



Tecnificación del proceso de transferencia de calor y mezclado de los ingredientes utilizados  
para la fabricación del dulce BiMilk.

Proyecto de Investigación

Kevin Orlando Benavides  
CC 1005370084

Rubén Sneider Rueda Sequeda  
CC 1005369985

**UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER**  
**Facultad de Ciencias Naturales e Ingenierías**  
**Tecnología en producción Industrial.**  
**Bucaramanga.**



Tecnificación del proceso de transferencia de calor y mezclado de los ingredientes  
utilizados para la fabricación del dulce BiMilk.

Proyecto de Investigación

Kevin Orlando Benavides  
CC 1005370084

Rubén Sneider Rueda Sequeda  
CC 1005369985

**Trabajo de Grado para optar al título de  
Tecnólogos en producción Industrial.**

**DIRECTOR**

Edwing Fabián Amaya Arias

**UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER  
Facultad de Ciencias Naturales e Ingenierías  
Tecnología en producción Industrial.  
Abril 2022  
Bucaramanga.**

Nota de Aceptación

---

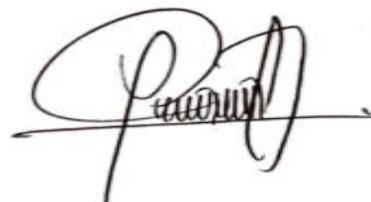
---

---

---



Firma del Evaluador



Firma del Director

F-DC-125

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE PROYECTO  
DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO, MONOGRAFÍA,  
EMPREDIMIENTO Y SEMINARIO

VERSIÓN: 1.0

## DEDICATORIA

*A Dios y a nuestras familias, ya que sin su ayuda no hubiese sido posible alcanzar  
esta meta.*

**Kevin & Rubén.**

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores de este proyecto expresan sus más sinceros agradecimientos a:  
Dios primeramente porque gracias a él se pueden cumplir los sueños y las metas  
A nuestras familias ya que ellos son nuestro apoyo día a día para salir adelante y  
superar nuestras metas.  
A las Unidades Tecnológicas de Santander por brindar la oportunidad de ser  
formados como tecnólogos en Producción industrial.

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
<b><u>RESUMEN EJECUTIVO .....</u></b>	<b><u>13</u></b>
<b><u>INTRODUCCIÓN .....</u></b>	<b><u>14</u></b>
<b><u>1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN .....</u></b>	<b><u>15</u></b>
<b>1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>15</b>
<b>1.2. JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>16</b>
<b>1.3. OBJETIVOS.....</b>	<b>17</b>
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	17
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS. ....	17
<b>1.4. ESTADO DEL ARTE.....</b>	<b>18</b>
<b><u>2. MARCO REFERENCIAL.....</u></b>	<b><u>20</u></b>
<b>2.1. QUE ES LA AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL.....</b>	<b>20</b>
<b>2.2. SENSORES UTILIZADOS EN INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL.....</b>	<b>21</b>
2.2.1. SENSORES DE PRESIÓN.....	21
2.2.2. SENSORES DE TEMPERATURA.....	21
<b>2.3. MOTORES Y REDUCTORES ELÉCTRICOS.....</b>	<b>23</b>
<b>2.4. MICROCONTROLADORES Y HERRAMIENTAS DE PROGRAMACIÓN.....</b>	<b>24</b>
2.4.1. IDE ARDUINO.....	25
2.4.2. CADE-SIMU .....	26
2.4.3. ISIS PROTEUS.....	26
<b>2.5. MARCO CONCEPTUAL.....</b>	<b>27</b>
<b>2.6. MARCO LEGAL.....</b>	<b>28</b>
<b>2.7. MARCO AMBIENTAL.....</b>	<b>28</b>

<b>3.</b>	<b><u>DISEÑO DE LA INVESTIGACION</u></b>	<b>29</b>
3.1.	FASE 1. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN O CONSULTA BIBLIOGRÁFICA.	29
3.2.	FASE 2. DESARROLLO O CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS.	29
3.3.	FASE 3. PRESENTACIÓN DE INFORME.	30
<b>4.</b>	<b><u>DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO</u></b>	<b>32</b>
4.1.	ESTADO ACTUAL DEL PROCESO DE FABRICACIÓN BiMILK	32
4.1.1.	CONDICIÓN ACTUAL DEL PROCESO DE CALENTAMIENTO.	32
4.1.2.	CONDICIÓN ACTUAL DEL PROCESO DE MEZCLADO	34
4.1.3.	LÓGICA DE CONTROL PARA OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE CALENTAMIENTO Y AGITACIÓN.	36
4.1.4.	NARRATIVA DE CONTROL.	38
4.1.5.	MATRIZ CAUSA EFECTO.	40
4.1.6.	PROPUESTA DE ESTRUCTURA DE MÁQUINA DE FABRICACIÓN DE DULCE BiMILK.	40
4.2.	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS EL SISTEMA ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO.	42
4.2.1.	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.	42
4.2.2.	SELECCIÓN DE COMPONENTES.	44
4.3.	ESQUEMAS DEL SISTEMA ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO DE CONTROL.	50
4.3.1.	CONEXIONES AL ARDUINO UNO.	51
4.4.	ESTUDIO TÉCNICO ECONÓMICO.	56
4.4.1.	COSTO DE INVERSIÓN INICIAL.	56
4.4.2.	TIEMPO DE RETORNO DE INVERSIÓN.	56
<b>5.</b>	<b><u>RESULTADOS</u></b>	<b>57</b>
5.1.	SIMULACIÓN DEL CONTROL DE TEMPERATURA EN PROTEUS.	58
5.2.	SIMULACIÓN DEL ENCENDIDO DEL MOTOR EN PROTEUS.	59
5.3.	SIMULACIÓN DEL ENCENDIDO EN CADE SIMU.	60

<b><u>6.</u></b>	<b><u>CONCLUSIONES.....</u></b>	<b><u>62</u></b>
<b><u>7.</u></b>	<b><u>RECOMENDACIONES .....</u></b>	<b><u>64</u></b>
<b><u>8.</u></b>	<b><u>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</u></b>	<b><u>65</u></b>
<b><u>9.</u></b>	<b><u>ANEXOS .....</u></b>	<b><u>67</u></b>
<b>9.1.</b>	<b>ANEXO I. CÓDIGO PARA LA PLACA ARDUINO UNO. ....</b>	<b>67</b>

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1</b> Estructura de una automatización. ....	20
<b>Figura 2</b> Unidades para medir presión. ....	21
<b>Figura 3</b> Unidades para medir presión. ....	22
<b>Figura 4</b> Rotor de motor jaula de ardilla. ....	23
<b>Figura 5</b> Arquitectura interna de microcontrolador.....	24
<b>Figura 6</b> IDE Arduino.....	25
<b>Figura 6</b> Software Cade-simu.....	26
<b>Figura 8</b> Software Proteus.....	27
<b>Figura 9</b> Actividades proceso de fabricación BiMilk.....	32
<b>Figura 10</b> Uso de gas natural para calentar mezcla. ....	33
<b>Figura 11</b> Lazo abierto para controlar temperatura.....	33
<b>Figura 12</b> Monitoreo manual de temperatura. ....	34
<b>Figura 13</b> Elementos utilizados para agitar la mezcla.....	35
<b>Figura 14</b> Lógica durante la agitación. ....	35
<b>Figura 15</b> Evidencia de agitación manual.....	36
<b>Figura 16</b> Nueva estrategia de calentamiento de la mezcla. ....	37
<b>Figura 17</b> Nueva estrategia de agitación de la mezcla. ....	37
<b>Figura 18</b> Narrativa de control.....	38
<b>Figura 17</b> Propuesta de estructura para ubicación de componentes. ....	41
<b>Figura 20</b> Estructura del capítulo 4.2.....	42
<b>Figura 21</b> Diagrama unifilar de los elementos que componen el control de temperatura. 44	44
<b>Figura 22</b> Relé de estado sólido seleccionado. ....	45
<b>Figura 23</b> Diagrama unifilar de los elementos que componen el control de agitación.....	45
<b>Figura 24</b> Contactor seleccionado.....	47
<b>Figura 25</b> Relé térmico seleccionado. ....	47
<b>Figura 26</b> Relé de estado sólido de control seleccionado.....	48
<b>Figura 26</b> Perilla selectora seleccionada.....	49

<b>Figura 28</b> Parada de emergencia seleccionada. ....	50
<b>Figura 29</b> Conexiones del Arduino Uno en Proteus.....	51
<b>Figura 30</b> Conexión de señal de inicio. ....	52
<b>Figura 31</b> Conexión de señal de parada de emergencia. ....	52
<b>Figura 32</b> Conexión de salida digital para calentamiento .....	53
<b>Figura 33</b> Conexión de salida digital para motor. ....	53
<b>Figura 34</b> Esquema para conexión de resistencia.....	54
<b>Figura 35</b> Esquema para conexión de motor.....	54
<b>Figura 36</b> Esquema para conexión en el software Cade Simu. ....	55
<b>Figura 34</b> Simulación para registrar temperatura. ....	55
<b>Figura 38</b> Simulación del control de temperatura en Proteus. ....	58
<b>Figura 39</b> Simulación de ciclo de agitación en Proteus. ....	60
<b>Figura 38</b> Simulación del encendido del motor con Cade Simu.....	61

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 1</b> Ventajas de la automatización industrial.....	20
<b>Tabla 2</b> Sensores de presión.....	21
<b>Tabla 3</b> Sensores de temperatura. ....	22
<b>Tabla 4</b> Termopares mas comunes. ....	23
<b>Tabla 5</b> Ventajas y desventajas de motores de inducción. ....	24
<b>Tabla 6</b> Función de pines del Arduino Uno. ....	38
<b>Tabla 7</b> Matriz causa efecto.....	40
<b>Tabla 8</b> Aspectos a tener en cuenta para determinar las especificaciones técnicas de los componentes. ....	43
<b>Tabla 9</b> Especificaciones técnicas motor de agitación. ....	43
<b>Tabla 10</b> Especificaciones técnicas del sistema de calentamiento. ....	43
<b>Tabla 11</b> Especificaciones técnicas del SSR del sistema de calentamiento. ....	45
<b>Tabla 12</b> Especificaciones técnicas del contactor. ....	46
<b>Tabla 13</b> Especificaciones técnicas del relé térmico. ....	47
<b>Tabla 13</b> Especificaciones técnicas del SSR de control al contactor. ....	48
<b>Tabla 15</b> Especificaciones técnicas de la perilla selectora.....	49
<b>Tabla 13</b> Especificaciones Parada de emergencia. ....	50
<b>Tabla 17</b> Costo de inversión inicial. ....	56
<b>Tabla 18</b> Utilidades de la fabricación del dulce BiMilk.....	57

## RESUMEN EJECUTIVO

Este trabajo de grado inicia definiendo que es la automatización industrial, seguido de cuales son los sensores de mayor uso en los procesos industriales y los actuadores finales de un lazo de control que para el caso es un motor eléctrico, presentando adicionalmente las herramientas de programación como Arduino IDE, Cade-Simu e ISIS Proteus. Ya como parte del cumplimiento de los objetivos se inicia con la presentación del estado actual del proceso de fabricación del dulce BiMilk aquí adicionalmente se presentan las alternativas de optimización y la estructura de la nueva maquina de mezclado y calentamiento del producto.

Posteriormente se dan a conocer las especificaciones técnicas y selección de los elementos del sistema eléctrico y electrónico, esto con el ánimo de realizar los esquemas de conexiones que permitan realizar las acciones o eventos programados en la placa Arduino Uno y que van a permitir automatizar el proceso, finalmente se presenta el estudio económico con la intención de evidenciar la posibilidad de pensar en una posible implementación por parte del personal que fabrica el dulce BiMilk.

**PALABRAS CLAVE.** Algoritmo, Motor eléctrico, resistencia eléctrica, microcontrolador, contactor.

## INTRODUCCIÓN

Colombia cuenta con una amplia variedad gastronómica según la región del país, a continuación, se mencionan los dulces más reconocidos (Eslava, s. f.):

- Boyacá: Cuajada con caramelo.
- Costa atlántica: Cocadas.
- Tolima: Cucas.
- Nariño: Dulce de chilacúan.
- Santander: Obleas con arequipe.

La fabricación y comercialización de dulces en Colombia conforma un sector económico importante gracias a la diversa variedad (Gómez, s. f.) y en Santander el municipio de Floridablanca se destaca.

Este trabajo de grado tiene como origen la pregunta de investigación ¿Qué alternativa se puede plantear para automatizar el proceso de mezclado y calentamiento de los ingredientes utilizados para la fabricación del dulce BiMilk?.

Es por ello que plantean una serie de objetivos específicos que buscan identificar acciones de mejora, establecer cuales son los elementos y las especificaciones técnicas de los mismos, realizar o plantear circuitos eléctricos que sean simulados desde herramientas de software como Proteus y Cade Simu con la intención de determinar que la lógica planteada para la automatización opera correctamente y finalmente determinar si es viable económicamente para las personas que fabrican el dulce BiMilk dar el paso de automatizar el proceso.

## 1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El dulce BiMilk es un producto desarrollado de forma casera y comercializado de manera local (Bucaramanga), La base original del producto es derivado de lácteos, principalmente leche, la primera etapa que consiste en calentar los productos hasta que estos se derritan, después de esto se agregan los primeros productos y se mezclan durante 45 minutos con descansos de 1 minuto cada 7 minutos, posteriormente se agregan los segundos ingredientes y se realiza el mismo ciclo de mezclado, finalmente se reduce la temperatura hasta alcanzar los 20°C, todo este proceso es realizado manualmente.

Al no estar este proceso automatizado se presentan problemas como perdidos económicos por errores humanos, condiciones inseguras para el personal que fabrica el dulce.

#### **Formulación de pregunta de investigación**

¿Qué alternativa se puede plantear para automatizar el proceso de mezclado y calentamiento de los ingredientes utilizados para la fabricación del dulce BiMilk?

## 1.2. JUSTIFICACIÓN

Con el análisis de este trabajo de grado se realizará un diseño electrónico y eléctrico que sea una alternativa para automatizar el proceso de mezclado de los ingredientes de los dulces BiMilk que se realiza de forma manual y se distribuyen en la ciudad de Bucaramanga. Es importante tener en cuenta que cuando un proceso no se encuentra automatizado se generan errores como los mencionados a continuación:

- Errores humanos generados por cansancio.
- Se aumenta el riesgo de accidentes laborales.
- No se conocen las ventanas operacionales de las variables del proceso.

Adicionalmente el proceso no cuenta con una propuesta que le permita saber si es viable económicamente realizar la automatización del proceso. La propuesta presentada en este trabajo de grado permite adicionalmente mostrar como un tecnólogo en producción industrial tiene la capacidad de analizar propuestas de mejora para procesos industriales, realizar acciones de mejora sobre su propia empresa, todo esto apoyado en la formación obtenida en asignaturas como laboratorio de procesos industriales, control de calidad, planeación de producción, mantenimiento industrial y dibujo asistido por computador.

### **1.3. OBJETIVOS.**

#### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Desarrollar una propuesta de optimización para la fabricación del dulce BiMilk, por medio de dimensionamiento, selección y evaluación tecno-económica de los elementos requeridos en el proceso de calentamiento y mezclado.

#### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

- Realizar un diagnóstico del estado actual del proceso de calentamiento y mezclado de los ingredientes utilizados en la fabricación del dulce BiMilk, para identificar cuáles deben ser las condiciones de temperatura y ciclos de trabajo del mezclado.
- Identificar las especificaciones técnicas del sistema eléctrico y electrónico, para seleccionar los elementos que componen el control de temperatura y agitación, en el proceso de fabricación del dulce BiMilk.
- Identificar y seleccionar los componentes del sistema eléctrico y electrónico, a través de la revisión de las especificaciones técnicas que permitan controlar la temperatura y mezclado del proceso de fabricación del dulce BiMilk.
- Esquematizar los circuitos eléctricos y electrónicos del tablero de control, utilizando el software CADE-SIMU y PROTEUS.
- Realizar un estudio tecno-económico de la mejora propuesta para el proceso de fabricación del dulce BiMilk, para determinar el tiempo de retorno de la inversión.

#### 1.4. ESTADO DEL ARTE.

Según (UPS - ST004038.pdf, s. f.) si es posible automatizar una máquina para la fabricación de dulces artesanales, este trabajo utiliza una metodología de control llamada "FUZZY" que según el diseño planteado toma como valores de entrada el nivel del fluido y la temperatura a la cual se encuentra el mismo y la variable de salida será la frecuencia de un inversor y de esta forma se controla la velocidad el motor de agitación. Todas las acciones de control son llevadas a cabo por el microcontrolador Atmel 328P.

En el año 2015 Ciudad la Loja país Ecuador el diseño y montaje de un sistema automatizado de riego utilizando elementos de hardware y software libre (Ortega Kirby, 2016). Aquí se inicia mostrando las desventajas que se tiene cuando el sistema opera en modo manual ya que se presentan perdidas por excesos de agua durante el riego y se desconoce el grado de humedad para evitar encharcamientos. Es por esta razón que se plantea utilizar como base del sistema automatizado una placa de bajo costo que cuenta con entradas/salidas digitales y entradas análogas que permiten conectar sensores de humedad del suelo, resaltando que este hardware es de muy bajo costo comparado con un PLC.

Durante el año 2020 en la ciudad de Cuernavaca, México se trabajó en el diseño de un sistema inteligente utilizando como base para las acciones de control una placa Arduino Mega 2560 (Aguilar, s/f). La alternativa presentada en este diseño es una opción económica y viable para lograr controlar la temperatura en un invernadero, y con el ánimo de evitar herramientas de visualización en un PC se desarrolla una aplicación móvil que es capaz de conectarse con el Arduino Mega utilizando el protocolo inalámbrico Bluetooth, toda la programación fue desarrollada utilizando el software gratuito llamado App Inventor.

En el año 2019 en la ciudad de santa marta se utiliza una herramienta de hardware libre como Arduino para llevar a cabo la implementación de un sistema

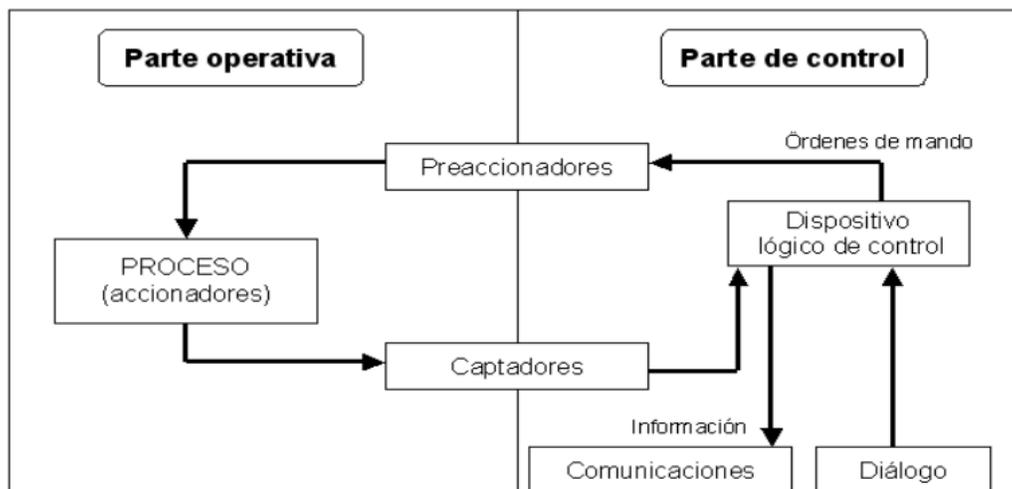
para oxigenar un criadero acuícola los actuadores del sistema implementado son cuatro motores eléctricos (splash) que se activan automáticamente según lo considere el algoritmo que fue programado en la placa Arduino Uno, esto deja ver que con herramientas de bajo costo es posible dar solución a problemas de procesos artesanales e industriales, es por ello que la propuesta planteada se consideraría viable para su desarrollo.

## 2. MARCO REFERENCIAL.

### 2.1. Que es la automatización industrial.

La automatización industrial se relaciona con la disminución de los seres humanos en algún proceso de producción (Romero Escovar, 2009), en la figura 1 se presenta un modelo para automatizar un sistema señalando entonces que este esta dividido en dos etapas, la primera de ellas la parte operativa (actuadores) y la segunda el control (PLC). Contar con un proceso automatizado presenta las ventajas y desventajas estas se indican en la tabla 1.

**Figura 1** Estructura de una automatización.



**Fuente:** Imagen tomada de (Romero Escovar, 2009).

**Tabla 1** Ventajas de la automatización industrial.

Ventajas	Desventajas
Reducción de costos por mano de obra.	Alto costo de inversión.
Tiempos de producción más largos	Mantenimiento especializado
Aumenta eficiencia y productividad.	Perdida de flexibilidad.

**Fuente:** (Automatización de Procesos, 2017)

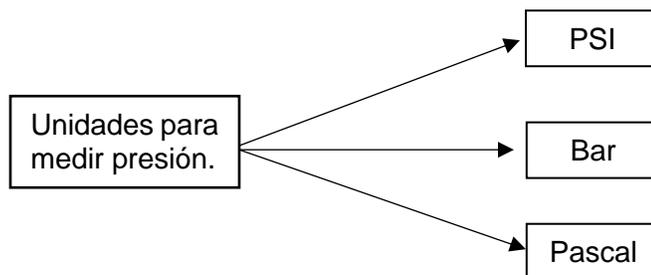
## 2.2. Sensores utilizados en instrumentación industrial.

Dentro del amplio número de sensores que pueden ser utilizados en un proceso automatizado se encuentran microinterruptores, LDR, Infrarrojo, etc, adicionalmente están las variables presión y temperatura que son ampliamente utilizadas como se indica a continuación.

### 2.2.1. Sensores de presión.

La presión es básicamente una fuerza por unidad de superficie (Espinosa, 2011) y las unidades de medida se indican en la figura 2 y los elementos de sensado son los explicados en la tabla 2.

**Figura 2** Unidades para medir presión.



**Fuente:** Imagen tomada de (Creus, 2007, p. 91)

**Tabla 2** Sensores de presión.

Tipo	Ejemplo
Mecánico	Tubo Bourdon.
Electromecánicos	Galgas extensiométricas.
Electrónico de vacío	McLeod

**Fuente:** (Creus, 2007, p. 91-100)

### 2.2.2. Sensores de temperatura.

La temperatura afecta casi todos los fenómenos físicos de la naturaleza, es por ello que hace parte de una de las más medidas en los procesos industriales de

mayor importancia, las unidades de medida son °C, °F, °K, °R. En la tabla 3 se indican los diferentes sensores para realizar esta medición.

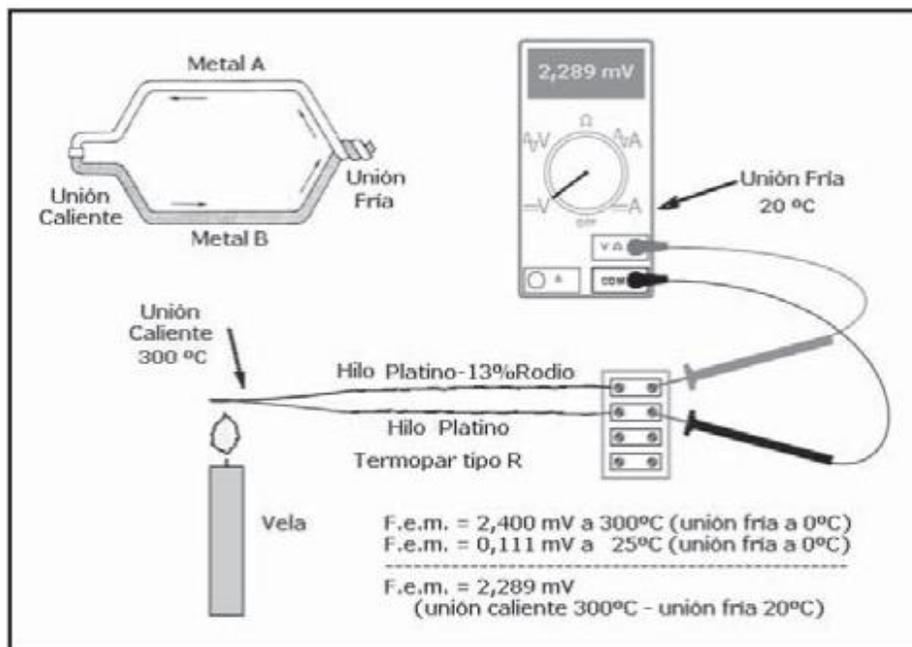
**Tabla 3** Sensores de temperatura.

Sensor	Fenómeno físico.
RTD	Variación de la resistencia de un conductor.
Termistor	Variación de la resistencia de un semiconductor.
Termocupla	FEM creada en la unión de dos metales.

**Fuente:** (Creus, 2007, p. 235)

En cuanto al termopar este se basa en el efecto Seebeck descubierto en el año de 1821 (ver figura 3), y los termopares o termocuplas más comunes son las indicadas en la tabla 4.

**Figura 3** Unidades para medir presión.



**Fuente:** Imagen tomada de (Creus, 2007, p. 235).

**Tabla 4** Termopares más comunes.

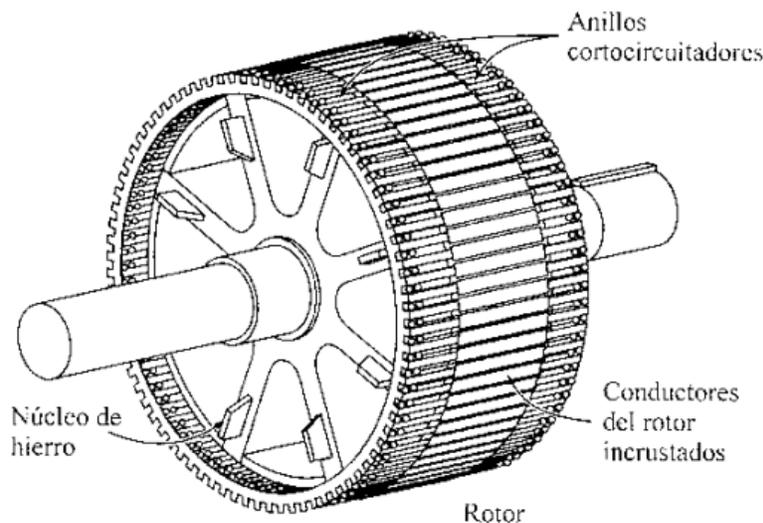
Termopar	Rango
E	-200°C hasta 900°C
T	-200°C hasta 260°C
J	-200 hasta 1200°C
K	-40°C hasta 1100°C

Fuente: (Creus, 2007, p. 235)

### 2.3. Motores y reductores eléctricos.

Parte de los actuadores de un sistema automatizado son los motores eléctricos, estos convierten energía eléctrica en mecánica, para el caso de los motores síncronos jaula de ardilla (ver figura 4) al rotor lo componen barras conductoras cortocircuitadas en sus extremos (Chapman, 2005, p. 388).

**Figura 4** Rotor de motor jaula de ardilla.



Fuente: Imagen tomada de (Chapman, 2005, p. 388)

Este tipo de motores presenta las ventajas indicadas en la tabla 5, considerando que el método de arranque directo es utilizado cuando su potencia no supera los

7Hp y si se dedea invertir su sentido de giro se debe modificar la secuencia de fases en la entrada de red.

**Tabla 5** Ventajas y desventajas de motores de inducción.

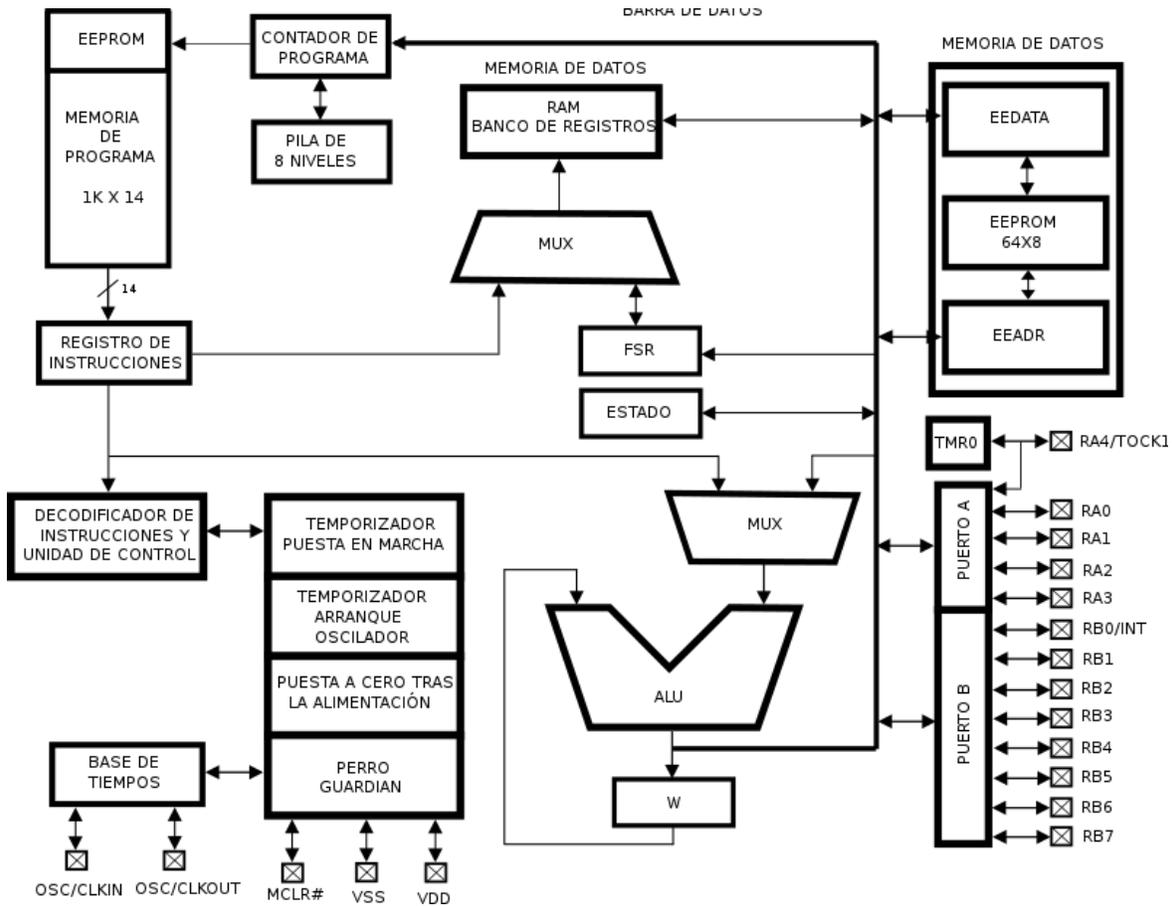
<b>Ventajas.</b>	<b>Desventajas.</b>
Construcción sencilla.	Para los motores monofásicos requiere sistema de arranque.
Poco mantenimiento.	Factor de potencia bajo.
Alto par de arranque.	Difícil control de velocidad para los motores monofásicos.
Alta eficiencia.	Altas corrientes de magnetización.

**Fuente:** (Fácil, 2020).

## 2.4. Microcontroladores y herramientas de programación.

Los microcontroladores se caracterizan por la arquitectura Harvard lo cual permite accesibilidad simultánea y se clasifican en cuatro grandes grupos 4, 8,16 y 32 bits, en la figura 5 se presenta internamente cuales son los elementos que lo componen.

**Figura 5** Arquitectura interna de microcontrolador.

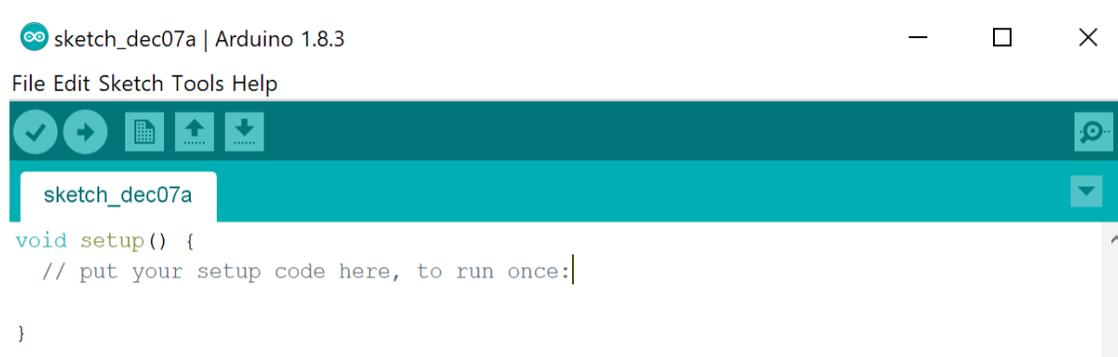


Fuente: Imagen tomada de (Yesa, 2006)

### 2.4.1. IDE Arduino.

Este software de código abierto cuya última actualización es la versión 1.8.19 el cual permite escribir el código y cargarlo en la placa que tiene el microcontrolador, adicionalmente puede ser instalado en sistemas operativos Linux, Windows, MAC (ver figura 6).

Figura 6 IDE Arduino.



**Fuente:** Autores.

### 2.4.2. Cade-simu

Este es un software que permite simular circuitos de control cableado o lógica cableada, y de esta forma saber si este funcionara correctamente antes de realizar la implementación final (ver figura 7).

**Figura 7** Software Cade-simu.



**Fuente:** Autores.

### 2.4.3. ISIS Proteus.

Esta herramienta de software permite la ejecución de pruebas simuladas para saber si la programación escrita en el microcontrolador realizara las funciones que fueron programadas, y cuenta con dos opciones de trabajo fundamentales que son simulación de circuitos y diseño de PCB (ver figura 8).

**Figura 8** Software Proteus.



**Fuente:** Proteus, programas + manuales. Recuperado de <https://foroelectronico.wordpress.com/2014/04/15/proteus/>.

## 2.5. Marco conceptual.

A continuación se definen algunos conceptos fundamentales para comprender el desarrollo de este trabajo de grado.

- **Producto artesanal:** Estos dependen en gran medida del entorno social y la economía de la región del lugar donde se fabriquen productos como dulces, vestidos, artesanías, platos típicos.
- **Dulce artesanal:** Aquí se hace referencia a la ausencia de conservantes en el proceso de fabricación, esto no quiere decir que no se puedan utilizar máquinas en su elaboración.
- **Sistema de control:** Agrupación de componentes que se enlazan entre sí con el fin de comandar las acciones de una línea de proceso.
- **Instrumentación:** Conjunto de elementos que se dividen en dos grandes grupos, sensores (Temperatura, presión, nivel, flujo) y actuadores (Válvulas, motores).
- **Termocupla:** Su principio de funcionamiento se basa en la diferencia de potencial (mV) que se genera en los extremos de la unión de dos metales distintos, dentro de ellas se destacan las tipo K, J, S.

- **Microcontrolador:** Este es básicamente un circuito integrado dotado de entradas y salidas digitales, algunos cuentan con entradas análogas de 8, 10 y 12 bits son el elemento central de aplicaciones embebidas como Arduino.
- **Motor eléctrico:** La definición más elemental dice que es una máquina que convierte energía eléctrica en mecánica, estos pueden ser monofásicos, bifásico, trifásicos, y pueden trabajar con corriente alterna o continua.
- **Contactador:** es básicamente un actuador eléctrico que permite el paso de energía a la carga de forma controlada, este actúa cuando se energiza la bobina que cierra los contactos.

## 2.6. Marco legal.

El instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (INVIMA) debe otorgar un registro el cual da conformidad con las leyes de Colombia, adicionalmente para inscribir la empresa que fabrica el dulce BiMilk se debe registrar siguiendo lo establecido en el decreto 019 de 2012, posteriormente es necesario identificar el riesgo del producto según se establece en la resolución 719 de 2015 y finalmente se debe diligenciar y registrar el formato único de alimentos sanitarios. (DOCUMENTO FINAL. PROYECTO MERMELADA.Pdf - 2018 FACTIBILIDAD DE FABRICACIÓN DE MERMELADA ARTESANAL A BASE DE CAFÉ EN EL MUNICIPIO DE VIOTÁ | Course Hero, s. f)

## 2.7. Marco ambiental.

Para evaluar el impacto ambiental en Colombia se cuenta con el decreto 2080 de 2010 con el cual es posible establecer si el producto puede alterar el sistema biótico (Fauna, flora, insectos y roedores), abiótico (contaminación del aire, humedad y uso del suelo) y socioambiental (afectaciones a la salud, generación de empleo y uso de suelo). (DOCUMENTO FINAL. PROYECTO MERMELADA.Pdf - 2018

## FACTIBILIDAD DE FABRICACIÓN DE MERMELADA ARTESANAL A BASE DE CAFÉ EN EL MUNICIPIO DE VIOTÁ | Course Hero, s. f).

### 3. DISEÑO DE LA INVESTIGACION

De acuerdo a los objetivos planteados el presente trabajo de grado busca desarrollar una propuesta de optimización para la fabricación del dulce BiMilk, por medio del dimensionamiento, selección y evaluación tecno-económica de los elementos requeridos en el proceso de calentamiento y mezclado, por esta razón se divide en tres fases como se indica a continuación.

#### 3.1. Fase 1. Recolección de información o consulta bibliográfica.

- **Actividad 1.** Definir concepto de automatización industrial con el animo de saber cual será el alcance de la optimización.
- **Actividad 2.** Establecer cuales sensores de temperatura son los utilizados en la automatización de procesos.
- **Actividad 3.** Investigar sobre los motores jaula de ardilla como actuadores en un sistema automatizado.
- **Actividad 4.** Presentar las alternativas de software para realizar simulación de un circuito electrónico.

#### 3.2. Fase 2. Desarrollo o cumplimiento de objetivos.

- **Actividad 1.** Se realizará un diagnóstico del estado actual del proceso de calentamiento y mezclado de los ingredientes utilizados en la fabricación del dulce BiMilk, para identificar cuáles deben ser las condiciones de temperatura y ciclos de trabajo del mezclado.

- **Actividad 2.** Se Identificarán las especificaciones técnicas del sistema eléctrico y electrónico, para seleccionar los elementos que componen el control de temperatura y agitación, en el proceso de fabricación del dulce BiMilk.
- **Actividad 3.** Se identificarán y seleccionarán los componentes del sistema eléctrico y electrónico, a través de la revisión de las especificaciones técnicas que permitan controlar la temperatura y mezclado del proceso de fabricación del dulce BiMilk.
- **Actividad 4.** Se realizarán los circuitos eléctricos y electrónicos del tablero de control, utilizando el software CADE-SIMU y PROTEUS.
- **Actividad 5.** Se realizar un estudio tecno-económico de la mejora propuesta para el proceso de fabricación del dulce BiMilk, para determinar el tiempo de retorno de la inversión.

### 3.3. Fase 3. Presentación de informe.

- Realización de memoria impresa.
- Presentación de resultados.

F-DC-125

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE PROYECTO  
DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO, MONOGRAFÍA,  
EMPREDIMIENTO Y SEMINARIO

VERSIÓN: 1.0

## 4. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO.

En este capítulo se presenta el paso a paso de las actividades realizadas con el fin de mostrar cómo se da cumplimiento a cada uno de los objetivos planteados.

### 4.1. Estado actual del proceso de fabricación BiMilk

Los dulces BiMilk son fabricados manualmente y comercializados en la ciudad de Bucaramanga, aquí no se detallan cantidades ni productos utilizados para su fabricación, solo se tienen en cuenta las condiciones del proceso que se desea optimizar a través de la automatización. Como se observa en la figura 9 todo el proceso se resume en dos actividades calentamiento y mezclado.

**Figura 9** Actividades proceso de fabricación BiMilk.



**Fuente:** Autores.

#### 4.1.1. Condición actual del proceso de calentamiento.

Aquí no se mencionan los ingredientes ni las cantidades utilizadas durante la mezcla ya que hacen parte de la propiedad intelectual de quienes fabrican el dulce BiMilk, como se observa en la figura 10 actualmente el calentamiento de la mezcla

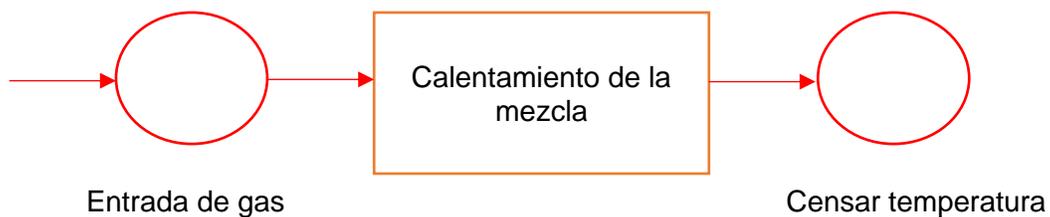
se realiza utilizando gas natural con el animo de elevar la temperatura hasta los 50°C, este proceso se realiza a través de un lazo de control abierto (ver figura 11).

**Figura 10** Uso de gas natural para calentar mezcla.



**Fuente:** Autores.

**Figura 11** Lazo abierto para controlar temperatura.



**Fuente:** Autores.

Como el sistema cuenta con un control en lazo abierto el personal que esta realizando la mezcla debe continuamente monitorear la temperatura (ver figura 12) y cuando se alcanza el valor deseado se manipula la válvula de entrada de gas para regular la llama y posteriormente la temperatura.

**Figura 12** Monitoreo manual de temperatura.



**Fuente:** Autores.

#### **4.1.2. Condición actual del proceso de mezclado**

Para el caso de la agitación de la mezcla se utiliza una barra metaliza en acero inoxidable 304 y unas aspas en madera que según la experiencia del personal que fabrica este producto esto garantiza que no se altere el sabor final del producto (ver figura 13).

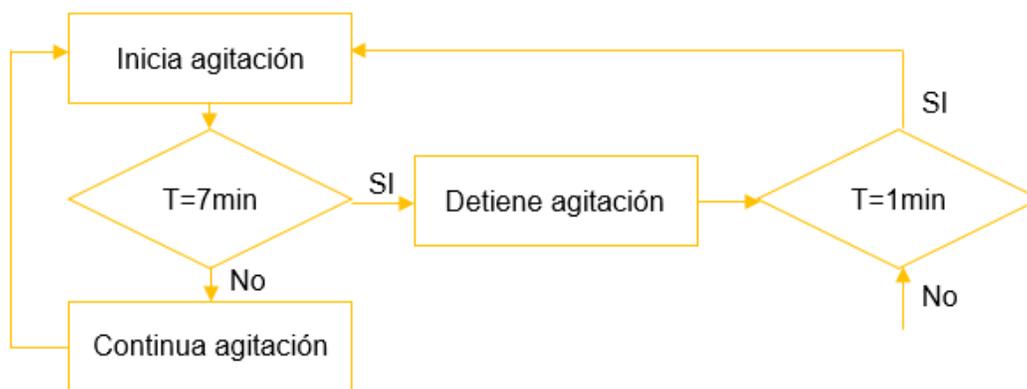
**Figura 13** Elementos utilizados para agitar la mezcla.



**Fuente:** Autores.

Según lo indica el personal y por la experiencia de más de 10 años fabricando estos dulces la lógica para garantizar que la mezcla es totalmente homogénea es la indicada en la figura 14, esto se debe realizar durante 45 minutos, con descansos de 1 minuto cada 7 minutos, esta actividad es ejecutada de forma 100% manual lo cual indica que una persona es la encargada de esto (ver figura 15).

**Figura 14** Lógica durante la agitación.



**Fuente:** Autores.

**Figura 15** Evidencia de agitación manual.



**Fuente:** Autores.

Finalmente, después de cumplir el ciclo de temperatura y tiempos de mezclas se deja enfriar hasta alcanzar temperatura ambiente para proceder a realizar el empaclado y sellado de cada dulce.

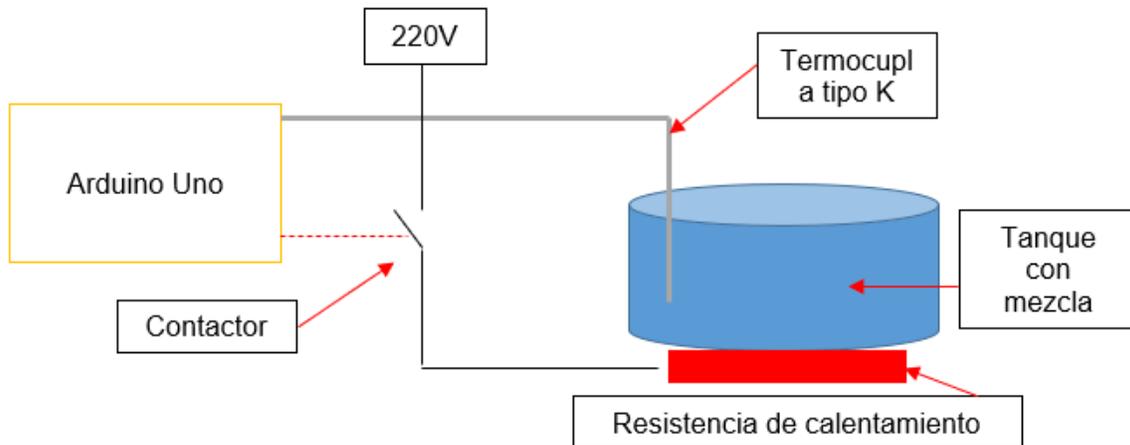
#### **4.1.3. Lógica de control para optimización del proceso de calentamiento y agitación.**

La automatización en busca de optimizar la operación de la fabricación del dulce BiMilk está centrada entonces en el control de temperatura para garantizar 50°C y el control del sistema de agitación para garantizar los ciclos de operación y descanso según se estableció en el ítem anterior.

En la figura 16 se plantea entonces la estrategia de control en lazo cerrado (ON-OFF) la cual ya no utilizaría gas natural sino una resistencia de calentamiento que opere a 220V que será realimentada con un sensor de temperatura tipo termocupla

tipo K y a través del Arduino Uno se tomaran las acciones de calentar o no calentar la mezcla con el fin de garantizar los 50°C

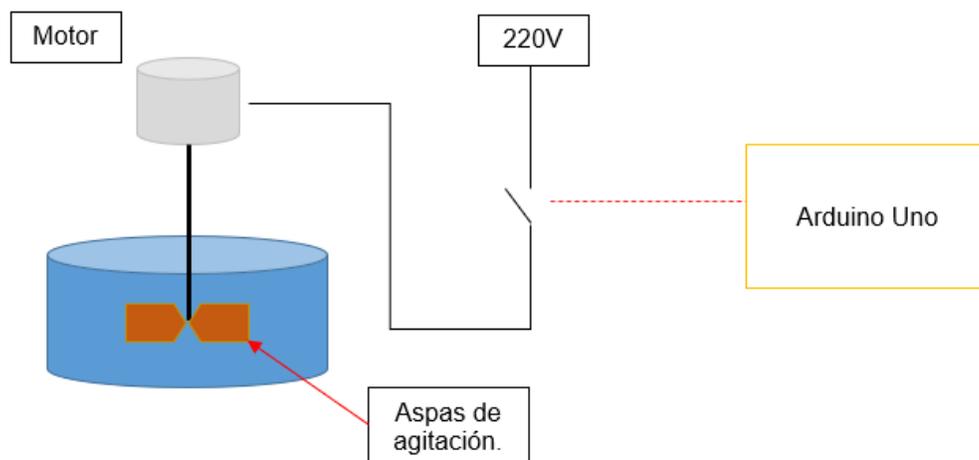
**Figura 16** Nueva estrategia de calentamiento de la mezcla.



**Fuente:** Autores.

Para el caso del control del sistema de agitación se plantea la estrategia de la figura 17, aquí se utilizará un motor eléctrico bifásico (220V) para que sea compatible con el voltaje de red que alimenta a la resistencia, en este caso los ciclos de trabajo son determinados por el Arduino Uno.

**Figura 17** Nueva estrategia de agitación de la mezcla.



**Fuente:** Autores.

De estas dos alternativas se debe señalar entonces que el elemento central de procesamiento de información será el Arduino Uno del cual mas adelante se presenta toda su programación, por ahora lo relevante es señalar a través de la tabla 6 cuáles serán los pines utilizados la función realizada por cada uno de ellos.

**Tabla 6** Función de pines del Arduino Uno.

<b>PIN</b>	<b>Función</b>
<b>2</b>	
<b>3</b>	Reciben la temperatura a través del Max6675.
<b>4</b>	
<b>5</b>	Entrada digital para indicar inicio de proceso.
<b>6</b>	Entrada digital para indicar fin de proceso o parada de emergencia.
<b>7</b>	Salida digital para controlar contactor que prende o apaga resistencia.
<b>8</b>	Salida digital para controlar encendido o apagado de motor de agitación.

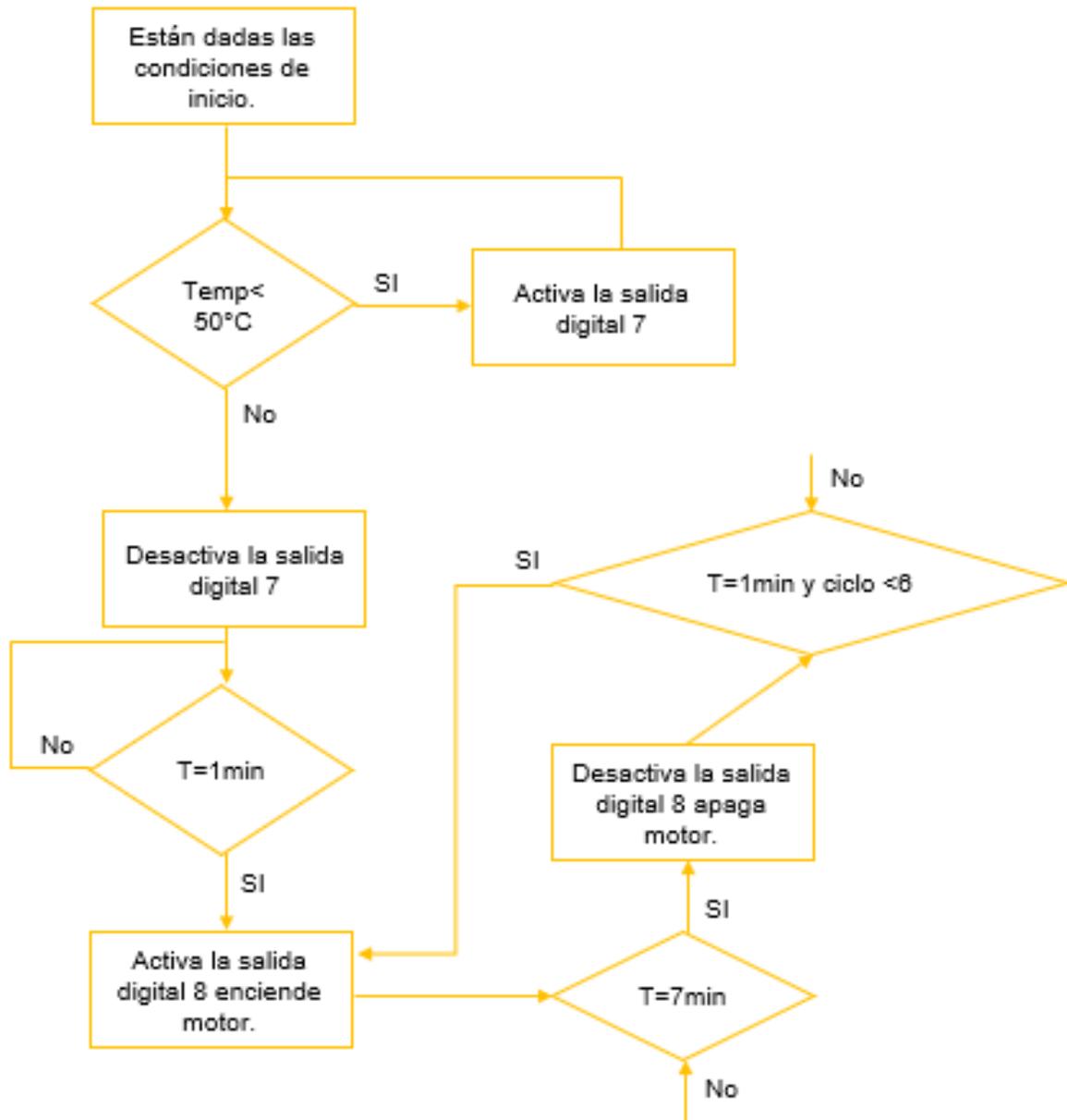
**Fuente:** Autores.

#### 4.1.4. Narrativa de control.

La narrativa de control proporciona información clave de las actividades que se deben ejecutar durante el proceso, esto se presenta entonces en la figura 18 y sirve de base para escribir el código que se encuentra en el Arduino Uno, adicionalmente para lograr que esto se ejecute correctamente se deben garantizar las condiciones de inicio mencionadas a continuación:

- El sistema debe estar conectado a una red eléctrica de 220V.
- La mezcla ya debe estar en el recipiente.
- No debe estar activada la señal de parada de emergencia.
- El sensor de temperatura debe marcar ambiente.

**Figura 18** Narrativa de control.



Fuente: Autores.

#### 4.1.5. Matriz causa efecto.

La matriz causa efecto de la tabla 7 tiene la intención de indicar cuales son las acciones que se deben ejecutar automáticamente ante una acción que se presente durante la ejecución del proceso.

**Tabla 7** Matriz causa efecto.

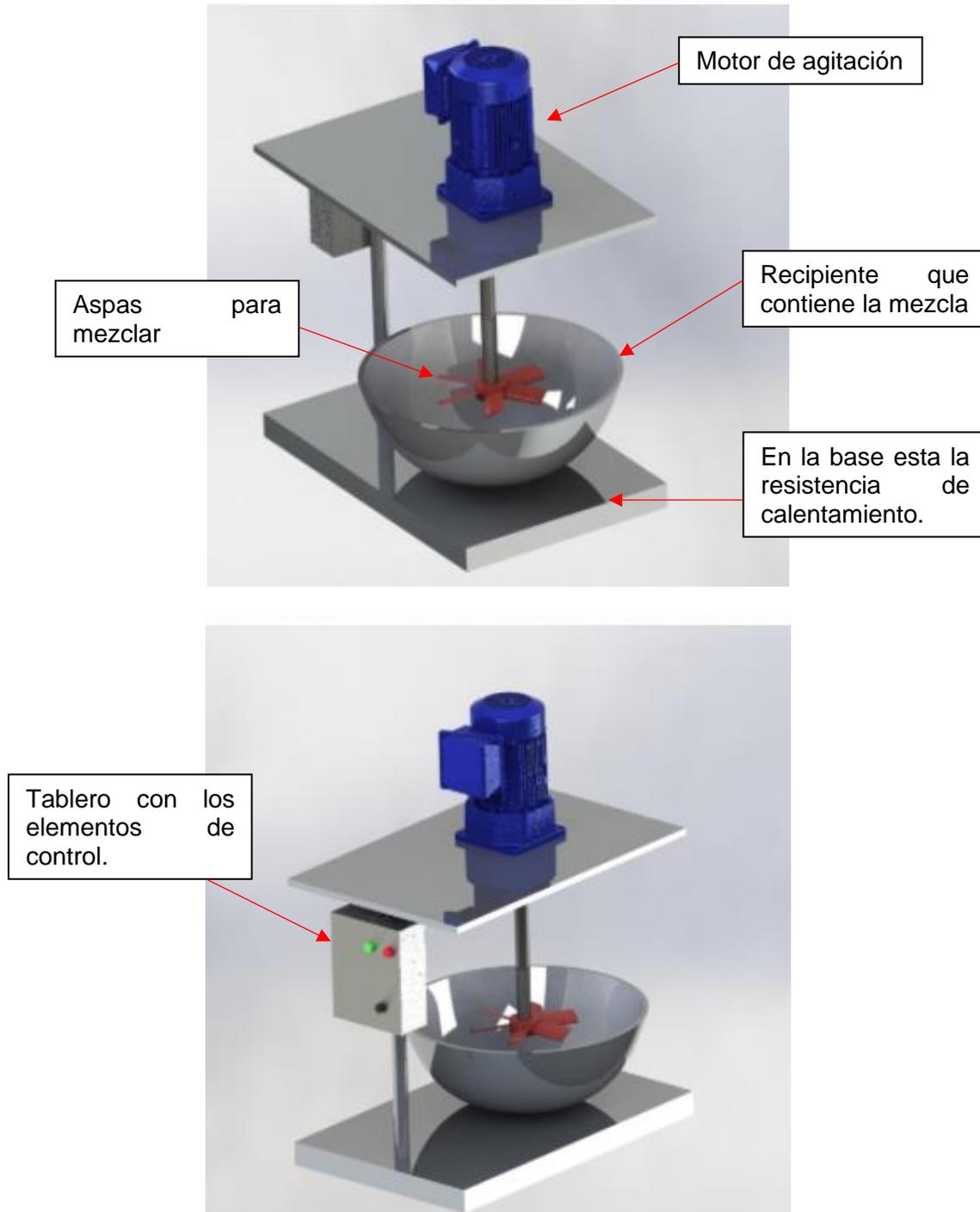
<b>Causa.</b>	<b>Efecto.</b>
<b>Activación de entrada digital 5 del Arduino Uno</b>	Inicia ciclo de calentamiento hasta alcanzar los 50°C.
<b>Activación de entrada digital 6 del Arduino Uno.</b>	Se detiene ciclo de calentamiento o agitación según se esté ejecutando.
<b>La temperatura de la mezcla es de 50°C</b>	Se mantiene control de temperatura en los 50°C y se da inicio a ciclo de agitación.
<b>Se han completado los 6 ciclos de 7 minutos con descanso de 1 minuto.</b>	Se detiene la agitación y calentamiento para alcanzar nuevamente la temperatura ambiente.

**Fuente:** Autores.

#### 4.1.6. Propuesta de estructura de máquina de fabricación de dulce BiMilk.

La propuesta de la máquina para realizar la fabricación del dulce BiMilk es la indicada en la figura 19 a través de esta se contempla la incorporación de un sistema de control de temperatura ON-OFF y un sistema de agitación a través de un motorreductor.

**Figura 19** Propuesta de estructura para ubicación de componentes.



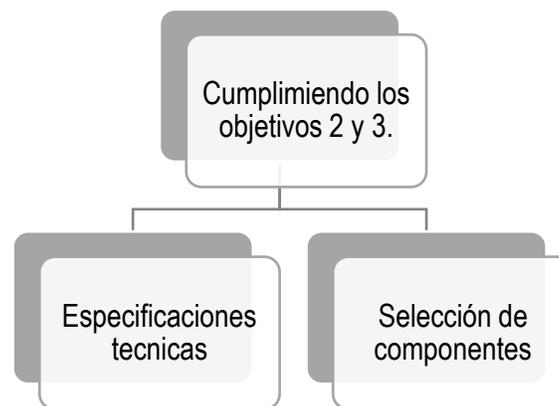
**Fuente:** Autores.

Esto es importante para determinar cual es el costo de la fabricación que de acuerdo a la cotización realizada por personal de taller de metalmecánica seria 1.5 millones de pesos.

## 4.2. Especificaciones técnicas y selección de los elementos el sistema eléctrico y electrónico.

En este ítem se presentan las diferentes actividades que dan como resultado el cumplimiento de los objetivos dos y tres de este trabajo de grado, en la figura 20 se indican que se busca entonces en estos apartados.

**Figura 20** Estructura del capítulo 4.2



**Fuente:** Autores.

### 4.2.1. Especificaciones técnicas.

Para determinar las especificaciones técnicas de los elementos que componen el sistema de calentamiento y de agitación se deben tener en cuenta los aspectos mencionados en la tabla 8.

**Tabla 8** Aspectos a tener en cuenta para determinar las especificaciones técnicas de los componentes.

Condición	Rango	Observaciones
La velocidad en la agitación	100 RPM	Este valor es establecido según la experiencia del personal que fabrica el dulce.
Temperatura	50°C	Este valor es establecido según la experiencia del personal que fabrica el dulce.
Voltaje	220V	Esto garantiza menor consumo de corriente y por ende menor capacidad del circuito que alimentara la carga, por eso los elementos del sistema eléctrico deben ser de este nivel de tensión.

**Fuente:** Autores.

De acuerdo a la tabla 8 es necesario ahora saber cuáles son específicamente técnicas de los elementos que se requieren para cumplir dichas condiciones. Para el caso de la velocidad de agitación se deben cumplir las especificaciones técnicas mencionadas en la tabla 9.

**Tabla 9** Especificaciones técnicas motor de agitación.

Especificación	Rango	Descripción.
Voltaje	220V	Se debe cumplir este valor para garantizar que se puede conectar a la tensión de la red, adicionalmente se debe señalar que la red es bifásica con tierra.
Potencia	1Hp	La potencia es determinada por personal distribuidor de motores que según su experiencia es suficiente para la carga a mover.
Velocidad	100RPM	La velocidad nominal estándar de un motor son 1800 RPM por tal motivo el motor debe contar con un reductor que disminuya la velocidad a 100RPM.

**Fuente:** Autores.

Para el caso de la velocidad de agitación se deben cumplir las especificaciones técnicas mencionadas en la tabla 10.

**Tabla 10** Especificaciones técnicas del sistema de calentamiento.

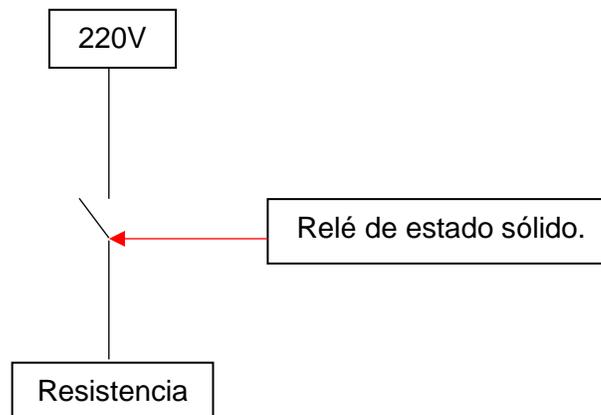
Especificación	Rango	Descripción.
<b>Voltaje</b>	220V	Se debe cumplir este valor para garantizar que se puede conectar a la tensión de la red, adicionalmente se debe señalar que la red es bifásica con tierra.
<b>Potencia</b>	1000W	La potencia es determinada por personal experto en fabricación de resistencias los cuales indican que para alcanzar una temperatura de 50°C se posible con la potencia aquí indicada.

Fuente: Autores.

#### 4.2.2. Selección de componentes.

Para realizar la selección de los componentes del sistema que realizara el control de temperatura se tiene en cuenta las especificaciones de la tabla 10, adicionalmente y se indican en el diagrama unifilar de la figura 21.

**Figura 21** Diagrama unifilar de los elementos que componen el control de temperatura.



Fuente: Autores.

Como se observa en la figura anterior el elemento del cual es necesario conocer las especificaciones técnicas es un relé de estado sólido el cual conmutará la carga y permitirá realizar con control ON-OFF desde la placa Arduino Uno. Para

seleccionar este componente es necesario saber que la corriente para una potencia de 1000W conectada a 220V es 4.5A.

Al conocer la corriente de trabajo se puede seleccionar este componente que comercialmente puede ser conseguido bajo la marca y referencia indicada en la tabla 11 y presentado en la figura 22.

**Tabla 11** Especificaciones técnicas del SSR del sistema de calentamiento.

Especificación.	Característica	Observaciones.
<b>Marca</b>	OPTEC	Comercial en Bucaramanga.
<b>Referencia</b>	TD48A15	
<b>Corriente de salida.</b>	15A	Se ajusta al rango calculado de 4.5A.
<b>Voltaje de entrada</b>	4-32VDC	Es compatible con la salida del Arduino Uno 5VDC
<b>Voltaje de salida</b>	24-575VAC	Compatible con la tensión de la red 220V.

**Fuente:** Autores.

**Figura 22** Relé de estado sólido seleccionado.

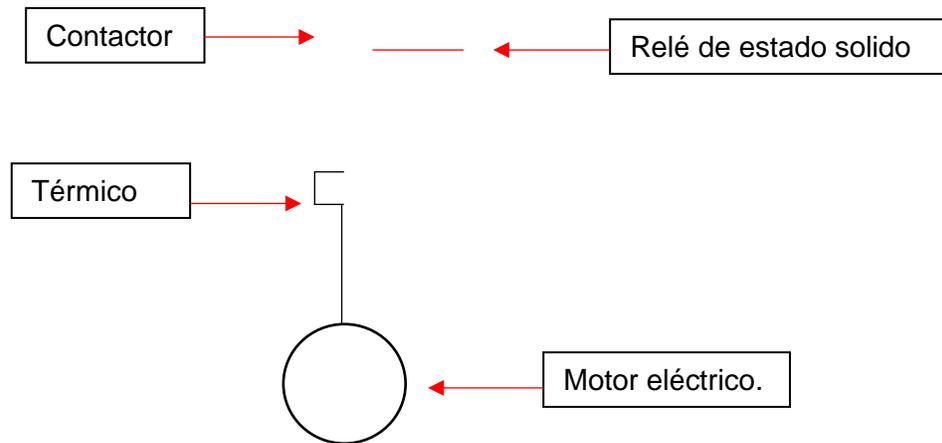


**Fuente:** Autores.

En cuanto al sistema de agitación en el diagrama unifilar de la figura 23 se observan los elementos que deben ser seleccionados y que adicionalmente permiten encender o apagar el motor eléctrico.

**Figura 23** Diagrama unifilar de los elementos que componen el control de agitación.





**Fuente:** Autores.

Del motor eléctrico es posible saber con la potencia (746W) y el voltaje de operación (220V) la corriente nominal de trabajo que para el caso sería 3.4A estos valores son importantes para seleccionar el contactor del se indican sus principales características en la tabla 12 y se presenta en la figura 24.

En cuanto al relé térmico que protege al motor ante una eventual sobrecarga este se debe ajustar en un rango de trabajo que este dentro de la corriente nominal del motor, por ello en la tabla 13 y la figura 25 se presenta el elemento seleccionado para tal fin.

**Tabla 12** Especificaciones técnicas del contactor.

Especificación.	Característica	Observaciones.
Marca	CHINT	Comercial en Bucaramanga
Referencia	NC10910	
Corriente de trabajo.	9 A	Se ajusta a la corriente nominal del motor.

<b>Voltaje de bobina</b>	220V	Se ajusta a la tensión de red 220V.
--------------------------	------	-------------------------------------

**Fuente:** Autores.

**Figura 24** Contactor seleccionado.



**Fuente:** Autores

**Tabla 13** Especificaciones técnicas del relé térmico.

<b>Especificación.</b>	<b>Característica</b>	<b>Observaciones.</b>
<b>Marca</b>	CHINT	Comercial en Bucaramanga
<b>Referencia</b>	NR225	
<b>Corriente de trabajo.</b>	2.5 – 4A	Se ajusta a la corriente nominal del motor.
<b>Voltaje de bobina</b>	220V	Se ajusta a la tensión de red 220V.

**Fuente:** Autores.

**Figura 25** Relé térmico seleccionado.



**Fuente:** Autores.

Adicionalmente, este circuito cuenta con un relé de estado sólido adicional el cual se encargará de tomar la señal de salida del Arduino Uno y activar o desactivar el contactor según corresponda, es por ello que se selecciona el indicado en la tabla 14 y la figura 26.

**Tabla 14** Especificaciones técnicas del SSR de control al contactor.

Especificación.	Característica	Observaciones.
<b>Marca</b>	OPTEC	Comercial en Bucaramanga.
<b>Referencia</b>	TA24A05	
<b>Corriente de salida.</b>	5 A	Se ajusta a la corriente de la bobina del contactor.
<b>Voltaje de entrada</b>	4 – 32VDC	Compatible con la salida digital del Arduino Uno.
<b>Voltaje de salida</b>	Max 400VAC	Se ajusta al voltaje del circuito de control 220Vac.

**Fuente:** Autores.

**Figura 26** Relé de estado sólido de control seleccionado.



**Fuente:** Autores.

Adicionalmente se deben seleccionar dos elementos mas que son la perilla selectora que da inicio al proceso y la parada de emergencia del sistema, para ello entonces se elabora la tabla 15 y en la figura 27 se observa el componente seleccionado y para el caso de la parada de emergencia se elabora la tabla 16 y se presenta en la figura 28.

**Tabla 15** Especificaciones técnicas de la perilla selectora.

Especificación.	Característica	Observaciones.
Marca	CHINT	Comercial en Bucaramanga.
Referencia	19301	
Numero de contactos.	1	Esta señal se conecta a una de las entradas digitales del Arduino Uno.

**Fuente:** Autores.

**Figura 27** Perilla selectora seleccionada.



**Fuente:** Autores.

**Tabla 16** Especificaciones Parada de emergencia.

Especificación.	Característica	Observaciones.
<b>Marca</b>	CHINT	Comercial en Bucaramanga.
<b>Referencia</b>	QRA-RRA2A-R	
<b>Numero de contactos.</b>	1	Esta señal se conecta a una de las entradas digitales del Arduino Uno.

**Fuente:** Autores.

**Figura 28** Parada de emergencia seleccionada.



**Fuente:** Autores.

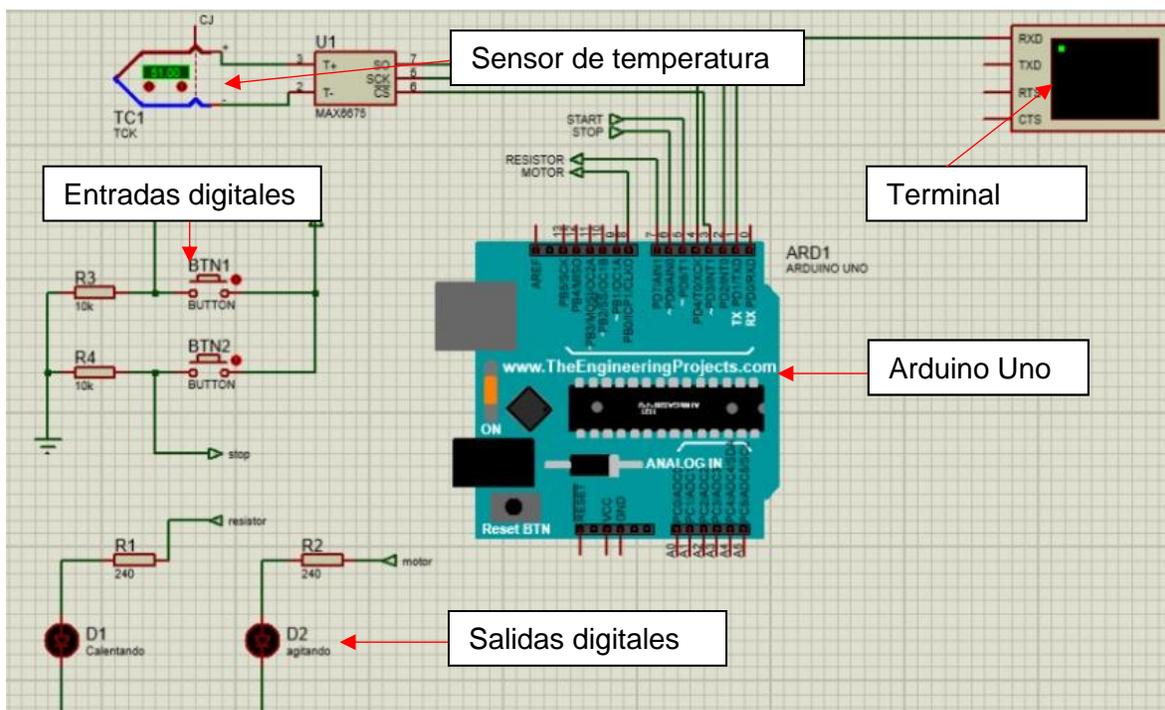
### 4.3. Esquemas del sistema eléctrico y electrónico de control.

Para iniciar este apartado y tener una secuencia lógica en el diseño de la estrategia de control que se plantea es necesario empezar explicando las conexiones a la placa Arduino Uno. Cabe señalar que el código que cumple con los algoritmos planteados en el apartado anterior se encuentran en el Anexo I.

### 4.3.1. Conexiones al Arduino Uno.

La placa Arduino Uno es la encargada de realizar todas las actividades de control del proceso para la fabricación del dulce BiMilk y las conexiones completas se muestran en la figura 29 utilizando el software Proteus, aquí es importante señalar que los leds representan las salidas digitales para realizar el calentamiento y el terminal virtual el puerto donde se evidenciara la acción que se está ejecutando.

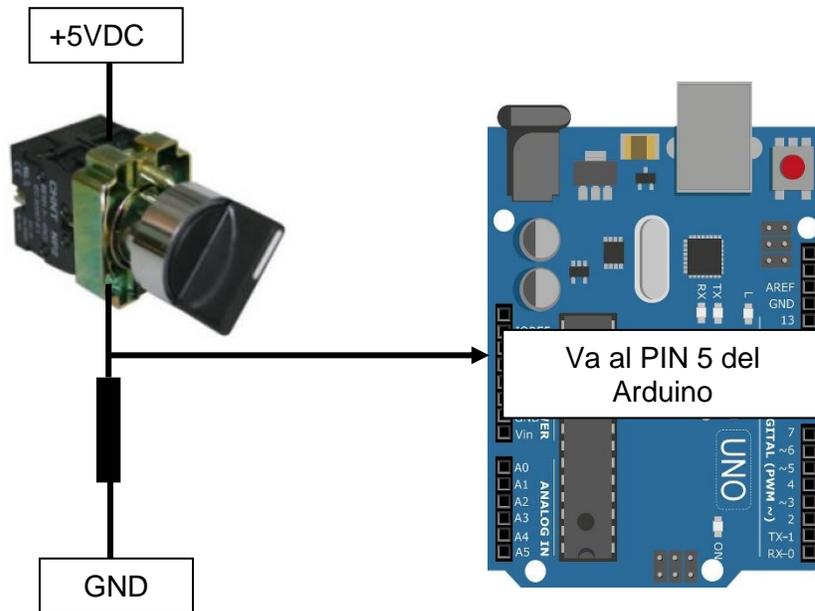
**Figura 29** Conexiones del Arduino Uno en Proteus.



**Fuente:** Autores.

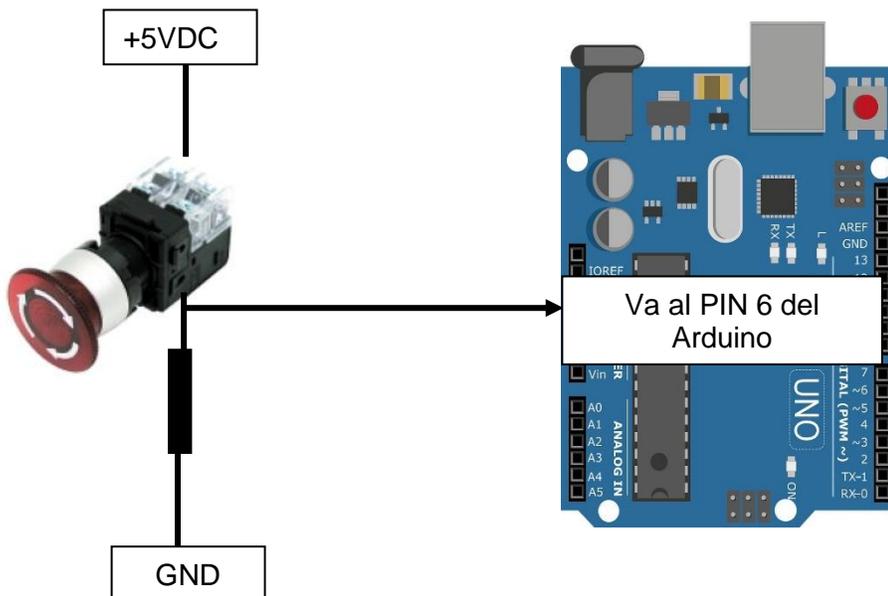
En cuanto a la conexión de las entradas digitales estas se realizan para el caso de la señal de inicio del proceso como se indica en la figura 30 y la parada de emergencia como lo indica la figura 31.

**Figura 30** Conexión de señal de inicio.



**Fuente:** Autores.

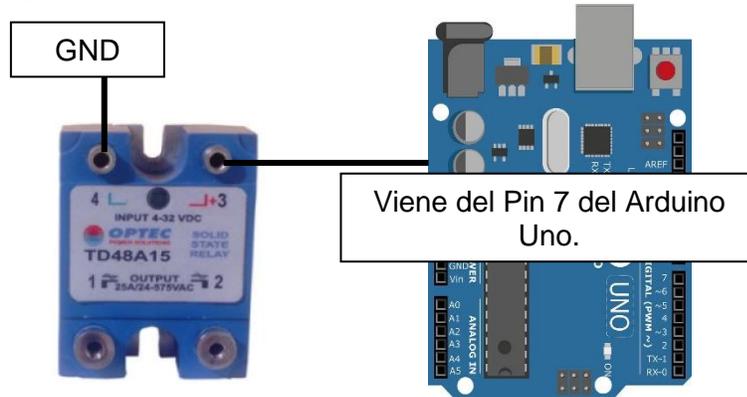
**Figura 31** Conexión de señal de parada de emergencia.



**Fuente:** Autores.

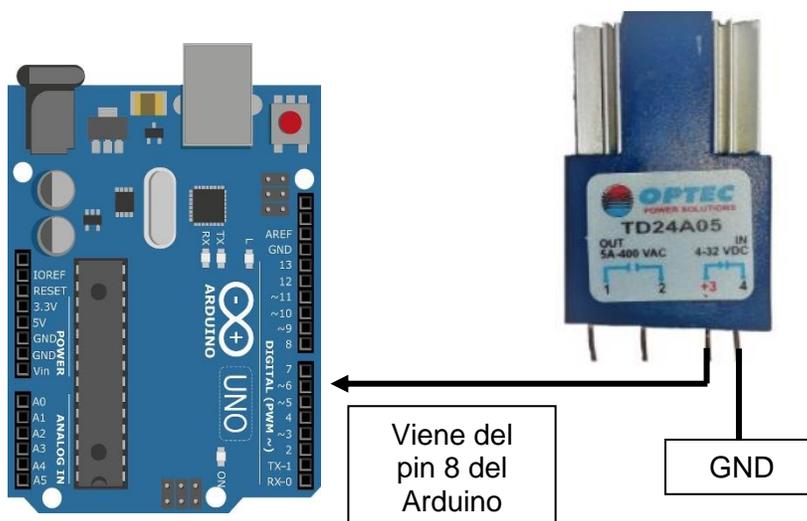
Para el caso de las conexiones de las salidas digitales para encender el motor y las resistencias estas se presentan en las figuras 32 y 33 respectivamente, estas señales se conectan a los pines 5 y 6 para el caso de start y stop.

**Figura 32** Conexión de salida digital para calentamiento



**Fuente:** Autores.

**Figura 33** Conexión de salida digital para motor.



**Fuente:** Autores.

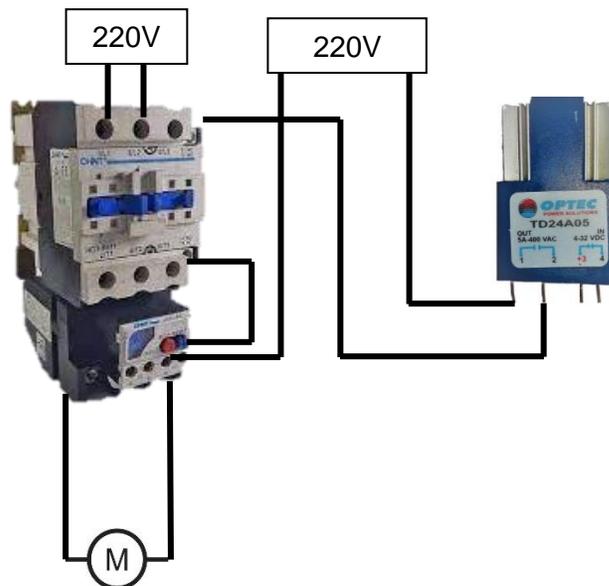
Ahora bien, los circuitos mostrados anteriormente corresponden al control, estos se deben entonces acoplar al circuito de 220Vac, por tal razón el esquema eléctrico para conectar la resistencia de 1000W y ser controlada desde el Arduino Uno se presenta en la figura 34, y para el caso del encendido del motor eléctrico se presenta en la figura 35 y en la figura 36 se presentan en Cade simu.

**Figura 34** Esquema para conexión de resistencia.



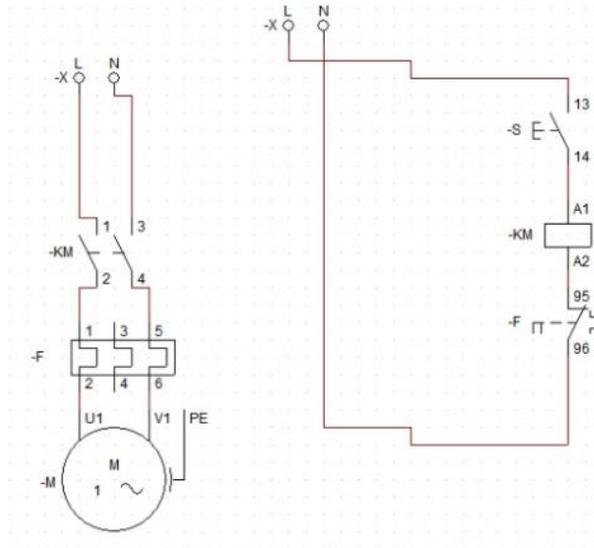
**Fuente:** Autores.

**Figura 35** Esquema para conexión de motor.



**Fuente:** Autores.

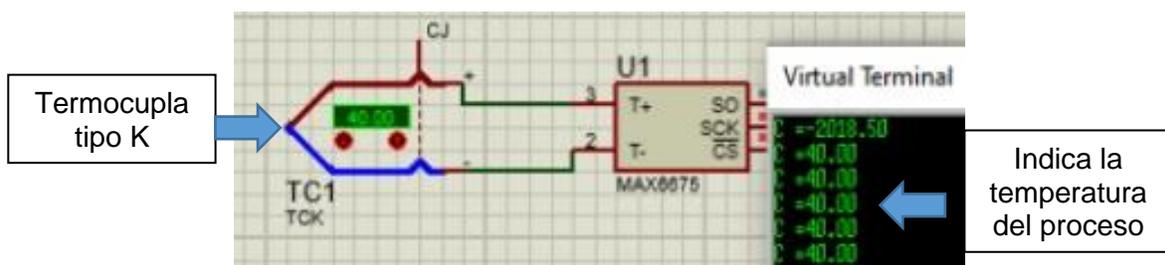
**Figura 36** Esquema para conexión en el software Cade Simu.



**Fuente:** Autores.

Una vez se ejecuta el código y se carga en la placa Arduino Uno desde el software Proteus se da corre el programa y tal como se observa en la figura 37 se evidencia que es posible registrar la temperatura desde el terminal de un PC.

**Figura 37** Simulación para registrar temperatura.



**Fuente:** Autores.

#### 4.4. Estudio técnico económico.

En cuanto al estudio técnico económico lo que este busca es determinar finalmente cual sería el tiempo de retorno de la inversión inicial.

##### 4.4.1. Costo de inversión inicial.

Para determinar el costo de la inversión inicial se elabora la tabla 17 aquí se mencionan todas las actividades y el valor asociado que traerían como resultado la elaboración de la máquina.

**Tabla 17** Costo de inversión inicial.

Elemento	Cantidad	Valor unitario	Costo total
Tablero de control	1	\$60.000	\$60.000
Contactora	1	\$25.000	\$25.000
Relé térmico	1	\$25.000	\$25.000
SSR1	1	\$50.000	\$50.000
SSR2	1	\$25.000	\$25.000
Perilla			\$25.000
Parada de emergencia.			\$25.000
Mano de obra para fabricación de tablero incluida la programación del microcontrolador	1	\$800.000	\$800.000
Motor con reductor	1	\$1.000.000	\$1.000.000
Resistencia eléctrica de calentamiento	1	\$500.000	\$500.000
Cableado, clavija y adicionales	1	\$65.000	\$65.000
Estructura incluida mano de obra.	1	\$1.500.000	\$1.500.000
<b>Total:</b>			<b>\$4.100.000</b>

Fuente: Autores.

##### 4.4.2. Tiempo de retorno de inversión.

Para determinar el tiempo de retorno de la inversión es necesario saber cuales son las utilidades de la fabricación y comercialización del dulce. Para ello se elabora la tabla 18 y los valores aquí registrados corresponden a un solo bache de producción y esto se extrapola para obtener la utilidad de la producción en 1 mes y fueron suministrados por el personal que fabrica el dulce.

**Tabla 18** Utilidades de la fabricación del dulce BiMilk

Descripción	Gasto	Utilidad	Utilidad total
<b>Materiales o insumos para la producción de 1 mes.</b>	\$800.000	0	-\$800.000
<b>Pago salario personal que fabrica dulce ella misma se encarga de la comercialización.</b>	\$1.000.000	0	-\$1.000.000
<b>Consumo de energía eléctrica para la fabricación durante 1 mes.</b>	\$80.000		-\$80.000
<b>Transporte para distribución del producto durante 1 mes en moto.</b>	\$90.000		-\$80.000
<b>Cajas para empacar la producción de 1 mes</b>	\$50.000		-\$50.000
<b>Venta de producción durante 1 mes</b>		\$3.275.000	\$3.275.000
		<b>Utilidad mensual:</b>	<b>\$2.080.000</b>

**Fuente:** Autores.

Según lo indica el personal que fabrica el dulce el 50% de la utilidad es utilizado para pagar crédito con el banco, lo cual quiere decir que para alcanzar los 4.100.000 que cuesta la maquina el tiempo que se tardaría en retornar la inversión es de 4 meses.

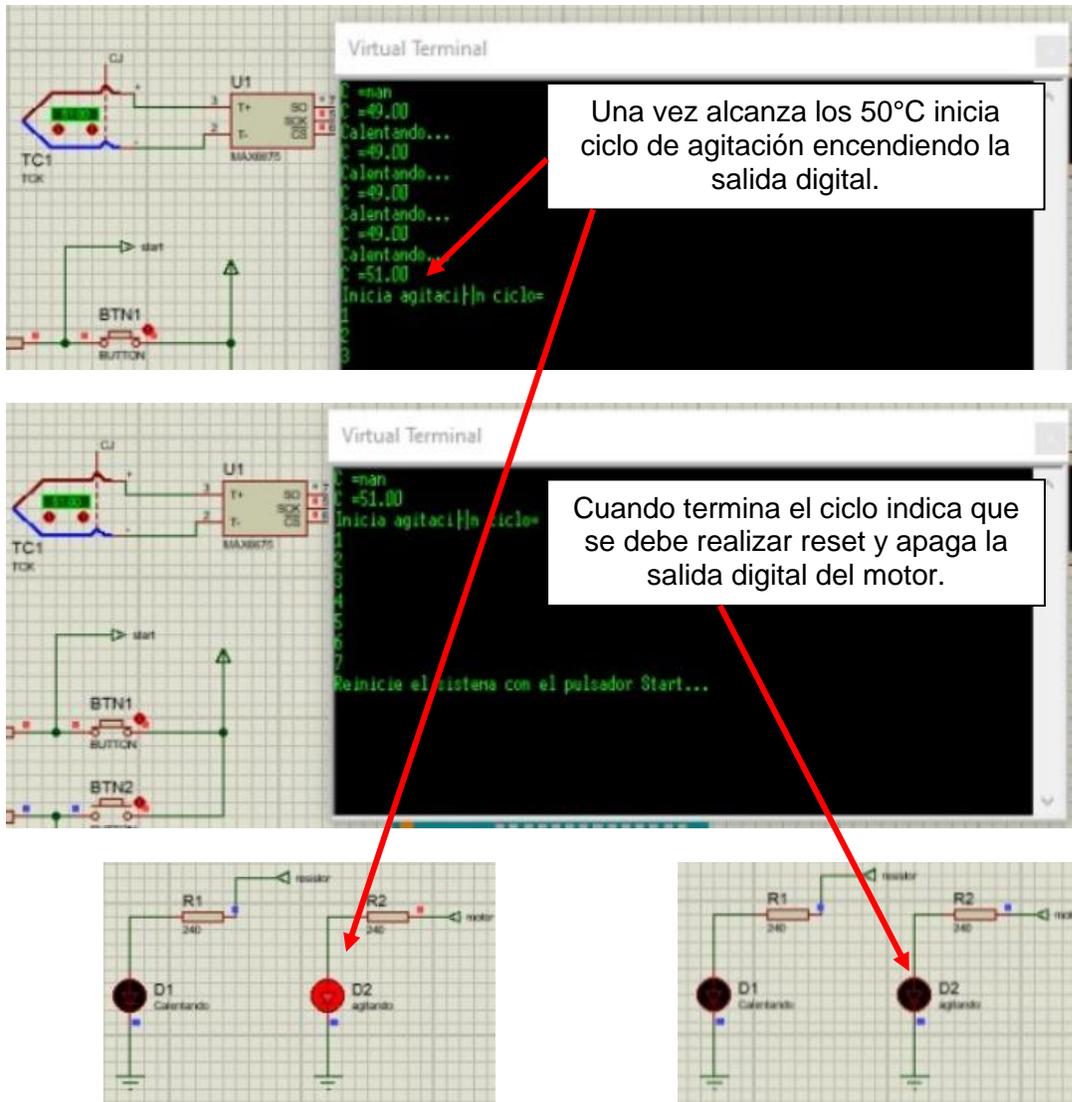
## 5. RESULTADOS



## **5.2. Simulación del encendido del motor en Proteus.**

En cuanto a la simulación del encendido del motor, esto ocurre cuando la temperatura alcanza los 50°C y se da inicio al ciclo de trabajo que se indicó en el capítulo anterior, esto se observa en la figura 39 y al finalizar el ciclo el sistema apaga el motor y queda a la espera de realizar el reset del sistema que se da pasando la señal de “Start” a la posición de apagado y volverla a la posición de encendido.

**Figura 39** Simulación de ciclo de agitación en Proteus.

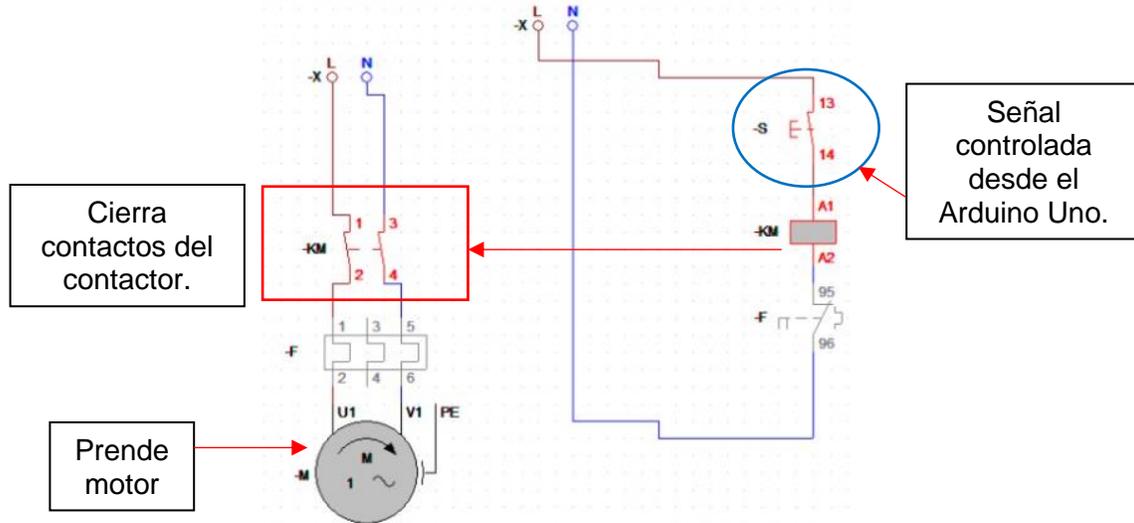


Fuente: Autores.

### 5.3. Simulación del encendido en Cade Simu.

Tal como se observa en la figura 40 aquí cuando la placa Arduino Uno envía la señal al relé de estado sólido, que para el caso esta simulada como un interruptor “-S” cuando este contacto se cierra se activa la bobina del contactor y esto da como resultado el encendido del motor y por ende el inicio de la mezcla del producto utilizado en la fabricación de los dulces BiMilk.

**Figura 40** Simulación del encendido del motor con Cade Simu.



**Fuente:** Autores.

## 6. CONCLUSIONES

Del diagnóstico realizado al proceso de fabricación manual del dulce BiMilk es posible decir que este puede ser automatizado en las etapas de control de temperatura y agitación, adicionalmente los rangos operacionales son temperatura máxima de trabajo 50°C y ciclo de mezclado durante 7 minutos, 1 minuto de descanso durante 45 minutos.

En cuanto a las especificaciones técnicas de los elementos de calentamiento es necesario una resistencia eléctrica de 1000W/220V, un relé de estado sólido de DC-AC 15 A marca OPTEC referencia TD48A15, en cuanto al sistema de agitación se requiere de un motoreductor de 100RPM, 1Hp/220, contactor NC10910 CHINT, relé térmico 2.5 A -4 A NR225 marca CHINIT y un relé de estado sólido TA24A05 marca OPTEC.

Los esquemas eléctricos presentan el detalle de las conexiones en cuanto al control de como se realiza la conexión de las entradas y salidas digitales de la placa Arduino Uno la cual se encarga de realizar todas las acciones de control del proceso, para el caso de los esquemas del circuito de potencia se presenta como realizar las conexiones del relé de estado sólido para controlar la resistencia de calentamiento y prender o apagar el motor eléctrico de agitación.

Las simulaciones realizadas en el software Proteus dejan observar que la lógica planteada se ejecuta correctamente para lograr automatizar el calentamiento y mezclado durante la fabricación del dulce BiMilk, adicionalmente el circuito de potencia es simulado utilizando el software Cade Simu donde se observa que ante la activación del relé controlado por la placa Arduino es posible activar o desactivar la agitación de la mezcla.

Finalmente el estudio técnico económico permite observar que técnicamente es posible automatizar el proceso para la fabricación del dulce BiMilk y que el tiempo de retorno de la inversión sería de 4 meses.

## 7. RECOMENDACIONES

Las recomendaciones que surgen una vez se terminado este trabajo de grado son las mencionadas a continuación:

- Desarrollar una interfaz hombre maquina HMI utilizando herramientas de Hardware libre como Python que permita operar y monitorear la maquina desde una computadora para mejorar la ergonomía durante las actividades de preparación del dulce BiMilk.
- Elaborar un plan de negocio que permita comercializar el producto fuera de Bucaramanga.

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

*Automatización de Procesos: Ventajas y desventajas.* (2017, noviembre 28). GB

Advisors. <https://www.gb-advisors.com/es/automatizacion-de-procesos/>

Aguilar, N. E. S. (s/f). *DISEÑO DE UN SISTEMA INTELIGENTE PARA EL CONTROL AUTOMATIZADO DE INVERNADEROS.* 68.

DOCUMENTO FINAL. PROYECTO MERMELADA.pdf—2018 FACTIBILIDAD DE FABRICACIÓN DE MERMELADA ARTESANAL A BASE DE CAFÉ EN EL MUNICIPIO DE VIOTÁ | Course Hero. (s. f.). Recuperado 25 de marzo de 2022, de <https://www.coursehero.com/file/44975979/DOCUMENTO-FINAL-PROYECTO-MERMELADApdf/>

Espinosa, A. (2011). *Instrumentación Industrial.* Alexander Espinosa.

Eslava, D. P. (s. f.). *Creación de una empresa comercializadora de dulces típicos colombianos en la ciudad de Bogotá.* 130.

Fácil, E. (2020, abril 3). *Ventajas y desventajas del motor de inducción—Electrónica Fácil Top.* <https://www.electronicafacil.top/motor/motor-induccion-basico/ventajas-y-desventajas-del-motor-de-induccion/>

Gómez, S. J. R. (s. f.). *PLAN DE NEGOCIO Y CREACIÓN DE UNA EMPRESA COMERCIALIZADORA Y PRODUCTORA DE CAMELO ARTESANAL.* 201.

Ortega Kirby, P. G. (2016). Diseño y montaje de un prototipo para el control automatizado del sistema de riego por canales en el área de yamburara (vilcabamba) haciendo uso de hardware y software open source.  
<https://dspace.unl.edu.ec/handle/123456789/11335>

Romero Escovar, D. M. (2009). *Propuesta de automatización de los procesos de verificación y despachos en una empresa panificadora.*  
<http://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/7303>

Usategui, J. M. A., Angulo, Yesa, S. R., & Martínez, I. A. (2006). *Microcontroladores PIC 2a Parte. PIC 16F87X. Diseño práctico de aplicaciones.* McGraw-Hill Interamericana de España S.L.

UPS - *ST004038.pdf*. (s. f.). Recuperado 25 de marzo de 2022, de  
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17109/1/UPS%20-%20ST004038.pdf>

## 9. ANEXOS

### 9.1. Anexo I. Código para la placa Arduino Uno.

```
#include "max6675.h"

int thermoDO = 2;
int thermoCS = 3;
int thermoCLK =4;

int Button_start=5;
int Button_Stop=6;
int out_resistor=7;
int out_motot=8;

float temperatura=0;
int bstart=0;
int bstop=0;
int t1=2000; //420000; // esto equivale a 7 minutos
int t2=1000; // esto equivale a 1 minuto
int fin=0;

int contador=0;

int bandera=0;

MAX6675 thermocouple(thermoCLK, thermoCS, thermoDO);

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(Button_start, INPUT);
  pinMode(Button_Stop, INPUT);
  pinMode(out_resistor, OUTPUT);
  pinMode(out_motot, OUTPUT);
}

void loop() {

  bstart=digitalRead(Button_start);
  bstop=digitalRead(Button_Stop);

  Serial.print("C =");
  temperatura=2*((thermocouple.readCelsius())-1051.0)+30.0;
```

```

Serial.println(temperatura);

if(bstart==1 and temperatura<50 and bstop==0){
  digitalWrite(out_resistor, HIGH);
  Serial.println("Calentando...");
  bandera=0;
}

if(bstart==1 and temperatura>50 and bstop==0){
  digitalWrite(out_resistor, LOW);
  bandera=1;
}

if(bandera==1 and bstop==0){

      Serial.println("Inicia agitación ciclo=");

while(bstop==0 and contador<7){

      bstop=digitalRead(Button_Stop);
      bstart=digitalRead(Button_start);
      digitalWrite(out_motot, HIGH);
      contador=contador+1;
      Serial.println(contador);
      delay(t1);
      digitalWrite(out_motot, LOW);
      delay(t2);

}

fin=1;
bstart=digitalRead(Button_start);
bstop=digitalRead(Button_Stop);
contador==0;
bandera=0;
digitalWrite(out_motot, LOW);
digitalWrite(out_resistor, LOW);

Serial.println("Reinicie el sistema con el pulsador Start...");

while(fin==1){

      bstart=digitalRead(Button_start);

```

F-DC-125

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE PROYECTO  
DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO, MONOGRAFÍA,  
EMPRESARIADO Y SEMINARIO

VERSIÓN: 1.0

```
if(bstart==0){  
  fin=0;  
  delay(100);  
}  
  
}  
  
}  
  
  delay(1000);  
}
```