



# ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL



## FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

### DISEÑO CONCEPTUAL DE UNA BATIDORA SEMINDUSTRIAL PARA LA ELABORACIÓN DE ALIMENTOS

**Componente: “Análisis de parámetros de funcionalidad y diseño  
de un prototipo de una batidora semindustrial con control  
computarizado para la elaboración de alimentos”**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PRESENTADO COMO  
REQUISITO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO**

**GUERRERO GUANUCHE FERNANDO MARCELO**  
fernando.guerrero@epn.edu.ec

**DIRECTOR: Ing. Diego Espinosa.**  
diego.espinosa@epn.edu.ec

**Quito, Agosto 2023**

## **CERTIFICACIONES**

Yo, **FERNANDO MARCELO GUERRERO GUANUCHE** declaro que el trabajo de integración curricular aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

---

**FERNANDO MARCELO GUERRERO GUANUCHE**

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por **FERNANDO MARCELO GUERRERO GUANUCHE**, bajo mi supervisión.

---

Ing. Diego Espinosa.

**DIRECTOR DE PROYECTO**

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA**

A través de la presente declaración, afirmamos que el trabajo de integración curricular aquí descrito, así como el (los) producto(s) resultante(s) del mismo, son públicos y estarán a disposición de la comunidad a través del repositorio institucional de la Escuela Politécnica Nacional; sin embargo, la titularidad de los derechos patrimoniales nos corresponde a los autores que hemos contribuido en el desarrollo del presente trabajo; observando para el efecto las disposiciones establecidas por el órgano competente en propiedad intelectual, la normativa interna y demás normas.

Fernando Marcelo Guerrero Guanuche  
Ing. Diego Espinosa.

## DEDICATORIA

El presente documento escrito como trabajo de titulación se lo dedico al motor de mi vida, al amor incondicional, a la paciencia incansable, a la perseverancia, a la resiliencia, a la fortaleza y al mejor regalo que me pudo conceder Dios; mi maravillosa familia.

Este trabajo se lo dedico, especialmente expresando mi gran aprecio, admiración, afecto y respeto a mi hermana Jimena ya que, siempre ha sido fuente de inspiración durante toda mi carrera, ya sea para plantear ambiciosos proyectos, inmensos sueños, metas y dianas a las que apuntar, o simplemente, con el apoyo incondicional del amor de hermanos que nos tenemos. También, ha sido el mejor ejemplo, claro y palpable, de éxito que conozco de primera mano. Al igual que, un claro ejemplo de valores, cualidades y aptitudes dentro del ámbito personal y profesional.

Así también, este trabajo va dedicado a la mujer más incansable, fuerte, tenaz, incondicional, paciente, generosa, desinteresada, respetuosa, leal, humilde, solidaria, responsable, puntual y diligente; mi mamá, Mariana de Jesús Guanuche Iñaguazo. Ha sido el pilar fundamental para cada uno de mis logros escolares, personales y profesionales, porque a su lado ninguna tarea ha sido imposible, me ha inspirado a lograr convertir sueños en metas alcanzables y conocer que junto de la mano de Dios, todo es posible.

De la misma manera, este documento va dedicado para mi papá, Heriberto Ermireo Guerrero Fuentes porque ha sido una de las principales figuras de autoridad y admiración dentro de mi vida. Ha sido claro ejemplo de hombría, liderazgo y valores que me inspiran a lograr todo lo que me propongo, ya que cuento con su apoyo, carácter similar y sus, siempre, bien recibidos consejos, anécdotas e historias que dejan un mensaje positivo en mi vida.

Finalmente, el trabajo fuerte de este documento va dedicado para mi hermano, Raúl porque ha sido uno de mis mejores amigos durante toda mi vida, un ejemplo de las virtudes de ser un hombre responsable, cabeza de hogar y que pone como prioridad a su familia. También, porque es el hombre más trabajador, fuerte y resiliente que he tenido el placer de admirar.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco con mi alma a Dios, por entregarme tan gentilmente tantos dones y gracias que colman mi vida. Agradecer por su inmensa bondad, por su misericordia y nunca abandonarme en las ocasiones más duras de la carrera. También, agradezco por colocarme frente a frente con personas magníficas en mi vida profesional, que me permitieron aprender de ellos, formar mi personalidad y carácter, al igual que adquirir nuevas habilidades.

A mis padres, Heriberto y Mariana, que gracias a inculcarme con el ejemplo y experiencias sus tan valiosos valores, estoy logrando mi tan anhelado sueño. Gracias por ser el instrumento de Dios para formar a una familia de excelentes ingenieros y profesionales. Gracias por ser el faro que guía nuestras vidas y hacernos llegar a buen puerto. Gracias inmensas, por su tan ardua y correcta labor de ser tutores, profesores, maestros y padres. Gracias por sus enriquecedoras historias, anécdotas, experiencias, consejos y enseñanzas. Gracias a todas sus valiosas palabras de aliento. Gracias por su infinita paciencia y apoyo que siempre me brindan. Gracias por el amor incondicional. Gracias por ser mis cimientos, pilares y soportes fundamentales en mi formación personal, profesional, ética y moral dentro de mi vida. Gracias por criar a un excelente ser humano y compartir su vida conmigo. Y sobre todo gracias por enseñarme y demostrarme, de diferente forma, los tipos de amor y lo que se puede conseguir con ello. Ustedes son mi mejor ejemplo de humildad y bondad, los amo con todo mi ser.

Luego, agradezco inconmensurablemente a mi hermana Jimena, quién ha permanecido a mi lado como la mejor maestra de vida. Gracias a tus insuperables consejos, palabras de aliento, emociones compartidas y sentimientos extraordinarios que compartimos. Gracias por el soporte económico servido durante toda mi carrera, pero sobre todo, gracias por tanto amor que me entregas a diario, junto con tu familia. Gracias a Christian, que me ha abierto las puertas de su hogar de manera incondicional y ha puesto todo a mi disposición. Y gracias a Sofy, por ser el nuevo motor de ternura y amor en mi vida que me impulsa, nuevamente, a conseguir cosas extraordinarias que no quedarán solo en sueños. Los amo con toda mi alma.

Agradezco a mi hermano Raúl por compartir todo lo bueno a su alcance conmigo, por sus sabios consejos y por compartir el amor a los deportes conmigo, especialmente el fútbol. Gracias a mi familia, sobre todo a mi querida prima Lic. Gaby y a la Dra. Tatiana ya que sin su valiosa ayuda no hubiese podido cumplir este sueño; y finalmente a todos mis amigos que han sido cómplices en toda esta aventura, llamada vida.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIONES.....	i
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xi
1. DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO.....	1
1.1. Objetivo general.....	2
1.2. Objetivos específicos.....	2
1.3. Justificación.....	2
1.4. Alcance.....	4
1.5. Marco teórico: Estado del arte.....	5
1.5.1. Definiciones.....	6
1.5.2. Tipos de batidoras.....	9
1.5.3. Tipos de agitadoras.....	10
1.6. Benchmarking.....	11
1.6.1. Características técnicas de batidoras, agitadoras y marmitas.....	11
1.6.2. Empresas que comercializan batidoras semindustriales en Ecuador.....	12
1.6.3. Empresas comercializadoras de agitadoras en Ecuador.....	13
1.7. Metodologías y criterios para la evaluación y diseño del proyecto.....	14
1.7.1. Procesos Fundamentales: De diseño y de desarrollo.....	15
1.7.2. Calidad a través del diseño.....	16
1.7.3. Metodologías para estudio financiero.....	16
1.7.4. Automatización Industrial: Simulación y programación en PLC.....	17
2. METODOLOGÍA.....	19
2.1. Definición del producto.....	20
2.1.1. Consideraciones.....	20
2.2. Benchmarking.....	20
2.2.1. Disponibilidad de las máquinas en el mercado.....	20
2.3. Parámetros fundamentales de la Matriz de la Calidad.....	26
2.3.1. Voz del usuario.....	26

2.3.2.	Voz ingenieril.....	27
2.4.	Análisis de funcionalidad del prototipo .....	28
2.4.1.	Parámetros funcionales para definir la estructura .....	28
2.5.	Análisis modular .....	29
2.5.1.	Soluciones modulares individuales del prototipo.....	31
2.6.	Modelado de prototipo.....	38
2.6.1.	Matriz Morfológica de alternativas posibles.....	38
2.6.2.	Alternativas de solución .....	39
2.6.3.	Evaluación por método ordinal corregido de criterios ponderados.....	41
2.7.	Modelado CAD y Simulaciones .....	46
2.7.1.	Modelado CAD del prototipo .....	46
2.7.2.	Simulación en CADeSIMU .....	49
2.7.3.	Simulación en PLC.....	60
2.8.	Análisis de costos.....	68
2.8.1.	Costos de componentes normalizados .....	68
2.8.2.	Costos de materiales.....	69
2.8.3.	Costos de mano de obra y fabricar el prototipo.....	70
2.8.4.	Costos generales .....	70
3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	71
3.1.	Resultados alcanzados: análisis de parámetros.....	71
3.1.1.	Resultados del análisis para diseño conceptual.....	71
3.1.1.1	Resultados y conclusiones sobre Matriz de la Calidad .....	71
3.1.1.2	Resultados sobre los parámetros de funcionalidad del prototipo.....	72
3.1.2.	Resultados de análisis de costos .....	75
3.1.3.	Resultados de las simulaciones .....	76
3.2.	Discusión .....	84
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	85
4.1.	Conclusiones.....	85
4.2.	Recomendaciones.....	86
5.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	88
6.	ANEXOS .....	92
	ANEXO I: Casa de la Calidad.....	92
	ANEXO II: Planos.....	92
	ANEXO III: Proformas referenciales de máquinas existentes en el mercado.....	92
	ANEXO IV: Videos explicativos de las simulaciones.....	92

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.1</b>	Batidora semindustrial con accesorios .....	6
<b>Figura 1.2</b>	Agitador industrial vertical y agitador industrial horizontal .....	7
<b>Figura 1.3</b>	Tipos de accesorios de agitadores (Hélices, Paletas, Turbinas) .....	7
<b>Figura 1.4</b>	Autómata o controlador lógico programable Siemens .....	8
<b>Figura 1.5</b>	Marmita industrial .....	8
<b>Figura 1.6</b>	Cocina semindustrial y quemadores.....	9
<b>Figura 1.7</b>	Tipos de batidoras .....	10
<b>Figura 1.8</b>	Tipos de agitadores .....	11
<b>Figura 2.1</b>	Procesos y métodos para el prototipado de la batidora.....	19
<b>Figura 2.2</b>	Batidora manual modelo SB-410.....	21
<b>Figura 2.3</b>	Batidora manual modelo SB-410B .....	21
<b>Figura 2.4</b>	Batidora manual modelo SB-410.....	22
<b>Figura 2.5</b>	Batidora modelo B10 .....	23
<b>Figura 2.6</b>	Batidora modelo B7 .....	24
<b>Figura 2.7</b>	Batidora planetaria 20l.....	25
<b>Figura 2.8</b>	Marmita de 100 litros.....	26
<b>Figura 2.9</b>	Función global de nivel cero.....	28
<b>Figura 2.10</b>	Función modular de nivel uno.....	30
<b>Figura 2.11</b>	Modelo contenedor de caja metálica de control automático.....	32
<b>Figura 2.12</b>	Lugar dentro del bastidor para colocar un motor.....	32
<b>Figura 2.13</b>	Sistema de sujeción para el quemador industrial a gas.....	33
<b>Figura 2.14</b>	Perol para almacenar, contener y soportar la materia prima.....	33
<b>Figura 2.15</b>	Modelo Caja de control.....	34
<b>Figura 2.16</b>	Ejemplo de PLC Siemens.....	34
<b>Figura 2.17</b>	Imagen referencial de sistema móvil de batido.....	36
<b>Figura 2.18</b>	Bastidor del prototipo propuesto.....	47
<b>Figura 2.19</b>	Entorno de Inventor para diseño de planos.....	48
<b>Figura 2.20</b>	Prototipo de batidora propuesto.....	48
<b>Figura 2.21</b>	Plano de la simulación en CAdSIMU.....	53
<b>Figura 2.22</b>	Control de variador de frecuencia.....	54
<b>Figura 2.23</b>	Control de variador de frecuencia.....	55
<b>Figura 2.24</b>	Menú de edición del variador de frecuencia.....	56
<b>Figura 2.25</b>	Entrada analógica en simulación.....	56
<b>Figura 2.26</b>	Relé térmico activado en la simulación.....	57
<b>Figura 2.27</b>	Resistencia protectora de inercia del variador.....	58
<b>Figura 2.28</b>	Diagrama de condiciones lógicas electromecánicas.....	59
<b>Figura 2.29</b>	Interfase STEP7 MicroWin.....	60
<b>Figura 2.30</b>	Menús para compilar y exportar el programa.....	60
<b>Figura 2.31</b>	Interfase S7-200.....	61
<b>Figura 2.32</b>	Interfase PCSIMU.....	61
<b>Figura 2.33</b>	Interfase PCSIMU y S7-200 simulando.....	62
<b>Figura 2.34</b>	Programación KOP para control de velocidad.....	66
<b>Figura 2.35</b>	Programación KOP para control de temperatura.....	67



<b>Figura 3.1</b> Gráfico comparativo de costos. ....	76
<b>Figura 3.2</b> Simulación electromecánica (Pasos 1 al 4). ....	78
<b>Figura 3.3</b> Simulación electromecánica (Pasos 4 al 5). ....	78
<b>Figura 3.4</b> Simulación electromecánica (Paso 6 y 7). ....	79
<b>Figura 3.5</b> Simulación electromecánica (Paso 8 al 10). ....	79
<b>Figura 3.6</b> Simulación PLC (Paso 1). ....	81
<b>Figura 3.7</b> Simulación PLC (Paso 2). ....	82
<b>Figura 3.8</b> Simulación PLC (Paso 3). ....	82
<b>Figura 3.9</b> Simulación PLC (Paso 4). ....	83
<b>Figura 3.10</b> Simulación PLC (Paso 5). ....	83
<b>Figura 3.11</b> Simulación PLC termostato. ....	84

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.1</b>	Características generales de batidoras, agitadoras y marmitas.....	12
<b>Tabla 2.1</b>	Características entre tres batidoras de Seven Castle.....	22
<b>Tabla 2.2</b>	Modelo B10 y sus características principales. ....	23
<b>Tabla 2.3</b>	Batidora B7 y características principales. ....	24
<b>Tabla 2.4</b>	Características de batidora planetaria de 20 litros. ....	25
<b>Tabla 2.5</b>	Especificaciones de marmita de 100 litros. ....	26
<b>Tabla 2.6</b>	Prototipo propio B10 y sus especificaciones técnicas.....	27
<b>Tabla 2.7</b>	Longitudes generales para el prototipo.....	29
<b>Tabla 2.8</b>	Matriz Morfológica Inicial de alternativas posibles. ....	38
<b>Tabla 2.9</b>	Alternativas de solución al bastidor.....	39
<b>Tabla 2.10</b>	Alternativas de control automático. ....	40
<b>Tabla 2.11</b>	Alternativas de batido.....	40
<b>Tabla 2.12</b>	Alternativas para el módulo de cocción.....	41
<b>Tabla 2.13</b>	Matriz de parámetros ponderados general del prototipo.....	42
<b>Tabla 2.14</b>	Evaluación del primer módulo por criterios ponderados. ....	42
<b>Tabla 2.15</b>	Evaluación del módulo 2 por criterios ponderados. ....	43
<b>Tabla 2.16</b>	Evaluación por criterios ponderados del módulo 3. ....	44
<b>Tabla 2.17</b>	Evaluación del módulo 4 por criterios ponderados. ....	45
<b>Tabla 2.18</b>	Resumen de evaluación por criterios ponderados. ....	46
<b>Tabla 2.19</b>	Matriz morfológica final para solución del prototipo. ....	46
<b>Tabla 2.20</b>	Simbología usada en la simulación.....	51
<b>Tabla 2.21</b>	Simbología versus Elementos físicos.....	52
<b>Tabla 2.22</b>	Simbología y funcionalidad de botones.....	58
<b>Tabla 2.23</b>	Simbología de bloques.....	63
<b>Tabla 2.24</b>	Simbología de bloques de operaciones. ....	64
<b>Tabla 2.25</b>	Costos de componentes normalizados. ....	69
<b>Tabla 2.26</b>	Costos de materiales. ....	69
<b>Tabla 2.27</b>	Costos fabricación.....	70
<b>Tabla 2.28</b>	Costos generales. ....	70
<b>Tabla 3.1</b>	Características principales del prototipo. ....	73
<b>Tabla 3.2</b>	Elementos que componen el modelado CAD. ....	74
<b>Tabla 3.3</b>	Mercado vs Prototipo. ....	75

## RESUMEN

El presente proyecto integrador emerge debido a que dentro de la industria alimenticia ecuatoriana existen varios talleres artesanales que producen alimentos de alto valor agregado; sin embargo, no poseen la maquinaria que cumpla con los requerimientos de mezclado y cocción para la creación de sus productos de manera artesanal, además que no se posee el control sobre las variables que influyen directamente en estos. Es así, como en este documento se realiza un estudio preliminar donde se analizarán características técnicas de funcionalidad y diseño que intervienen en el proceso de batido y cocción dentro de un prototipo, previamente seleccionado, de batidora semiindustrial.

Una vez determinados los detalles técnicos, basados en una matriz de la calidad, se propuso un boceto de diseño para un prototipo de batidora semindustrial de capacidad de 10 litros dentro del programa Inventor Autodesk, que con ayuda de control computarizado se programó y simuló el funcionamiento del prototipo manipulando las variables de temperatura de cocción, control de la velocidad de mezclado y regulación de tiempos, en el programa STEP7, CAdESIMU y PCSIMU. Dentro del estudio se analizaron los parámetros indicados con sus especificaciones que permitieron controlar los parámetros cambiantes que actúan sobre la preparación de alimentos. También, se exponen brevemente las posibles soluciones de diseño y análisis de costos.

Finalmente, se presentó los planos para la posible construcción del prototipo.

**Palabras clave:** CAD, PLC, diseño, prototipo, batidora semindustrial, control computarizado.

## **ABSTRACT**

This integrating project emerge because within the Ecuadorian food industry there are several artisan workshops that produce high value-added foods; however, they do not have the machinery that meets the mixing and cooking requirements for the creation of their products in an artisanal way, in addition, there is no control over the variables that directly influence them. This is how, in this document, a preliminary study is carried out where technical characteristics of functionality and design that are involved in the mixing and cooking process will be analyzed within a previously selected prototype of a semi-industrial mixer.

Once the technical specifications were determined, based on a quality house, a design sketch was proposed for a prototype of a 10-liter semi-industrial mixer within the Inventor Autodesk software, which with the help of computerized control was programmed and simulated the operation of the prototype manipulating the changing parameters of cooking temperature, the mixing speed and regulation of times in the STEP7, CADeSIMU and PCSIMU softwares. Inside this study, the indicated parameters were analyzed with their specifications that allowed controlling the variables that intervene in food preparation. Also, possible conceptual design solutions, materialization solutions and cost analysis are briefly exposed.

Finally, the plans for the possible construction of the prototype were presented.

**Key words:** CAD, PLC, design, prototype, semi-industrial mixer, computerized control.

# **ANÁLISIS DE PARÁMETROS DE FUNCIONALIDAD Y DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE UNA BATIDORA SEMIINDUSTRIAL CON CONTROL COMPUTARIZADO PARA LA ELABORACIÓN DE ALIMENTOS**

## **1. DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO**

Dentro del documento se evalúan los aspectos funcionales y diseño para el prototipado de una batidora semindustrial mediante el uso de herramientas del diseño concurrente. Algunos de los parámetros planteados para el siguiente estudio son la variable de temperatura, tiempo y velocidad.

Para el diseño se seguirá el siguiente orden dentro del documento:

Se recopilará la información pertinente y acorde, mediante la revisión bibliográfica exhaustiva, adecuada y adaptada a conseguir los objetivos planteados, bibliografía que sea un referente nacional e internacional, bibliografía que contenga códigos, normativas, reglas, recomendaciones y algoritmos para la implementación efectiva para la mejora de procesos de producción. También, se consultará bibliografía que vaya acorde a las aplicaciones reales a los procesos de fabricación, guías, folletos que estén dirigidos al uso de maquinaria específica, manuales de manejo de programas informáticos para la codificación y simulación, entre otros.

Luego, se realizará un análisis del mercado nacional sobre las batidoras, agitadoras, marmitas o demás maquinaria parecida que pueda ser un punto comparativo para adaptar características técnicas de estas al prototipo que se quiere realizar.

Con esta información, se tomará como un referente y se compararan dentro de un benchmarking y se determinará el producto que resuelva las necesidades que han sido recogidas por la voz del usuario, y la caracterización técnica del prototipo utilizando la matriz de la calidad.

Después, se establecerá un diseño conceptual, a través de la estructura funcional permitiendo el dimensionamiento de los elementos del prototipo de la batidora. Dentro del mismo análisis del diseño conceptual, se estudiará la modularidad que necesita el prototipo y los requerimientos técnicos para su correcto funcionamiento.

A continuación, se seleccionará una de las alternativas estudiadas con mayor puntuación, utilizando el análisis de matrices por criterios ponderados. A la par, se realizará la simulación para el control electromecánico y automático que intervendrá en el accionamiento del prototipo y acceder a sus funciones.

Finalmente, se realizarán los planos individuales del prototipo de batidora semindustrial, presentando un plano de conjunto general; planos de las subdivisiones y posibles posiciones que tendrá el prototipo, formando los planos de subconjunto; y para concluir la documentación, se elaborarán planos de taller de los elementos a construir como propios componentes del prototipo no normalizados.

### **1.1. Objetivo general**

Analizar parámetros de funcionalidad y diseño de un prototipo de una batidora semindustrial con control computarizado en la preparación de alimentos.

### **1.2. Objetivos específicos**

- Estudiar documentación referente al estado del arte sobre mezcladoras, batidoras, agitadoras y marmitas en la industria ecuatoriana.
- Determinar las especificaciones técnicas de la batidora semindustrial.
- Elaborar una matriz de la calidad bajo QFD.
- Proponer el diseño funcional del prototipo, estructura funcional.
- Simular el control electromecánico del prototipo mediante el programa CADeSIMU y el control automático de un PLC en los softwares STEP7 MicroWIN SMART y PCSIMU.
- Crear planos para el prototipo.

### **1.3. Justificación**

En el mercado industrial y semindustrial que se dedica al nicho de la elaboración de alimentos existen una gran colección de procesos industriales que están dirigidos a la transformación de materia prima, al tratamiento y fabricación mediante maquinaria especializada, e incluso a la extensión de vida útil del producto para conservarlo y envasarlo.

“La elaboración de alimentos de forma semindustrial tienen gran aceptación en el mercado, sin embargo, esta actividad necesita apoyarse en el uso de algún tipo de tecnología que mejore la productividad de este trabajo” (*Paucar, 2020*).

Tanto el error humano como la falta de capacitación técnica aumentan la probabilidad de que los procesos de producción artesanal no se realicen correctamente, lo que impactará negativamente en el producto final.

Por ende, dentro del presente trabajo se establecerán los parámetros indicados con sus especificaciones que permitan controlar la preparación de los alimentos con una alta calidad, ayudados por un control computarizado, el cual será el grupo de elementos que trabajarán en conjunto para alcanzar la meta establecida, en donde se cuantifican y observan los datos de los parámetros a intervenir y se corrigen dentro de un rango alrededor de un dato proporcionado.

Con el control computarizado podremos obtener el control de las variables inmersas en la preparación de alimentos, tales como el tiempo, la temperatura y la velocidad de batido. Dentro de las clases impartidas por el doctor Álvaro Aguinaga se determina que, el objetivo de este arquetipo de control es que las mediciones de salida parametrizadas de un conjunto de elementos físicos confluyan a los valores esperados y de correspondencia establecidos como referente, y mediante el control de variables, como la temperatura, la velocidad de un motor, el tiempo de uso, se logre un proceso de calidad (Aguinaga, 2008).

Del mismo modo, como se expresa en la página web de Siemens (Siemens, 2021), “la mejor manera para obtener un régimen integrado de calidad en toda la cadena de suministros, procesos de fabricación, automatización, energía y transporte, etc. es identificar las variables que se desea controlar y mantenerlas sujetas al mínimo cambio”. Siendo así, la solución para el control de variables la automatización de procesos mediante un controlador lógico programable.

En este caso particular, para solventar este problema se plantea disponer de un control computarizado sobre la batidora para tener el control de las variables temperatura, velocidad y tiempo, “lo cual permitirá mejorar la calidad del producto. Se considerará la ingeniería concurrente para realizar los análisis multicriterio como una metodología de mejora continua y de fabricación sustentable” (Riba & Molina, 2006).

Se seguirá el diseño basado en la ingeniería concurrente, ya que es la creación de soluciones competitivas teniendo en cuenta su ciclo de vida, aumentando el valor añadido, mejorando la calidad, reduciendo costos, etc.

## 1.4. Alcance

En este documento se analizarán los aspectos funcionales y de diseño dentro del proceso de prototipado de una máquina batidora que permita batir o agitar mezclas de ingredientes alimenticios en un volumen de 10 a 20 litros y que a la vez permita la cocción uniforme de los mismos, bajo el control computarizado de las variables mediante la simulación del funcionamiento de un PLC en el programa PCSIMU y por medio de la codificación en el software STEP7 MicroWIN SMART, mientras que los diagramas de fuerza y mando serán simulados en el programa CAdESIMU; y mediante el uso de herramientas del diseño concurrente se analizarán los parámetros de funcionalidad de esta máquina.

El documento desarrollará el proceso de diseño del prototipo específico que solvente con los requerimientos mostrados en una casa de la calidad, llegando a un modelado del prototipo en el software CAD Inventor Autodesk, planteando el diseño conceptual del prototipo.

También, mediante el software Inventor de Autodesk con licencia institucional de la EPN se realizarán los planos del prototipo que serán separados en tres tipos, los de conjunto, que mostrarán la totalidad del diseño propuesto; los de subconjunto que muestran las diferentes posiciones y movimientos del prototipo, entre otros; y los de taller que muestran las partes a ser fabricadas.

En la parte final del documento se realizará el análisis de costos de fabricación del prototipo, que va desde los posibles materiales que se usen para su construcción hasta el costo de fabricación para ser maquilado por mano de obra calificada en el país; también, se presenta un análisis comparativo entre la fabricación del prototipo y la maquinaria similar encontrada en el mercado ecuatoriano.

Como consideraciones se plantean los supuestos de que, se buscará un diseño híbrido del prototipo entre una batidora, un agitador y una cocina semindustrial, formando un prototipo similar a las funciones de una marmita, pero con predominancia de las funciones de una batidora.

Así sean, tanto la construcción del prototipo, el análisis de los esfuerzos mecánicos, el estudio del mercado, el análisis de selección de materiales e ingeniería de detalle no son parte del alcance del presente proyecto. Estos puntos faltantes podrán ser objeto de estudio y de nuevos trabajos de integración curricular posteriores.



## **1.5. Marco teórico: Estado del arte**

### **Antecedentes**

Actualmente, en la elaboración de alimentos semindustriales se ha identificado una necesidad en lo concerniente a la insuficiente calidad en la preparación de estos, pues no se dispone de un control preciso de las revoluciones por minuto, la temperatura y el tiempo de preparación de los alimentos, parámetros que son importantes durante la cocción y mezclado simultaneo de ingredientes a una temperatura dada y en un tiempo requerido.

Mediante una entrevista personal con la artesana Sofía Santander, nos expresa que: La baja calidad del alimento se ve reflejado en que la mezcla no es homogénea porque dependiendo de su lote de fabricación, la mezcla puede presentar diferencias en la consistencia, concentración y sabor. En algunos casos se ha identificado que el producto se ve afectado por el exceso o falta de tiempo de cocción, ocasionando que el alimento se queme o no salga lo suficientemente cocinado, perjudicando la conservación del producto. Estas dos causas generan baja competitividad, bajo volumen de producción, no conformidades, baja reproducibilidad del producto; en resumen, falta de calidad y nulo control de las variables.

“El ser humano ha buscado simplificar al máximo el esfuerzo a realizar en las tareas repetitivas, tediosas, periódicas, forzadas, tales como, agricultura, climatización, iluminación, preparación de alimentos, etc. Así, se ha utilizado la tecnología disponible y los procesos de automatización” (Marketing, 2019).

Así podemos conceptualizar la automatización definiéndola como un conjunto de procesos que consiste en usar la tecnología para llevar a cabo, casi sin intervención de las personas, las tareas objetivo. En este contexto, la automatización es muy importante para cumplir con las tareas anteriormente citadas y cuanto más automáticos son los procesos a realizar, se reducirá considerablemente la probabilidad de error y se alcanza un nivel de confiabilidad superior junto con la capacidad de obtener resultados similares en cada proceso (RedHat, 2022).

Gran variedad de dispositivos semiautomáticos y automáticos que cumplen con las funciones específicas para la realización de un producto, tales como, batido, corte, fermentación, cocción, transportación, pesaje, embazado, decorado, empaquetado, entre otros.

## 1.5.1. Definiciones

### 1.5.1.1. Batidora

En la página web de Larousse se dice que (Herrera, 2007) “una batidora es un aparato eléctrico utilizado como elemento de elaboración dotado de accesorios rotatorios que se utilizan para agitar, mezclar o combinar, que funciona a varias velocidades dependiendo de las características finales del producto a obtener”. En la Figura 1.1 se puede observar una batidora con sus accesorios.



**Figura 1.1** Batidora semindustrial con accesorios

Fuente: (Hornos Andino, 2022)

### 1.5.1.2. Agitadora

Una agitadora es una máquina eléctrica utilizada en la industria la cuál posee diferentes accesorios en donde intervengan procesos de homogeneización de fluidos, mezclado de materias primas, agitación de sustancias, siendo esta una máquina con la que se obtienen productos médicos, farmacéuticos, variedad de colores en pinturas, concentraciones de detergentes que se dan de la industria química (Cosmos, 2021).

En la Figura 1.2 se pueden observar dos máquinas agitadoras y dentro de la Figura 1.3 se ven los diferentes accesorios.



**Figura 1.2** Agitador industrial vertical y agitador industrial horizontal

Fuente:(Cosmos, 2021)



**Figura 1.3** Tipos de accesorios de agitadores (Hélices, Paletas, Turbinas)

Fuente:(Cosmos, 2021)

### 1.5.1.3. Autómata PLC (Programmable Logic Controller)

Los sistemas robóticos, las técnicas de fabricación contemporáneas y cualquier operación industrial que requiera control de temperatura ahora dependen en gran medida del control automático, dando un uso completo y complejo a los autómatas o PLCs (Ogata, 2010).

Un PLC es una computadora que permite la automatización de un proceso electromecánico y que controla el correcto funcionamiento de equipos empleados dentro de la línea de producción dentro de las industrias.

Dentro de la Figura 1.4 tenemos el PLC de marca Siemens SIMATIC S7-200.



**Figura 1.4** Autómata o controlador lógico programable Siemens

Fuente:(SIEMENS S7-200, 2018)

#### 1.5.1.4. Marmita industrial

Son máquinas que se utilizan para el procesamiento y manufactura de materias primas alimenticias en las que se deben realizar varios procesos que difieren unos de otros y que los mismos tengan un proceso de transmisión de energía calórica directa con la máquina y un producto. Además, en de la industria se usan dentro la elaboración de mermeladas, todo tipo de procesamiento de la leche como leche condensada, manjar de leche (Maplas, 2021). En la Figura 1.5 se observa una marmita industrial.



**Figura 1.5** Marmita industrial

Fuente:(De Acero Inoxidable, 2023)

### 1.5.1.5. Cocina semindustrial y quemadores industriales

Una cocina semindustrial es una cocina industrial, pero preparada para uso doméstico o de menores cantidades. “Las cocinas semindustriales utilizan un sistema de cocción muy similar al de las cocinas industriales, pero en lugar de emplear quemadores eléctricos y un motor, la cocina semi industrial usa un simple cilindro de combustión” (Fernández, 2022).

Mientras que el quemador es el aparato que mezcla el combustible gaseoso con el oxígeno contenido en el aire para que posteriormente se inicie el proceso de combustión por medio de una llama o chispa iniciadora.

De la misma manera, los orificios en la cabeza del quemador sirven como puntos de salida para la mezcla de gas y aire, y se usa un control de válvula electrónico en el quemador para ajustar la llama según sea necesario (España, 2017). En la Figura 1.6 se observa una cocina semindustrial y un par de quemadores industriales.



**Figura 1.6** Cocina semindustrial y quemadores.

Fuente: (Equifrigo, 2022) y (Ocompra.com, 2023)

### 1.5.2. Tipos de batidoras

Según la página web (Hiraoka, 2022) las batidoras pueden clasificarse mediante su la capacidad volumétrica y de producción de la siguiente forma:

- **Domesticas:** Son batidoras para uso hogareño, portable, de dimensiones pequeñas y de baja capacidad, alrededor de dos litros.
- **Semindustriales:** Son batidoras para elaboración de productos artesanales o a baja escala de producción, de dimensiones medias y de capacidad entre cinco y diez litros.
- **Industriales:** Son batidoras para una alta producción a escala industrial en la que sus procesos siguen una línea de producción en serie, con capacidad mayor a diez litros.

El tema neurálgico de este proyecto abordará las características principales sobre batidoras semindustriales para la elaboración de alimentos, porque el prototipo está orientado a la producción artesanal o semindustrial de productos alimenticios.

Dentro de la Figura 1.7 se ilustran los diferentes tipos de batidoras descritas por su clasificación.



**Figura 1.7** Tipos de batidoras

Fuente: (Exhibir Equipos, 2021b), (ICAISA, 2019), (Exhibir Equipos, 2021a).

### 1.5.3. Tipos de agitadoras

Las agitadoras, al igual que las batidoras, se podrían clasificar por la capacidad volumétrica y de producción como se describe a continuación:

- **De laboratorio:** Se utilizan para mezclar líquidos, preparar soluciones y suspensiones, y tienen una capacidad máxima de un litro en las áreas de la ingeniería química, sus aplicaciones y la industria (Labprocess, 2022).
- **Semindustriales:** Tienen una capacidad máxima de 50 litros y se utilizan para probar y producir pequeñas cantidades de producto (Rona, 2022).
- **Industriales:** Estos dispositivos rotativos crean un fluido mezclando y homogeneizando productos de la misma o diferentes fases dentro de un tanque para obtener productos adicionales que ya han sido mezclados y homogeneizados (Timsa, 2023).

Dentro de la Figura 1.8 se ven los diferentes agitadores descritos por su clasificación.



**Figura 1.8** Tipos de agitadores

Fuente:(Labprocess, 2022), (Rona, 2022), (Oliver Battle, 2022)

## 1.6. Benchmarking

El benchmarking es la comparación objetiva entre los productos existentes en el mercado que compiten en características, calidad y precio con el producto propio que uno está desarrollando. Ahondando en el tema, la evaluación y el análisis de procesos, productos o servicios son necesarios si uno quiere beneficiarse de las experiencias de otros y mejorar su propio desempeño, compararlos y usarlos como punto de referencia. Esto ayudará a diferenciarse efectivamente de la competencia (Rock Content, 2017).

Siendo así que, benchmarking (Rodríguez & Flores, 2017) toma el significado de evaluación comparativa y mediante el cual, se analizan cómo interaccionan los parámetros específicos entre los productos que deben ser igualados o mejorados. De igual modo, podemos entender que el benchmarking, en una realidad en constante evolución, es la valoración comparativa que conlleva a un avance continuo y que asiste a las industrias a estar a la vanguardia e innovar, por lo que requiere un aprendizaje continuo y adaptabilidad.

### 1.6.1. Características técnicas de batidoras, agitadoras y marmitas

Tanto las máquinas batidoras, como las máquinas agitadoras poseen varias características que las diferencian entre sí, les otorgan ventajas y desventajas de acuerdo a la aplicación

que se requieran. Las características que se estudiarán en este proyecto serán la potencia, número de velocidades, el volumen, el material.

En la Tabla 1.1 se realizará una comparativa general y en rangos de fabricación promedio entre las características descritas anteriormente sobre una batidora y una agitadora.

**Tabla 1.1** Características generales de batidoras, agitadoras y marmitas.

Ítem / Máquina	BATIDORA	AGITADORA	MARMITA
Potencia [W]	500 a 2300	370 a 2300	745 a 3000
Velocidades [rpm]	50 a 500	8 a 1500	100 a 2000
Volumen [l]	10 a 80	0,1 a 3000	30 a 500
# de Velocidades	3	10	3
Material	Acero Inoxidable	Aluminio o Acero	Aluminio o Acero
Control Semiautomático	Sí	Sí	Sí

Fuente: Propia

## 1.6.2. Empresas que comercializan batidoras semindustriales en Ecuador

Actualmente, en el comercio ecuatoriano la fabricación y venta de batidoras semindustriales está orientada hacia la industria de la panificación y pastelería (*Chango*, 2010). Siendo la única función de estos equipos la mezcla de ingredientes homogénea para la obtención de masas, cremas, salsas, potajes y papillas.

En el país existen varias empresas que se dedican a la importación, distribución y en el mejor de los casos, a la fabricación de equipos y máquinas que satisfacen las necesidades del mercado en el ámbito artesanal o semindustrial. A continuación, se citarán algunas de las empresas que están inmiscuidas en estos rubros antes mencionados y que han tenido gran acogida dentro del mercado ecuatoriano, para tener un punto de comparación con los productos que ofrecen y el prototipo que se plantea desarrollar en este documento.

### 1.6.2.1. Grupo Fritega S.A.

Cabe destacar que en Grupo Fritega y en su sitio oficial web se evidencia que la empresa se encuentra ubicada en Quito y distribuyen a varias localidades más dentro del país. Durante más de diez años, esta empresa ha producido, importado y distribuido equipos industriales para gastronomía, siguiendo los más estrictos estándares y normas de calidad que marca el sector (*Fritega S.A.*, 2021).



### **1.6.2.2. Batidoras Ecuador**

Batidoras Ecuador, que se dedicada íntegramente a la distribución e importación de maquinaria para panadería y pastelería, se instaló en Quito en 2016. Sus proveedores son algunas de las mejores empresas del mundo que producen equipos para la elaboración de pan y pasteles.

### **1.6.2.3. Coara**

En la página (Coara, 2022) se dice que, es una empresa ubicada en Quito, con personal altamente calificado, la empresa construye y orienta el montaje de líneas completas de acero inoxidable para plantas de alimentos, farmacéuticas y cosméticas.

### **1.6.2.4. Hornos Andino**

(Hornos Andino, 2022) es una empresa que se encuentra ubicada en Riobamba y es una de las empresas más antiguas del centro del país ya que, nace en 1975. Parte de su legado empresarial es la fabricación de hornos domésticos e industriales, al igual que los demás utensilios, estantes y máquinas que se utilizan dentro de la panadería, enfocados en las preferencias del mercado.

### **1.6.2.5. Indumaq**

(Indumaq, 2022) está ubicada al sur de Quito y envían sus productos a todo el Ecuador, así también, fabrica y distribuye por más de diez años, una gran variedad de equipos para procesar alimentos, de refrigeración y de cocción, fabricados con altos parámetros de calidad.

### **1.6.2.6. GASTROFRÍO S.A.**

(Gastrofrío, 2021) es una empresa ecuatoriana y afirman que sus precios son muy competitivos tanto en equipos nacionales como importados. La empresa importa equipamientos de alta calidad para restaurantes, hoteles e industrias que tengan que ver con alimentos.

## **1.6.3. Empresas comercializadoras de agitadoras en Ecuador**

Dentro de la venta y fabricación de agitadoras semindustriales en Ecuador se especializan varias empresas nacionales y transnacionales. En el mercado nacional las agitadoras están orientadas hacia la industrias de la química, farmacéutica, alimenticia, pinturas y recubrimientos, entre otras. Y la función de estos equipos es la homogenización de los fluidos o soluciones que se desean obtener (*Chango, 2010*).

#### **1.6.3.1. Acero Inox.**

Esta empresa nos evidencia en su página web (Sumba, 2022) que esta organización está aplicada a la industria de la manufactura de máquinas y aparatos hechos en su mayoría de un material resistente a la corrosión (acero inoxidable), en las áreas industriales especializadas en ingeniería química, alimentaria y farmacia. Esta empresa se ubica al sur de Quito y distribuye sus productos a todo el país.

#### **1.6.3.2. ISA**

ISA es una empresa quiteña que se dedica a la “ingeniería que se enfoca en el medio ambiente con el objetivo de satisfacer las necesidades de cada cliente y mejorar la calidad de vida de sus usuarios a través del diseño, producción y aplicación de soluciones ambientales integrales” (ISA, 2022). Isa también comercializa productos que pertenecen a la industria química y ambiental.

#### **1.6.3.3. Hanna Instruments Ecuador S.A.**

(Hanna Instruments, 2020) es una empresa mundial con una sucursal en Quito. La empresa se ha dedicado a ofrecer productos para atender los diferentes sectores del mercado a través de seis divisiones que son análisis de agua, proceso, temperatura y alimentos, laboratorio, agricultura y artes gráficas.

#### **1.6.3.4. Vector soluciones industriales**

Vector soluciones industriales es una empresa ecuatoriana ubicada en Guayaquil, especializada en la importación y venta de suministros, materia prima y aparatos de laboratorio y que proporcionan suministros hacia laboratorios y el control de calidad (Vector Soluciones, 2022).

### **1.7. Metodologías y criterios para la evaluación y diseño del proyecto**

En la vida cotidiana todos los seres humanos toman alternativas variadas como parte de su rutina del diario vivir para tomar una decisión; así también, los ingenieros escogen opciones para su trabajo, seguir hojas de ruta, decisiones de manejo de talento humano, planificación y estrategias dentro de la industria y supervisar actividades. En su mayoría las decisiones que toman los profesionales al frente de una industria involucran el dinero y se resumen en administrar bien los recursos y el capital que se posee ya que son recursos limitados.

Los factores o criterios en los que se basan la toma de una decisión o una secuencia de decisiones para la realización de un proyecto normalmente son una combinación de elementos financieros y criterios técnicos.

Los procesos del diseño son los que se ocupan del ciclo básico del desarrollo de un prototipo, siendo los pilares que se iterarán una y otra vez. El diseño para la calidad se ocupa de satisfacer las necesidades y requerimientos que el prototipo requiere, mientras que la ingeniería económica estudia los parámetros que influyen de manera directa en lo financiero.

### **1.7.1. Procesos Fundamentales: De diseño y de desarrollo**

Dentro de la metodología de diseño conviene estructurar el proceso en conjuntos de acciones afines que lleven a las soluciones que más se acercan a las metas y demandas que solucionan el problema de diseño.

La estructura de diseño por etapas se puede evidenciar con cuatro fases consecutivas siendo la etapa uno, la definición del producto, obteniendo como resultado la especificación de los requerimientos. La etapa dos será el diseño conceptual, en la que se obtienen los principios de soluciones a los requerimientos y especificaciones técnicas, la estructura funcional y modular. Luego, en la tercera etapa se busca el diseño de materialización y con esto se tiene como resultado el modelo del prototipo plasmado en planos de conjunto. Finalmente, tenemos una cuarta etapa en la que se da el bosquejo de pormenores y detalles con lo que se concluye obteniendo documentos constructivos de piezas y de fabricación llamados planos.

Así, se estructura y se documenta toda la información en las cuatro fases descritas y con las que se seguirá como algoritmo para el prototipado. Por lo tanto, en la fase uno hay que documentar sobre los siguientes aspectos: a) Maneras de funcionamiento primario, esporádicos e involuntarios del producto, b) Entorno donde opera, c) Servicios del entorno, d) Aspectos de fabricación, e) Aspectos comerciales.

En la fase dos hay que presentar las diferentes especificaciones del producto y las diversas alternativas de principio de solución. Como consiguiente, se deben evaluar y validar para aprobar y elegir la más conveniente.

En la fase tres se debe materializar el artículo mediante conjuntos de piezas que deberán estar organizadas y a su vez clasificadas. Aquí también, se dan soluciones constructivas sobre las alternativas de uniones, materiales a usar, procesos de fabricación, al igual que

conseguir la adecuada simulación del prototipo en un programa de modelización y simulación CAD/CAE.

Como último paso del proceso de diseño se tiene a la etapa cuatro, en la que se despliega y plasma toda la información de los planos de conjunto a los planos constructivos del prototipo, llamados planos de taller.

### **1.7.2. Calidad a través del diseño**

La calidad a través del diseño se apoya en la construcción de matrices que puedan traducir las necesidades y requerimientos del usuario, al igual que los requerimientos técnicos del ingeniero. Por lo cual, se utilizará la herramienta para la proyección del producto o matriz de calidad, la cual convierte las exigencias del cliente en parámetros técnicos peculiares del artículo a producir.

En resumidas palabras, la voz del cliente se usa para elaborar una matriz de calidad, que son las demandas que realizan los usuarios, y la voz del profesional, en este caso el ingeniero, que es la representación de las exigencias técnicas que satisfacen las necesidades del usuario. Así, se establecen reciprocidades entre voz de usuario e ingeniero. No obstante, también coteja su producto propio con los productos del mercado que son competencia directa o indirecta de este y se establecen responsabilidades técnicas para la mejora continua del proyecto.

Los puntos fundamentales que contiene la casa de la calidad están basados en la bibliografía de Carles Riba (Riba & Molina, s/f) y serán: “a) Voz del usuario, b) Análisis de competitividad, c) Voz del ingeniero, d) Correlaciones, e) Comparación técnica, f) Compromisos técnicos”.

### **1.7.3. Metodologías para estudio financiero**

En la línea de pensamiento de Blank y Tarquin, se sabe que las habilidades y la experiencia de los ingenieros en el diseño, el análisis y la síntesis les permiten tomar decisiones acertadas de inversión de capital (Blanc & Tarquin, 2012).

Para entender cómo se llega a tomar la decisión de cómo invertir el capital adquirido o poder presupuestarlo para un proyecto, se debe observar si la idea está alineada con agregar valor al proyecto, esperando así poder obtener un veneficio y resultados positivos a futuro, ya sean monetarios, sociales, de recursos, etcétera.

Para el estudio financiero se formulará, evaluará, aproximará y estimará cada uno de los resultados financieros teniendo en cuenta que existen varias alternativas posibles para llevar a cabo el proyecto, siendo cada una de estas opciones más o menos costosas.

El método a seguir dentro del documento para este análisis será guiado por los siguientes pasos:

1. Especificación de la meta financiera del proyecto.
2. Adquisición de datos pertinentes.
3. Estimación de capital y presupuesto.
4. Definición de soluciones viables.
5. Análisis de cada posibilidad.
6. Selección de la solución ideal.

Estos puntos están basados en el análisis de ingeniería económica de Blank y Tarquin ya que a veces, la mejor opción económica requeriría más capital del que estaba disponible, o existen importantes factores no económicos que hacen que la mejor opción económica sea imposible de implementar, por ejemplo, la calidad de un producto o bien el alto factor de seguridad.

Por lo tanto, es tan importante para el diseño de un prototipo el análisis financiero y los demás análisis multicriterio, contrastarlos para conseguir un elemento que cumpla con todas las necesidades del usuario y calidad de la parte ingenieril, y finalmente que satisfaga tanto los requerimientos como las exigencias de ambas partes.

El segundo punto evidencia la información adquirida en el benchmarking y comparar entre las alternativas de solución que se van a plantear, al mismo tiempo que una nueva estimación de capital.

Una vez contrastada la información adquirida con la información de los requerimientos del producto, se plantea las alternativas de solución.

#### **1.7.4. Automatización Industrial: Simulación y programación en PLC**

La automatización industrial dentro de la red estructurada radica en operar encima de un conglomerado de elementos que interactúan, para que el sistema cumpla con la misión clara y definida. Así, se necesita de tres componentes para poder tener un sistema de control: a) Sensores, b) Controlador, c) Actuadores.

Los sensores son elementos que perciben o detectan variables del sistema físico e informan al controlador. El controlador realiza la función de un cerebro que almacena, recibe y procesa información de los sensores, calcula datos y los resuelve para poder remitir señales a los actuadores para que operen en el sistema para que este logre una meta asignada. Por último, los dispositivos que activan o actúan sobre un sistema en respuesta a los comandos del controlador se conocen como actuadores (Aguinaga, 2008).

Igualmente, el control puede ser de tres tipos, el control manual, semiautomático y automático. Para entender, el control manual se realiza únicamente por un operador humano y ejerce en su totalidad el control directo sobre el sistema; por el contrario, la intervención humana está completamente ausente en el control automático y los agentes que ejercen el control son elementos artificiales. Siendo así, el control semiautomático, aquel que posee un proceso controlado en parte por un ser humano y otra parte de manera automática.

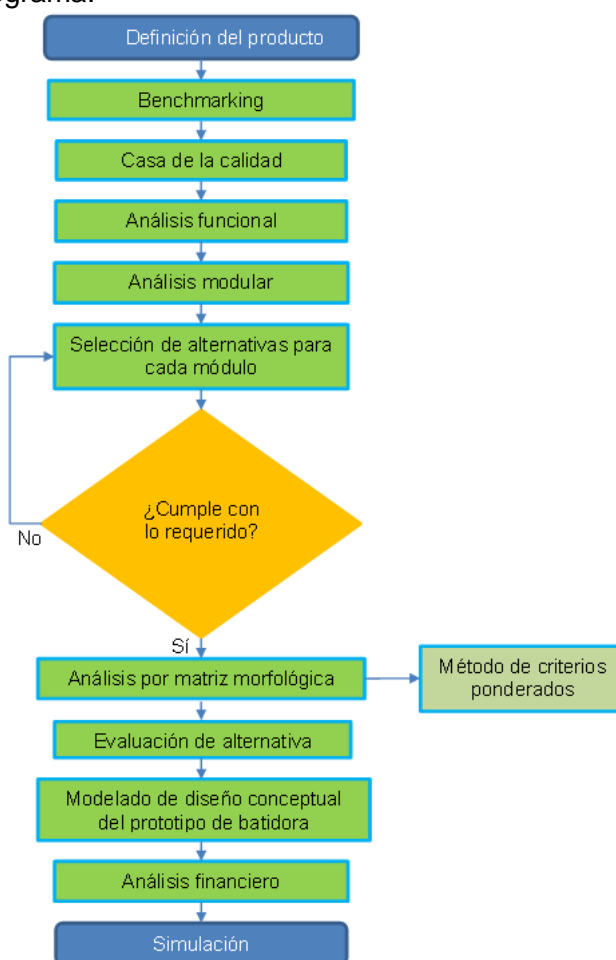
Mediante un controlador lógico programable se llevará a cabo el objetivo de guardar instrucciones, ejecutar funciones lógicas, configurar una secuencia, sincronización, conteo y aritméticas, por medio de una memoria programable. Tanto, elementos de entrada y salida mantienen una conexión con el PLC y están bajo control. Siendo así que el autómatas monitorea los dispositivos, de acuerdo con la programación almacenada en la memoria interna del PLC que el programador creó para este dispositivo, haciendo que la máquina cumpla con los procesos requeridos de manera coherente y segura.

La codificación que se utilizará como lenguaje simbólico y de bloques para el proyecto propuesto será LADDER o KOP, ya que “es un lenguaje de programación gráfico compuesto por una sección de operaciones lógicas que se asemeja a los elementos de los diagramas de circuitos.” (Aguinaga, 2008).

El programa STEP 7 microwin es un programa informático que sirve básicamente para la programación de los elementos de automatización. El programa permite crear proyectos, configurar y parametrizar los dispositivos de entrada y salida, crear programas propios, cargar programas en el sistema creados previamente, diagnosticar fallas, comprobar el sistema de automatización, entre otros. También, dentro del programa se puede simular el funcionamiento del programa que ejecutará el PLC en la vida real. Se ayuda de una interfase dinámica y didáctica para demostrar el funcionamiento correcto, fallos en la programación, acciones a corregir y las acciones que ejecutarán las máquinas controladas por el programa específico que se esté ejecutando en el software PCSIMU.

## 2. METODOLOGÍA

La metodología aplicada en este proyecto se sustenta de tres pilares fundamentales, la primera fue la metodología para el diseño concurrente, propuesta por Riba; la segunda metodología a seguir es la implantada por Black y Tarquin para el estudio financiero del proyecto; y finalmente para concluir, se pondrá en ejecución la metodología práctica impartida por el Doctor Álvaro Aguinaga para la programación y simulación de un PLC. Dentro de Figura 2.1 se ve la metodología completa que será llevada a cabo dentro del estudio, apoyados en un flujograma.



**Figura 2.1** Procesos y métodos para el prototipado de la batidora.

Fuente: Propia

Para la selección de alternativas con un análisis multicriterio, el estudio establece tres análisis paramétricos basados en el diseño concurrente, el análisis financiero y la factibilidad técnica luego de la simulación.

## **2.1. Definición del producto**

### **2.1.1. Consideraciones**

El estudio partió desde los supuestos planteados en el apartado de alcance dentro del Punto 1.4 del desarrollo del componente. Siendo así que, en este capítulo se estudian los principales parámetros que intervienen en el prototipado de una batidora semiindustrial que permita batir, agitar, homogeneizar, y cocinar mezclas de ingredientes alimenticios en un volumen mínimo de 10 litros y máximo de 20 litros.

Se establecieron los supuestos de que el prototipo será un diseño híbrido entre el modelo de una batidora, un agitador, una cocina semiindustrial, con funciones de una marmita que sea autovolcable, pero con predominancia de las funciones de una batidora.

Se estableció que el prototipo trabajará en una zona urbana, con conexión a la red eléctrica local de entre 110 a 220 voltios, con frecuencia de 60 Hz, y que deberá ser accionada gracias a energía eléctrica. El sistema de cocción será netamente de gas GLP.

El prototipo deberá ser accionado de manera fácil y con un sistema semiautomático, que pudiera ser controlado mediante un PLC de marca Siemens LOGO y será programado en lenguaje Ladder mediante el software STEP 7. También, el prototipo permitirá el control computarizado de parámetros cambiantes como temperatura, tiempo y revoluciones de mezclado.

## **2.2. Benchmarking**

### **2.2.1. Disponibilidad de las máquinas en el mercado**

Existen distribuidores a nivel internacional que disponen de máquinas industriales que baten y cuecen mezclas de alimentos a la vez, con diferentes prestaciones y características. Las máquinas batidoras, agitadoras o marmitas más significativas se muestran descritas en los siguientes puntos.



### 2.2.1.1. Batidora de vaso basculante modelo SB-410

En el sitio web de (Seven Castle Ent. Co., 2023) nos dicen que SB-410 es una batidora accionada por una correa de transmisión entre poleas, económica, con un brazo giratorio planetario, cubeta fija, y que cocina por medio de GLP. La Figura 2.2 contiene la imagen del modelo SB-410.



**Figura 2.2** Batidora manual modelo SB-410

(Fuente:(Seven Castle Ent. Co., 2023))

### 2.2.1.2. Batidora basculante modelo SB-410B

En el sitio web de (Seven Castle Ent. Co., 2023) “se ilustra que es una máquina mezcladora con cocción a GLP y semiautomática. La máquina posee un brazo rotatorio basculante y el recipiente posee la capacidad de inclinarse hasta un ángulo recto de 90° ayudado por control eléctrico o manual”. Así, en la figura mostrada con numeración dos punto tres (2.3) visibiliza el modelo SB-410B.



**Figura 2.3** Batidora manual modelo SB-410B

Fuente:(Seven Castle Ent. Co., 2023)

### 2.2.1.3. Batidora de cocción eléctrica modelo SC-120ih

En el sitio web de Seven Castle (Seven Castle Ent. Co., 2023) se observa que la batidora de cocción mini es de un volumen de 12 litros, que utiliza tecnología de inducción y es uno de los mezcladores de menor tamaño para ser colocado sobre una mesa. También dicen que la transferencia de calor con esta tecnología es de al menos 80% en eficiencia. La Figura 2.4 evidencia la batidora de cocción eléctrica SC-120ih.



**Figura 2.4** Batidora manual modelo SB-410

Fuente: (Seven Castle Ent. Co., 2023)

A continuación, dentro de la Tabla 2.1 se realiza una comparativa entre los tres modelos de batidoras antes expuestos.

**Tabla 2.1** Características entre tres batidoras de Seven Castle.

<b>Características</b>	<b>SC-410</b>	<b>SC-410B</b>	<b>SC-120ih</b>
Volumen	40 litros	80 litros	12 litros
Costo	2600 dólares	3500 dólares	2100 dólares
Tecnología de calefacción	Gas	Gas	Inducción
Material del cuerpo y del tazón	Acero Cuenco de cobre	Acero Cuenco de cobre	Acero Mesa de vidrio
Potencia	1 HP	1 HP	5.5 kW
Peso	90 kg	103 kg	60 kg

Fuente: Propia

#### 2.2.1.4. Batidora modelo B10

Es una máquina fabricada en acero inoxidable, con sistema de transmisión por engranajes de tres velocidades, con un sistema de elevación manual y un tazón en acero inoxidable. El cuerpo o carcasa está hecho de fundición. En la Figura 2.5 se muestra la batidora B10 y las características principales del modelo B10 están dentro de la Tabla 2.1.



**Figura 2.5** Batidora modelo B10

Fuente:(Fritega, 2021)

**Tabla 2.2** Modelo B10 y sus características principales.

Características Principales			
Característica	Valor		
Dimensiones (X,Y,Z) [mm]	420	380	750
Capacidad [l]	10		
Velocidad [rpm]	508		
Voltaje [V]	110		
Frecuencia [Hz]	60		
Peso [kg]	80		
Precio [\$]	900		

Fuente: Propia

#### 2.2.1.5. Batidora modelo B7

Este modelo de batidora realiza el movimiento del agitador alrededor del tazón y el eje gira sobre sí mismo para que los productos se mezclen completa y uniformemente. El modelo B7 posee el mecanismo de transmisión con engranajes y tiene su estructura compacta. El perol es de acero inoxidable 304, mientras que el cuerpo es plástico. En la Figura 2.6 se muestra la batidora B7 y las características principales del modelo B7 están contenidas dentro de la Tabla 2.3.



**Figura 2.6** Batidora modelo B7

Fuente:(Coara, 2023)

**Tabla 2.3** Batidora B7 y características principales.

Características Principales			
Dimensiones (X,Y,Z) [mm]	420	380	750
Capacidad [l]	10		
Velocidad [rpm]	508		
Voltaje [V]	110		
Frecuencia [Hz]	60		

Fuente: Propia

### 2.2.1.6. Batidora modelo planetaria 20l

Este modelo de 20 litros es un aparato de gran capacidad que sirve para batir alimentos. También, dentro de la máquina se puede amasar algunos tipos de masas que son manufacturadas para el sector de la panadería y pastelería. Los utensilios y la estructura de la máquina han sido producidos de acero inoxidable.

El contenido de la Figura 2.7 es la batidora planetaria de 20l y las características principales de la misma están contenidas en la Tabla 2.4.



**Figura 2.7** Batidora planetaria 20l

Fuente:(Gastro Equipos, 2023)

**Tabla 2.4** Características de batidora planetaria de 20 litros.

Características Principales		
Característica		Valor
Capacidad	[l]	20
Velocidad	[rpm]	80/680
Voltaje	[V]	110
Frecuencia	[Hz]	60
Potencia	[W]	300
Peso	[kg]	90
Precio	[\$]	1100

Fuente: Propia

### 2.2.1.7. Marmita de 100 l

Este modelo de marmita es usada para cocción presurizada, elaborada en acero inoxidable AISI 304 de 3 mm interior esférico y 2 mm exterior cilíndrico tipo volcable, de doble chapa, con motorreductor de bajas revoluciones, incluye aspa agitadora con teflón plástico alimenticio para evitar la adherencia del producto en las paredes del equipo, el equipo esta soportado por un pedestal y palanca de sujeción para facilitar el volcado seguro(Coara, 2022). Dentro de la Figura 2.8 está una imagen de una marmita de 100 l y contenido dentro de la Tabla 2.5 están las características principales.



**Figura 2.8** Marmita de 100 litros.

Fuente:(Coara, 2022)

**Tabla 2.5** Especificaciones de marmita de 100 litros.

Características Principales		
Característica		Valor
Capacidad	[l]	100
Velocidad	[rpm]	28
Voltaje	[V]	110-220
Frecuencia	[Hz]	60
Potencia	[W]	370
Peso	[kg]	114
Precio	[\$]	4200

Fuente: Propia

## 2.3. Parámetros fundamentales de la Matriz de la Calidad

### 2.3.1. Voz del usuario

En base a lo estipulado por el usuario, el prototipo podría poseer los siguientes requerimientos en base a las necesidades del usuario:

- Larga durabilidad.
- Usos prolongados y bajo mantenimiento.
- Que permita la movilidad rotacional de paletas.
- Que sea ligero y transportable.
- Que sea estable.
- Que sea de fácil manejo y control.
- Que sean desmontables las partes móviles para su limpieza.
- Que sea económico o barato.
- Que contenga un volumen de 10 a 20 litros.

### 2.3.2. Voz ingenieril

Sustentados en la percepción, sugerencias y deseo planteado por el usuario se establecen las especificaciones técnicas como parámetros de estudio:

- Vida útil y multifuncionalidad.
- Peso.
- Periodo de mantenimiento.
- Bajo costo.
- Volumen.
- Estabilidad

Bajo estos requerimientos se elabora la respectiva matriz de calidad que está contenida como Anexo I.

Siguiendo la metodología de Riba (Riba & Molina, 2006), se muestra una matriz de especificación para el prototipo. Dentro de la siguiente Tabla con numeración 2.5 observarán las exigencias técnicas basadas en la Matriz de Calidad.

**Tabla 2.6** Prototipo propio B10 y sus especificaciones técnicas.

Empresa / Cliente:	<b>PRODUCTO: BATIDORA B10</b>			Fecha inicial: 02/2022
Emprendedor 1				Última revisión: 03/2022
Diseñador:				Página 1/1
Fernando Guerrero				
Especificaciones				
Concepto	Fecha	Propone	R/D	Descripción
Función	02/2022	C	R	Batidora eléctrica con cocción incorporada. Movilidad rotacional del eje. Cocinar mediante gas GLP. Control semiautomático.
	03/2022	C		
	05/2022	D		
Dimensiones	02/2022	D	R	Promedio de 1x0,75x1 m. Peso máximo 80 kg.
		C		
Movimientos	02/2022	C	R	Movimientos rotacional del eje. Movimiento basculante del recipiente.
	05/2022	D	MR	
Costos	02/2022	C	R	Costo máximo de fabricación: \$2000. Costo máximo de fabricación: \$1500.
	05/2022	C	MR	
Mantenimiento	02/2022	D	R	Baja complejidad para el fácil montaje y desmontaje de piezas móviles para limpieza.
Propone: M=Marketing, D=Diseño, P=Producción, F=Fabricación, C=Cliente. R/D: R=Requerimiento, D=Deseo, MR=Modificación de Requerimiento.				

Fuente: Propia

Como parte final del análisis de la herramienta que permite encontrar soluciones al problema de diseño planteado es el análisis funcional, en el que se estudian los parámetros establecidos en la QFD y se buscan soluciones ingeniosas para cada uno de los requerimientos.

## 2.4. Análisis de funcionalidad del prototipo

La herramienta que permite encontrar soluciones al problema de diseño planteado es el análisis funcional, en el que se estudian los parámetros establecidos en la QFD y se buscan soluciones ingeniosas para cada uno de los requerimientos.

Mediante la representación de diagramas de flujo se logra alcanzar un análisis de funcionalidad objetivo, yendo desde lo general hasta lo particular de cada elemento del prototipo. Así, en este estudio se realizan dos funciones para desarrollar el prototipo, el primero será de nivel cero llamada, función global de nivel cero. Mientras que la segunda será el desarrollo de módulos llamada, función modular nivel uno.

En el nivel cero, se establece el diagrama de flujo más general que nos indicarán las entradas, procesos y salidas que existen en el prototipo, es decir, el propósito del prototipo plasmado en un esquema. Dentro de la Figura 2.8 se puede evidenciar la función global de nivel cero, mientras que más adelante en la sección del análisis de modularidad, dentro de Figura 2.10, se mira el diagrama de función modular de nivel uno.

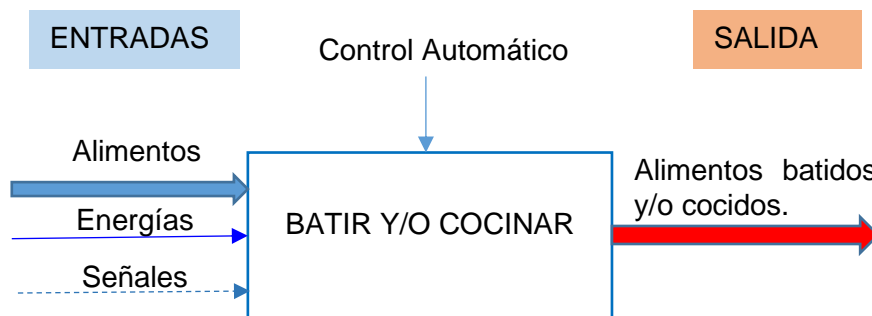


Figura 2.9 Función global de nivel cero.

Fuente: Propia

### 2.4.1. Parámetros funcionales para definir la estructura

Lo primero a definir para el análisis funcional es un parámetro que llamaremos “dimensiones generales del prototipo”. Igualmente, se definen tres parámetros básicos que conformen el prototipo; a) Parámetros dimensionales, b) Parámetros de energías, c) Parámetros de control. Sobre la siguiente Tabla con numeración 2.7 encontramos varias longitudes estructurales para el prototipo final.



**Tabla 2.7** Longitudes generales para el prototipo.

<b>Característica</b>	<b>Dimensión (mm)</b>
Longitud	1350
Ancho	1250
Altura	1800
Distancia perol- suelo	300-400

Fuente: Propia

Después, se considera el suministro de energía que se le colocará al prototipo para que funcione y ejecute los objetivos. Por lo tanto, se debe considerar un sistema motor que pueda mover el eje de la batidora y que convierta la energía eléctrica en energía mecánica. También, se requiere del control automático y este debe ser ubicado dentro de un gabinete seguro.

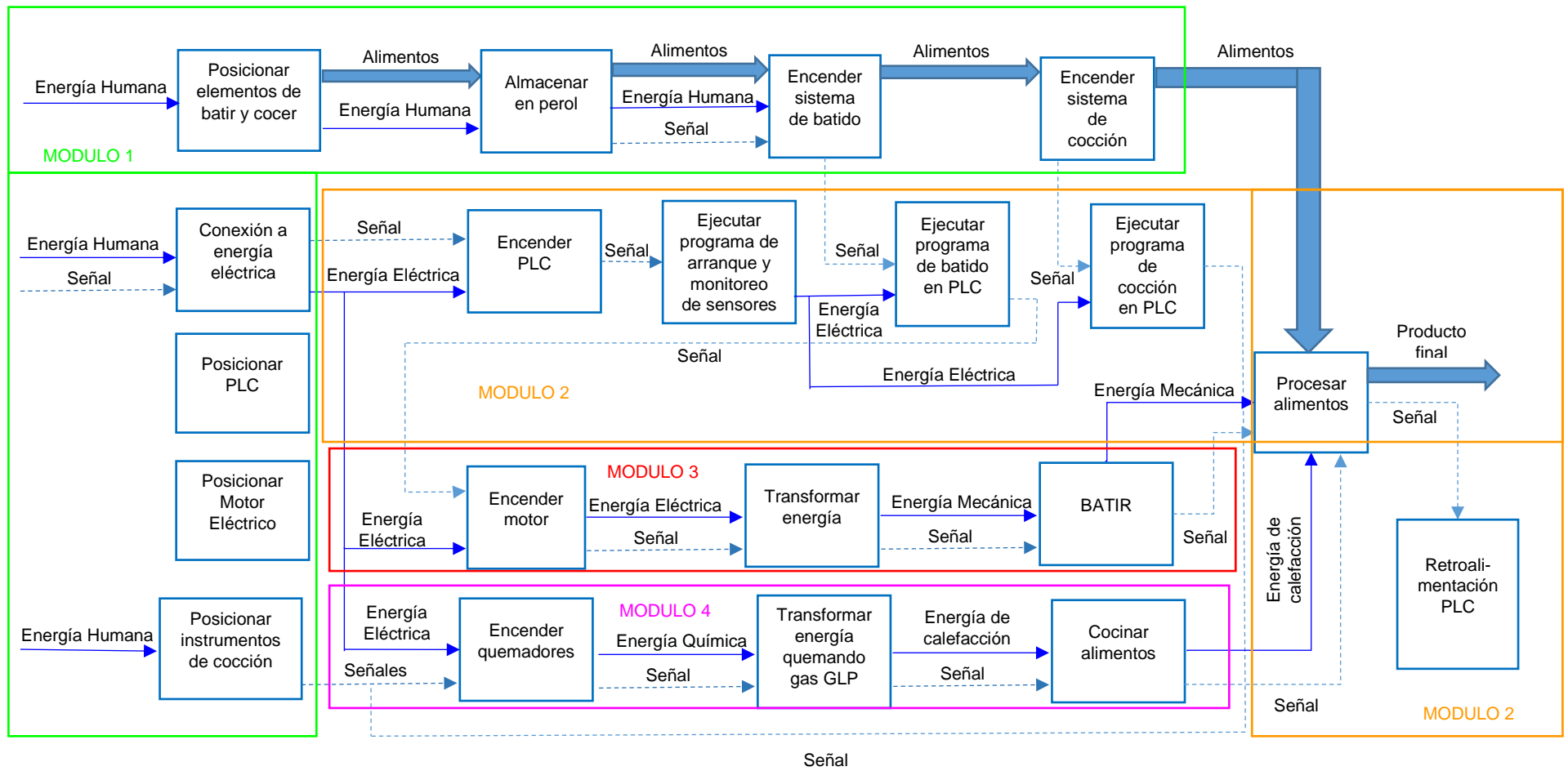
## **2.5. Análisis modular**

Para el análisis modular se necesita estructurar y organizar un conjunto de bloques estructurales que se conocerán como módulos, los cuales desglosan la composición del prototipo gracias al desmembramiento de las funciones en subfunciones. En el nivel cero, se establecieron las funciones principales, tanto los componentes de entrada y como los de salida que están evidentes previamente dentro de Figura 2.9 del análisis funcional.

Definiremos a cada función con su respectiva subfunción e interfases. Siendo estas cuatro interfases las siguientes:

- a) Interfase mecánica: Es la superficie en la que se forma la coalición mecánica a través de los módulos. En el caso de estudio, sí existe interfase mecánica.
- b) Interfase de energía: Es la superficie que establece un flujo de energía. En el prototipo esta interfase será de alimentación eléctrica y alimentación de GLP para calefacción.
- c) Interfase de transferencia de materiales: Es la superficie por la que se transfiere un flujo de material entre módulos. En este caso, existe la alimentación de materia prima y la retirada de producto batido y cocido del perol.
- d) Interfase de señal: Es la superficie por la que se transmite un flujo de señal entre módulos. En el caso de estudio, sí existe la interfase de señal que será entre el PLC y los actuadores.

Dentro del análisis modular se estructura un diagrama de flujo que evidencie la funcionalidad modular de nivel uno, que se muestras reflejada en la Figura 2.10.



**Figura 2.10** Función modular de nivel uno.

Fuente: Propia

Apoyados en el diagrama de la función global de nivel cero y del diagrama de función modular de nivel uno, se concluye que el prototipo deberá contar con cuatro módulos básicos y con cuatro interfases que lo conformen así:

- 1) Módulo 1: Estructura y bastidor de la batidora.
- 2) Módulo 2: Control automático
- 3) Módulo 3: Batido mecánico
- 4) Módulo 4: Cocción
  - a) Interfase mecánica: Entre el motor eléctrico y el tren motor de batir
  - b) Interfase de energía: Entre energía eléctrica a mecánica
  - c) Interfase de transferencia de materiales: Entre las palas móviles y el recipiente o perol.
  - d) Interfase de señal: Todo el control automático

## **2.5.1. Soluciones modulares individuales del prototipo**

### **2.5.1.1. Módulo 1: Estructura y bastidor de la batidora**

Para establecer una estructura que conforme un bastidor y sea el sostén del prototipo, se tomará un modelo de bastidor de los estudiados en el Benchmarking y mejorarlo con las adaptaciones pertinentes que requiera el modelo. A continuación, se presentan las diferentes soluciones para cada uno de los parámetros de funcionalidad del módulo 1.

El módulo está compuesto por los siguientes parámetros de funcionalidad:

- Posicionar elementos de batir y cocer
- Conexión a energía eléctrica
- Posicionar el PLC
- Posicionar el motor eléctrico
- Posicionar instrumentos de cocción
- Almacenar en perol
- Encender los sistemas de batido y/o cocción

#### **2.5.1.1.1. Posicionar elementos de batir y cocer**

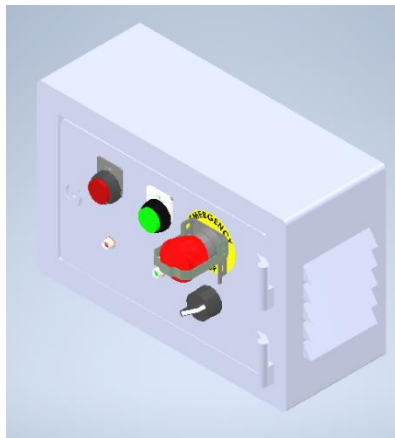
La forma más acertada para posicionar todos los elementos que se necesitan para batir y cocinar los alimentos es mediante el ingreso manual de cada uno de ellos por parte del usuario y deberán ser de fácil acceso, estar a la altura adecuado y de fácil colocación.

#### 2.5.1.1.2. Conexión a energía eléctrica

El prototipo tendrá un cable de alimentación industrial que irá conectado al panel de control y su respectiva fuente de poder.

#### 2.5.1.1.3. Posicionar el PLC

El prototipo tendrá una caja metálica de control en la que irán almacenados los componentes que controlan, accionan, y regulan el funcionamiento del motor. La Figura 2.11 deja ver un modelo de una caja de control que se puede usar.

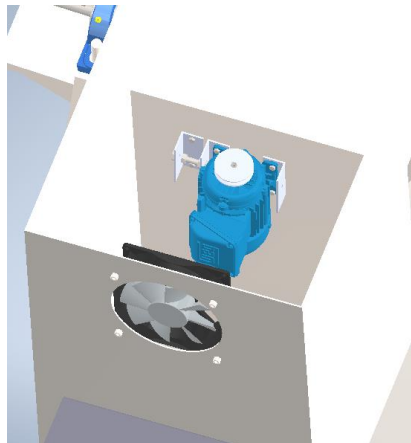


**Figura 2.11** Modelo contenedor de caja metálica de control automático.

Fuente: Propia

#### 2.5.1.1.4. Posicionar el motor eléctrico

El prototipo tendrá una cavidad en la parte interna del bastidor en la que el motor se podrá fijar mediante conexión de pernos y placas metálicas. La Figura 2.12 evidencia el bastidor con un compartimento donde se puede colocar un motor.

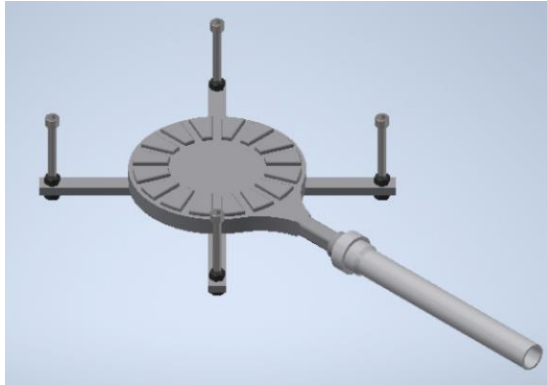


**Figura 2.12** Lugar dentro del bastidor para colocar un motor.

Fuente: Propia

#### 2.5.1.1.5. Posicionar instrumentos de cocción

Se puede solucionar el posicionamiento adecuado del quemador de la forma más acertada mediante la colocación manual y debida sujeción al perol por parte del usuario y deberá estar a la altura adecuada, de fácil colocación manual y tener facilidad para el acceso. Dentro de la Figura 2.13 se visualiza el sistema de sujeción del quemador industrial de gas que irá conectado a la base del perol.

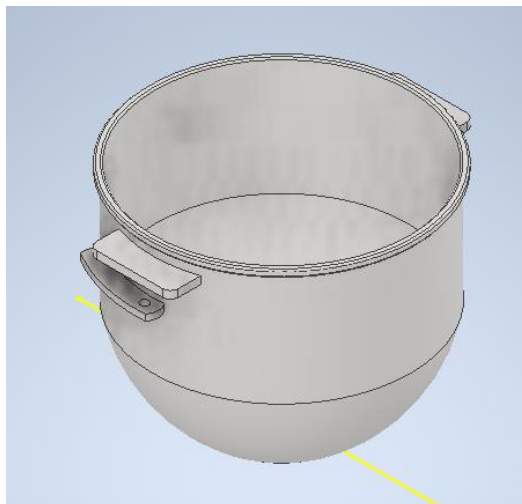


**Figura 2.13** Sistema de sujeción para el quemador industrial a gas.

Fuente: Propia

#### 2.5.1.1.6. Almacenar en perol

El propósito principal del perol será albergar, soportar y contener a los alimentos que serán procesados por el prototipo. Dentro de la imagen con nombre Figura y numeración 2.14 muestra un ejemplo de perol que se ubicará en el prototipo.

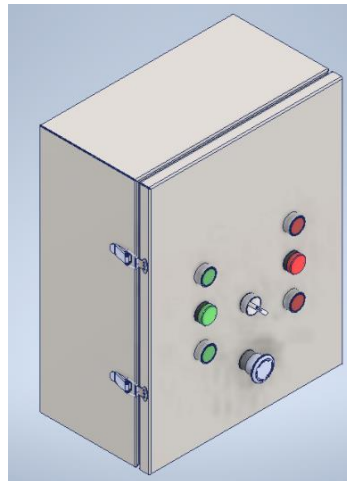


**Figura 2.14** Perol para almacenar, contener y soportar la materia prima.

Fuente: Propia

### 2.5.1.1.7. Encender los sistemas de batido y/o cocción

Para el encendido de los sistemas para batir, agitar o cocinar se podrá hacer el uso de pulsadores que irán dentro de la caja de control, y enviarán señales al PLC para que pueda ejecutar el programa seleccionado con el botón presionado. Los procesos de batido y cocción deben ser independientes uno del otro. Podrá llevar un botón de paro de emergencia, luces piloto para indicar el funcionamiento de cada proceso. Dentro de la Figura 2.15 se ve un ejemplo de botoneras conformando una caja de control.

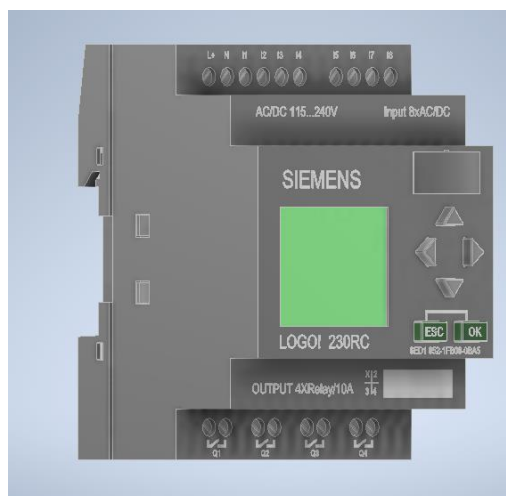


**Figura 2.15** Modelo Caja de control.

Fuente: Propia

### 2.5.1.2. Módulo 2: Control automático

En este módulo, el elemento principal sobre el cual giran todos los parámetros es el control automático ejercido por un PLC, que en este caso será el PLC escogido de antemano al inicio del estudio, un PLC de marca Siemens. En la Figura 2.16 se muestra el PLC que se utilizará dentro del diseño conceptual como referencia.



**Figura 2.16** Ejemplo de PLC Siemens.

Fuente: Propia

Este módulo está compuesto por los siguientes parámetros de funcionalidad:

- Encender el PLC
- Ejecutar el programa de arranque y monitoreo de sensores
- Ejecutar el programa de batido
- Ejecutar el programa de cocción
- Procesar alimentos
- Retroalimentación

#### **2.5.1.3.1. Encender el PLC**

Para que el PLC funcione en sus condiciones normales de trabajo, siempre deberá tener un suministro constante de energía eléctrica mediante una fuente de suministro o alimentación hacia la caja de control. Una vez suministrada la energía eléctrica, y mover un interruptor para encender el equipo, el PLC cargará automáticamente su programación.

#### **2.5.1.3.2. Ejecutar el programa de arranque y monitoreo de sensores**

El momento justo después de ser encendido el equipo, el PLC dentro de su programación ejecutará automáticamente el sondeo de cada uno de los actuadores, sensores y entradas para determinar su estado.

#### **2.5.1.3.3. Ejecutar el programa de batido**

El PLC deberá ser programado con un algoritmo que permita accionar los actuadores que puedan hacer que el prototipo logre el movimiento desde el motor eléctrico y se convierta en un movimiento rotacional controlado que bata la materia prima dentro del perol. Desde esta programación, se podrá controlar la velocidad de batido y el tiempo de ejecución.

#### **2.5.1.3.4. Ejecutar el programa de cocción**

Así también, como en la programación de batido, en este caso el PLC deberá ser programado con un algoritmo que permita accionar los actuadores que puedan hacer que el prototipo logre el encendido automático del quemador y que controle el parámetro de temperatura por medio de un sensor.

#### **2.5.1.3.5. Procesar alimentos**

El PLC deberá estar recibiendo constantemente información de temperatura y tiempo transcurrido en cada proceso. Así, el PLC logrará obtener una retroalimentación de todo el sistema e indicará cuando debe detenerse un proceso automáticamente, obteniendo como resultado el producto final requerido por el usuario.

#### 2.5.1.3.6. Retroalimentación

El PLC recibirá información desde que arranca un proceso hasta que termina, sosteniendo comunicación entre los actuadores y sensores, siendo así que logra una retroalimentación del estado actual de cada proceso a través del tiempo.

#### 2.5.1.3. Módulo 3: Batido mecánico

Dentro de este módulo se trabajará con elementos mecánicos tales como un eje principal en el cual se montarán los diferentes utensilios de batido, un sistema de poleas que transmitan el movimiento desde el motor hacia el eje principal por medio de una banda. En la Figura 2.17 se puede observar los componentes mecánicos que conformarían este módulo.



Figura 2.17 Imagen referencial de sistema móvil de batido.

Fuente: Propia

Este módulo está compuesto por los siguientes parámetros de funcionalidad:

- Encender el motor
- Transformar energía eléctrica en mecánica
- Batir

#### 2.5.1.4.1. Encender el motor

Para encender el motor eléctrico, se necesitará de una conexión física a una fuente de energía eléctrica. También, deberá ser controlado mediante un programa de PLC que ejecute automáticamente la orden, por medio del envío de una señal, ya sea presionando un pulsador de arranque u otro activador.



#### **2.5.1.4.2. Transformar energía eléctrica en mecánica**

El motor consumirá energía eléctrica en su interior para crear movimiento de rotación dentro de su eje rotor, transformando energía eléctrica a energía cinética. Así mismo, el eje rotor transmitirá energía cinética rotacional mediante su eje hacia una polea conductora y a su vez, esta polea transmitirá el movimiento rotacional a una polea conducida que estará unida físicamente al eje principal de la batidora, donde el movimiento será transmitido al eje y este movimiento será transmitido a los utensilios de batido. Por último, la electricidad consumida por el motor se ha convertido en energía mecánica al final de la cadena de transformación, transfiriendo esa energía mecánica a los alimentos por medio de los utensilios de batido.

#### **2.5.1.4.3. Batir**

El fin de la cadena de transformación de energía cinética rotacional transmitida desde el motor hacia el sistema de batido, es que los alimentos contenidos en recipiente o perol se mezclen mediante los utensilios de batido y así se logrará que los alimentos se unan, batan, mezan, agiten o revuelvan entre sí y formen un producto alimenticio nuevo.

Este parámetro se solventará por medio de toda la cadena de transformación de energías y ser controlado por el PLC.

#### **2.5.1.4. Módulo 4: Cocción**

Este módulo está compuesto por los siguientes parámetros de funcionalidad:

- Encender quemadores
- Transformar energía química a energía térmica de calefacción
- Cocinar alimentos

Apoyados en el diagrama de la función global de nivel cero y del diagrama de función modulad de nivel uno, se concluye que el prototipo deberá contar con cuatro módulos básicos y con cuatro interfases que lo conformen

#### **2.5.1.4.1. Encender quemadores**

El prototipo tendrá un sistema de encendido semiautomático por medio de un chispero eléctrico, una válvula de paso para el gas y la misma fuente de alimentación eléctrica desde el panel de control.

#### **2.5.1.4.2. Transformar energía química a energía térmica de calefacción**

El prototipo obtendrá suministro de GLP por medio de una manguera industrial, una válvula industrial conectada desde la bombona de gas hacia la manguera, una tubería para gas

GLP metálica que se acople al quemador y finalmente, el quemador en el que se transformará la energía química en energía térmica mediante un proceso de combustión controlada.

#### 2.5.1.4.3. Cocinar alimentos

El calor que se administra desde la fuente de calor hacia el recipiente de mezcla será el que logre el proceso de cocción de los alimentos.

### 2.6. Modelado de prototipo

En este apartado se escogerá la mejor opción de prototipado que solucione los parámetros y requerimientos de modularidad revisados en el punto anterior. A continuación, se presenta el desarrollo de la matriz morfológica y las alternativas de solución.

#### 2.6.1. Matriz Morfológica de alternativas posibles

En la Tabla 2.8 se desarrolla la matriz morfológica de posibles alternativas que se deberá ir escogiendo en base a la evaluación por medio de los criterios ponderados para cada opción de la modularidad estudiada. Se presentan tres alternativas posibles para cada uno de los módulos y se describe la función que realiza.

**Tabla 2.8** Matriz Morfológica Inicial de alternativas posibles.

Módulos	Funciones	Alternativas		
BASTIDOR	Sostén del prototipo	Bastidor de Batidora A1	Bastidor de Agitador A2	Bastidor de Marmita A3
CONTROL AUTOMÁTICO	Controlar variables	PLC ALLEN BRADLEY A1	PLC SIEMENS A2	PLC MITSUBISHI A3
BATIDO	Mezclar los alimentos	Batido por poleas y motor A1	Batido por engranajes y motor A2	Batido planetario A3
COCCIÓN	Cocinar los productos	Modulo Industrial A1	Cocineta Industrial A2	Quegador Industrial A3

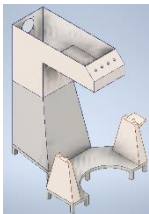

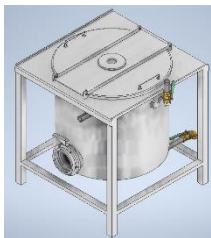
Fuente: Propia

## 2.6.2. Alternativas de solución

Para la solución de cada uno de los módulos individuales se plantearán tres opciones posibles que solventen los requerimientos, parámetros funcionales y necesidades de cada uno de ellos para posteriormente evaluar cada opción bajo el método de criterios ponderados.

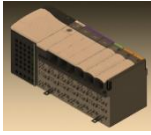

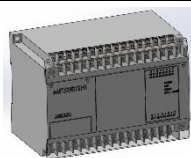
Dentro de las tablas con numeración desde la 2.9 a la 2.12 se observan las tres opciones que se dan para cada módulo del prototipo, enlistando las ventajas, desventajas y una ilustración sobre la solución individual.

**Tabla 2.9** Alternativas de solución al bastidor.

ALTERNATIVA	VENTAJAS	DESVENTAJAS	FIGURA
Solución A1 Batidora	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Baja capacidad de carga.</li> <li>• Bajo costo de mantenimiento.</li> <li>• Fuerza para batir, mezclar y agitar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Instalación eléctrica para el motor.</li> <li>• Dificil armado.</li> <li>• Soldaduras</li> </ul>	 <p>(Fuente: Propia)</p>
Solución A2 Agitador	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Media capacidad de carga.</li> <li>• Materiales resistentes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alto coste de mantenimiento.</li> <li>• Alto volumen de carga.</li> <li>• Solamente agitaría</li> </ul>	 <p>(Fuente: Propia)</p>
Solución A3 Marmita	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estable.</li> <li>• Volcamiento del recipiente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mayor Mantenimiento</li> <li>• Deficiente posicionamiento del motor.</li> <li>• Aumento en costos.</li> <li>• Complejidad superior para armado.</li> <li>• Exceso de capacidad.</li> </ul>	 <p>(Fuente: Propia)</p>

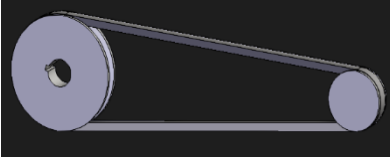
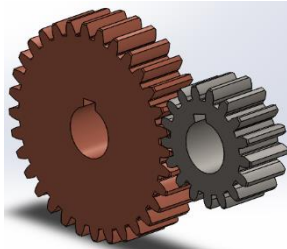
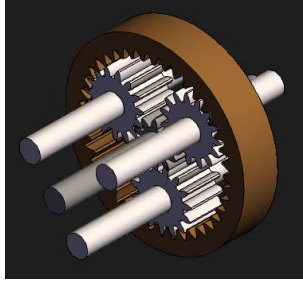
Fuente: Propia

**Tabla 2.10** Alternativas de control automático.

ALTERNATIVA	VENTAJAS	DESVENTAJAS	FIGURA
Solución A1 PLC ALLEN BRADLEY	<ul style="list-style-type: none"> <li>Competitivo en el mercado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>No compatible con los programas de simulación.</li> </ul>	 (Fuente: Propia)
Solución A2 PLC SIEMENS	<ul style="list-style-type: none"> <li>Compatible con los programas de simulación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Modelos antiguos.</li> </ul>	 (Fuente: Propia)
Solución A3 PLC MITSUBISHI	<ul style="list-style-type: none"> <li>Marca confiable y reconocida.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>No compatible con los programas de simulación.</li> </ul>	 (Fuente: Propia)

Fuente: Propia

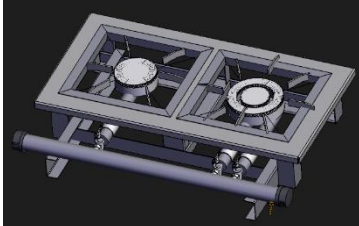
**Tabla 2.11** Alternativas de batido.

ALTERNATIVA	VENTAJAS	DESVENTAJAS	FIGURA
Solución A1 BATIDO POR POLEAS Y MOTOR	<ul style="list-style-type: none"> <li>Simple.</li> <li>Bajo mantenimiento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Poco duradero.</li> <li>Usa una banda de goma.</li> </ul>	 (Fuente: Propia)
Solución A2 BATIDO POR ENGRANAJES Y MOTOR	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fuerza y buena transmisión del torque.</li> <li>Duradero.</li> <li>Alta resistencia de los materiales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Complejo.</li> <li>Caro.</li> </ul>	 (Fuente: Propia)
Solución A3 BATIDO PLANETARIO	<ul style="list-style-type: none"> <li>Confiabilidad y versatilidad alta.</li> <li>Alta durabilidad.</li> <li>Alta transmisión de torque.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Costoso.</li> <li>Alta complejidad.</li> <li>Alto costo de mantenimiento.</li> </ul>	 (Fuente: Propia)

Fuente: Propia

Nota: Las soluciones planteadas ya están orientadas hacia la sincronía entre el uso de un motor y las maneras de variar la velocidad del prototipo.

**Tabla 2.12** Alternativas para el módulo de cocción.

ALTERNATIVA	VENTAJAS	DESVENTAJAS	FIGURA
Solución A1 MODULO INDUSTRIAL	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alto suministro de calor.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alto costo.</li> <li>Alto mantenimiento.</li> </ul>	 <p>(Fuente: Propia)</p>
Solución A2 COCINETA INDUSTRIAL	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistema de quemado instalado.</li> <li>Base y estructura armada.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>No se puede desarmar.</li> </ul>	 <p>(Fuente: Propia)</p>
Solución A3 QUEMADOR INDUSTRIAL	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se puede armar y desarmar fácilmente.</li> <li>Medio suministro de calor.</li> <li>Control de flama.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Uniones débiles al prototipo.</li> <li>Unión con tubería extra.</li> </ul>	 <p>(Fuente: Propia)</p>

Fuente: Propia

### 2.6.3. Evaluación por método ordinal corregido de criterios ponderados

Para evaluar de manera matricial se deberá enlistar cada uno de los parámetros elegidos para la estimación de las opciones de modularidad estudiadas. Los siguientes parámetros se han escogido para dicho análisis:

- Automatización: Se evaluará el criterio en base a la complejidad que muestra cada uno de los sistemas de automatización presentados.
- Mantenimiento: El criterio estará enfocado en la facilidad con la que se dará mantenimiento a los componentes físicos que constituyen el prototipo.
- Complejidad: El criterio a evaluarse está orientado a la dificultad que se presenta en elaborar el diseño y prototipado de las piezas que lo componen.
- Costo: En este criterio se evaluará el menor costo que presente cada opción.
- Peso: Este criterio está enfocado en que el prototipo debe ser ligero pero estable.

En las siguientes tablas con los números 2.13, 2.14, 2.15, 2.16 y 2.17 se observan la matriz de criterios ponderados general y la evaluación de criterios ponderados para cada módulo para cada uno de los parámetros de la tabla con la numeración (2.13) dos punto trece.

**Tabla 2.13** Matriz de parámetros ponderados general del prototipo.

Automatización > Mantenimiento = Complejidad > Costo > Peso							
Criterio	Automatización	Mantenimiento	Complejidad	Costo	Peso	Σ+1	Ponderación
Automatización		1	1	1	1	5	0,333
Mantenimiento	0		0,5	1	1	3,5	0,233
Complejidad	1	0,5		1	0	3,5	0,233
Costo	0	0	0		1	2	0,133
Peso	0	0	0	0		1	0,067
				Suma		15	1

Fuente: Propia

**Tabla 2.14** Evaluación del primer módulo por criterios ponderados.

A1 > A2 > A3					
Automatización	A1	A2	A3	Σ+1	Ponderación
A1		1	1	3	0,500
A2	0		1	2	0,333
A3	0	0		1	0,167
			Suma	6	1
A1 > A2 = A3					
Mantenimiento	A1	A2	A3	Σ+1	Ponderación
A1		1	1	3	0,500
A2	0		0,5	1,5	0,250
A3	0	0,5		1,5	0,250
			Suma	6	1
A3 > A2 > A1					
Complejidad	A1	A2	A3	Σ+1	Ponderación
A1		0	0	1,0	0,154
A2	1		0,5	2,5	0,385
A3	1	1		3,0	0,462
			Suma	6,5	1
A1 > A3 > A2					
Costo	A1	A2	A3	Σ+1	Ponderación
A1		1	1	3	0,500
A2	0		0	1	0,167
A3	0	1		2	0,333
			Suma	6	1
A1 > A2 > A3					
Peso	A1	A2	A3	Σ+1	Ponderación
A1		1	1	3	0,462
A2	0,5		0,5	2	0,308
A3	0	0,5		1,5	0,231
			Suma	6,5	1

Fuente: Propia

**Tabla 2.15** Evaluación del módulo 2 por criterios ponderados.

A2 > A1 > A3					
Automatización	A1	A2	A3	$\Sigma+1$	Ponderación
A1		0,5	0,5	2	0,286
A2	1		1	3	0,429
A3	1	0		2	0,286
			Suma	7	1
A1 > A2 > A3					
Mantenimiento	A1	A2	A3	$\Sigma+1$	Ponderación
A1		1	1	3	0,462
A2	0		0,5	1,5	0,231
A3	0,5	0,5		2	0,308
			Suma	6,5	1
A3 > A2 > A1					
Complejidad	A1	A2	A3	$\Sigma+1$	Ponderación
A1		0	0,5	1,5	0,231
A2	0,5		0,5	2,0	0,308
A3	1	1		3,0	0,462
			Suma	6,5	1
A2 > A3 > A1					
Costo	A1	A2	A3	$\Sigma+1$	Ponderación
A1		1	1	3	0,500
A2	0		0	1	0,167
A3	0	1		2	0,333
			Suma	6	1
A1 = A2 = A3					
Peso	A1	A2	A3	$\Sigma+1$	Ponderación
A1		0	0	1	0,333
A2	0		0	1	0,333
A3	0	0		1	0,333
			Suma	3	1

Fuente: Propia

**Tabla 2.16** Evaluación por criterios ponderados del módulo 3.

A1 > A2 > A3					
Automatización	A1	A2	A3	$\Sigma+1$	Ponderación
A1		1	1	3	0,545
A2	0		0,5	1,5	0,273
A3	0	0		1	0,182
			Suma	5,5	1
A1 > A2 > A3					
Mantenimiento	A1	A2	A3	$\Sigma+1$	Ponderación
A1		0,5	1	2,5	0,417
A2	0,5		0,5	2	0,333
A3	0	0,5		1,5	0,250
			Suma	6	1
A3 > A2 > A1					
Complejidad	A1	A2	A3	$\Sigma+1$	Ponderación
A1		0	0	1,0	0,167
A2	1		0	2,0	0,333
A3	1	1		3,0	0,500
			Suma	6	1
A1 > A2 > A3					
Costo	A1	A2	A3	$\Sigma+1$	Ponderación
A1		1	1	3	0,500
A2	0,5		0,5	2	0,333
A3	0	0		1	0,167
			Suma	6	1
A1 > A2 > A3					
Peso	A1	A2	A3	$\Sigma+1$	Ponderación
A1		1	1	3	0,500
A2	0,5		0,5	2	0,333
A3	0	0		1	0,167
			Suma	6	1

Fuente: Propia



**Tabla 2.17** Evaluación del módulo 4 por criterios ponderados.

A1 > A3 > A2					
Automatización	A1	A2	A3	$\Sigma+1$	Ponderación
A1		1	1	3	0,462
A2	0		0,5	1,5	0,231
A3	0,5	0,5		2	0,308
			Suma	6,5	1
A3 > A2 > A1					
Mantenimiento	A1	A2	A3	$\Sigma+1$	Ponderación
A1		0	0	1	0,182
A2	0		0,5	1,5	0,273
A3	1	1		3	0,545
			Suma	5,5	1
A1 > A2 > A3					
Complejidad	A1	A2	A3	$\Sigma+1$	Ponderación
A1		1	1	3,0	0,462
A2	0,5		0,5	2,0	0,308
A3	0	0,5		1,5	0,231
			Suma	6,5	1
A3 > A2 > A1					
Costo	A1	A2	A3	$\Sigma+1$	Ponderación
A1		0	0	1	0,167
A2	0,5		0,5	2	0,333
A3	1	1		3	0,500
			Suma	6	1
A3 > A2 > A1					
Peso	A1	A2	A3	$\Sigma+1$	Ponderación
A1		0	0	1	0,167
A2	0,5		0,5	2	0,333
A3	1	1		3	0,500
			Suma	6	1

Fuente: Propia

Dentro de la siguiente tabla con el número 2.18, se observan los resultados que se obtuvo de evaluar cada una de las opciones de la modularidad mediante los parámetros ponderados. En la tabla se han señalado con color naranja los valores más altos obtenidos por cada opción en la evaluación.

También, la tabla 2.19 contiene la matriz morfológica en la que se muestra de color tomate y guiado con flechas cada una de las soluciones que se adoptarán y darán forma al prototipo.

**Tabla 2.18** Resumen de evaluación por criterios ponderados.

Módulo 1						
	Automatización	Mantenimiento	Complejidad	Costo	Peso	Σ
A1	0,167	0,117	0,036	0,067	0,031	0,417
A2	0,111	0,058	0,090	0,022	0,021	0,302
A3	0,056	0,058	0,108	0,044	0,015	0,281
Módulo 2						
A1	0,143	0,054	0,072	0,022	0,022	0,313
A2	0,095	0,108	0,054	0,067	0,022	0,346
A3	0,095	0,072	0,108	0,044	0,022	0,341
Módulo 3						
A1	0,182	0,097	0,039	0,067	0,033	0,418
A2	0,091	0,078	0,078	0,044	0,022	0,313
A3	0,061	0,058	0,117	0,022	0,011	0,269
Módulo 4						
A1	0,154	0,042	0,108	0,022	0,011	0,337
A2	0,077	0,064	0,072	0,044	0,022	0,279
A3	0,103	0,127	0,054	0,067	0,033	0,384

Fuente: Propia

**Tabla 2.19** Matriz morfológica final para solución del prototipo.

Módulos	Funciones	Alternativas		
BASTIDOR	Sostén del prototipo	Bastidor de Batidora A1	Bastidor de Agitador A2	Bastidor de Marmita A3
CONTROL AUTOMÁTICO	Controlar variables	PLC ALLEN BRADLEY A1	PLC SIEMENS A2	PLC MITSUBISHI A3
BATIDO	Mezclar los alimentos	Batido por poleas y motor A1	Batido por engranajes y motor A2	Batido planetario A3
COCCIÓN	Cocinar los productos	Modulo Industrial A1	Cocineta Industrial A2	Quemador Industrial A3

Fuente: Propia

## 2.7. Modelado CAD y Simulaciones

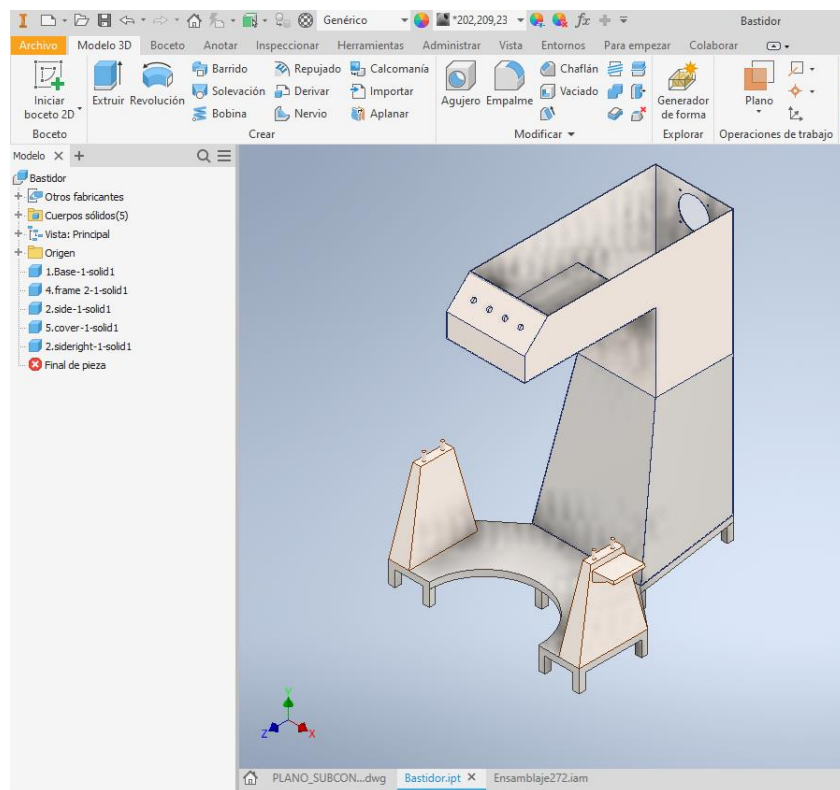
### 2.7.1. Modelado CAD del prototipo

El modelado del prototipo se lo realizará en el programa Autodesk Inventor con licencia estudiantil otorgada por la EPN, ya que es una herramienta paramétrica de diseño asistido

por computadora CAD, que permite crear bocetos en 2D para luego poder extruirlos, modelarlos, modificarlos y formar sólidos 3D que posteriormente podrán ensamblarse de manera ordenada.

La interfase del programa es muy intuitiva, amigable y permite al usuario trabajar de forma fácil en el diseño de piezas y ensamblajes, diseño de cableados, ductería y tuberías, moldes y chapas metálicas, estructuras normalizadas y todo esto bajo el modelado paramétrico que es guiado por variables dimensionales impuestas por el propio usuario.

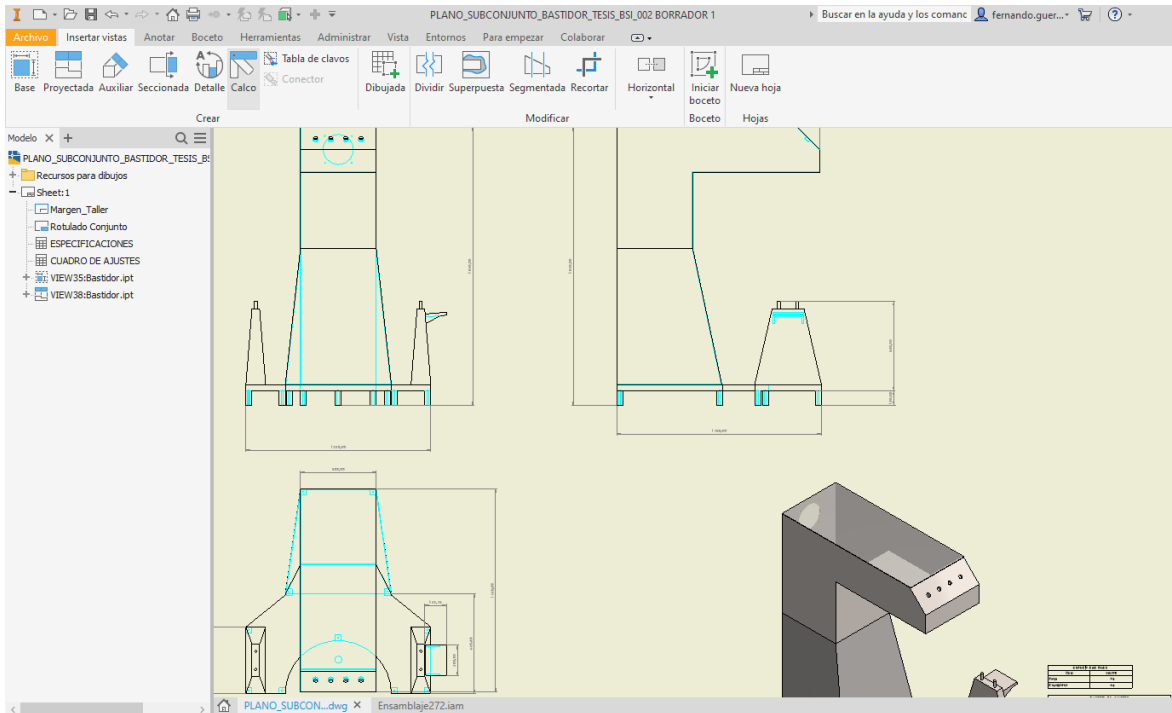
En la Figura 2.18 se observa la interfase del programa y como se ha estado modelando el bastidor del prototipo de batidora.



**Figura 2.18** Bastidor del prototipo propuesto.

Fuente: Propia

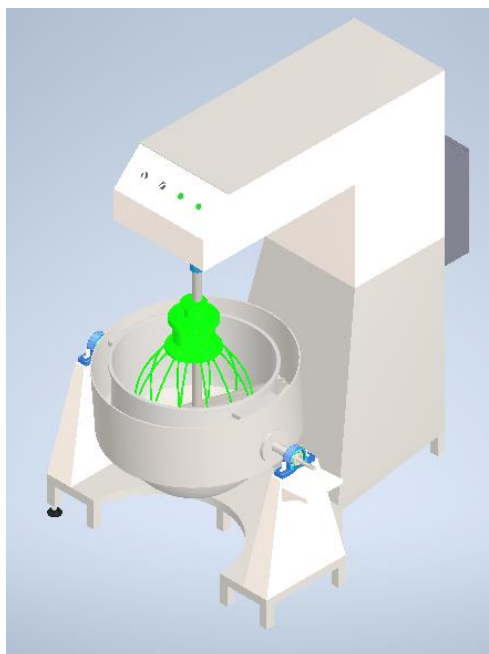
Mientras que en la Figura 2.19 se encuentra la imagen del diseño de los planos para el prototipo dentro del mismo entorno del programa.



**Figura 2.19** Entorno de Inventor para diseño de planos.

Fuente: Propia

De este modo, se encuentra dentro de la figura con numeración dos punto veinte (2.20) el resultado final del prototipo ensamblado en el entorno del software mencionado.



**Figura 2.20** Prototipo de batidora propuesta.

Fuente: Propia

### **2.7.2. Simulación en CAdESIMU**

El programa informático CAdESIMU permite crear diagramas de control eléctrico, centrado principalmente en diagramas de elementos electromecánicos, comandos y librerías eléctricas, actuadores y sensores, PLCs y elementos neumáticos, y a través de él es posible crear diagramas complejos y simular su funcionamiento completo en un plano 2D.

El programa presenta una interfase amigable al usuario y también presenta diferentes librerías que permiten el diseño, control y simulación de elementos industriales para uso dentro de procesos establecidos y vigilados por el operador o por un autómeta.

Dentro del modelado electromecánico se deben establecer dos tipos de circuitos diferentes pero que interactúan entre sí. El primer circuito es el de Fuerza, que será el circuito que irá conectado a la red eléctrica de media potencia y medio voltaje (120V); mientras que el segundo circuito es el de Control, que será el circuito que permita intervenir en las acciones que ejecutarán los elementos que conforman el circuito de fuerza.

En este último, se tendrán en cuenta algunos factores para empezar a elegir los elementos que lo conformarán, como por ejemplo, las características del motor que se ha seleccionado para el prototipo, si se deben o no proteger los elementos del circuito, qué elementos se deberán proteger y cuáles son las opciones para ello, qué variador de frecuencia se deberá usar, entre otras. Así mismo, hay que analizar qué elementos intervendrán en el control electromecánico del sistema y si estos existen en la vida cotidiana.

El algoritmo lógico de requerimientos, accionamiento y funcionamiento del circuito debe ser el siguiente:

1. Se debe energizar el circuito con una acometida residencial de 120V que conste de una fase, un neutro y la protección a tierra.
2. Se deberá usar un método de conexión y desconexión manual que permita al operario energizar o apagar al prototipo desde la acometida. Se podría usar un disyuntor de potencia que esté condicionado con el circuito de mando.
3. Cuando se presiona el disyuntor tanto en la vida real como en la simulación, el circuito de fuerza y de mando se energizarán.
4. Se deberá utilizar un motor monofásico o uno trifásico adaptado a funcionar como un motor monofásico debido al requerimiento de funcionar a 120V.
5. Se deberá proteger al motor de sobre corrientes.

6. Se deberá usar un variador de frecuencia conectado al motor para poder controlar las velocidades de forma precisa.
7. Si el relé térmico no está activo, el paso de la energía al circuito de mando y de fuerza deberá ser continuo y no deberá estar activa la luz piloto del relé térmico.
8. Presionando el botón para energizar la máquina, se deberá encender el variador de frecuencia y empezar en el valor programado. También, se deberá encender el contactor K1 y enclavarse electromecánicamente por sí mismo y encenderse una luz piloto que nos indique que está energizado todo el circuito y el motor está a un paso de trabajar.
9. Presionando cualquiera de los dos botones tanto “VELO1” como “CAMBIO GIRO/VELO-1” el motor deberá empezar a trabajar a la frecuencia establecida de 5 Hz en sentido horario o sentido antihorario respectivamente. No pueden trabajar al mismo tiempo ambos procesos y deben ser condicionados, por lo que se debe utilizar un contactor diferente para cada botón.
10. Se debe temporizar cada una de las velocidades a un tiempo específico y el circuito deberá apagarse automáticamente.
11. Se deberá usar un botón individual para cada velocidad extra y con ello, un contactor individual para cada uno. No se permitirá que una o más velocidades trabajen al mismo tiempo aunque si pueden quedar energizadas las bobinas necesarias para el juego de velocidades que activen al variador de frecuencia.
12. Usar luces led piloto para visualizar cuando esté funcionando cada contactor individual.





















Para la parte práctica de la simulación dentro de la plataforma informática antes mencionada, se explicará la simbología usada dentro de los diagramas creados para los circuitos de fuerza y de control.

### **2.7.3.1. Simbología y programación**

Para la parte práctica de la simulación dentro de la plataforma informática antes mencionada, se explicará la simbología usada dentro de los diagramas creados para los circuitos de fuerza y de control.

La simbología que se utiliza en el programa es normalizada y apta para ser usada en planos para la instalación electromecánica de los respectivos equipos que harán parte vital del funcionamiento correcto del prototipo y sus funciones que le han sido asignadas por parámetros de control claros y bien establecidos.

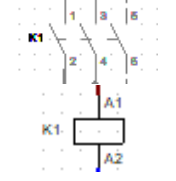

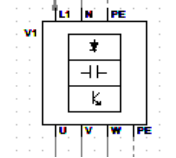

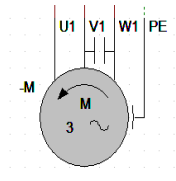

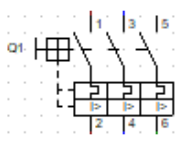

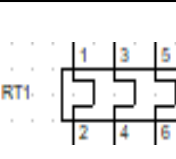

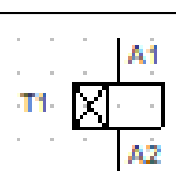

**Tabla 2.20** Simbología usada en la simulación.

Elemento	Característica	Símbolo	Descripción funcional
Contacto	Normalmente Abierto (NA)		Elemento electromecánico perteneciente a un contactor con posición natural abierta hasta energizarse la bobina del contactor.
	Normalmente Cerrado (NC)		Elemento electromecánico perteneciente a un contactor con posición natural cerrada hasta energizarse la bobina del contactor.
	Normalmente Abierto A la Conexión (NACT)		Elemento electromecánico perteneciente a un temporizador con posición natural abierta hasta energizarse la bobina del temporizador.
	Normalmente Cerrado A la Conexión (NCCT)		Elemento electromecánico perteneciente a un temporizador con posición natural cerrada hasta energizarse la bobina del temporizador.
Línea de Energía	Fase 1		Elemento eléctrico perteneciente a la fuente de alimentación.
	Neutro		
	Protección a tierra		
Pulsador	Normalmente Abierto		Elemento electromecánico accionado de forma manual en posición natural abierta hasta presionarlo.
	Normalmente Cerrado		Elemento electromecánico accionado de forma manual en posición natural cerrada hasta presionarlo.
	Seta Normalmente Cerrado		Elemento electromecánico accionado de forma manual en posición natural cerrada hasta presionarlo. Uso para emergencias.
Bobina	Contacto		Elemento electromecánico con contactos NA y NC.
	Temporizador		Elemento electromecánico que cuantifica tiempo y posee contactos NA y NC.
Disyuntor	Manual (Control)		Elemento electromecánico que permite el paso de corriente al circuito, accionado de forma manual.
Disyuntor	Manual (Fuerza)		
Relé	Térmico (Control)		Elemento termomagnético de protección que posee contactos NA y NC, accionados al elevarse la temperatura en el dispositivo.
Relé	Térmico (Fuerza)		
Variador	Frecuencia (Control)		Elemento electrónico que permite cambiar la frecuencia de entrada al motor.
Variador	Frecuencia (Fuerza)		
Luz	Piloto Led		Elemento eléctrico con capacidad lumínica para uso de señal piloto
Motor	Trifásico (Función Monofásica)		Elemento eléctrico que convierte energía eléctrica en energía mecánica.

Fuente: Propia

Para validar los datos que se arrojan dentro de un simulador se debe conocer el funcionamiento de cada uno de los componentes físicos que conforman el circuito a ser simulado. Así, como punto de comparación entre los elementos físicos de funcionamiento electromecánico y los que se encuentran dentro de la aplicación de simulación se deben analizar individualmente y verificar que los datos sean los más cercanos a la realidad de la puesta en marcha del circuito dentro del prototipo. A continuación, se presenta la Tabla 2.21 en la que se comparan elementos físicos y la simbología del programa para establecer la similitud de funcionamiento.

**Tabla 2.21** Simbología versus Elementos físicos.

Simbología versus Elementos físicos			
Nombre	Símbolo	Elemento físico	Descripción funcional
Contactor			Elemento electromecánico utilizado para conexiones del circuito de fuerza.
Variador de Frecuencia			Elemento electrónico activado por corriente eléctrica que permite variar la frecuencia de la corriente alterna que ingresa al motor.
Motor			Elemento electromotriz que transforma energía eléctrica en energía mecánica.
Disyuntor			Elemento electromecánico de activación manual que permite conectar o desconectar la energía eléctrica al circuito.
Relé Térmico			Elemento electromecánico y térmico que sirve de protección para sobrecorrientes a elementos importantes del circuito de fuerza.
Timer			Elemento electromecánico que permite calibrar tiempos de conexión o desconexión de aparatos.

Fuente: Propia



La simulación dentro del programa se lo ha realizado con cada uno de los símbolos descritos en las tablas anteriores y se ha construido la programación lógica del circuito electromecánico con bloques de condicionamiento del paso de corriente eléctrica de manera física. En la Figura 2.21, se evidencia el circuito de fuerza y el circuito de mando simulado en CADeSIMU dentro del plano eléctrico.

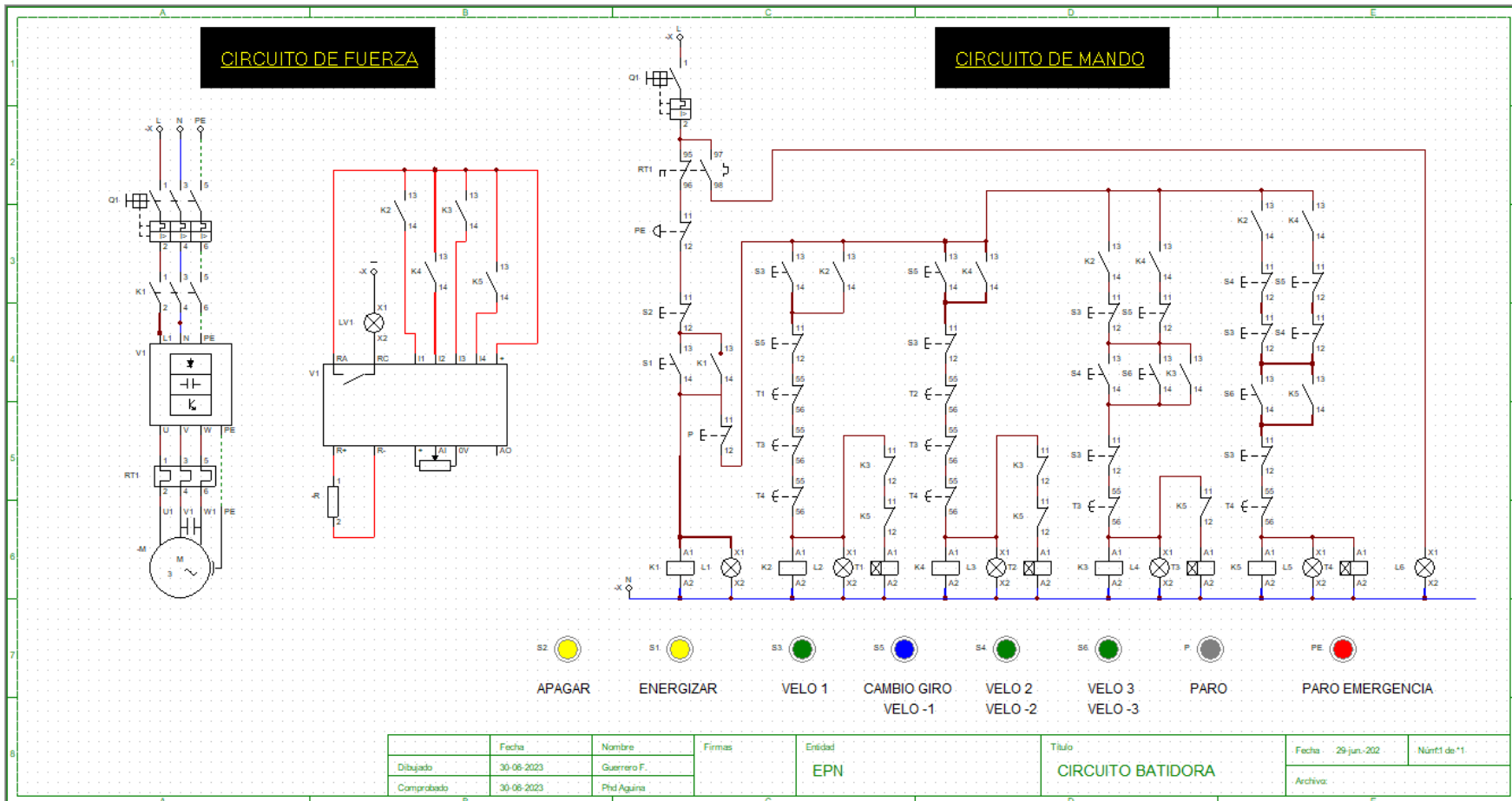
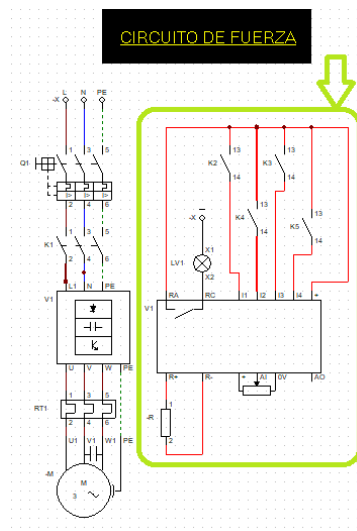


Figura 2.21 Plano de la simulación en CADeSIMU.

Fuente: Propia

En la imagen presentada en la Figura 2.21 y 2.22, se puede observar que el circuito de fuerza lo conforman de arriba hacia abajo, la línea de alimentación junto con el neutro y la protección a tierra, el disyuntor para la conexión eléctrica, los contactos de fuerza de un contactor K1 normalmente abiertos, el variador de frecuencia que se ha seleccionado para el prototipo, el relé térmico de protección para el motor trifásico, y finalmente el motor trifásico conectado para que funcione como un motor monofásico.



**Figura 2.22** Control de variador de frecuencia.

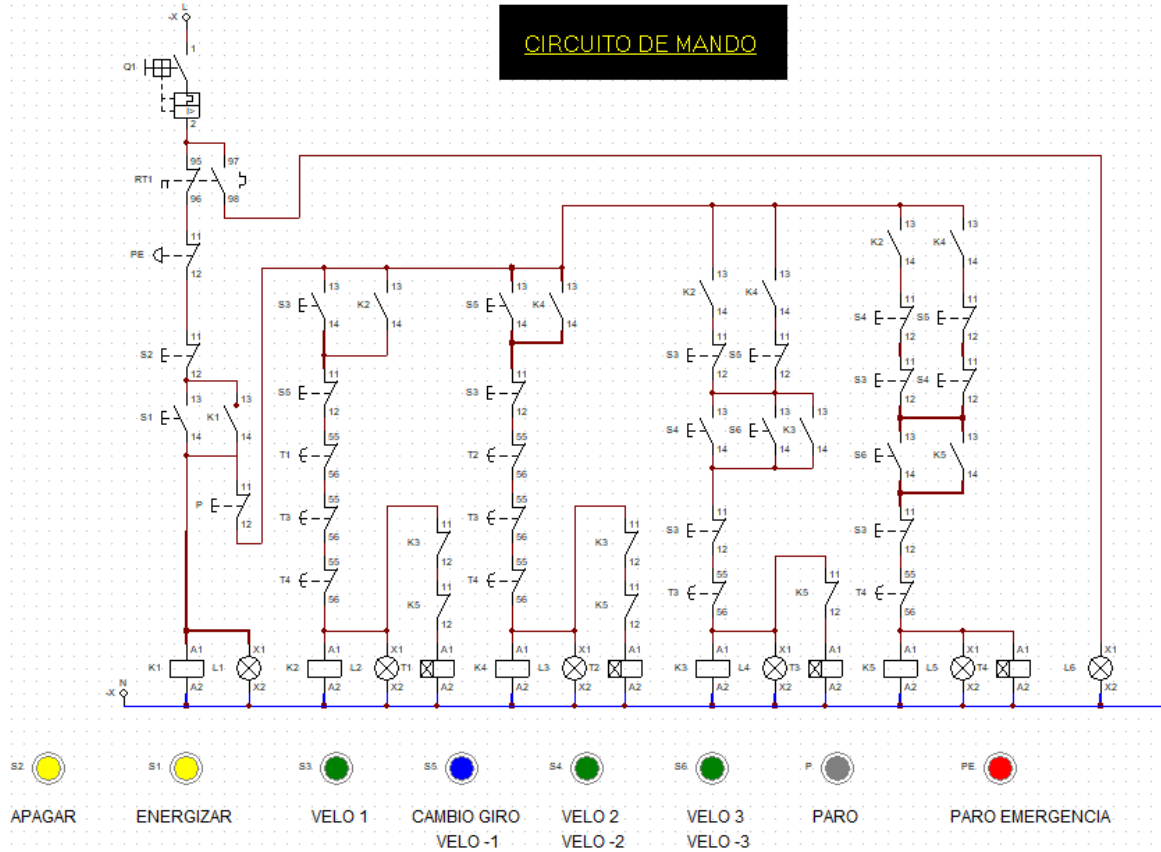
Fuente: Propia

Aunque la parte del controlador del variador de frecuencia forma parte del circuito de mando, se lo ha colocado en el circuito de fuerza ya que las conexiones se las debe realizar en la parte interna del aparato físico del variador de frecuencia y este pertenece al circuito de fuerza, y esto se evidencia en la Figura 2.22 dentro del cuadro verde señalado con una flecha.

Mientras que, en la Figura 2.23 se muestra el circuito de mando que permite controlar por medio de botones el accionamiento de contactos normalmente abiertos y el enclavamiento de bobinas de contactores, temporizadores y luces led piloto.

La programación lógica de los elementos constitutivos del circuito de mando va de arriba hacia abajo, condicionando el paso de la energía eléctrica desde la línea Fase 1 (de nombre "L" en el diagrama), pasando por el disyuntor y la protección térmica del motor, para continuar con la programación lógica condicional del paso de corriente al circuito y finalmente cerrando todo el circuito eléctrico con la conexión de todos los aparatos a la línea del Neutro (de nombre "N" en el diagrama).

También, se utilizan ocho botones con una función específica cada uno que permitirán el control electromecánico manual por parte de un operario. En la figura 2.23 constan estos botones y todo el condicionamiento lógico electromecánico. El funcionamiento del circuito y los botones se describirá en el siguiente apartado del subcapítulo 2.7.2.2.

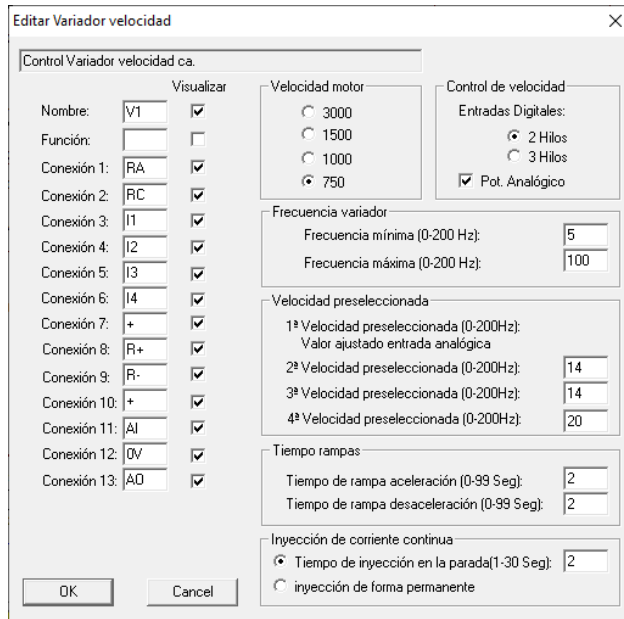


**Figura 2.23** Control de variador de frecuencia.

Fuente: Propia

### 2.7.3.2. Explicación del funcionamiento

El circuito de fuerza está conectado lógicamente de arriba hacia abajo, llegando las líneas de alimentación al disyuntor, el mismo debe ser activado manualmente para permitir la energización del circuito pasando por los contactos normalmente abiertos de nombre K1 que están relacionados con la bobina del contactor K1 del circuito de mando. Una vez, presionado el botón de “ENERGIZAR” se activará el contactor K1 y se quedará enclavado electromecánicamente con uno de sus propios contactos permitiendo el paso de corriente al variador de frecuencia y quedando energizado con los valores de frecuencia preestablecidos. En la figura 2.24 se muestra el menú para configurar la frecuencia de arranque y las demás frecuencias que serán las velocidades restantes ligadas a un pulsador específico antes de la simulación.

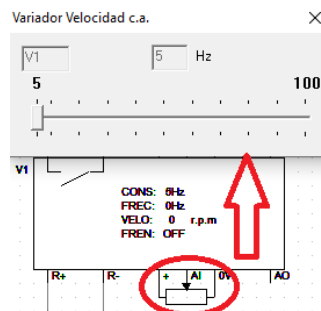


**Figura 2.24** Menú de edición del variador de frecuencia.

Fuente: Propia

El nombre de conexión y vinculación entre elementos del variador de velocidad será “V1” y presentará todas las opciones de los puertos de conexiones. Mientras que la velocidad del motor se la ha configurado para ser la menor (750 RPM). La primera frecuencia mínima o frecuencia de arranque será de 5 Hz y el valor máximo será de 100 Hz.

La velocidad de arranque se la colocará con el valor ajustado en la entrada analógica (ver Figura 2.25) una vez iniciada la simulación y se puede calibrar dando doble clic sobre el ícono del potenciómetro (círculo rojo Figura 2.25) y se activará una vez presionado el botón “VELO 1”. La segunda velocidad será de 14Hz y la tercera de 20Hz. Como observación se tiene que el variador de frecuencia ofrece cuatro velocidades pero una de estas velocidades intermedias será accionada en el programa con la combinación de presionar y enclavar dos contactos del variador a la vez, por lo que se bloqueará el valor intermedio y se calibrará a solo tres velocidades.

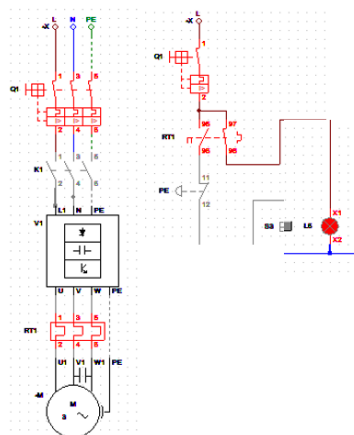


**Figura 2.25** Entrada analógica en simulación.

Fuente: Propia

Después que se ha energizado el circuito de fuerza hasta el variador de frecuencia, se deberá observar si es que no existe un cortocircuito que pueda provocar una sobre corriente y quemar el motor, por lo que se ha conectado la protección térmica antes de que le llegue corriente al motor. Siendo así que, el relé térmico se activará como protección del motor si es que existiera una sobre corriente en cualquier momento que esté energizado el circuito.

El circuito eléctrico se desconectará si es que el relé térmico está activado y se encenderá la luz piloto roja "L6" del circuito de control como se muestra en la Figura 2.26, en donde se puede ver que los elementos coloreados de rojo son los dispositivos que están funcionando en la simulación.



**Figura 2.26** Relé térmico activado en la simulación.

Fuente: Propia

Finalmente, si es que el relé térmico no está activo, la energía eléctrica podrá llegar al motor para su correcto funcionamiento una vez presionado el botón de "ENERGIZAR" y posteriormente presionado el botón de "VELO1" el motor trabajará a la velocidad de 5 Hz establecido en la programación manual de la entrada analógica. Si se presiona el botón "CAMBIO GIRO" el sentido de rotación del motor se invertirá si es que se ha presionado con anterioridad el botón "VELO1", haciendo que el motor pase de estar rotando en sentido horario a detenerse y luego pase a moverse en sentido antihorario.

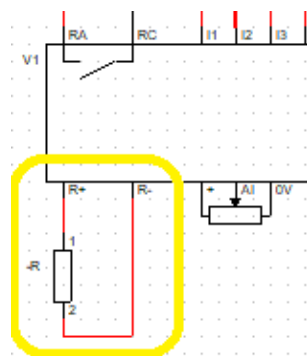
Existe un problema físico en el cambio de giro de un motor real, ya que al invertir el sentido de giro de un motor hay que considerar la inercia que lleva el rotor de este y que esta inercia puede suministrar energía de regreso al variador de frecuencia lo cual quemaría el aparato. Para solucionar esto se debe conectar una resistencia que absorba dicha energía antes de llegar al variador y que el motor se detenga. Esto se evidencia en la Figura 2.27 enmarcado con un recuadro de color amarillo.

Dentro de la Tabla 2.22 se muestra la simbología de los botones, su gráfico en el plano de simulación y la descripción de la funcionalidad de cada uno.

**Tabla 2.22** Simbología y funcionalidad de botones.

Simbología y funcionalidad de botones				
Nombre	Símbolo	Gráfico	Contactos(NA/NC)	Descripción funcional
Botón "APAGAR"			NC	Botón que desenergizará el circuito desde la parte inicial. Puede estar ligado al botón ENCENDER al ser un interruptor de dos posiciones.
Botón "ENERGIZAR"			NA	Botón que energizará el circuito desde la parte inicial. Puede estar ligado al botón APAGAR al ser un interruptor de dos posiciones.
Botón "VELO1"			NA	Botón que activará al variador de frecuencia y el motor se encenderá a 5Hz en sentido horario.
Botón "CAMBIO GIRO / VELO-1"			NA	Botón que activará al variador de frecuencia y el motor se encenderá a menos 5Hz o en sentido antihorario.
Botón "VELO 2 / VELO-2"			NC	Botón que activará la segunda velocidad programada en el variador de frecuencia a 14Hz tanto en sentido horario o en sentido antihorario.
Botón "VELO 3 / VELO-3"			NA	Botón que activará la tercera velocidad programada en el variador de frecuencia a 20 Hz tanto en sentido horario o en sentido antihorario.
Botón "PARO"			NC	Botón que desenergizará el circuito hasta el variador de frecuencia.
Botón "PARO EMERGENCIA"			NC	Botón que desenergizará el circuito por completo e inmediatamente.

Fuente: Propia



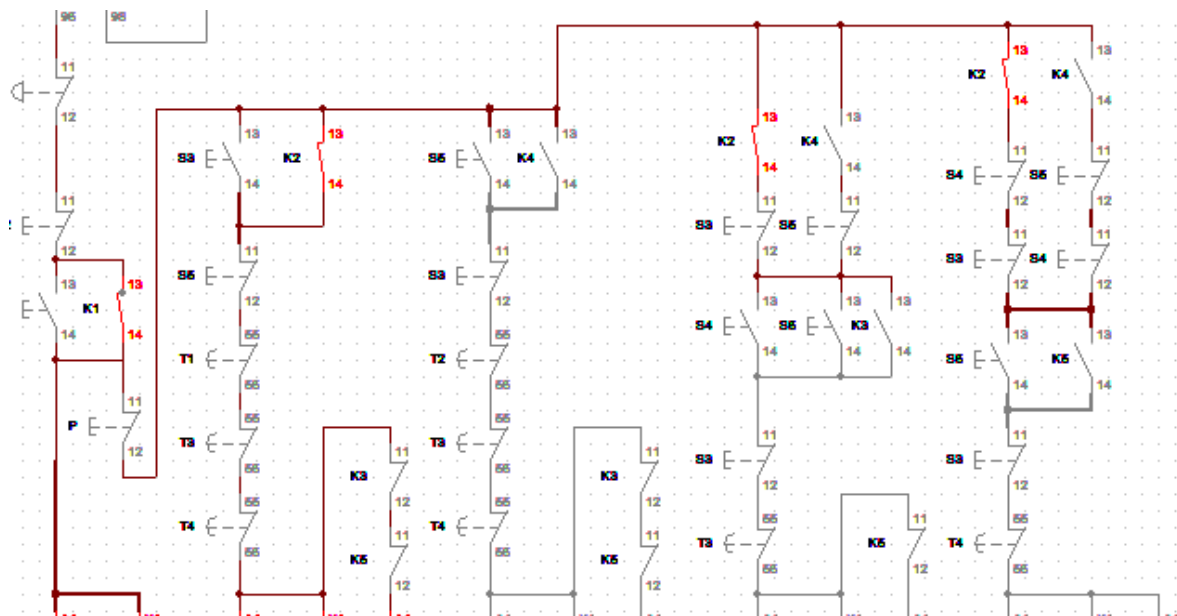
**Figura 2.27** Resistencia protectora de inercia del variador.

Fuente: Propia

Una vez que se ha entendido el funcionamiento y que acciona cada botón, se podrá explicar el condicionamiento de la programación lógica y que es lo que sucede cuando se presiona cada uno de los botones. En la Figura 2.28 se visibilizan las condiciones lógicas plasmadas en el circuito de control.

Las condiciones lógicas fueron:

1. Que no funcionen a la vez los botones que hacen girar al motor en sentido horario y antihorario, ya que en la vida real el motor no puede girar en ambos sentidos a la vez. Se condicionó cada una de las activaciones de las bobinas con un contacto normalmente cerrado que excluye a uno del otro.
2. Los botones de las velocidades funcionan para ambos sentidos de giro y serán excluyentes con las otras bobinas y temporizadores.
3. Los temporizadores fueron conectados individualmente a cada bobina y deberán condicionar el funcionamiento individual de cada velocidad programada.
4. Los contactos de los pulsadores condicionarán la activación o desactivación de las demás bobinas y temporizadores.



**Figura 2.28** Diagrama de condiciones lógicas electromecánicas.

Fuente: Propia

Finalmente, se obtuvieron los circuitos de mando y de control que funcionan correctamente condicionados de manera electromecánica y que fueron simulados satisfactoriamente. Los pasos de la simulación se presentarán en el capítulo 3 dentro de la parte de resultados de la simulación.

## 2.7.3. Simulación en PLC

### 2.7.3.1. Entornos e interfases de los programas

Para la simulación del control automatizado del prototipo de batidora por medio de un PLC se ha optado por la selección de tres programas que sirven para este fin. El primer programa es STEP7 MicroWin que permite al usuario programar de manera lógica, ordenada y en lenguaje que va acorde a los comandos que interpreta un PLC y que puede ser leído, estudiado, interpretado, diseñado y controlado por el programador mediante el uso de LADDER.

Dentro de la Figura 2.29 se observa la interfase que presenta el programa para la programación lógica del PLC en STEP7 MicroWin.

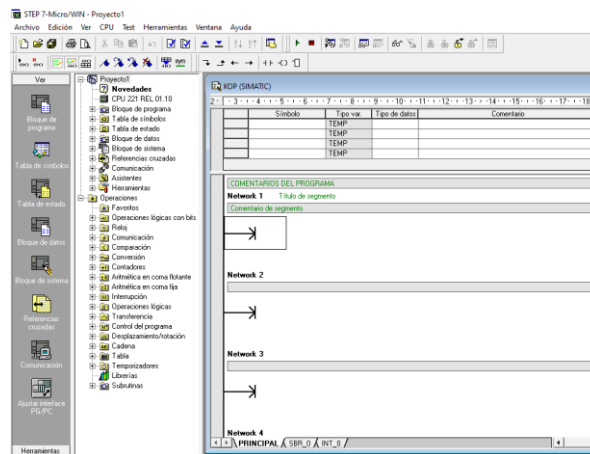


Figura 2.29 Interfase STEP7 MicroWin.

Fuente: Propia

Dentro del mismo programa, se pueden ejecutar diferentes acciones para constatar que el programa diseñado para automatizar procesos es seguro, que no tiene errores lógicos y que este programa se puede compilar sin problemas y así guardar el documento programado para que pueda ser incorporado a un PLC en la vida real. En la Figura 2.30 se observa el menú que se utiliza para compilar y exportar el programa.

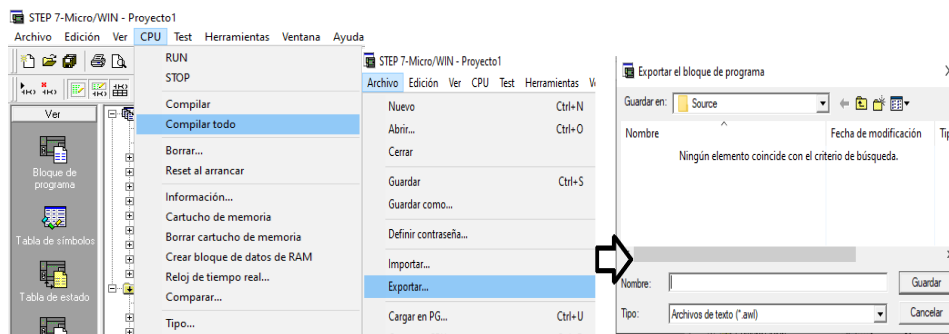


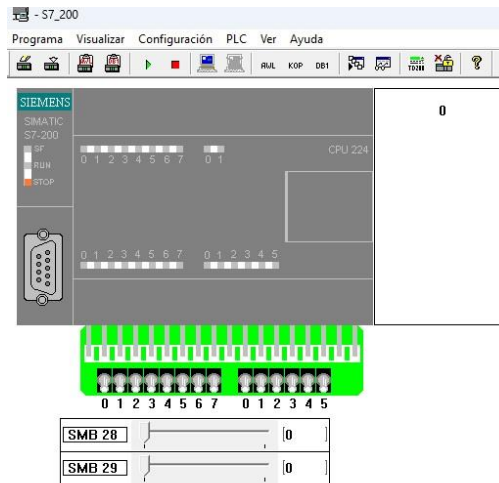
Figura 2.30 Menús para compilar y exportar el programa.

Fuente: Propia



El segundo programa es conocido como el simulador de PLCs de la marca SIEMENS SIMATIC, S7-200, con el cual se puede leer, correr, ejecutar y simular el funcionamiento exacto del programa que fue exportado por STEP7 y constatar el correcto funcionamiento que tendrán los elementos controlados.

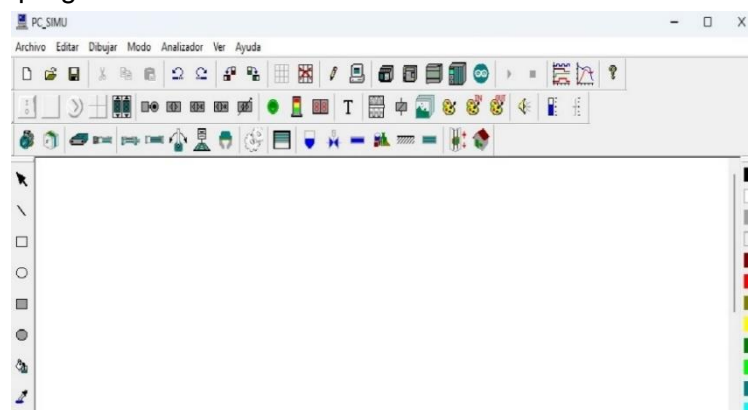
La Figura 2.31 se evidencia la interfase del simulador S7-200.



**Figura 2.31** Interfase S7-200.

Fuente: Propia

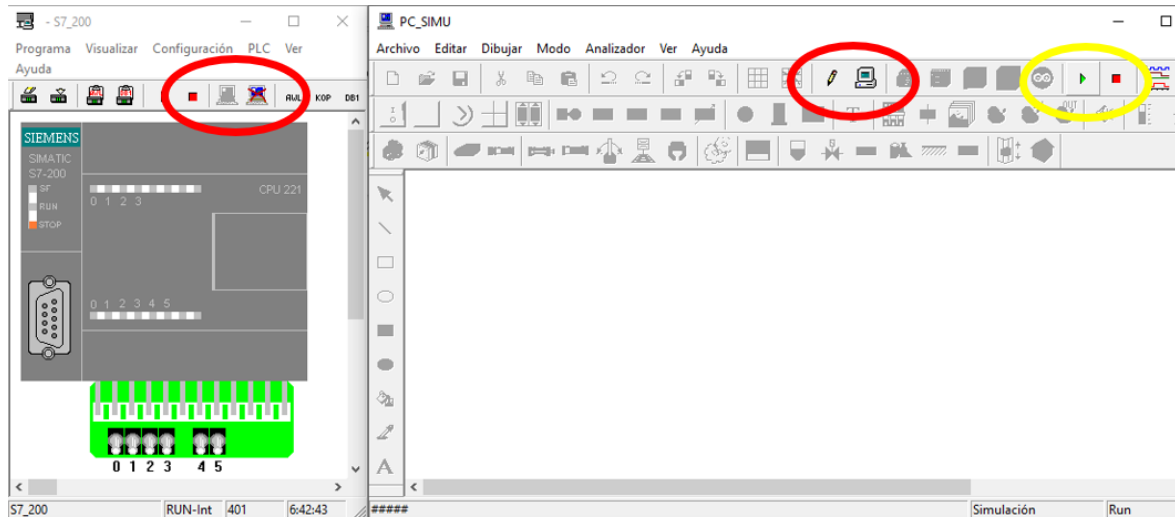
Finalmente, se necesita un programa que sirva de interfase gráfica y que evidencie los actuadores, entradas, salidas y demás componentes del sistema de control y de fuerza. El programa es PCSIMU se usa netamente como motor gráfico y de esquemas que permite la interconexión entre dos o más programas para la simulación de los procesos. Dentro de PCSIMU se colocarán los botones pulsadores, el motor, el variador de frecuencia, una pantalla digital que mostrará el censo de los valores obtenidos y los niveles de censo necesario para el funcionamiento del prototipo. En la imagen de la Figura 2.32 se presenta la interfase del programa PCSIMU.



**Figura 2.32** Interfase PCSIMU.

Fuente: Propia

Los dos programas, S7-200 y PCSIMU deberán estar en modo simulación y compartiendo datos al mismo tiempo para que se pueda correr correctamente la simulación. En la imagen de la Figura 2.33 se presenta el modo simulación y como comparten datos entre los dos programas. En ambos programas se deberá dar click en el ícono de computadora y posteriormente en PCSIMU se deberá presionar la flecha verde (circulo amarillo).



**Figura 2.33** Interfase PCSIMU y S7-200 simulando.

Fuente: Propia









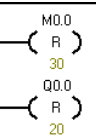
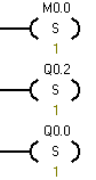
### 2.7.3.2. Simbología y programación

Para la parte práctica de la simulación dentro de los programas especificados anteriormente, se explicará la simbología usada dentro de los diagramas de bloques lógicos en lenguaje KOP que controlarán automáticamente el circuito de fuerza por medio del PLC.

Para el funcionamiento del controlador y su interacción con el proceso, los diagramas de bloques, como su nombre indica, utilizan bloques de símbolos lógicos. La lógica interna del bloque, que puede ser combinatoria, secuencial o una combinación de ambas, y las señales de entrada determinan las señales de salida, que pueden o no estar influenciadas por parámetros de configuración programables, una interfaz de usuario o la comunicación con otros controladores.

Dado que la simbología utilizada es equivalente, aquellos que están acostumbrados a trabajar con circuitos de compuertas lógicas prefieren estos diagramas, por lo que se programará con este tipo de simbología para la codificación del PLC en el programa STEP7 MicroWin. Dentro de la Tabla 2.23 se visibiliza la simbología de bloques se utiliza para la programación.

**Tabla 2.23** Simbología de bloques.

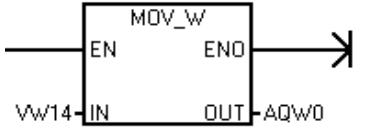
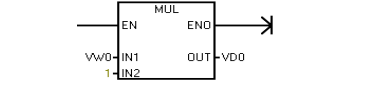
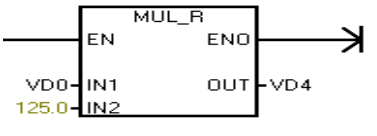
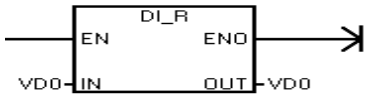
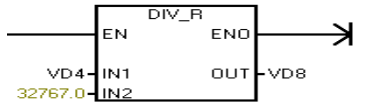
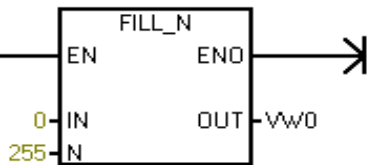
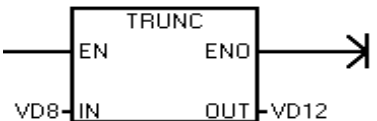
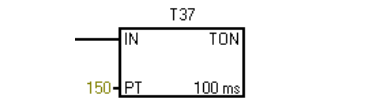
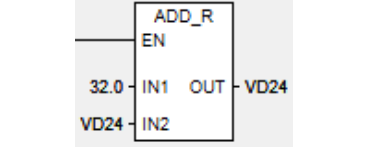
Simbología de bloques o lenguaje de contactos		
Nombre	Símbolo	Descripción funcional
Contacto Abierto Activado por flanco positivo(P) y negativo(N)		La señal pasa del estado 0 a 1.
		La señal pasa de estado 1 a 0.
Contacto Abierto de temporizador		Contacto abierto perteneciente a un temporizador.
Contacto Abierto Condicional		Compara el valor superior con un valor inferior.
Contacto Abierto de memoria		Contacto abierto vinculado a una memoria de bobina.
Contacto Cerrado de memoria		Contacto cerrado vinculado a una memoria de bobina.
Contacto Cerrado de Entrada		Contacto cerrado vinculado a una memoria de elemento de ENTRADA.
Contacto Cerrado de Entrada		Contacto abierto vinculado a una memoria de elemento de ENTRADA.
Bobinas de Reset		Bobinas de memoria activadas por una señal de reset (R) correspondiente a la bobina vinculada.
Bobinas de Set		Bobinas de memoria activadas por una señal de Set (S) correspondiente a la bobina vinculada.

Fuente: Propia

Mientras que en un circuito de mando electromecánico no se pueden realizar operaciones y demás funciones lógicas complejas, dentro de un PLC sí que se pueden realizar y esto nos da una gran ventaja para la programación en aparatos digitales ya que el nivel de complejidad aumentará dentro de la programación pero se podrá dar soluciones más rápidas y sencillas a la automatización de sistemas y circuitos.

A continuación, se presenta la Tabla 2.24 en la que se muestra la simbología utilizada para realizar operaciones con bloques.

**Tabla 2.24** Simbología de bloques de operaciones.

Simbología de bloques: Operaciones		
Nombre	Símbolo	Descripción funcional
Trasferencia de datos Función MOV		Transfiere datos entre celdas de memoria y registros.
Multiplicación		Multiplica los valores de las entradas IN1 y IN2.
Multiplicar números en coma flotante		Multiplica el valor de IN1 por el valor de IN2 cuando la entrada de habilitación (EN) tiene el estado de señal "1".
Convertidor		Convertir entero doble en real. Lee el contenido del parámetro IN como valor entero y convierte este valor en número real
División		Divide el valor de IN1 entre el valor de IN2 cuando la entrada de habilitación (EN) tiene el estado de señal "1".
Inicializar memoria		Rellena la memoria que comienza en la palabra de salida (OUT) con la configuración de la palabra de entrada (IN) para el número de palabras indicado por N.
Truncar a entero doble		Lee el contenido del parámetro IN como número real y convierte este valor en un entero.
Timer		Contabiliza el tiempo que se le ha programado.
Sumar números en coma flotante		Suma los valores de las entradas IN1 y IN2 cuando la entrada de habilitación (EN) tiene el estado de señal "1".

Fuente: Propia

La programación del PLC se dará con los siguientes requerimientos y las siguientes condiciones lógicas de funcionamiento para el proceso automático de control:

- Se debe energizar el circuito de fuerza con una acometida de voltaje residencial de 120V que conste de una fase, un neutro y la protección a tierra.
- Se deberá usar un botón para arrancar la marcha y otro para detener el control del proceso.
- El control de la velocidad y el control de la temperatura se podrán codificar en dos diferentes programas del mismo PLC.
- El sistema a ser controlado será el mismo que para el control electromecánico.
- Se deberá usar un variador de frecuencia conectado al motor para poder controlar las velocidades de forma precisa.
- Se deberá colocar tres velocidades que vayan acompañadas de las RPM y la frecuencia determinada de a) 5Hz-75rpm aprox. b) 14Hz-200rpm aprox. c) 20Hz-300rpm aprox.
- Presionando el botón para el “ENCENDIDO” del prototipo, se deberá encender el variador de frecuencia y también el motor. También, el cambio de la frecuencia se deberá observar en un marcador o pantalla digital.
- Presionando el botón de “APAGADO”, el prototipo se deberá detener al instante podrá arrancar de nuevo si se presiona nuevamente el botón “ENCENDIDO”.
- Se debe temporizar el uso de cada velocidad.

Como la programación del control de temperatura será en un segundo programa, pero con las condiciones similares del funcionamiento del PLC se podrían colocar las siguientes condiciones lógicas para la programación del control de temperatura:

- Se utilizará el mismo PLC para la programación del control de temperatura.
- La temperatura será censada por un termostato por lo que la programación que se deberá realizar también podría ser controlada en tres niveles de temperatura fijados previamente.
- Se usará dos botones para su funcionamiento, haciendo el símil de que será el mismo botón que se usa para el control de velocidad, se energizará la máquina con un botón de encendido y se detendrá con el botón de apagado.
- La temperatura se deberá observar en una pantalla o marcador digital.
- Los rangos de temperatura serán (0-120-180-230 grados centígrados) aproximadamente.

Con las condiciones lógicas se procedió a programar en STEP7 MicroWin con bloques lógicos lo solicitado y se obtuvo el siguiente diagrama KOP que se muestra en la Figura 2.34 y que evidencia lo que el PLC ejecutará.

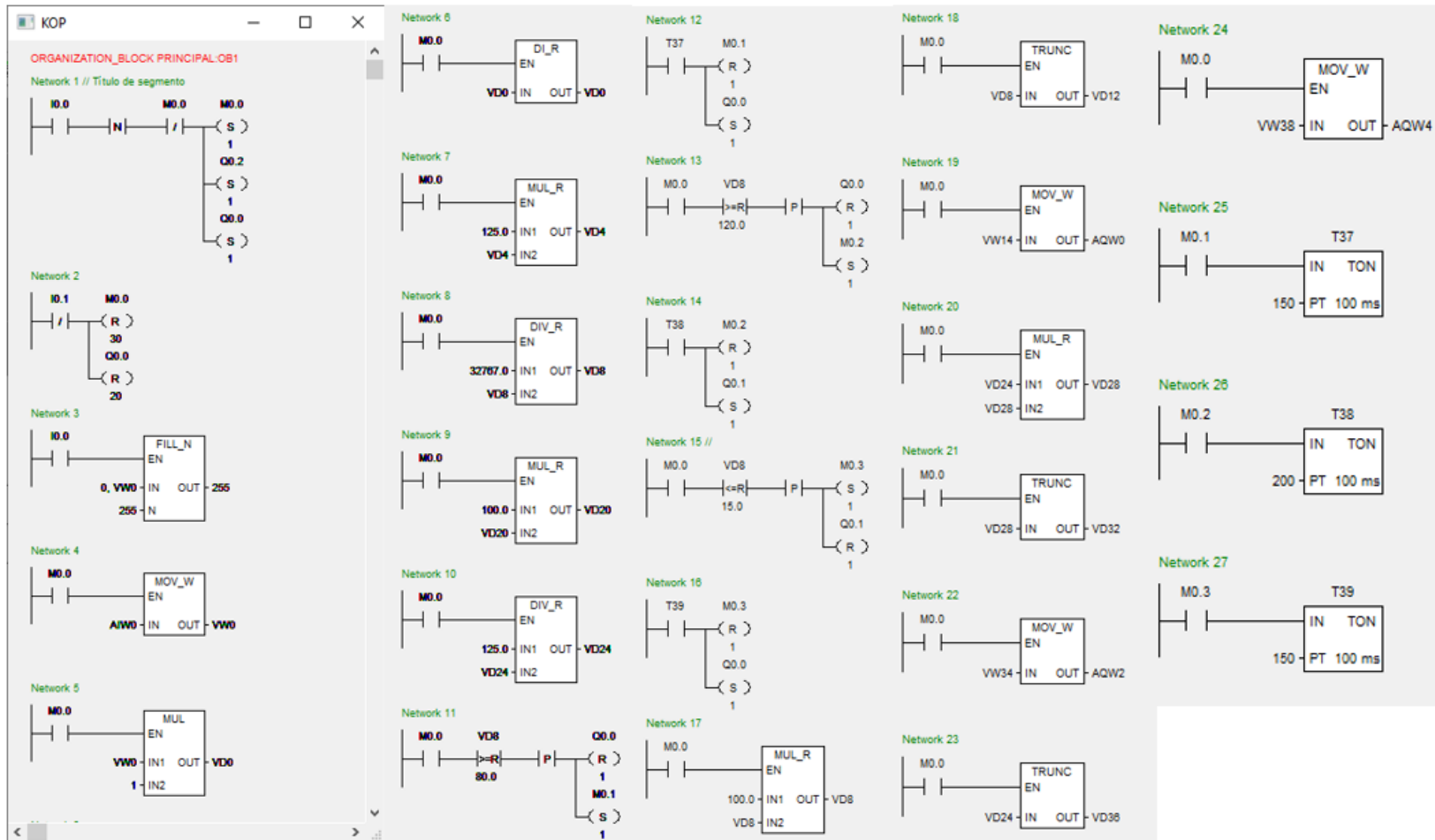


Figura 2.34 Programación KOP para control de velocidad.

Fuente: Propia

De igual forma, con las condiciones lógicas se procedió a programar en STEP7 MicroWin con bloques lógicos el control para la temperatura y se obtuvo el siguiente diagrama KOP que se muestra en la Figura 2.35 y que evidencia lo que el PLC ejecutará.

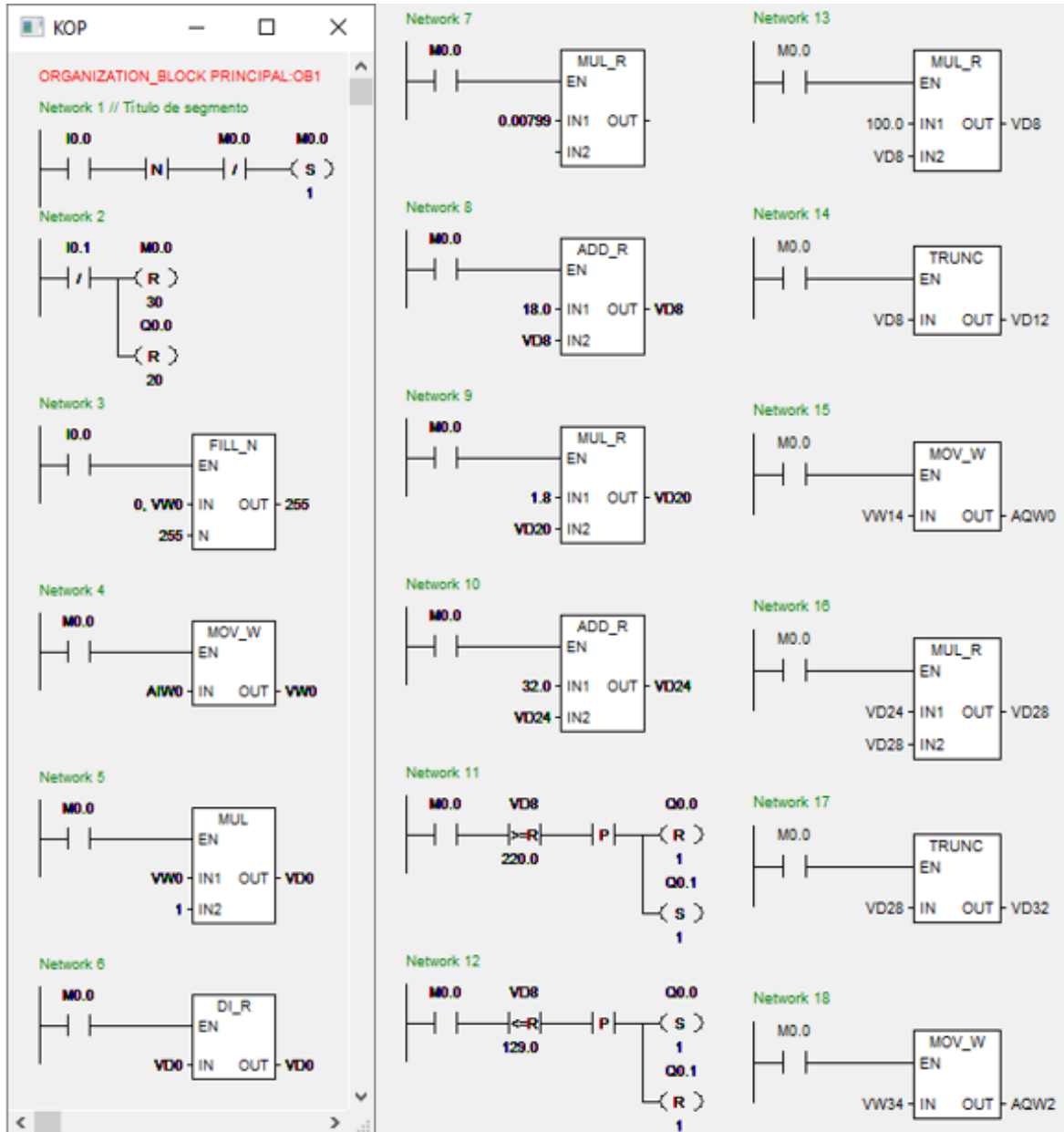


Figura 2.35 Programación KOP para control de temperatura.

Fuente: Propia

## **2.8. Análisis de costos**

Dentro de este apartado, los costos estimados de cada componente que conformarán al prototipo se enumeran en esta sección, tanto como elementos normalizados, equipos comprados en Ecuador, fabricación de elementos y la fuerza laboral empleada que se encargaría de construir y armar la máquina.

Dentro del análisis de costos se ha referenciado como estándares los valores de componentes normalizados que nos darán una idea del costo aproximado que llevará la materialización de todos los elementos que conforman el prototipo.

Los costos que se analizarán serán, los costos de los componentes normalizados, tales como el costo del motor, el variador de frecuencia, las chumaceras, contactores, arandelas, pernos, el juego de poleas y los elementos de potencia que deberán adquirirse ya fabricados.

También, se analizarán los rubros de los materiales con los que se propone manufacturar el prototipo tales como, las placas de acero inoxidable de grado alimenticio, láminas de acero AISI A36, el eje de acero inoxidable para el sistema motor, láminas de acero inoxidable 304 para la creación del perol y utensilio de mezclado, perfiles y electrodos.

Así mismo, se deben estudiar los valores que se adeudarían a la fuerza laboral cualificada para el armado de las partes del prototipo y para los procesos de producción de cada parte que se fuese a fabricar, como el torneado, taladrado, fresado, soldado y el pago al trabajador por horas.

De la misma forma, se estudiarían los costos totales que irían adicionándose entre los componentes normalizados, los costos de materialización, los costos de la fuerza laboral, eventualidades o casos no programados y la ganancia que deben percibir los comerciantes que para este caso puntual será del 20%.

Como parte final del estudio de costos, en la sección de resultados, se analizarán los costos de equipos similares en el mercado contra los costos del prototipo.

### **2.8.1. Costos de componentes normalizados**

En la Tabla 2.25 se encuentra la información detallada sobre los precios aproximados de componentes normalizados utilizados en el armado del prototipo.



**Tabla 2.25** Costos de componentes normalizados.

Costos de componentes normalizados				
Componentes	Descripción	Precio Unitario [\$]	Unidad	Precio Total [\$]
Rodamientos y chumaceras	SNLN 30 y 1726203-2RS1	\$ 30,00	2	\$ 60,00
Juego de Poleas	SKU	\$ 30,00	1	\$ 30,00
Pernos hexagonales	M12 x 25	\$ 0,50	4	\$ 2,00
	M6 x 35	\$ 0,40	4	\$ 1,60
	Inoxidable M5 x 25	\$ 0,40	4	\$ 1,60
	Inoxidable M10 x 30	\$ 0,35	4	\$ 1,40
Tuercas	Para M 12	\$ 0,30	4	\$ 1,20
	Para M6	\$ 0,30	4	\$ 1,20
	Para M5	\$ 0,35	4	\$ 1,40
	Para M 10	\$ 0,35	4	\$ 1,40
Arandelas planas	Para M 12	\$ 0,15	4	\$ 0,60
	Para M6	\$ 0,15	4	\$ 0,60
	Para M5	\$ 0,15	4	\$ 0,60
	Para M 10	\$ 0,15	4	\$ 0,60
Arandelas de presión	Para M6	\$ 0,10	4	\$ 0,40
	Para M5	\$ 0,10	4	\$ 0,40
	Para M 10	\$ 0,10	4	\$ 0,40
Contactador	CHNT	\$ 30,00	1	\$ 30,00
Variador de Frecuencia	Allen Bradley 1HP	\$ 115,00	1	\$ 115,00
Motor trifásico	MSA 1 hp T1CR 802-4	\$ 150,00	1	\$ 150,00
Elementos de potencia	Varios	\$ 60,00	1	\$ 60,00
		TOTAL		\$ 460,40

Fuente: Propia

## 2.8.2. Costos de materiales

Con la Tabla de número dos punto veinte y dos (2.26) se pueden visibilizar los valores que tendría la materialización, suponiendo que tenemos la ingeniería de materialización desarrollada.

**Tabla 2.26** Costos de materiales.

Componentes	Descripción	Precio Unitario [\$]	Cantidad	Precio Total [\$]
Placas de A. Inoxidable	3" x 1/16"	\$ 16,23	16 cm	\$ 3,00
	1/2" x 1/16"	\$ 3,54	50 cm	\$ 1,90
Acero AISI-A36 lámina	1/16"	\$ 60,00	2 m	\$ 120,00
Eje acero inoxidable	1 1/2"	\$ 40,00	1 m	\$ 20,00
Acero inoxidable 304 lámina	1,5 mm	\$ 160,00	0,5 x 0,5 m	\$ 30,00
Perfiles marcados (L)	25 x 25 x 10 mm	\$ 15,00	1 x 6 m	\$ 7,00
Electrodos para suelda	Celulosa6011	\$ 6,00	1 kilo	\$ 3,00
	RufílicoE308L-16	\$ 21,00	1 kilo	\$ 11,50
			TOTAL	\$ 196,40

Fuente: Propia

### 2.8.3. Costos de mano de obra y fabricar el prototipo

En la Tabla 2.27 se visualiza la información de los costos de mano de obra.

**Tabla 2.27** Costos fabricación.

Procesos usados y maquinaria		Torneado		Taladrado		Fresado		Soldado		Trabajador calificado		Total [\$]	
Costo HHM [\$/h]		15		5		12		9		5			
ELEMENTO	Cant.	Tiempo	Costo	Tiempo	Costo	Tiempo	Costo	Tiempo	Costo	Tiempo	Costo		
		Hora [h]	[\$]	Hora [h]	[\$]	Hora [h]	[\$]	Hora [h]	[\$]	Hora [h]	[\$]		
Perol	1	0,1	15	-	-	-	-	-	-	4	\$ 10,00	\$ 70,00	
Estructura base	1	-	-	1	5	-	-	2	4,5	3	\$ 7,50	\$ 36,50	
Laterales	4	-	-	-	-	-	-	-	-	0,5	\$ 3,00	\$ 6,00	
Sosten superior y acabados redondos	1	1,5	3	-	-	0,2	6	-	-	-	-	\$ 5,70	
Base	2	-	-	1	5	-	-	-	-	1	\$ 7,50	\$ 12,50	
Chaveta	2	-	-	-	-	0,5	6	-	-	-	-	\$ 6,00	
												TOTAL	\$ 136,70

Fuente: Propia

### 2.8.4. Costos generales

En la Tabla 2.28 se encuentra la información detallada sobre los costos aproximados de los elementos normalizados que se utilizarían en el armado del prototipo.

**Tabla 2.28** Costos generales.

Costos	Totales
Componentes normalizados	\$ 460,40
De Materialización	\$ 196,40
Fuerza Laboral	\$ 136,70
Total parcial	\$ 793,50
No programados (10%)	\$ 79,35
Total final	\$ 872,85
<b>Precio comercio (20%)</b>	<b>\$ 1.047,42</b>

Fuente: Propia

## **3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **3.1. Resultados alcanzados: análisis de parámetros**

Dentro del capítulo tres, se muestran los resultados que arrojaron cada uno de los análisis de parámetros para el prototipado de la batidora semindustrial, tanto en el ámbito del diseño conceptual, estudio de costos y variables consideradas para la simulación en los diferentes programas.

#### **3.1.1. Resultados del análisis para diseño conceptual**

##### **3.1.1.1 Resultados y conclusiones sobre Matriz de la Calidad**

Como resultado del desarrollo exitoso y construcción de la matriz de calidad respectiva a satisfacer las necesidades establecidas con anterioridad se obtuvieron los siguientes puntos a tratar:

- a)** Al ser un prototipo que obligatoriamente necesita movilidad en su eje, el requerimiento de “movilidad rotacional de paletas” es Básica, pero se determinó en una sola característica técnica como “Vida útil y multifuncionalidad”.
- b)** La vida útil y la multifuncionalidad son directamente proporcionales a la movilidad, al fácil manejo y control.
- c)** Se establecen relaciones “Muy positivas” entre la “Vida útil y multifuncionalidad” vs “Periodo de mantenimiento” y vs “Estabilidad”
- d)** El peso es directamente proporcional a ser ligero, transportable y estable.
- e)** Se establecen relaciones “Muy positivas” entre la “Peso” vs “Estabilidad”
- f)** El volumen es directamente proporcional a ser ligero.
- g)** Se establecen relaciones “Muy positivas” entre la “Volumen” vs “Estabilidad”

Así también, se evidencian los porcentajes más significativos para el usuario y que fueron traducidos como requerimientos técnicos con los siguientes valores ponderados:

- Movilidad rotacional (22%)
- Estable (17%)
- Fácil manejo y control (17%)
- Desmontaje de partes móviles (17%)
- Barato (15%)

Siendo el requerimiento con más alto puntaje ponderado la “Movilidad rotacional de paletas”.

Mientras que, en la incidencia ponderada se obtuvo a las características técnicas con mayor puntaje así:

- Vida útil (25%)
- Periodo de mantenimiento (19%)
- Bajo costo (19%)

La información obtenida tras la creación exitosa de la Matriz de Calidad fue muy beneficiosa para el desarrollo del prototipo y como conclusiones de los requerimientos técnicos se expone lo siguiente:

- Lo que más pondera para el desarrollo del prototipo es la vida útil del equipo, enfocando al proyecto a crear un prototipo de larga durabilidad, que sea fácil la aplicación del mantenimiento preventivo después de al menos uno a dos años luego de la fabricación y también que sea de bajo costo.
- Se concluye que el usuario espera un prototipo útil, de larga vida de trabajo, precio bajo y que retorne o se recupere pronto el capital invertido, y que el prototipo no se vea envuelto en fallos en un largo periodo.
- Se concluye que el equipo debe ser estable en el momento de trabajo.
- Se concluye que el prototipo debe ser fácil de usar y controlar.
- Se concluye que el modelo deberá tener ciertos grados de libertad que permita movilidad al momento de procesar alimentos.
- El peso no fue un factor ponderante para el diseño del prototipo, no obstante, se tomará en cuenta un material que no sea tan pesado, pero que esté acorde al prolongado uso del prototipo.

Nota: El material propuesto para el cuerpo o armazón de la máquina será algún tipo de acero comercial, inoxidable, fundición o aluminio. Mientras que el material propuesto para el diseño del recipiente será de forma imperativa un acero inoxidable AISI 304 o 316.

### **3.1.1.2 Resultados sobre los parámetros de funcionalidad del prototipo**

Los parámetros dimensionales generales que se utilizaron para el diseño inicial del prototipo se basaron en los datos de la Tabla 2.7 y con los mismos se dio el modelado de este, en el programa Inventor Autodesk, que posteriormente se plasmaron en los planos para la construcción del prototipo.

Para los parámetros de energías se tomaron en cuenta las variables que se pueden presentar en el funcionamiento del prototipo, tal como el suministro eléctrico, la frecuencia a la que funcionará, la variable de temperatura que irá relacionada con la energía de calefacción que se suministrará al prototipo, y los tiempos que se suministrarán ese tipo de energías a la máquina.

Mientras que, los parámetros de control irán relacionados a las variables de las que depende cada proceso para la elaboración de un alimento, tal como el tiempo de batido, tiempo de cocción, tiempo de suministro de un tipo de energía, control de temperatura, y velocidad de batido.

Dentro de la Tabla con número tres punto uno (3.1) se visibilizan los datos relevantes sobre las características principales que adoptó el prototipo en la parte del diseño conceptual.


**Tabla 3.1** Características principales del prototipo.

<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>		
Dimensiones	Largo	Ancho	Alto
	1,35 m	1,22m	1,84m
Valores de tendido eléctrico y motor	Voltaje	Amperaje	Potencia
	120 V	16 A (máx)	1 HP
Capacidad	Litros		
	10 a 20 (l)		
Velocidades	Frecuencia (Hz)-(RPM)		
	5Hz-75RPM	14Hz-210RPM	20Hz-300RPM
Calefacción	GAS		
Peso	65 kg		

Fuente: Propia

Dentro de la Tabla de número tres punto dos (3.2) se encuentran detallados los componentes que disponen la modelación CAD del prototipo dentro del programa Autodesk Inventor.

**Tabla 3.2** Elementos que componen el modelado CAD.

ELEMENTO	FIGURA
Modelo General	
Bowl o Perol	
Motor y poleas	
Quemador	
Chumacera	
Eje	
Utensilio de mezclado	
Caja de Mando Posterior y Botonera Frontal	

Fuente: Propia

### 3.1.2. Resultados de análisis de costos

En los resultados obtenidos en cuanto a los costos de fabricación del prototipo, se evidencia que el valor total de los costos es inferior a los mil quinientos dólares y se refleja en la Tabla 2.28 de costos generales y que fueron estimados al inicio del estudio dentro de la matriz de calidad.

Logrando un objetivo importante, el de poder producir el prototipo en menos de mil quinientos dólares norteamericanos para la comercialización del equipo dentro del mercado ecuatoriano (Anexo I) y ser competitivos contra precios de maquinaria similar pero que no cumplen con todos los requerimientos que el prototipo posee.

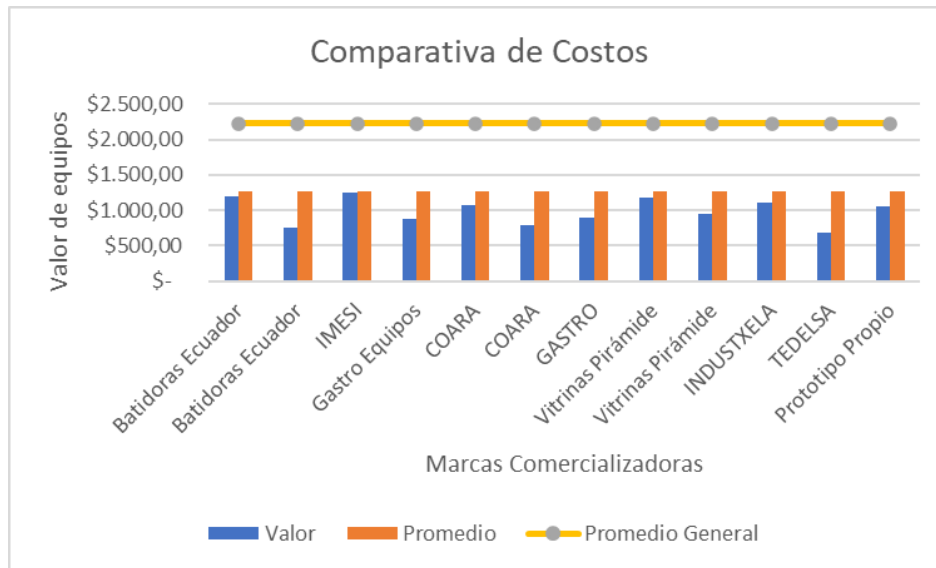
En la Tabla 3.2 se puede ver una matriz comparativa entre los precios de maquinaria estudiada dentro del documento y que sirvió de referencia, contra el precio al que se podría comercializar el prototipo fabricado.

**Tabla 3.3** Mercado vs Prototipo.

EMPRESA	DETALLE	VALOR
Batidoras Ecuador	Amasadora 20 libras, 2 velocidades	\$ 1.200,00
Batidoras Ecuador	Batidora 20 litros, 3 velocidades	\$ 750,00
IMESI	Batidora 30 litros, 3 velocidades	\$ 1.250,00
Gastro Equipos	Batidora planetaria industrial 20 litros	\$ 870,00
COARA	Amasadora 20 litros	\$ 1.064,00
COARA	Batidora 20 litros, 3 velocidades	\$ 784,00
COARA	Marmita autovolcable 100 litros	\$ 4.132,80
GASTRO	Batidora GVB-20 litros, 3 velocidades	\$ 900,00
Vitrinas Pirámide	Amasadora 25kg	\$ 1.180,00
Vitrinas Pirámide	Batidora 20 Litros	\$ 950,00
INDUSTXELA	Batidora 20 litros, 3 velocidades	\$ 1.100,00
TEDELSA	Batidora 20 litros, 3 velocidades	\$ 690,00
FRITEGA	Marmita cilíndrica 200 litros	\$15.247,68
Prototipo Propio	Batidora de 20 litros, 3 velocidades	\$ 1.047,42
	Promedio General	\$ 2.226,14
	Promedio Excluyente	\$ 1.264,02

Fuente: Propia

Mientras que en la Figura 3.2 se observa la gráfica comparativa entre los precios de comercialización contra el precio del prototipo.



**Figura 3.1** Gráfico comparativo de costos.

Fuente: Propia

Como conclusión de los resultados del análisis de costos se tiene que el precio de comercialización del prototipo es más alto que algunos de los precios de las máquinas ofertadas en el mercado pero el prototipo tiene la ventaja de presentar más funcionalidades y control automático que respecto a los demás modelos presentados.

El prototipo de batidora puede ser competitiva contra los precios actuales del mercado por las diferentes y variadas funcionalidades de control que presenta y también por ser el híbrido entre una marmita y una batidora industrial.

El precio del prototipo está por debajo del promedio general de los equipos y también se encuentra por debajo del promedio excluyente de equipos sumamente costosos por lo que el resultado esperado es muy satisfactorio para el proyecto presentado.

### 3.1.3. Resultados de las simulaciones

Las simulaciones dentro de los programas con la capacidad de hacerlo han emitido resultados una vez diseñados los circuitos de mando y fuerza de manera tradicional con elementos electromecánicos y la simulación programada en el PLC S7-200.

Como resultado de la programación del control electromecánico y el control automático por medio del PLC se han podido simular las condiciones de funcionamiento bajo el control de los parámetros estudiados de velocidad, tiempo y temperatura.



El proceso de simular la programación creada en CAdESIMU se detalla a continuación con el algoritmo descrito de esta manera:

1. Una vez diseñados los circuitos de fuerza y mando se procede a simular dentro del programa CAdESIMU dando clic en el ícono de “play” de color verde (Ver Figura 3.2 círculo verde).
2. Todo el circuito se vuelve de color gris y empezará la simulación activa (Ver Figura 3.2).
3. Observar que las líneas de fase y neutro estén energizadas presentando los colores activados en ambos casos (Ver Figura 3.2 círculo rojo). Si no aparece ningún mensaje de alerta de cortocircuito, todo está en orden.
4. Clic sobre el disyuntor del circuito de mando (Ver Figura 3.2 círculo amarillo). Una vez activado el disyuntor aparecerá de color rojo funcionando en ambos circuitos (Ver Figura 3.3 círculo verde).
5. Clic sobre el botón amarillo “ENERGIZAR”. Se activará el pulsador S1 que permite el paso de corriente hasta la bobina de K1, la cual se auto enclava por medio de un contacto NA, enciende una luz piloto amarilla y quedan funcionando los contactos de fuerza K1 (Ver Figura 3.3 círculos naranjas). También, quedará energizado el variador de frecuencia en ambos circuitos (Ver Figura 3.3 rectángulos azules).
6. Para encender la primera velocidad se debe presionar el botón verde “VELO1”. Se activará el pulsador S3 y permitirá el paso de corriente a la bobina K2 y de la misma forma que con K1, se auto enclavará con un contacto NA propio de K2 (Ver Figura 3.4 círculos naranjas). También se activa la bobina del temporizador T1 y una luz piloto verde L2 (Ver Figura 3.4 círculos naranjas). Al presionar el botón, se activan contactos NA y NC pertenecientes al botón y al contactor K2.
7. Se activa el motor en sentido horario y el variador de frecuencia marca la frecuencia de trabajo de 5 Hz - 75 RPM (Ver Figura 3.4 círculos verdes).
8. El cambio de giro se activará una vez se presione el botón de color azul con el mismo nombre (Ver figura 3.5). Hará que se detenga el movimiento del motor en sentido horario para pasar a moverse en sentido antihorario. También es temporizado por su propio timer y es auto enclavado con el mismo método de los demás.
9. Los demás botones de las velocidades funcionan de la misma manera que el primer botón de velocidad y sirven como segunda y tercera velocidad tanto para el sentido horario como para el sentido antihorario.

10. Se puede escoger una de las velocidades a la vez presionando el botón que controle la velocidad que se quiera, siendo la segunda de 14 Hz – 210 RPM y la tercera de 20 Hz – 300 RPM.
11. Los demás botones funcionan como se ha descrito en la tabla 2.22 y su funcionamiento dentro de la simulación es correcto.

A continuación se presentan las figuras 3.2, 3.3, 3.4 y 3.5 en las que se evidencia el resultado de la simulación electromecánica que se describió en el algoritmo anterior la explicación descrita en el anterior algoritmo.



Figura 3.2 Simulación electromecánica (Pasos 1 al 4).

Fuente: Propia

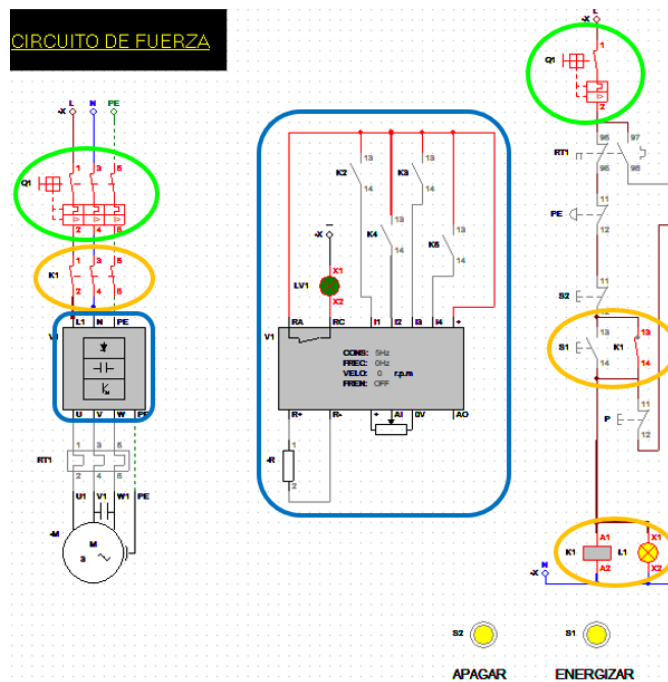


Figura 3.3 Simulación electromecánica (Pasos 4 al 5).

Fuente: Propia

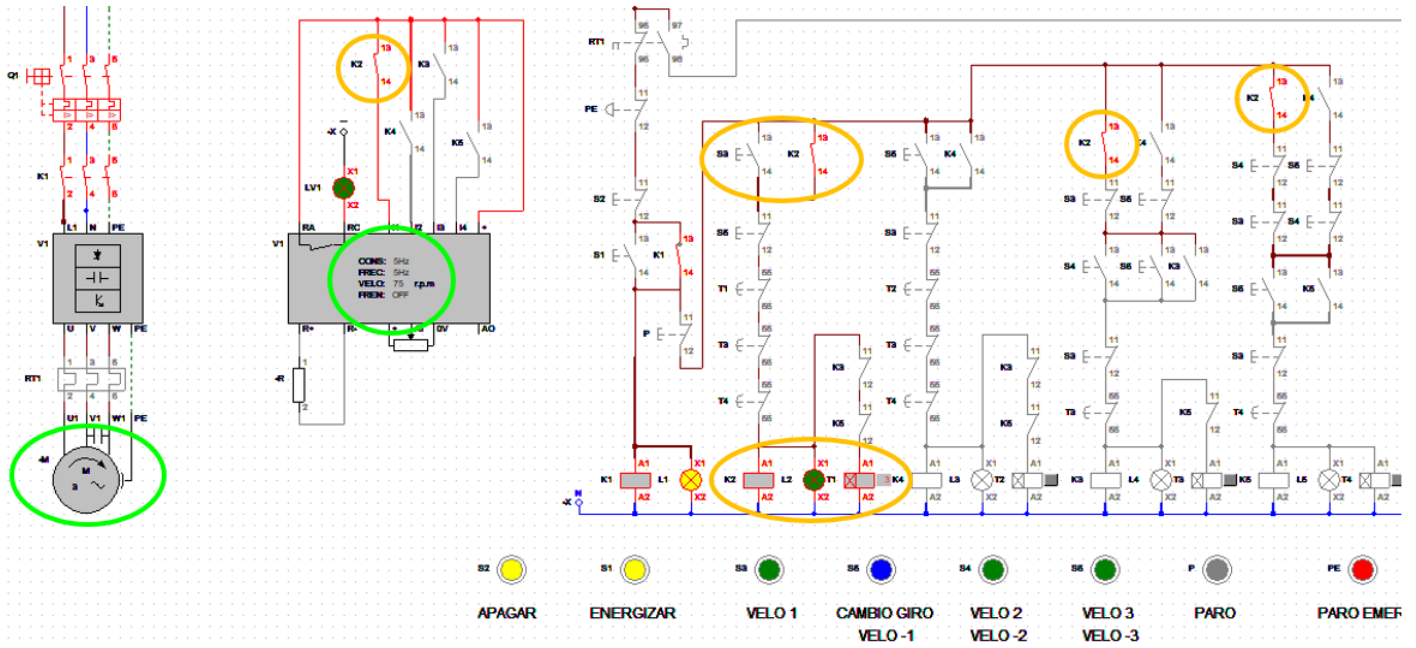


Figura 3.4 Simulación electromecánica (Paso 6 y 7).

Fuente: Propia

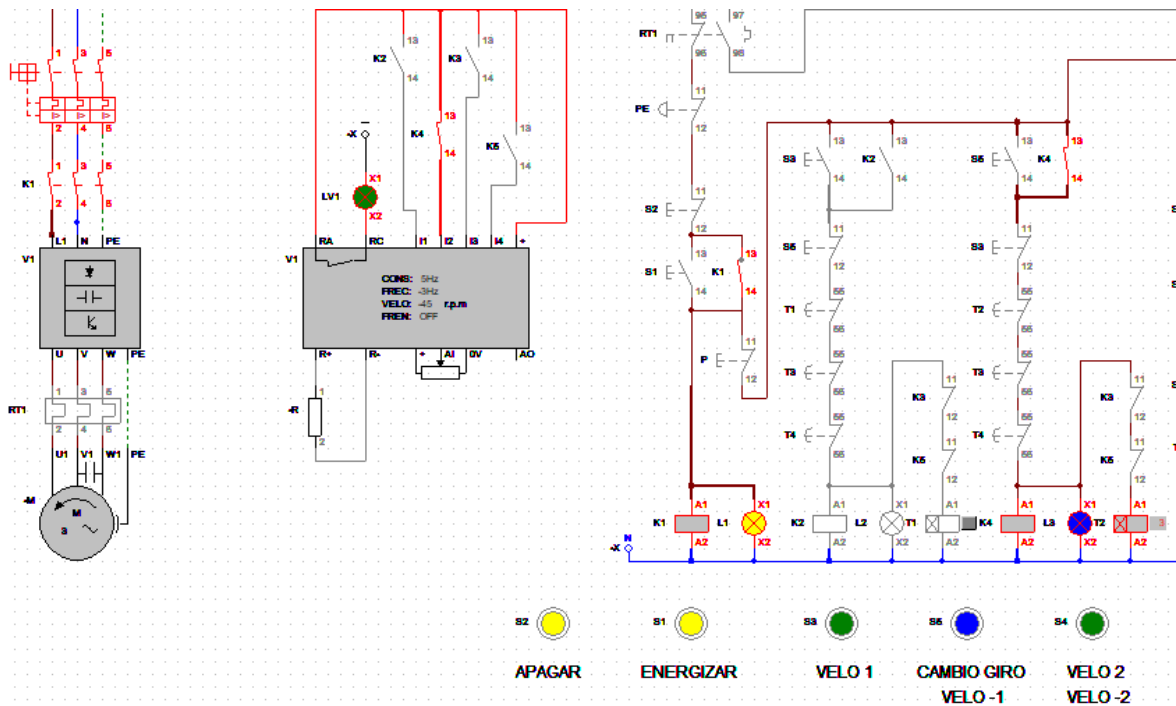


Figura 3.5 Simulación electromecánica (Paso 8 al 10).

Fuente: Propia

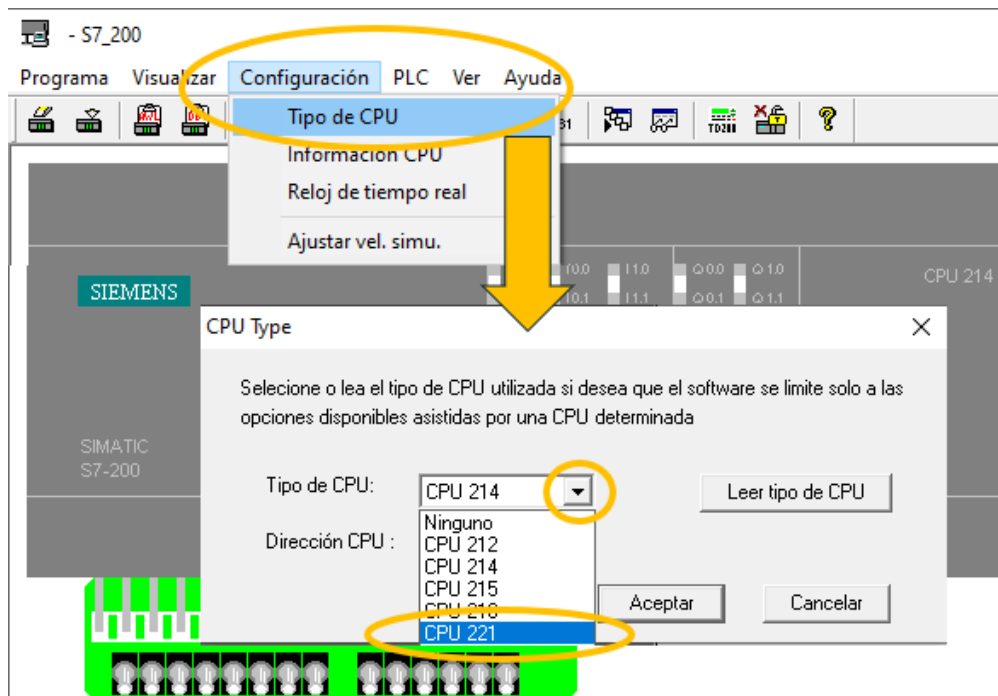
La simulación del PLC S7-200 se lo hace en el programa con el mismo nombre y en la interfase gráfica de PCSIMU, se han parametrizado las variables de tiempo y velocidad en una programación con una interfase gráfica diferente a la programación e interfase gráfica del control de temperatura por medio de un termostato.

El proceso de simular en S7-200 y en PCSIMU se detalla a continuación con el algoritmo descrito de esta manera:

1. Abierto el software S7-200, cambiar el tipo de CPU dando clic en el menú “configuración”, clic en “Tipo de CPU”, clic en la flecha desplegable de “TIPO DE CPU: CPU 214”, clic en “CPU 221” o “CPU 224” (Ver Figura 3.6 círculos naranjas).
2. Cargar los programas a ser simulados en cada una de las plataformas de los softwares. Para S7-200 se hace lo del siguiente listado (Ver Figura 3.7 círculos verdes) y para PCSIMU se hace lo del segundo listado (Ver Figura 3.7 círculos amarillos):
  - S7-200: Clic menú “programa”, clic “Cargar Programa”, se abrirá una ventana que dice “Cargar en CPU”, clic en aceptar, aparecerá una nueva ventana que dice “Abrir”, seleccionamos el documento en formato (.awl) que corresponde, clic en “Abrir”, aparecerán dos ventanas nuevas mostrando el KOP.
  - PCSIMU: Clic menú “Archivo”, clic en “Abrir”, se desplegará otra ventana llamada “Abrir”, seleccionar el archivo en formato (.sim) que corresponda, clic en “Abrir”, se desplegarán los elementos de interfase.
3. Una vez abiertos los programas a simular, procederemos a encender el modo simulación en ambos programas y de manera secuencial de la siguiente manera:
  - S7-200: Clic en el ícono de computadora en “Intercambia Entradas y Salidas” (Ver Figura 3.8 círculo rojo).
  - Luego, PCSIMU: Clic en el ícono de computadora en “Simulación”, y a continuación clic en el ícono de “play de color verde” (Ver Figura 3.9 círculos azules).
4. La simulación está activa si se pueden visualizar las siguientes señales (Ver Figura 3.9 círculos amarillos):
  - Se activa un ícono de una computadora con una X roja.
  - Se activa el PLC y enciende una luz piloto verde que dice “RUN”.
  - En la parte inferior de la pantalla del programa aparece la palabra “RUN” y a un lado aparecen números.
  - En PCSIMU: en la parte inferior aparecen símbolos de numeral “###”.

- Aparecen las palabras “Simulación” y “RUN”.
  - Todos los submenús y opciones se bloquean (Círculo amarillo grande).
5. La simulación ha empezado y se puede interactuar en el entorno de PCSIMU. Al presionar el botón verde de “Encender” (Ver Figura 3.10 círculo amarillo), el variador de frecuencia se enciende al igual que el motor, y a su vez, el sensor de control de velocidad se activa desde un (1 Hz – 60 RPM) como seteo inicial (este valor que aparece debajo del motor no cambiará. Ver Figura 3.10 círculo verde). El sensor aumentará la frecuencia hasta alcanzar tres diferentes velocidades para el motor. Las frecuencias y velocidades serán (5Hz-75rpm) (15Hz-210 rpm) (20Hz-300rpm). El cambio de las RPM se podrá visualizar en la pantalla digital con tres cifras significativas y un decimal (Ver Figura 3.10 círculo rojo)
6. Si se da clic sobre el botón rojo “APAGADO” el PLC detendrá su funcionamiento y volverá a trabajar si se presiona el botón verde.

A continuación se presentan la figura 3.6 hasta la 3.10 en las que se evidencia el resultado de la simulación del control de velocidad.



**Figura 3.6** Simulación PLC (Paso 1).

Fuente: Propia

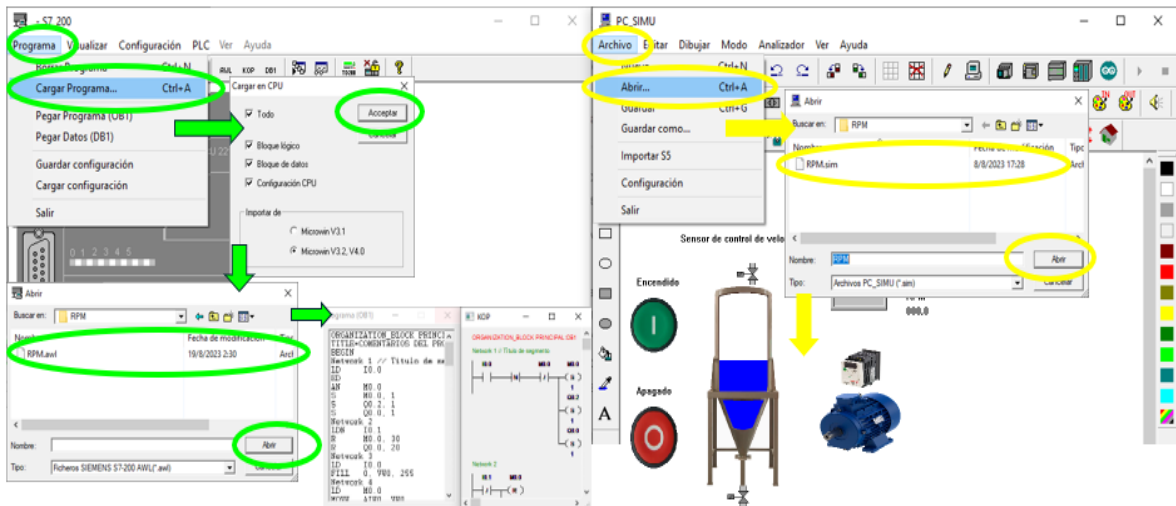


Figura 3.7 Simulación PLC (Paso 2).

Fuente: Propia

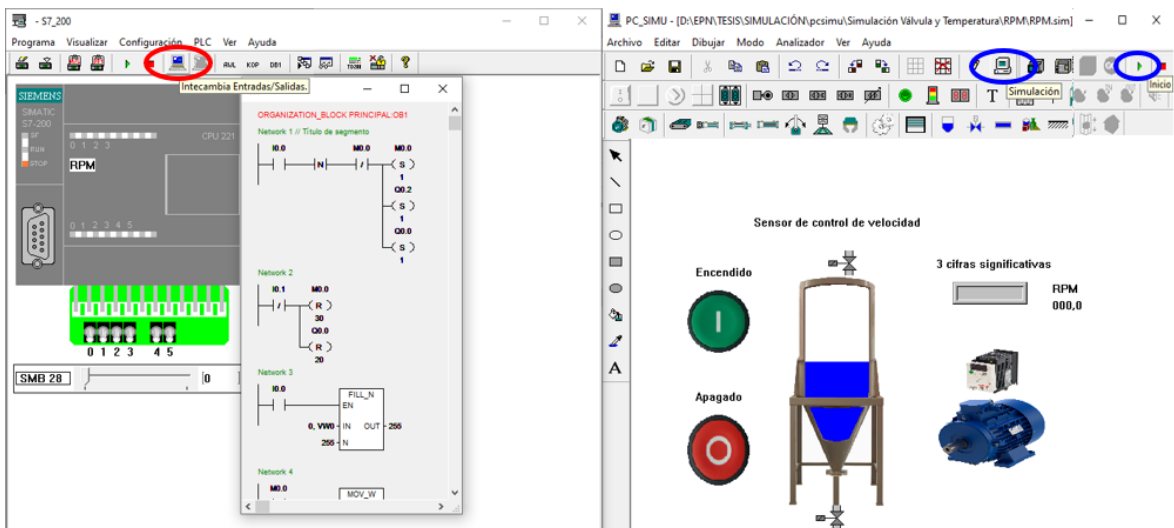
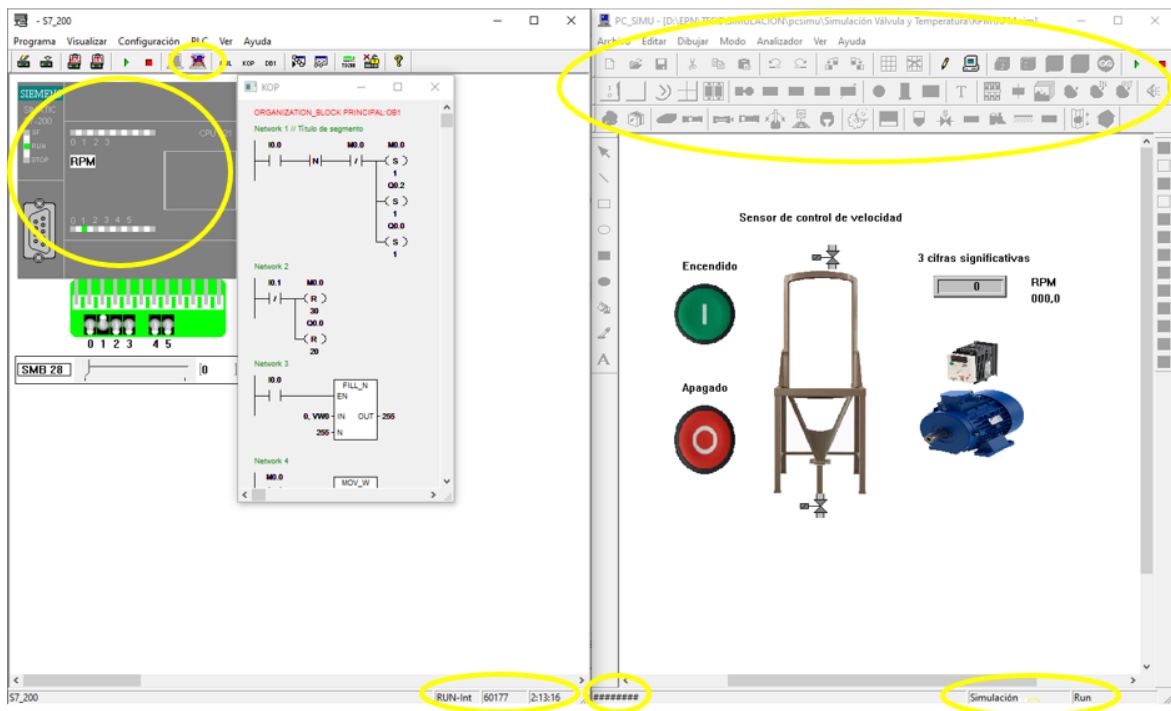


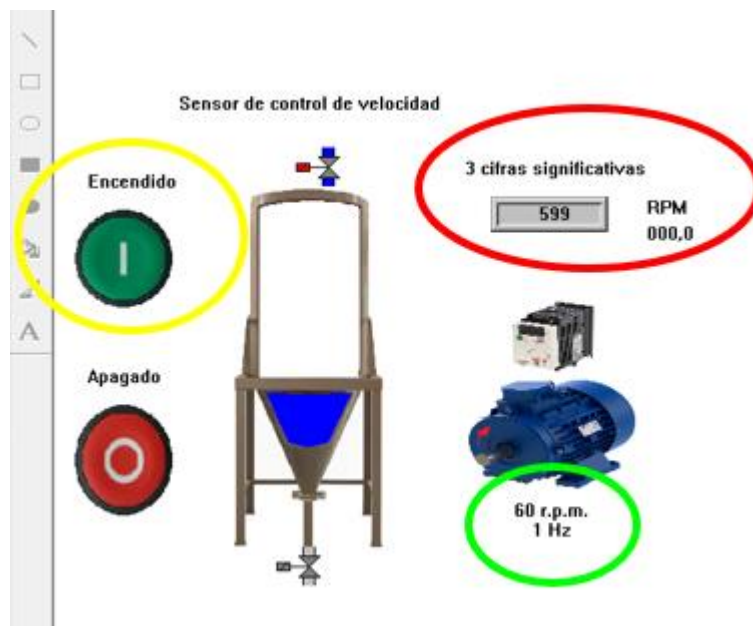
Figura 3.8 Simulación PLC (Paso 3).

Fuente: Propia



**Figura 3.9** Simulación PLC (Paso 4).

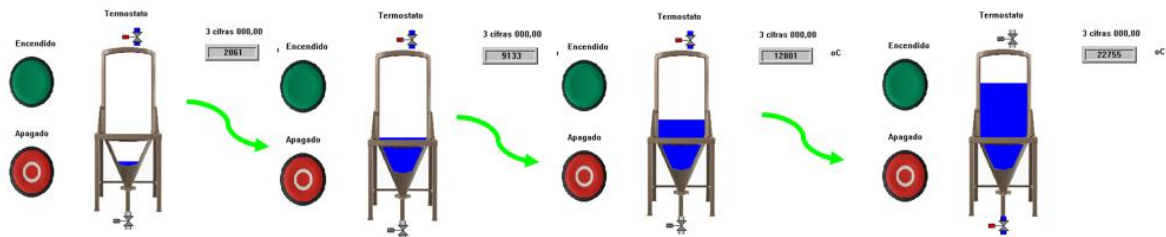
Fuente: Propia



**Figura 3.10** Simulación PLC (Paso 5).

Fuente: Propia

La simulación del termostato se la realiza de la misma forma y siguiendo el mismo algoritmo anterior, y la única diferencia será que dentro de la interfase no existiría un motor y que la programación KOP es diferente. En la figura 3.11 se observa la parcialidad de la simulación del termostato.



**Figura 3.11** Simulación PLC termostato.

Fuente: Propia

## 3.2. Discusión

Dentro de la discusión se tiene el caso de analizar qué conviene implementar para el control automatizado del prototipo, si se utiliza la hibridación de un circuito electromecánico y el control automático de un PLC o simplemente se programa al PLC.

La automatización por medio de elementos electromecánicos se está volviendo obsoleta y decadente porque en la actualidad existen métodos de automatización más modernos que reemplazan a muchos o todos los elementos electromecánicos que intervienen en procesos establecidos de periodicidad conocida, procesos iterativos y funciones de cálculo, como por ejemplo reemplazar todo el sistema de control electromecánico por un control computarizado de un PLC.

Actualmente y debido al progreso tecnológico computacional, la implementación de un PLC para la automatización de procesos es más barato que poner en marcha todo un conjunto de elementos electromecánicos para el mismo objetivo de automatización y se lo contrastó dentro del análisis de costos para la automatización.

Todo el sistema de control electromecánico podría ser reemplazado con la implementación del control automático de un PLC. Sin embargo, para el sistema de potencia es inevitable no tener elementos activados o desactivados de forma manual, electromecánica o telemática ya sea por seguridad, disponibilidad o funcionalidad.

El motor eléctrico puede ser trifásico pero requeriría una conexión especial previa a su instalación para que funcione como un motor monofásico de corriente alterna con una conexión a 120 voltios, ya que esa es la disponibilidad eléctrica en la mayoría de los sectores del país en donde se requerirá el prototipo semindustrial.

Finalmente, la discusión termina con la conclusión de que el control se lo deberá hacer de manera automática controlado únicamente por el PLC y el accionamiento de un par de botones, mientras que el accionamiento del circuito de fuerza debe ser electromecánico y será monitoreado netamente por el circuito de control automático.



## **4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **4.1. Conclusiones**

Como primer aspecto se logra concluir que se alcanzó a cumplir satisfactoriamente con las metas planteadas como objetivo general del proyecto, porque se logró parametrizar, modularizar, diseñar y analizar las variables que logran la funcionalidad del prototipo de batidora semindustrial.

También, se logró estudiar la documentación referente al estado del arte en cuanto a mezcladoras, batidoras, agitadoras y marmitas en la industria ecuatoriana de una manera grata y que sirvió de punto de arranque comparativo para establecer algunos parámetros del diseño del prototipo.

Se consideraron, estudiaron y establecieron las necesidades del usuario y fueron traducidas a un lenguaje ingenieril con el cual se adoptó la voz del ingeniero, para la posterior elaboración de una casa de la calidad o matriz de calidad, siendo así que se obtuvieron las especificaciones técnicas del prototipo de la batidora semindustrial mediante el análisis de los parámetros de funcionalidad y al ser evaluados cuantitativamente dentro de la matriz de calidad se obtuvieron los parámetros que satisfacen todos los requerimientos.

La matriz de calidad que recogió los requerimientos del usuario e ingenieriles se elaboró de acuerdo a los parámetros contrastados entre sí, y mediante la comparación de características similares entre dos máquinas parecidas en funcionalidad se obtuvieron los valores de referencia, concluyendo con una matriz que solventa satisfactoriamente la calidad tanto para los requerimientos técnicos, parámetros de funcionamiento y características generales. Dicha matriz se encuentra en el Anexo I.

Se generaron alternativas para el diseño modular que configuran la totalidad del prototipo funcional y de la estructura que compone al prototipo, logrando proponer un diseño funcional que fue valorado mediante el método ordinal matricial para la evaluación de criterios ponderados para cada uno de los módulos establecidos y llegando a un modelado CAD del prototipo.

La mejor opción para la creación del prototipo se dio en el análisis de criterios ponderados siendo el ganador un prototipo con diferentes elementos entre las distintas opciones que se acogieron al inicio del estudio de modularidad y evidenciado en la matriz morfológica.

A la par, se simuló exitosamente el control electromecánico junto con el control automático de un PLC en los distintos programas informáticos como son CDeSIMU, STEP7 MicroWIN y la interfase PCSIMU, obteniendo resultados satisfactorios para la comparación objetiva de ventajas, fortalezas, diferencias y desventajas entre los dos tipos de automatización.

La automatización por medio de elementos electromecánicos se está volviendo obsoleta y decadente porque en la actualidad existen métodos de automatización más modernos que reemplazan a muchos o todos los elementos electromecánicos que intervienen en procesos establecidos de periodicidad conocida, procesos iterativos y funciones de cálculo, como por ejemplo reemplazar todo el sistema de control electromecánico por un control computarizado de un PLC.

Actualmente y debido al progreso tecnológico computacional, la implementación de un PLC para la automatización de procesos es más barato que poner en marcha todo un conjunto de elementos electromecánicos para el mismo objetivo de automatización y se lo contrastó dentro del análisis de costos para la automatización.

Los costos que se alcanzan para el prototipado de esta batidora fueron muy cercanos a las máquinas batidoras que existen en el mercado ecuatoriano, sin embargo, las demás batidoras existentes en el mercado no ofrecen la función de cocción en conjunto con el control automatizado de un PLC, llevando al prototipo a una calidad superior, simplificación de complejidad y baja propensión al fallo por sobrecarga de elementos electromecánicos.

Finalmente, se obtuvieron los planos del prototipo gracias a la simulación CAD dentro del programa Inventor Autodesk, presentando así un plano de conjunto, planos de subconjunto y planos de taller con los que posteriormente se podría construir o modificar el prototipo.

## **4.2. Recomendaciones**

Las especificaciones técnicas puntuales y los parámetros de funcionalidad del prototipo para la preparación de alimentos concretos se podrían dar para futuros trabajos de integración curricular, como por ejemplo los parámetros específicos de temperatura, velocidad de batido y tiempo que se requiera para la preparación de rompopo, mermeladas o procesos industriales de conservado de alimentos como la ultra pasteurización.

Se recomienda que todo el régimen de control electromecánico sea reemplazado con la instauración de un control automático con PLC. Sin embargo, para el sistema de potencia es inevitable no tener elementos activados o desactivados de forma manual, electromecánica o telemática ya sea por seguridad, disponibilidad o funcionalidad.

El motor eléctrico puede ser trifásico pero requeriría una conexión especial previa a su instalación para que funcione como un motor monofásico de corriente alterna con una conexión a 120 voltios, ya que esa es la disponibilidad eléctrica en la mayoría de los sectores del país en donde se requerirá el prototipo semindustrial.

El prototipado de la batidora puede someterse a un análisis de optimización para estudios posteriores a este, ya que el prototipo podría trabajar en un amplio rango de temperaturas, velocidades y tiempos siendo muy versátil para la fabricación de diferentes alimentos con los mismos procesos de producción.

Los recipientes y los accesorios que se le podrían incluir al prototipo podrían estar previamente fabricados, bajando el costo de añadir nuevas funciones al mismo prototipo funcionando independientemente como una batidora, amasadora, marmita o cocina.

Los materiales para la fabricación del prototipo no han sido objeto de análisis dentro del presente estudio pero se recomienda utilizar materiales conocidos, confiables y existentes en el mercado ecuatoriano como el acero ASTM A36 para el bastidor, acero inoxidable AISI 304 o 316 para el eje y utensilios en contacto directo con alimentos.

Se recomienda pintar el prototipo para aumentar el tiempo de vida de los elementos que componen al bastidor ya que al ser constituidos por un acero A36 estará expuesto a un proceso de oxidación y posterior corrosión del material.

Para la optimización de producir en serie el bastidor del prototipo estudiado se recomienda una fabricación mediante Fundición con materiales más baratos e inocuos, eliminando así algunos pasos para la fabricación, como la unión por soldaduras, dobleces, remachado y empernado del bastidor.

## 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguinaga, D. A. A. (2008). *AUTÓMATAS PROGRAMABLES*. 64.
- Blank, L., Tarquín, A., & Enriquez Brito, J. (2012). *Ingeniería económica (7a. ed.--)*. México D.F.: McGraw Hill.
- Chango, L. (2010) IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO EN UNA MÁQUINA AMASADORA DE PAN, EN LA INDUSTRIA METALMECÁNICA PRO-GAS PARA CONTROLAR EL TIEMPO DE ELABORACIÓN DE LA MASA. Universidad Técnica de Ambato.
- Coara. (2022). *Coara Artículos*. <https://www.coara.com.ec/articulos-general/nuestra-empresa.html>
- Coara. (2023). *BATIDORA 7 LITROS*. <https://www.coara.com.ec/productos/panaderia/batidora-7-litros.html>
- Cosmos. (2021). *Agitadores Industriales*. <https://agitadoresindustriales.com.mx/>
- De Acero Inoxidable. (2023). *MARMITAS EN ACERO INOXIDABLE. ACERO INOX WELDING SAS*. <https://deaceroinoxidable.enbogota.club/2022/12/marmitas-en-acero-inoxidable-precio-de.html>
- Equifrigo. (2022). *COCINA INDUSTRIAL TRES QUEMADORES – Equifrigo Cuenca Ecuador*. <https://www.equifrigo.com/producto/cocina-3-quemadores-parrilla-brasilena/>
- España, C. (2017, diciembre 15). *¿Qué es un quemador y para qué sirve?* Cointra. <https://www.cointra.es/blog-que-es-un-quemador-y-para-que-sirve/>
- Exhibir Equipos. (2021a). *Batidora Hobart de 30 litros HL300. Exhibir Equipos*. <https://exhibirequipos.com/producto/batidora-hobart-de-30-litros-hl300/>
- Exhibir Equipos. (2021b). *Batidora Industrial 10 litros—Exhibir Equipos Bogotá. Exhibir Equipos*. <https://exhibirequipos.com/producto/batidora-industrial-10-litros/>
- Fernández, A. (2022, enero 28). *¿Qué es una Cocina Semi Industrial?* Estudiar Cocina Online. <https://estudiarcocinaonline.es/que-es-una-cocina-semi-industrial/>

- Fritega. (2023). *Batidora industrial B10 – Fritega S.A.*  
<https://tienda.fritega.com.ec/product/batidora-2/>
- Fritega S.A. (2021). <https://tienda.fritega.com.ec/empresa/>
- Gastro Equipos. (2023). *Batidora Planetaria Industrial de 20 Litros: ALTA CALIDAD AL MEJOR PRECIO.* <https://www.gastroequiposecuador.com/batidora-planetaria-industrial-de-20-litros/>
- Gastrofrío. (2021). Nuestra Empresa—GASTROFRIO Equipos gastronomía, refrigeración. *GASTROFRIO.* <https://gastrofrio.com.ec/nuestra-empresa-gastrofrio/>
- Hanna Instruments. (2020). *Historia de HANNA® instruments | HANNA® instruments Ecuador.* <https://hannainst.ec/un-poco-de-historia/>
- Herrera, M. (2007). *Batidora Larousse Cocina. Larousse Cocina.*  
<https://laroussecocina.mx/palabra/batidora/>
- Hiraoka. (2022). *Batidora adecuada para hogar.* <https://hiraoka.com.pe/blog/post/como-elegir-batidora>
- Hornos Andino. (2022). *Fabricación y ventas de hornos domésticos e industriales en Riobamba.* <https://www.hornosandino.com/>
- ICAISA. (2019). *CARACTERÍSTICAS DE LAS BATIDORAS INDUSTRIALES Y PROFESIONALES.* – *Icaisa.* <https://icaisa.com/caracteristicas-de-las-batidoras-industriales-y-profesionales/>
- Indumaq. (2022). Empresa. *Indumaq.* <https://indumaq.com/empresa/>
- ISA. (2022). *Mezcladores Industriales – ISA.* <https://isa.ec/mezcladores-industriales/>
- Labprocess. (2022). *Agitadores de laboratorio.* Labprocess | Productos de laboratorio y control de procesos. <https://www.labprocess.es/instrumentos-de-laboratorio/agitadores-de-laboratorio>
- Maplas. (2021). *MARMITA INDUSTRIAL CILINDRICA. MAPLAS CALI SAS.*  
<https://www.maplascal.com/producto/marmitas/>

- Marketing. (2019, febrero 1). Los principales beneficios de la automatización de procesos en las empresas. *ITPEERS*. <https://itpeers.com/2019/02/01/os-principais-beneficios-da-automatizacao-de-processos-nas-empresas/>
- Ocompra.com. (2023). *Busca quemadores hornillas para cocinas industriales a la venta en Ecuador*. - *Ocompra.com* - *Ecuador*. <https://www.ocompra.com/ecuador/buscar/item/quemadores-hornillas-para-cocinas-industriales/>
- Ogata, K. (2010). *Ingeniería de control moderna*. 909.
- Oliver Batlle. (2022). Agitadores industriales para pinturas y líquidos. *Oliver + Batlle*. <https://oliverbatlle.com/agitadores-industriales/>
- Paucar Masacela Karina*. (s/f). Recuperado el 3 de marzo de 2023, de <http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/2333/1/tesis%20correcciones%20ULTIMO.pdf>
- RedHat. (2022). *El concepto de automatización*. <https://www.redhat.com/es/topics/automation>
- Riba, C., & Molina, A. (2006). *Ingeniería Concurrente: Una metodología integradora*. 73.
- Rock Content. (2017, agosto 25). Qué es benchmarking y consejos de uso para el marketing. *Rock Content - ES*. <https://rockcontent.com/es/blog/que-es-benchmarking/>
- Rodríguez, C. H., & Flores, M. C. (2017). *LA IMPORTANCIA DEL BENCHMARKING COMO HERRAMIENTA PARA INCREMENTAR LA CALIDAD EN EL SERVICIO EN LAS ORGANIZACIONES*. 12.
- Rona. (2022). Agitadores semi-industriales para laboratorio. *Rona Agitación, Dosificación y Bombeo*. <https://ronadosificacion.es/agitadores-semi-industriales-laboratorio/>
- Seven Castle Ent. Co. (2023a). *Batidora basculante cocina gas 40/80L-Mezclador de cocina de gas mediano con transmisión por cadena de engranajes más vendido | Fabricante de mezcladores de cocina durante 30 años en la industria de maquinaria*

- de procesamiento de alimentos | siete castillo.* Seven Castle Ent. Co., Ltd. [https://www.seven-castle.com/es/product/Batidora-basculante-cocina-gas-4080L/SC-410B\\_cooking\\_mixer.html](https://www.seven-castle.com/es/product/Batidora-basculante-cocina-gas-4080L/SC-410B_cooking_mixer.html)
- Seven Castle Ent. Co. (2023b). *Batidora coccion fija 80/150L-Batidora económica de cocción fija con transmisión por correa | Fabricante de mezcladores de cocina durante 30 años en la industria de maquinaria de procesamiento de alimentos | siete castillo.* Seven Castle Ent. Co., Ltd. [https://www.seven-castle.com/es/product/Batidora-coccion-fija-80150L/SB-410\\_cooking\\_mixer.html](https://www.seven-castle.com/es/product/Batidora-coccion-fija-80150L/SB-410_cooking_mixer.html)
- Seven Castle Ent. Co. (2023c). *Batidora de cocción calentada elect 12L-Mezclador de cocción Mini IH para uso en laboratorio | Fabricante de mezcladores de cocina durante 30 años en la industria de maquinaria de procesamiento de alimentos | siete castillo.* Seven Castle Ent. Co., Ltd. [https://www.seven-castle.com/es/product/SC-120ih\\_table\\_cooking\\_mixer.html](https://www.seven-castle.com/es/product/SC-120ih_table_cooking_mixer.html)
- Siemens. (2021). *Siemens* [Mobility-company-access]. Siemens Ecuador. <https://new.siemens.com/ec/es/compania/sobre.html>
- SIEMENS *S7-200.* (2018). <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:oDdQ2ylqNT8J:https://www.soinproayd.cl/electronica/3084-httpwwwsoinproaydcelelectronica3084-siemens-s7-200-6es7214-1bd23-0xb0html.html&cd=9&hl=es-419&ct=clnk&gl=ec&client=firefox-b-d>
- Sumba, M. (2022). *Tanques de Acero inoxidable.* Somos Importadores y Fabricantes de Tanques y equipos en Acero inoxidable. <http://www.aceroinox.info/>
- Timsa. (2023). *Agitadores Industriales.* Timsa. <https://www.timsa.com/agitadores-industriales/>
- Vector Soluciones. (2022). *Contáctenos | Vector Soluciones Industriales.* <http://www.vectorecuador.com/contactenos/>

## **6. ANEXOS**

**ANEXO I: Casa de la Calidad**

**ANEXO II: Planos**

**ANEXO III: Proformas referenciales de máquinas existentes en el mercado**

**ANEXO IV: Videos explicativos de las simulaciones**