void actualizarDistancia() {
    digitalWrite(pinTrigger, LOW);
    delayMicroseconds(5);
    digitalWrite(pinTrigger, HIGH);
    delayMicroseconds(10);
    digitalWrite(pinTrigger, LOW);
    duracion = pulseIn(pinEcho, HIGH, 30000); // 30ms timeout
    if (duracion == 0) {
        // Si no se recibe un eco, configurar una distancia inválida para manejar el error
        distancia = -1;
    } else {
        distancia = duracion * 0.034 / 2;
    }
}
}

```

```
void actualizarDistanciaConReintentos() {
  int reintentos = 0;
  do {
    actualizarDistancia();
    reintentos++;
  } while (distancia == -1 && reintentos < maxReintentos);

  if (distancia == -1) {
    Serial.println("Error: No se pudo obtener una medición válida de distancia después de
varios intentos.");
  }
}

float calcularNivelMezcla(float distancia) {
  // Nivel de mezcla en porcentaje basado en la distancia
  // 4 cm -> 100%, 25 cm -> 0%
  float nivel;
  if (distancia < 0) {
    nivel = 0; // En caso de error, asumir el nivel mínimo
  } else {
    nivel = 100 - ((distancia - 4) / (25 - 4)) * 100;
    if (nivel < 0) nivel = 0;
    if (nivel > 100) nivel = 100;
  }
  return nivel;
}

void moverMotorAdelante() {
  analogWrite(motorEnablePin, 255); // Ajustar la velocidad del motor
  digitalWrite(motorPin1, HIGH);
  digitalWrite(motorPin2, LOW);
}
```

```
}
```

```
void moverMotorAtras() {  
    analogWrite(motorEnablePin, 255); // Ajustar la velocidad del motor  
    digitalWrite(motorPin1, LOW);  
    digitalWrite(motorPin2, HIGH);  
}
```

```
void detenerMotor(int motorEnablePin, int motorPin1, int motorPin2) {  
    analogWrite(motorEnablePin, 0); // Detener el motor  
    digitalWrite(motorPin1, LOW);  
    digitalWrite(motorPin2, LOW);  
}
```