



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

**SEDE QUITO**

**CARRERA DE MECATRÓNICA**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA AMASADORA PARA LA  
ELABORACIÓN DE PAN ARTESANAL**

Trabajo de titulación previo a la obtención del  
Título de Ingeniero en Mecatrónica

**AUTOR:** ANDRE ISRAEL LEMA ROSERO

**TUTOR:** RENÉ PATRICIO QUITIAQUEZ SARSOZA

**Quito – Ecuador**

**2023**

## CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Andre Israel Lema Rosero con documento de identificación N° 1725438574 manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 13 de septiembre del año 2023

Atentamente,



---

Andre Israel Lema Rosero

1725438574

## **CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, Andre Israel Lema Rosero con documento de identificación N° 1725438574, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del dispositivo tecnológico: “Diseño y Construcción de una Máquina Amasadora para la Elaboración de Pan Artesanal”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Mecatrónica, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 13 de septiembre del año 2023

Atentamente,



---

Andre Israel Lema Rosero

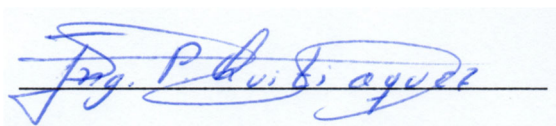
1725438574

## CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, René Patricio Quitiaquez Sarsoza con documento de identificación N° 1710597269, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA AMASADORA PARA LA ELBAORCAIÓN DE PAN ARTESANAL, realizado por Andre Israel Lema Rosero con documento de identificación N° 1725438574, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Dispositivo tecnológico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnicas Salesiana.

Quito, 13 de septiembre del año 2023

Atentamente,



Ing. René Patricio Quitiaquez Sarsoza MSC

1710597269

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mis padres Luis Alberto Lema Sampedro y Wilma Gardenia Rosero Vega, por ser quienes me dieron la oportunidad de elegir la vida que tengo, a mis hermanas Melany Sofia Lema Rosero y Samantha Brigitte Lema Rosero, por ser un ejemplo indirecto para mi educación. Agradezco a todos los maestros con los que algún día cruce camino y me enseñaron todo lo que sé. También, quiero agradecer a mi tutor de titulación Ing. René Patricio Quitiaquez Sarzosa, por ser parte de este proyecto y ayudarme a llevarlo a cabo. Por último, quiero agradecer a mis amigos, colegas y compañeros, y a la vida por darme tanta suerte.

Atentamente.

Andre Israel Lema Rosero.

## **DEDICATORIA**

Dedico este proyecto a mis padres, mis hermanas, mis mascotas y a todo aquel o aquella que lea este documento.

Andre Israel Lema Rosero

## ÍNDICE

ÍNDICE .....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	x
ÍNDICE DE TABLAS .....	xii
RESUMEN .....	1
ABSTRACT .....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	4
OBJETO DE ESTUDIO.....	4
JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO .....	4
OBJETIVOS.....	5
OBJETIVO GENERAL .....	5
OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	5
Hipótesis del proyecto .....	6
Alcance del proyecto .....	6
CAPÍTULO I.....	7
MARCO CONTEXTUAL Y TEÓRICO .....	7
1.1. Generalidades .....	7
1.2. Marco teórico de la investigación .....	7
1.3. Fundamentación de la investigación .....	8
1.4. Análisis de alternativas.....	9
1.5. Aspectos teóricos fundamentales.....	12
1.6. Formulaciones .....	18
1.7. Selección de elementos de diseño .....	26
1.8. Conclusiones del capítulo.....	26

CAPÍTULO II.....	27
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	27
2.1.    Generalidades .....	27
2.2.    Diseño de la investigación.....	27
2.3.    Modalidad de la investigación.....	27
2.4.    Diagrama Causa – Efecto .....	28
2.5.    Operacionalización de las variables .....	28
2.6.    Técnicas e instrumentos .....	28
2.7.    Conclusiones del capítulo.....	29
CAPÍTULO III.....	30
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	30
3.1.    Generalidades .....	30
3.2.    Descripción de la situación actual .....	30
3.3.    Cálculos y Selección .....	31
3.4.    Simulaciones del proceso .....	43
3.5.    Comprobación de la hipótesis .....	47
3.6.    Comprobación de Resultados.....	47
3.7.    Manuales de Operación y Mantenimiento.....	56
3.8.    Conclusiones del capítulo.....	58
CAPÍTULO IV.....	59
ANÁLISIS ECONÓMICO.....	59
4.1.    Generalidades .....	59
4.2.    Análisis de costos de la implementación del proyecto.....	59
4.3.    Análisis económico .....	61
4.4.    Conclusiones del capítulo .....	64



CONCLUSIONES.....	65
RECOMENDACIONES .....	66
REFERENCIAS .....	67
ANEXOS.....	72

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura. 1</b>	Diagrama de Ishikawa .....	8
<b>Figura. 2</b>	Tarjeta microcontroladora Arduino MEGA 2560. [12].....	14
<b>Figura. 3</b>	Diagrama de uso de un relé. [14].....	14
<b>Figura. 4</b>	Luces LED. [16] .....	15
<b>Figura. 5</b>	Fusible eléctrico. [18] .....	15
<b>Figura. 6</b>	Sensor de temperatura LM35. [20] .....	16
<b>Figura. 7</b>	Diagrama Ley de Ohm. [22] .....	16
<b>Figura. 8</b>	Representación de la primera ley de Kirchhoff. [23].....	17
<b>Figura. 9</b>	Representación de la segunda ley de Kirchhoff. [23].....	17
<b>Figura. 10</b>	Módulo de elasticidad. [24] .....	21
<b>Figura. 11</b>	Especificaciones SAE para pernos de acero. [24] .....	22
<b>Figura. 12</b>	Propiedades mecánicas para pernos. [24] .....	23
<b>Figura. 13</b>	Uniones a tope típicas. [24] .....	24
<b>Figura. 14</b>	Soldadura con filetes transversales. [24] .....	24
<b>Figura. 15</b>	Soldadura de filete paralelas. [24] .....	25
<b>Figura. 16</b>	Tipos de rodamientos de bola. [24] .....	25
<b>Figura. 17</b>	Tabla de especificaciones técnicas según el tipo de cable. [25] .....	26
<b>Figura. 18</b>	Diagrama de Ishikawa de análisis de variables .....	28
<b>Figura. 19</b>	Conexión Pull-Down. ....	31
<b>Figura. 20</b>	Diagrama de la fuerza de la paleta de amasado. [29] .....	32
<b>Figura. 21</b>	Unión soldada viga empotrada. ....	35
<b>Figura. 22</b>	Unión soldada columna-viga. ....	35
<b>Figura. 23</b>	Unión apernada a tensión y cortante.....	37
<b>Figura. 24</b>	Unión apernada a cortante. ....	39
<b>Figura. 25</b>	Unión apernada a tensión.....	40
<b>Figura. 26</b>	Viga de análisis color azul. ....	41
<b>Figura. 27</b>	Diagrama de cuerpo libre de la viga. ....	42
<b>Figura. 28</b>	Diagrama de fuerzas cortantes. ....	42
<b>Figura. 29</b>	Diagrama de momento flector. ....	43
<b>Figura. 30</b>	Simulación del eje, esfuerzo de Von Mises. ....	44
<b>Figura. 31</b>	Simulación del eje, Factor seguridad.....	45

<b>Figura. 32</b> Diseño circuito de control en Proteus. ....	46
<b>Figura. 33</b> Diseño circuito de potencia en Proteus. ....	46
<b>Figura. 34</b> Boceto final de la máquina. ....	48
<b>Figura. 35</b> Corte plasma de soportes para el motor. ....	48
<b>Figura. 36</b> Corte plasma de la base. ....	49
<b>Figura. 37</b> Motorreductor. ....	49
<b>Figura. 38</b> Paleta de la máquina. ....	50
<b>Figura. 39</b> Máquina construida.....	50
<b>Figura. 40</b> Captura de pantalla de la programación en Arduino IDE.....	51
<b>Figura. 41</b> Captura de pantalla de la programación en Arduino IDE.....	52
<b>Figura. 42</b> Prueba de funcionamiento del circuito de control. ....	53
<b>Figura. 43</b> Máquina en trabajo de amasado 1.....	54
<b>Figura. 44</b> Máquina en proceso de amasado 2. ....	54

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla. 1</b>	Calificación cuantitativa de las alternativas .....	9
<b>Tabla. 2</b>	Calificación según el tamaño de máquina .....	10
<b>Tabla. 3</b>	Calificación según el tipo de máquina .....	10
<b>Tabla. 4</b>	Calificación final. ....	11
<b>Tabla. 5</b>	Propiedades mecánicas del acero inoxidable 304. [10].....	13
<b>Tabla. 6</b>	Propiedades mecánicas del acero de transmisión. [10] .....	13
<b>Tabla. 7</b>	Diagrama de la fuerza de la paleta de amasado. [29].....	33
<b>Tabla. 8</b>	Tabla de evaluación del funcionamiento de la máquina. ....	55
<b>Tabla. 9</b>	Resultados prueba de trabajo, tiempo y cantidad de masa. ....	56
<b>Tabla. 10</b>	Resultados prueba de trabajo, calidad de masa, operabilidad y desempeño. ....	56
<b>Tabla. 11</b>	Mano de obra directa. ....	59
<b>Tabla. 12</b>	Mano de obra indirecta. ....	59
<b>Tabla. 13</b>	Costos de materia prima de implementos para la construcción .....	60
<b>Tabla. 14</b>	Total costo de construcción. ....	61
<b>Tabla. 15</b>	Costos de producción de pan. ....	62
<b>Tabla. 16</b>	Costos adicionales a la producción. ....	62
<b>Tabla. 17</b>	VAN. ....	63
<b>Tabla. 18</b>	TIR.....	63

## RESUMEN

En este documento se tratará sobre la idealización, análisis, diseño y construcción de una máquina amasadora de pan artesanal. Que cumpla con ciertas necesidades base, con el fin de generar un proceso semiautomático de amasado y mejorar la producción de este producto.

Mediante una ligera investigación del proceso de amasado manual, y obteniendo las variables que lo definen se realizó una idealización de que tipo de máquina es la que vendría ser el objetivo final de este proyecto. Teniendo como resultado el diseño y construcción de una máquina amasadora semiautomática de tamaño casero.

Con ayuda de herramientas tecnológicas de diseño, se realizó un boceto del equipo a diseñar, de los elementos electrónicos, eléctricos y mecánicos que lo conforman. Con esta base se realiza un diseño matemático mas exacto, con el objetivo de aproximar los elementos diseñados a elementos disponibles dentro del mercado local. Y, una vez realizado este paso antes mencionado se realiza la construcción e implementación de todo el sistema completo, para dejarlo listo para su funcionamiento.

Finalmente, se realizan una serie de pruebas al dispositivo, para identificar si el proyecto cumple en su totalidad con los objetivos principales del mismo, si requiere cambios o ajustes, y si este proyecto es viable económicamente hablando. dando como resultado una máquina con capacidad de amasado de hasta 5Kg masa total, con una potencia de 1 hp y con tiempos de trabajo reducidos en comparación a los del amasado tradicional. Cumpliendo así satisfactoriamente el objetivo general de este proyecto.

**Palabras claves:** Diseño, Análisis, Construcción, Máquina, Proyecto, Cálculos, Pruebas.

## ABSTRACT

This paper will deal with the idealization, analysis, design, and construction of an artisan bread kneading machine. That meets certain basic needs, to generate a semi-automatic kneading process and improve the production of this product.

By means of a slight investigation of the manual kneading process, and obtaining the variables that define it, an idealization of the type of machine that would be the final objective of this project was carried out. The result was the design and construction of a semi-automatic kneading machine of homemade size.

With the help of technological design tools, a sketch was made of the equipment to be designed, the electronic, electrical, and mechanical elements that make it up. On this basis, a more accurate mathematical design is made, with the objective of approximating the elements designed to elements available in the local market. And, once this step is completed, the construction and implementation of the complete system is carried out, to make it ready for its operation.

Finally, a series of tests were carried out on the device to identify whether the project fully complies with its main objectives, whether it requires changes or adjustments, and whether this project is economically viable. The result is a machine with a kneading capacity of up to 5 kg total mass, with a power of 1 hp and with reduced working times compared to traditional kneading. Thus, satisfactorily fulfilling the general objective of this project.

**Keywords:** Design, Analysis, Construction, Machine, Project, Calculations, Testing.

## INTRODUCCIÓN

El diseño y construcción de una máquina amasadora de pan artesanal se realiza con el objetivo de ayudar al proceso de producción, aumentando la cantidad de masa de trabajo, reduciendo los tiempos de producción, reducir el contacto físico con la masa de trabajo debido a que en el proceso manual la masa está en contacto directo con las manos del trabajador y por lo mismo la higiene personal cumple un factor muy importante. Y reducir el esfuerzo físico que requiere ejecutar este proceso de amasado, aumentando el rango de edades y características físicas necesarias para ser productor de pan artesanal.

Debido a que el dispositivo objetivo de este proyecto no es de carácter industrial, requiere de dimensiones masa reducidas, sin embargo, es necesario obtener información recabada de fuentes similares a este proyecto, de las cuales se extraerá las fuerzas de trabajo necesarias así como formulaciones que definan el funcionamiento del sistema, como lo menciona Espinoza en su proyecto, [1]. De igual manera, Castillo [2], realiza el diseño de una máquina con capacidades industriales, destinada a producir variedad de productos, utilizando herramientas de control tecnológicas como la implementación de un dispositivo controlador programable (PLC), dando así pauta al uso de tecnología de control para el diseño de este proyecto. Ultimadamente, se plantea la implementación de amasado por tiempo, ya que la mayoría de las máquinas similares funcionan con encendido y apagado manual, pero como menciona Mayora y Chango [3], es posible, con ayuda de un microcontrolador, implementar un sistema de control ON/OFF, con un tiempo establecido de parada.

Con la información antes mencionada, en resumen, este proyecto tiene como objetivo, a base de información pertinente, diseñar y construir una máquina amasadora de pan con capacidad artesanal, para aumentar la cantidad y calidad del producto final y ofrecer un proceso de amasado sencillo sin mayores limitaciones físicas.

En el presente documento se tratarán, inicialmente el planteamiento del problema, objetivos del proyecto, y el alcance de este. Continuando con un marco contextual y teórico para la idealización del proyecto, metodología de la investigación, donde se obtendrán las variables de trabajo, análisis e interpretación de resultados, donde se realizarán los debidos cálculos matemáticos, diseños en herramientas CAD y simulaciones de los elementos o sistemas mas importantes dentro del dispositivo. Se realizará un análisis económico, donde se comprobarán los resultados obtenidos tras realizar la implementación del proyecto y puesta en marcha de la

máquina en un ambiente de trabajo normal. Finalmente, conclusiones y recomendaciones del proyecto para posibles mejoras del proyecto.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El pan artesanal es realizado mediante técnicas manuales, es decir, utilizan la fuerza humana para su obtención. En la elaboración de dicho producto, se busca que sea lo más ancestral posible. Es decir, que se realice de la manera menos invasiva posible, en comparación a productos industriales. Ya que estos últimos, tienden a utilizar varios agregados que afectan a la salud o tienen un sabor diferente al acostumbrado por años.

Sin embargo, la elaboración de pan artesanal cuenta con varios problemas. Uno de ellos es el esfuerzo físico que necesita el proceso de amasado, Mayo, [4] indica que esto puede afectar a la salud del que lo realiza y, por lo tanto, reduce su rendimiento.

Tahona, [5] menciona varias diferencias entre los procesos. Hace referencia a que, cuando se realiza el trabajo a mano, por las limitaciones corporales, musculares y espaciales; no se puede trabajar grandes cantidades de masa. Así mismo, European, [6] indica que puede significar en una baja producción de hasta el 60%, y por lo mismo, que se tenga que repetir el trabajo muchas más veces, generando un desgaste en la salud. Una consecuencia de este problema es, también los tiempos de producción lento y variados.

Como último, dentro de este sistema de producción artesanal, no se tiene un correcto control de la temperatura de amasado. La cual debe ser constante y definida en un rango específico de trabajo difícil de controlar de manera artesanal.

## **OBJETO DE ESTUDIO**

El proceso de amasado artesanal es la parte en la cual se basa y enfoca este proyecto, para el análisis de mismo. Obteniendo las variables que lo caracterizan y encontrar la solución mecatrónica. La cual, es la máquina objetivo de este proyecto.

## **JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

La creación de una máquina para amasar cumplirá con el objetivo de reducir el esfuerzo humano que requiere el trabajo y la fatiga que genera en personas con edad media y avanzada, lo que ampliaría el rango de edad para ser productor de pan artesanal. Igualmente, aumentaría la masa de trabajo total para el amasado, debido a que grandes masas, como por ejemplo 2Kg, pueden ser pesadas y difíciles de maniobrar. Con este punto se plantearía aumentar la producción con el equipo a implementar. Ultimadamente, se cumplirá con una reducción de



tiempo de amasado, el cual puede ser largo cuando se realiza a mano, debido a las pausas que tendría un trabajo cien por ciento manual para recuperar la energía gastada. Semiautomatizado el amasado, que es la parte del procedimiento para elaborar pan artesanal que más tiempo toma, se lograría una reducción del tiempo de producción y un aumento en la producción de productos terminados.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Diseñar y construir una máquina amasadora para la elaboración de pan artesanal.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Analizar el proceso de amasado manual mediante la experimentación en campo para definir las características de funcionamiento de la máquina.
- Calcular los elementos mecánicos, eléctricos y electrónicos basados en un software adecuado y formulaciones matemáticas para el diseño de un sistema de amasado.
- Implementar el equipo mediante su construcción y desarrollo de pruebas de desempeño para garantizar su funcionamiento.

## **Hipótesis del proyecto**

La aptitud de la máquina dependerá de las variables obtenidas mediante el análisis del amasado artesanal, que serán controlados mediante herramientas eléctricas y electrónicas, para que sean reemplazadas por fuerzas mecánicas como motores eléctricos, sistemas de engranajes, torques; logrando así la automatización del trabajo.

## **Alcance del proyecto**

El proyecto comienza con la primera parte, que es el análisis del amasado de pan artesanal, obtener sus características base, búsqueda de alternativas para la solución del problema, desarrollo de diseños mecatrónicos y la fase termina con simulaciones de funcionamiento para estos diseños.

Para una segunda fase en la que se nombrará los materiales necesarios para la construcción de la máquina y ensamble final.

La fase final son las pruebas de funcionamiento y verificar si el proyecto cumple con su propósito, sumando a la entrega de este.

# CAPÍTULO I

## MARCO CONTEXTUAL Y TEÓRICO

### **1.1. Generalidades**

En este capítulo se tratará sobre todos los aspectos teóricos que se necesitan para dar comienzo al proyecto, para dar desarrollo a las ideas principales e información oportuna sobre el procedimiento de amasado, los factores en los que este envuelto y su historia a través del tiempo. Además, se realizará el análisis de alternativas para el diseño y resolución del proyecto planteado. También se tomará en cuenta información sobre los materiales que podrían formar parte del proyecto, como de su diseño y construcción.

### **1.2. Marco teórico de la investigación**

Para dar comienzo a la idealización del presente proyecto, se requieren plantear y definir algunos conceptos importantes tales como, qué es el pan artesanal, cómo se realiza el amasado y si existen máquinas similares al objetivo de este proyecto.

#### **1.2.1. Pan Artesanal**

La definición exacta de pan artesanal no es precisa, por lo que, mediante la recopilación de datos bibliográficos se consigue una definición aproximada. Según la empresa Panadería García [7], el pan artesanal, se puede definir como un producto, el cual, tiene un proceso en su mayoría manual y sin la intervención de aditivos artificiales. Por lo que, su elaboración es lenta, en comparación con una producción industrial, pero más sana e ineficiente.

#### **1.2.2. Amasado tradicional del pan**

El amasado tradicional es la forma en la que, según los expertos, se ha convenido que es la forma más básica para amasar la combinación de productos para la elaboración de pan, este proceso se explica de manera abreviada en el siguiente párrafo.

Se genera una combinación con todos los ingredientes para la elaboración de pan, una vez se mezcla los ingredientes, se coloca la masa en un espacio lo suficientemente grande para iniciar el amasado. Con una mano se sostiene a la masa y con otra se estira la distancia que alcance el brazo para luego volver la masa estirada sobre su origen, repitiendo este proceso. Se debe cambiar el ángulo de trabajo cada cierto tiempo para lograr amasar todo el producto.

Al cabo de un tiempo se realiza una prueba física y visual de la masa para determinar su estado, sino es adecuado se repite todo el proceso hasta lograrlo. Esta forma de amasado manual ayuda a una correcta mezcla y desarrollo de los ingredientes. [8]

### 1.2.3. Máquinas similares

Existen varias marcas encargadas de la producción de máquinas similares para uso industrial. Como por ejemplo la marca VAZGAR [9], la cual se dedica a la producción de máquinas batidoras, hornos y parrillas, para uso industrial y de alta producción. En su catálogo posee máquinas amasadoras tales como: Amasadora para 15 KG Acero Inoxidable, Amasadora para 80 Kg Acero Inoxidable, Amasadora Refinadora Para 30 Kg Acero Inoxidable.

### 1.3. Fundamentación de la investigación

Los fundamentos principales para el estudio del problema serán descritos en forma de diagrama de Ishikawa, donde las causas son evaluadas según cuatro grupos, como son modo de trabajo, calidad, cantidad y tiempos de producción.

Estos aspectos tienen sus exigencias y derivan en un problema en sí, los cuales son planteados en la figura 1.

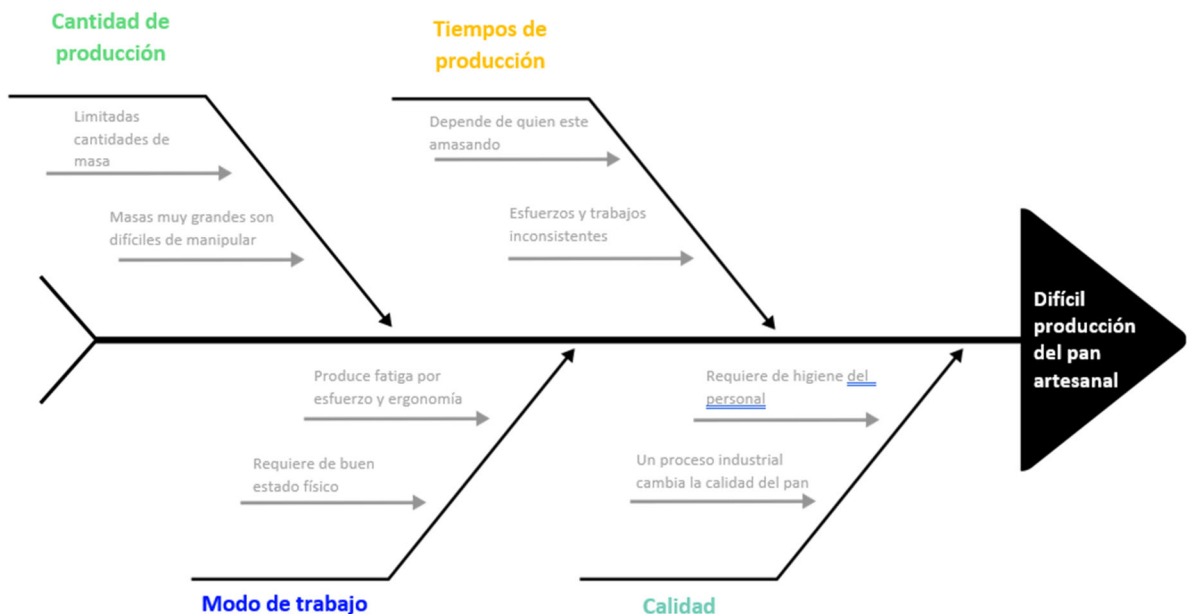


Figura. 1 Diagrama de Ishikawa

## 1.4. Análisis de alternativas

Para el análisis de alternativas se plantea ciertas características, las cuales serán calificadas según parámetros tales como: fácil mantenimiento, costo, tipo de material, parámetros de uso, tamaño de la máquina y tipo de máquina.

Las alternativas planteadas son:

- Compra de una máquina amasadora.
- Alquiler de una máquina amasadora.
- Construcción de una máquina amasadora.

### 1.4.1. Cuadros comparativos de Selección de alternativas

La facilidad de mantenimiento, costo, material de construcción, y parámetros de uso son las características que serán calificadas en cada una de las alternativas con el fin de seleccionar la mejor de todas. Para esta selección se utilizará un rango de 1-5 como se muestra en la tabla 1, donde 1 es malo o muy bajo y 5 es excelente o muy alto.

Tabla. 1 Calificación cuantitativa de las alternativas

Alternativas	Facilidad de mantenimiento	Costo	Material de construcción	Parámetros de uso	Puntaje total
Compra de una máquina	2	1	4	4	11
Alquiler de una máquina	2	2	2	3	9
Construcción de una máquina	4	3	4	5	16

Las máquinas, según su tipo, pueden tener diferentes tamaños, llegando a diferenciarse por incluso escalas muy grandes. En esta sección se calificarán las máquinas según sean industriales, caseras o semi industriales. Para esta selección se colocará una calificación de 1 si el tamaño es molesto, difícil de maniobrar y de transportar. Y un valor de 5 si el equipo posee dimensiones aceptables y fácil transporte. Las calificaciones se muestran en la tabla 2.

**Tabla. 2** Calificación según el tamaño de máquina

<b>Tamaño</b>	<b>Espacio requerido</b>	<b>Facilidad de instalación</b>	<b>Facilidad de transporte</b>	<b>Acceso a la máquina</b>	<b>Puntaje total</b>
<b>Industrial</b>	1	2	1	4	<b>8</b>
<b>Semi industrial</b>	3	3	3	4	<b>13</b>
<b>Casera (Artesanal)</b>	5	5	4	5	<b>19</b>

Como último, se calificará según el tipo de máquina, ya sea automática, semi automática o manual. Para definir qué tipo de sistema será el que se implantará en este proyecto. Para esta selección se utilizará un rango de 1 a 5, donde 5 equivale a que ayuda, disminuye y mejora al sistema. Y el valor de 1 equivale a un bajo desempeño, difícil implementación y déficit productivo. Las calificaciones se muestran en la tabla 3.

**Tabla. 3** Calificación según el tipo de máquina

<b>Tipo</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Operabilidad</b>	<b>Tiempos de parada o muertos</b>	<b>Producción</b>	<b>Puntaje total</b>
<b>Automática</b>	5	5	5	2	<b>17</b>
<b>Semiautomática</b>	5	5	4	4	<b>18</b>
<b>Manual</b>	3	1	1	2	<b>7</b>

Con los resultados obtenidos de las tablas 1, 2 y 3, se realizará una sumatoria total utilizando una ponderación para dar un resultado final. tabla 4.

**Tabla. 4** Calificación final.

<b>Alternativa/Tamaño/Tipo</b>	<b>Subtotal</b>	<b>Calificación ponderada</b>	<b>Calificaciones más altas (<math>\geq 4</math>)</b>
<b>Compra de una máquina</b>	11	2,75	
<b>Alquiler de una máquina</b>	9	2,25	
<b>Construcción de una máquina</b>	16	4	<b>4</b>
<b>Industrial</b>	8	2	
<b>Semi industrial</b>	13	3,25	
<b>Casera (Artesanal)</b>	19	4,75	<b>4,75</b>
<b>Automática</b>	17	4,25	
<b>Semiautomática</b>	18	4,5	<b>4,5</b>
<b>Manual</b>	7	1,75	

Con los resultados de la tabla 4, se obtienen las siguientes características:

- Construcción de una máquina (puntaje de 4)
- De tamaño casero (puntaje de 4,75)
- Sistema semiautomático (puntaje de 4,5)
- Con estas características se diseñará este proyecto.

## **1.5.Aspectos teóricos fundamentales**

Es importante definir los elementos por los cuales estará conformado de manera física este proyecto, por lo que, en los siguientes puntos se realiza una declaración general de ciertos elementos que formaran parte de la máquina a diseñar.

### **1.5.1. Motor monofásico**

Según Prado y otros [10], un motor monofásico es una máquina a rotativa, la cual convierte la energía eléctrica, utilizando una sola tensión alterna, en energía mecánica. Son de bajo costo y tamaños pequeños, por lo que su uso es frecuente en los hogares. No requieren de conexión especiales debido a su función monofásica producen una potencia hasta 10 hp.

### **1.5.2. Motorreductor**

Es un elemento mecánico, el cual, es el encargado de reducir o aumentar la velocidad o el par de trabajo del motor al que está conectado. Esto se hace con el objetivo de proteger los dispositivos que utilicen el motor, ya que se obtiene una salida del motor más controlada y deseada para una máquina [11].

### **1.5.3. Acero inoxidable**

El acero inoxidable es un material ferroso el cual, mediante tratamientos térmicos o mezclas químicas en su fundición, posee propiedades anticorrosivas frente al ambiente y el entorno de trabajo. Este acero es muy común para dar detalles al exterior de máquinas, las cuales no pueden ser pintadas; y es muy utilizado en la industria alimenticia, ya que, a pesar del contacto con el material, los productos alimenticios no corroen el acero [12].

Las propiedades mecánicas pueden variar según el tipo de acero inoxidable que se utilice, como se muestran las propiedades del acero inoxidable 304 en la tabla 5.



**Tabla. 5** Propiedades mecánicas del acero inoxidable 304. [10]

<b>Acero inoxidable 304 propiedades mecánicas</b>						
<b>Acero</b>	<b>Resistencia a la tracción (MPa) ≥</b>	<b>0.2% límite de elasticidad, ≥ (MPa)</b>	<b>Elongación en 50 mm, (%) ≥</b>	<b>Reducción de área (%)</b>	<b>Dureza (HBW) ≤</b>	<b>Condición</b>
304	585	235	60	70	149	Barra recocida
	690	415	45		212	Recocido y estirado en frío
	860	655	25		275	Estirado en frío de alta resistencia

#### 1.5.4. Acero de transmisión

El acero de transmisión es un material con bajo contenido de carbono lo que lo hace sumamente útil cuando se requiere una dureza uniforme. Es muy utilizado para la elaboración de elementos mecánicos simples como, por ejemplo: engranajes, piñones, tornillos sin, pernos, retenes, etc. También, puede ser utilizado para obtener superficies construidas con acabados delicados y de buna calidad [13].

Sus propiedades mecánicas dependerán se si tiene o no tratamientos térmicos extra, pero las propiedades estándar son las que se muestran en la tabla 6.

**Tabla. 6** Propiedades mecánicas del acero de transmisión. [10]

<b>Acero inoxidable 316 propiedades mecánicas</b>			
<b>Resistencia mecánica (N/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>Punto de fluencia (N/mm<sup>2</sup>)</b>	<b>Elongación % Min.</b>	<b>Dureza Brinell</b>
400 - 550	250	20 - 23	119 - 162

### 1.5.5. Microcontrolador

Es un elemento compuesto por circuitos integrados, el cual funge como el cerebro de un proceso automatizado, es como una computadora diminuta. Funciona con tensiones de 5 – 12 V y mediante el recibimiento de entradas, comanda salidas de control para la automatización de una máquina o proceso industrial. Es muy utilizada en proyectos de baja y alta escala; y su alcance es ilimitado [14]. Un ejemplo de un microcontrolador es el Arduino Mega 2560 como se muestra en la figura 2.

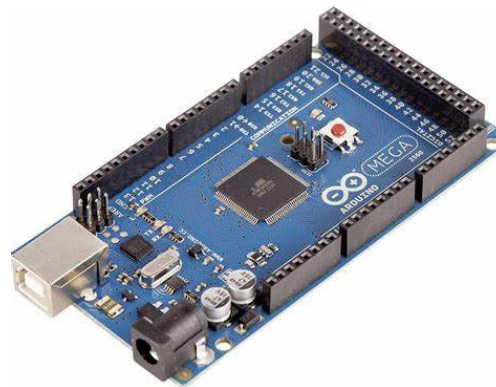


Figura. 2 Tarjeta microcontroladora Arduino MEGA 2560. [12]

### 1.5.6. Relés

Un relé, es un elemento electrónico que se muestra en la figura 3, el cual se utiliza como protección y como interruptor, su funcionamiento puede ser variado pero un relé común, funciona con una bobina, la cual al ser inducida por una corriente controlada, magnetiza una varilla metálica y cambia e estado de la conexión. Se utiliza como protección, desconectando la red de tensión cuando se detecta una falla. Cuando se utiliza como interruptor, este acciona líneas de alta tensión controlados por electrónica de baja tensión [15].

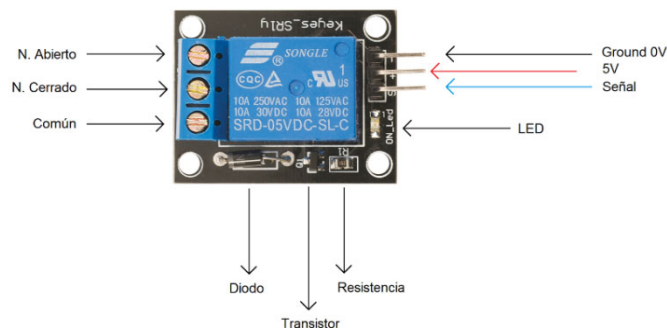


Figura. 3 Diagrama de uso de un relé. [14]

### 1.5.7. Luces LED

Una luz LED o solo llamada LED, es un diodo que al ser energizado emite luz bajo el efecto de la electroluminiscencia, y esta toma el color del material con el cual este hecho. Dentro de una máquina se utiliza para simbolizar estados o procesos mediante el encendido de estas mismas [16]. Su forma y color se muestran en la figura 4.



**Figura. 4** Luces LED. [16]

### 1.5.8. Fusibles

Son elementos eléctricos, los cuales se utilizan como protección, ya que cuando pasa una corriente alta sobre ellos, se rompen y eventualmente desconectan la red de tensión [17]. En la figura 5 se muestra un fusible eléctrico a escala.



**Figura. 5** Fusible eléctrico. [18]



### 1.5.11. Leyes de Kirchhoff

Para algunos circuitos eléctricos no basta con utilizar la Ley de Ohm, debido a la complejidad de estos y a que poseen más variedad de elementos eléctricos, por lo que se recurre a las Leyes de Kirchhoff, las cuales se derivan en la ley de corriente y la ley de tensión [20].

La primera ley de Kirchhoff o ley de corriente establece que la suma algebraica de las corrientes que entran a un punto común llamado nodo debe equivaler a cero. Esto se ve ilustrado por la figura 8:

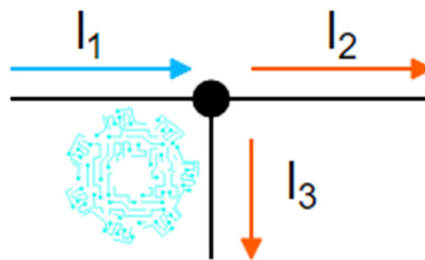


Figura. 8 Representación de la primera ley de Kirchhoff. [23]

La segunda ley de Kirchhoff o ley de tensión establece que la suma algebraica de las tensiones que producen cada elemento eléctrico dentro de un circuito o trayectoria cerrada (malla) debe ser igual a cero. La figura 9, se observa el funcionamiento de dicha ley [20].

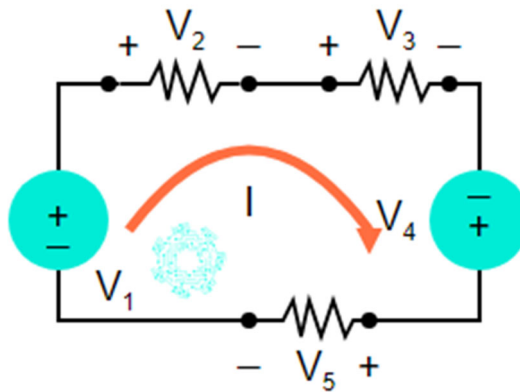


Figura. 9 Representación de la segunda ley de Kirchhoff. [23]

## 1.6. Formulaciones

Para el dimensionamiento y diseño de los diferentes elementos que conformarían el equipo se realiza primero un cálculo matemático, con el fin de aumentar la seguridad de implementación y facilitar la obtención de los implementos reduciendo así, el riesgo de cometer errores por incertidumbre y tener una base matemática – científica que asegure el correcto funcionamiento del proyecto. A continuación se detallan las ecuaciones que se utilizan en los cálculos.

### 1.6.1. Ley de Ohm

$$I = \frac{V}{R} \quad (1)$$

I = Corriente [A]

V = Voltaje [V]

R = Resistencia [ $\Omega$ ]

### 1.6.2. Fuerza

$$F = ma \quad (2)$$

F = Fuerza [N]

m = Masa [kg]

a = Aceleración [ $\frac{m}{s^2}$ ]

### 1.6.3. Esfuerzos

**Axial:**

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (3)$$

$\sigma$  = Esfuerzo [MPa]

F = Fuerza [N]

A = Área [m<sup>2</sup>]

### **Cortante:**

$$\tau = \frac{4F}{3A} \quad (4)$$

$\tau$  = Esfuerzo [MPa]

F = Fuerza [N]

A = Área [m<sup>2</sup>]

### **1.6.4. Esfuerzos en flexión**

$$\sigma_x = -\frac{My}{I} \quad (5)$$

$\sigma_x$  = Esfuerzo axial [MPa]

M = Momento [Nm]

y = Distancia desde el eje neutro [m]

I = Momento de inercia [m<sup>4</sup>]

### **1.6.5. Factor de seguridad**

$$\sigma = \frac{P}{A_p} = \frac{S_y}{n_d} \quad (6)$$

$\sigma$  = Esfuerzo [MPa]

P = Carga [N]

A<sub>p</sub> = Área del perfil [m<sup>2</sup>]

S<sub>y</sub> = Resistencia del material [MPa]

n<sub>d</sub> = Factor de diseño

### 1.6.6. Motor (Energía Cinética)

$$E_c = \frac{1}{2}mV^2 \quad (7)$$

$E_c$  = Energía Cinética [J]

$m$  = masa [kg]

$V$  = volumen [ $m^3$ ]

Es necesario obtener la masa y el peso, para lo cual se emplean las siguientes fórmulas.

$$m = \rho V \quad (8)$$

$$W = mg \quad (9)$$

$m$  = Masa [kg]

$\rho$  = Densidad [ $\frac{kg}{m^3}$ ]

$V$  = Volumen [ $m^3$ ]

$W$  = Peso [N]

$g$  = gravedad [ $9.81 \frac{m}{s^2}$ ]

### 1.6.7. Potencia

$$P = T\omega \quad (10)$$

$P$  = Potencia [W]

$\omega$  = Velocidad [ $\frac{rad}{s}$ ]

$T$  = Torque [Nm]



### 1.6.8. Diseño de elementos de sujeción (pernos)

#### Método de ajuste de Wileman:

$$k_m = EdAe \frac{Bd}{l} \quad (11)$$

$k_m$  = Rigidez de la junta [lbf/pulg]

E = Módulo de elasticidad [Mpsi]

d = Diámetro del perno [pulg]

A = Módulo de elasticidad A (Figura 10)

B = Módulo de elasticidad B (Figura 10)

l = Longitud total de agarre [pulg]

Para tener valores estándar independientemente del material utilizado y con el fin de facilitar los cálculos se utilizará los datos de la figura 10 para las variables de E, A y B, antes mencionadas.

Material usado	Relación de Poisson	Módulo de elasticidad,			
		GPa	Mpsi	A	B
Acero	0.291	207	30.0	0.787 15	0.628 73
Aluminio	0.334	71	10.3	0.796 70	0.638 16
Cobre	0.326	119	17.3	0.795 68	0.635 53
Hierro fundido gris	0.211	100	14.5	0.778 71	0.616 16
Expresión general				0.789 52	0.629 14

Figura. 10 Módulo de elasticidad. [24]

## 1.6.9. Pernos comerciales

### Pernos SAE en pulgadas

Las medidas de elementos de sujeción, como pernos, tienen estándares internacionales, las cuales dependen de la unidad en las que se manejen, en la figura 11 se muestra la tabla de pernos con grado SAE en pulgadas.









Grado SAE núm.	Intervalo de tamaños, inclusive, pulg	Resistencia de prueba mínima,* kpsi	Resistencia mínima a la tensión,* kpsi	Resistencia mínima a la fluencia,* kpsi	Material	Marca en la cabeza
1	$\frac{1}{4} - 1\frac{1}{2}$	33	60	36	Acero de bajo o medio carbono	
2	$\frac{1}{4} - \frac{3}{4}$ $\frac{7}{8} - 1\frac{1}{2}$	55	74	57	Acero de bajo o medio carbono	
		33	60	36		
4	$\frac{1}{4} - 1\frac{1}{2}$	65	115	100	Acero de medio carbono, estirado en frío	
5	$\frac{1}{4} - 1$ $1\frac{1}{8} - 1\frac{1}{2}$	85	120	92	Acero de medio carbono, T y R	
		74	105	81		
5.2	$\frac{1}{4}$ a 1	85	120	92	Acero martensítico de bajo carbono, T y R	
7	$\frac{1}{4} - 1\frac{1}{2}$	105	133	115	Acero de aleación de medio carbono, T y R	
8	$\frac{1}{4} - 1\frac{1}{2}$	120	150	130	Acero de aleación de medio carbono T y R	
8.2	$\frac{1}{4} - 1$	120	150	130	Acero martensítico de bajo carbono, T y R	

Figura. 11 Especificaciones SAE para pernos de acero. [24]

### 1.6.10. Pernos en unidades métricas (Figura 12)

Dependiendo del mercado local, es posible que no se puedan encontrar pernos en unidades imperiales (pulgadas), por lo mismo, existe un estándar para unidades del sistema internacional (SI). En la figura 12 se muestran la tabla de pernos según su propiedad en unidades métricas.








Clase de propiedad	Intervalo de tamaños, inclusive	Resistencia de prueba mínima, <sup>+</sup> MPa	Resistencia mínima a la tensión, <sup>+</sup> MPa	Resistencia mínima a la fluencia, <sup>+</sup> MPa	Material	Marca en la cabeza
4.6	M5-M36	225	400	240	Acero de bajo o medio carbono	
4.8	M1.6-M16	310	420	340	Acero de bajo o medio carbono	
5.8	M5-M24	380	520	420	Acero de bajo o medio carbono	
8.8	M16-M36	600	830	660	Acero de medio carbono, T y R	
9.8	M1.6-M16	650	900	720	Acero de medio carbono, T y R	
10.9	M5-M36	830	1 040	940	Acero martensítico de bajo carbono, T y R	
12.9	M1.6-M36	970	1 220	1 100	Acero aleado, T y R	

Figura. 12 Propiedades mecánicas para pernos. [24]

### 1.6.11. Soldadura

**Para cargas de tensión o compresión:**

$$\sigma = \frac{F}{hl} \quad (12)$$

$\sigma$  = Esfuerzo normal [MPa]

F = Carga de tracción [N]

h = Garganta de soldadura [m]

l = Longitud de la soldadura [m]

En la figura 13 se muestra las variables dichas.

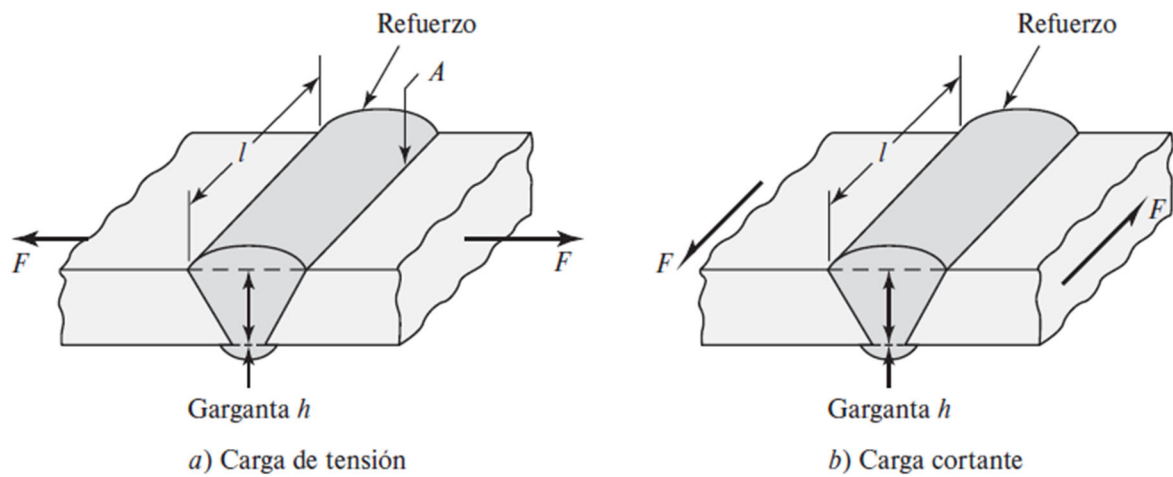


Figura. 13 Uniones a tope típicas. [24]

Para cargas cortantes transversales:

$$\tau = \frac{F}{hl} \quad (13)$$

$\tau$  = Esfuerzo cortante [MPa]

$F$  = Carga cortante [N]

$h$  = Garganta de soldadura [m]

$l$  = Longitud de soldadura [m]

En la figura 14 se muestra las variables dichas.

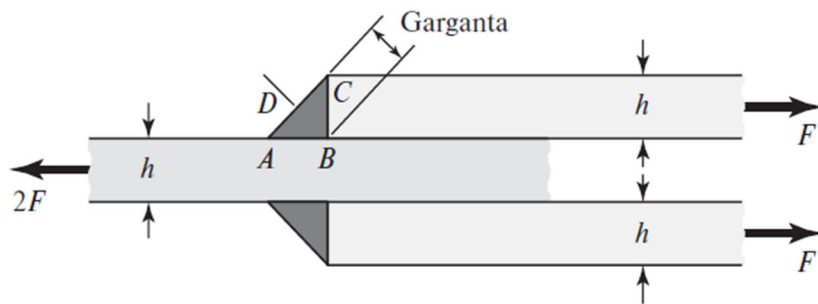


Figura. 14 Soldadura con filetes transversales. [24]

Para cargas cortantes paralelas:

$$\tau = \frac{F}{0,707hl} \quad (14)$$

$\tau$  = Esfuerzo cortante [MPa]

$F$  = Carga cortante [N]

$h$  = Garganta de soldadura [m]

$l$  = Longitud de soldadura [m]

En la figura 15 se muestra las variables dichas.

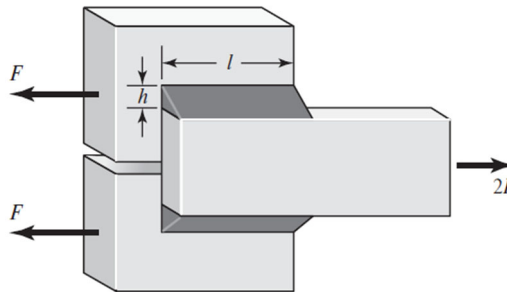


Figura. 15 Soldadura de filete paralelas. [24]

### 1.6.12. Rodamientos

#### Tipos de rodamientos

existen una gran variedad de disposiciones para los rodamientos de bola, en la figura 16 se muestran diez tipos de disposiciones para rodamientos de bolas.

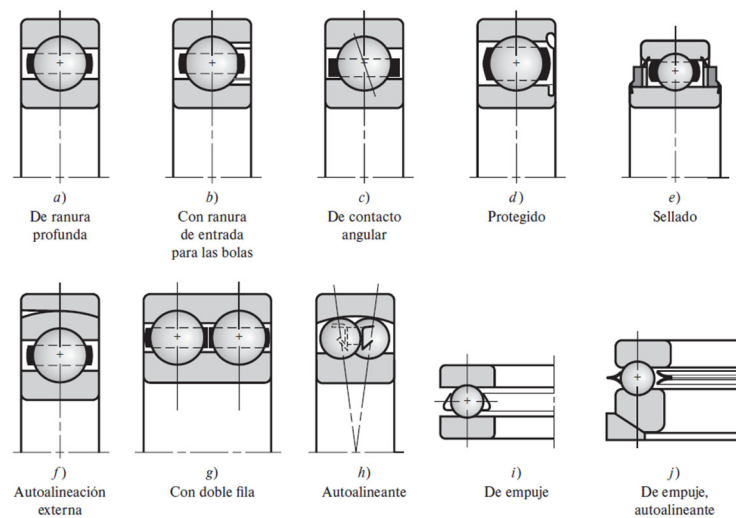


Figura. 16 Tipos de rodamientos de bola. [24]

## 1.7. Selección de elementos de diseño

### 1.7.1. Selección de materiales

Para la estructura del equipo se utilizará acero estructural, las partes mecánicas con acero de transmisión y por último se utilizará acero inoxidable debido a que el producto es de consumo humano y este material es el correcto para esta área.

### Selección de cableado

Mediante el uso de la figura 17 se puede seleccionar que tipos de cableado se utilizará según las necesidades eléctricas (tensiones y factor de disipación).

Tipo de aislamiento	Gravedad específica	Constante dieléctrica	Factor de disipación	Resistividad de volumen (ohm-cm)	Resistencia dieléctrica (Voltios/Mil)	Inflamabilidad	Rango de temperatura (°C)
PVC (estándar)	1.25-1.38	4-6	0.06-0.10	$10^{11}$	800-900	Buena	-20 a +80
PVC (prémium)	1.38	3-5	0.080-0.085	$10^{12}$	800-900	Buena	-55 a +105
Polietileno	0.92	2.27	0.0002	$>10^{16}$	1200	Deficiente	-60 a +80
Polipropileno	0.90	2.24	0.0003	$>10^{16}$	850	Deficiente	-60 a +80
Polietileno celular	0.50	1.5	0.0002	-	500	Deficiente	-60 a +80
Polietileno pirorretardante	1.30	2.5	0.0015	$>10^{16}$	1000	Justa	-60 a +80
FEP (o TFE)	2.15	2.1	0.0007	$>10^{18}$	1200	Excelente	-70 a +200 (o +260)
FEP celular	1.2	1.4	0.0007	-	500	Buena	-70 a +200

Figura. 17 Tabla de especificaciones técnicas según el tipo de cable. [25]

### Selección de elementos de control

Para el control del sistema se emplea una tarjeta microcontrolador Arduino mega, ya que es un sistema fácil de manejar y con tamaño reducido.

## 1.8. Conclusiones del capítulo

Este capítulo se basa en diferente información sobre la tecnología que se puede implementar en el diseño y construcción de una máquina amasadora de pan artesanal. Dicho esto, con los datos recaudados y tabulados se llegó a la conclusión de que se hará el diseño y construcción de una máquina semiautomática elaborada con materiales que contaminen el producto, a base de un microcontrolador que, mediante un sistema mecánico con potencia eléctrica, cumpla el papel de amasar pan.

## **CAPÍTULO II**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **2.1.Generalidades**

En el presente capítulo se tratará sobre los pasos a seguir para la realización de este proyecto, empezando con las metodologías de investigación que se utilizarán para el estudio del problema, selección de variables para su debido control, fórmulas para idealizar las variables y como último, la teoría necesaria para implementar una solución.

#### **2.2.Diseño de la investigación**

Para lograr un mejor manejo del tiempo de realización del proyecto se propone una serie de pasos a seguir. Estos pasos son: identificación de los problemas involucrados en el proyecto, identificación de las variables relacionadas a cada uno de los problemas, propuesta de posible solución para cada uno de los problemas y, por último, selección de solución a implementar.

#### **2.3.Modalidad de la investigación**

Con el fin de conseguir los objetivos planteados, se plantea una modalidad de trabajo para cada paso de la investigación. Los cuales se enlistan a continuación.

- Método analítico (para la identificación de variables)
- Método cuantitativo (uso de formulaciones matemáticas y herramientas de software)
- Método experimental (implementación de posibles soluciones)
- Métodos comparativo y cualitativo (calificación del proyecto y análisis de futuras mejoras)

## 2.4. Diagrama Causa – Efecto

Implementando el método analítico y con ayuda de un diagrama de Ishikawa, como se muestra en la figura 18, para plantear de manera correcta las ideas, se tratará de identificar el mayor número de problemas dependientes de una o más variables las cuales, se busca, sean posibles de controlar.

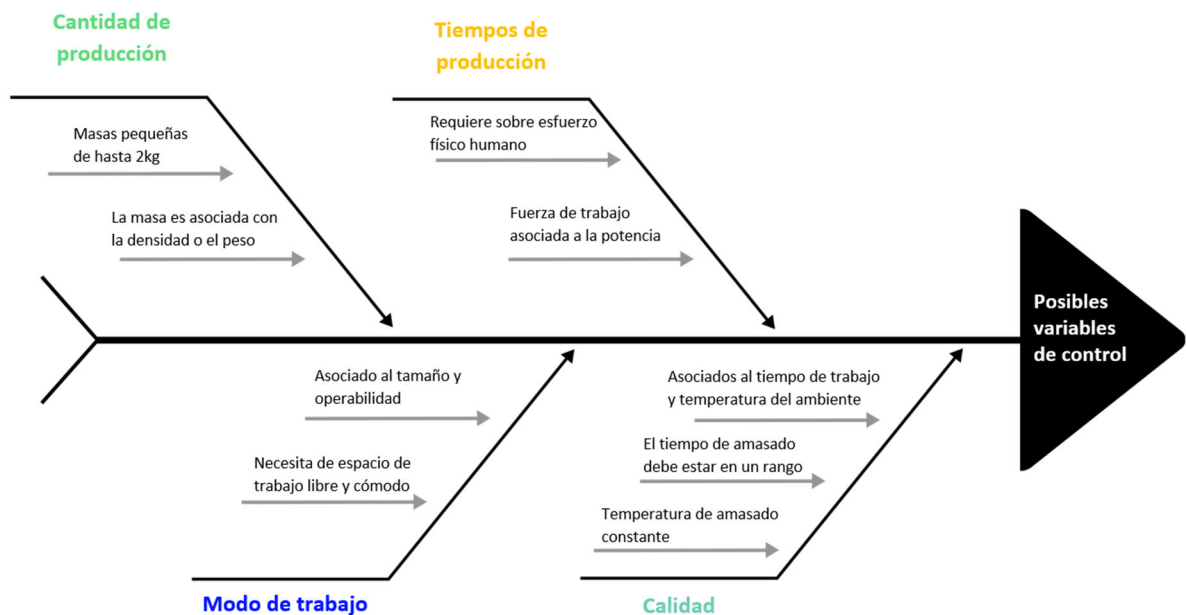


Figura. 18 Diagrama de Ishikawa de análisis de variables

## 2.5. Operacionalización de las variables

Una vez idealizados los problemas con sus posibles variables asociadas, se procede a seleccionar las variables que se controlarán para el diseño de la máquina, y se muestran a continuación.

- Capacidad de peso
- Potencia de trabajo
- Tamaño de la máquina (dimensionamiento)
- Tiempo de acción

## 2.6. Técnicas e instrumentos

Para el control de cada una de las variables indicadas se requiere de información y herramientas adecuadas a cada una.



### **2.6.1. Capacidad de peso**

Para el cálculo del peso se necesitará la fórmula 2, y utilizando el método experimental, se obtendrá una masa base para trabajar.

### **2.6.2. Potencia de trabajo**

Para obtener el diseño de un sistema de potencia y la selección de un motor de trabajo se utilizará la fórmula 10. También, se utilizarán las fórmulas 1 para el diseño de un sistema de alimentación eléctrica para las funciones de la máquina.

Los elementos mecánicos que tengan papel importante o sean parte del sistema de potencia serán prediseñados con las fórmulas 2, 3, 4, 5 y 6; y evaluados mediante herramientas de software y su implementación.

### **2.6.3. Tamaño de la máquina**

El diseño de la parte estructural de la máquina será realizado con ayuda de herramientas de software de diseño para obtener datos cuantificados de su utilidad y funcionamiento.

Para su construcción se utilizarán las fórmulas de diseño 11, 12, 13 y 14. Junto con las figuras 10, 11, 13, 14, 15 y 16.

### **2.6.4. Tiempo de acción**

La implementación de un microcontrolador ayudará a un control de tiempo, basado en una programación cargada directamente al elemento.

### **2.6.5. Temperatura de trabajo**

Tras un análisis de la tecnología necesaria para el control adecuado de la temperatura de amasado, se requiere de un dimensionamiento adicional y dificultar la instalación del tazón de amasado. Añadido, las vibraciones posibles podrían dificultar la correcta medición. Como último, se puede generar un riesgo de quemadura por elevar la temperatura del tazón, el cual estará en contacto con el operador.

## **2.7. Conclusiones del capítulo**

Con el fin de comenzar con el diseño y construcción de la máquina y con ayuda de diferentes métodos de investigación, se obtuvo como variables a controlar al peso de trabajo, potencia, tamaño de la máquina y tiempo de acción. Las cuales, tendrán que ser manipuladas con el objetivo de cumplir con las especificaciones de diseño. Suprimiendo el control de la temperatura, debido a las grandes dificultades y posibles riesgos que esta provocaría.

## CAPÍTULO III

### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 3.1. Generalidades

En el presente capítulo se presenta el análisis de la situación actual, es decir, una descripción del problema que se tiene a resolver. Después, se realiza la interpretación de este problema y se implementan posibles soluciones, las cuales tendrán la fundamentación adecuada para cada caso. Con la ayuda herramientas tecnológicas y la implementación del sistema, se verificará que cumplen con las especificaciones del proyecto, realizando simulaciones y las debidas pruebas de funcionamiento.

#### 3.2. Descripción de la situación actual

##### 3.2.1. Breve historia del pan.

La producción de pan, en sus inicios, se realizaba de manera manual y con el objetivo de obtener un producto que satisfaga el hambre, sea fácil de almacenar y perdure en el tiempo. Como comenta Gómez, [21]. Fue en Egipto donde empieza la elaboración del pan, moliendo el trigo que cosechaban. Para la panificación, se utilizaba agua y trigo molido para elaborar la masa y usaban los pies para amasarlo. Este último dato es importante, indica que la primera forma de producción de pan fue manual, sin la utilización de mecanismos complejos. La producción de este alimento continua en Grecia y Roma, donde se añadieron más ingredientes como miel, aceite o leche para “enriquecerlo” según Gómez.

Para el proceso elaboración del pan, se enumeran unos cuantos pasos a seguir para que este tenga una buena calidad, como la mezcla homogénea, tiempos de espera y, el más relevante para este proyecto, la forma del amasado, [21]. Con el tiempo, la producción de este alimento se tecnificó y por lo mismo, hoy en día, existe la industria del pan. Lo que ha provocado una calidad menor a la producción artesanal. Uno de los factores a favor del pan artesanal, según [22]. Es que resulta benéfico para la salud, ya que contiene fibra y menos sodio y azúcar que el pan industrial.

##### 3.2.2. Problemas de la salud relacionados con el amasado.

Sobre la salud, dentro del proceso de amasado artesanal, se puede denotar que por el sobre esfuerzo o por una mala postura, se puede ver afectada el bienestar, principalmente en la espalda de la persona que lo ejecute. Los principales problemas que se pueden encontrar son: lumbalgia, que es un dolor en la zona baja de la espalda y esta ocurre por levantamientos de

objetos pesados. Otro dolor asociado al amasado es una hernia discal, el cual se relaciona con dolores en la espalda baja o en algún lugar de la columna vertebral en general y es debido a levantamientos o esfuerzos sin la adecuada técnica. Por último, puede ocurrir por una mala postura a la hora del amasado es una contractura muscular, la cual consiste en una contracción dolorosa y persistente de las fibras musculares, lo que provoca que el musculo este en tensión constante, [23]. Estos tres problemas físicos están relacionados fuertemente con el amasado, ya que, este proceso se realiza de pie y frente a una mesa de tamaño promedio (70 cm de alto desde el suelo), a un ángulo de 60° y, además, se realiza un sobre esfuerzo dependiendo de la cantidad de masa que se trabaje (hasta 2 kg). Todo este trabajo recae en las extremidades superiores y la que más fuerza realiza por tomar una postura angular, la espalda.

### 3.3. Cálculos y Selección

Haciendo uso de las formulaciones descritas en anteriores capítulos, se realiza el cálculo de los diferentes subsistemas que componen al dispositivo.

#### 3.3.1. Cálculo de resistencias

El voltaje de trabajo en el área de control es de 5V y la corriente de trabajo de la tarjeta Arduino mega es de 20mA [24], por lo que, para la implementación de pulsadores, se elige la configuración pull-down. El funcionamiento de una conexión pull-down es que cuando el pulsador sea presionado envíe la señal de voltaje como se indica en la figura 19.

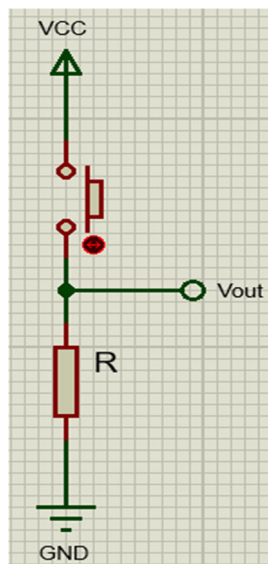


Figura. 19 Conexión Pull-Down.

De acuerdo con la ley de Ohm:

$$R = \frac{V}{I}$$

Resolución:

$$R = \frac{5}{0,020}$$

$$R = 250 \Omega$$

Las resistencias de uso en pull-down serán de un mínimo de 250  $\Omega$ .

### 3.3.2. Cálculo del motor

Para el cálculo del motor a utilizar se utilizará información relevante la cual se enlista a continuación.

Resistencia de la masa de pan:

De acuerdo con el manual de Reología, al tipo de fluido y las necesidades técnicas de la máquina se utilizará la fórmula de la figura 20. [1]

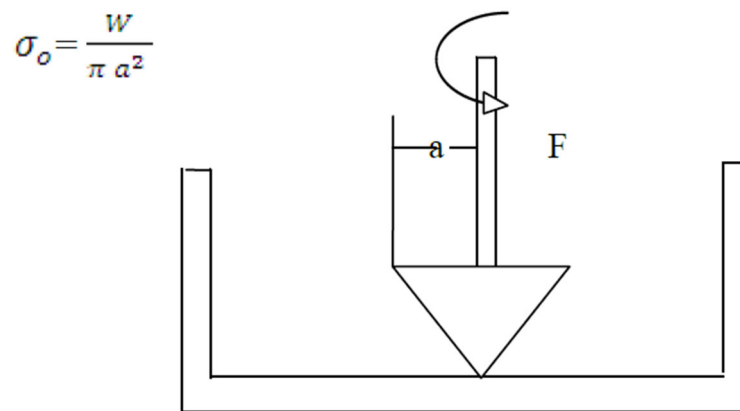


Figura. 20 Diagrama de la fuerza de la paleta de amasado. [29]

Donde las variables son:

$\sigma_o$  = Tensión de fluencia [Pa] (tabla 7)

F = Fuerza de estiramiento [N].

a = radio en plano de penetración de un cono de ángulo recto [m]

**Tabla. 7** Diagrama de la fuerza de la paleta de amasado. [29]

<b>MATERIALES</b>	<b>TRANSMISIÓN DE FLUENCIA [Pa]</b>
Medios muy suaves pero no plano	5000-10000
Suaves pero simples contables	10000-20000
Plásticos y contables	20000-80000
Duro pero satisfactoriamente contables	80000-100000
Demasiado duro límite de contabilidad	100000-150000

El valor de tensión de fluencia se encuentra en el rango entre 10000 y 20000, pero se le aumentará hasta 30000 debido a que las masas de pan no poseen una viscosidad única establecida.

Se establece los siguientes datos:

$$\sigma_o = 30000 \text{ Pa}$$

$$a = 108,5 \text{ mm}$$

Resolución:

$$\sigma_o = \frac{F}{\pi a^2}$$

Despejamos la fuerza:

$$F = \sigma_o \pi a^2$$

$$F = 30000 \times \pi \times 0,1085^2$$

$$F = 1109,508 \text{ N}$$

Con el valor de la fuerza se calcula el torque:

$$T = Fa$$

$$T = 1109,508 \times 108,5$$

$$T = 120,381 \text{ Nm}$$

Por último, se establece una velocidad en RPM para el cálculo de la potencia, una referencia según Espinoza, [1]. Es una velocidad de 40 RPM, pero para este proyecto se plantea una velocidad de 30 RPM.

### 3.3.3. Cálculo de la potencia:

$$P = T\omega$$

Donde  $\omega$  es la velocidad en radianes sobre segundos.

$$n = 30 \text{ RPM} = 3,1415 \text{ rad/s}$$

$$P = 120,381 \times 3,1415$$

$$P = 378,178 \text{ W} \approx 0,5 \text{ HP}$$

La potencia resultante es de 0,5 HP.

### 3.3.4. Cálculo del eje de trabajo

Para el cálculo del eje de trabajo se plantea como material base el acero de transmisión el cual posee un esfuerzo límite de 240 MPa, y el factor de seguridad establecido es de 2.

Cálculo del esfuerzo de trabajo:

$$\tau_T = \frac{\tau_l}{n}$$

$$\tau_T = \frac{240}{2}$$

$$\tau_T = 120 \text{ MPa}$$

Basado en el esfuerzo de trabajo calculado y el torque obtenido anteriormente se realiza el diseño del diámetro del eje:

$$\tau_T = \frac{16T}{\pi d^3}$$

Despejando el diámetro de la ecuación:

$$d = \sqrt[3]{\frac{16T}{\pi\tau_T}}$$

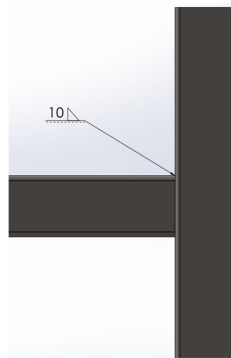
$$d = \sqrt[3]{\frac{16 \times 120,381}{\pi \times 120}}$$

$$d = 17,22 \text{ mm} \approx 20 \text{ mm}$$

El diámetro resultante es de 20 mm.

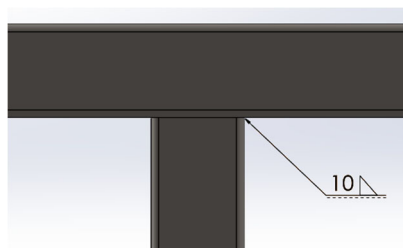
### 3.3.5. Cálculo de soldadura

Para el cálculo de uniones soldadas se establece las secciones críticas a soldar, como se muestra en las figuras 21. Las uniones serán con una garganta de soldadura de 10 mm y una fuerza de 200 N, resultante de una masa de 20 Kg.



**Figura. 21** Unión soldada viga empotrada.

Igualmente, como se muestra en la figura 22, se realiza el cálculo de todas las uniones soldadas con los mismos parámetros descritos anteriormente.



**Figura. 22** Unión soldada columna-viga.

Cálculo de la soldadura:

Se define una distancia de soldadura de 33,5 mm.

$$\sigma = \frac{F}{hl}$$

Donde:

$$l = 33,5 \text{ mm}$$

$$F = 200 \text{ N}$$

$$h = 10 \text{ mm}$$

Resultado:

$$\sigma = \frac{200}{0,010 \times 0,0335}$$
$$\sigma = 0,59 \text{ MPa}$$

El esfuerzo resultante es de 0,59 MPa

### 3.3.6. Factor seguridad:

Para el cálculo del factor seguridad se utilizará el esfuerzo límite de tensión del acero A36 equivalente a 250 MPa.

$$n = \frac{\tau_l}{\tau_T}$$
$$n = \frac{250}{0,59}$$
$$n = 423,7$$

El factor seguridad de 423 nos indica que la unión no fallará para la fuerza aplicada.



### 3.3.7. Cálculo de uniones apernadas

Para el cálculo de las uniones apernadas se establece las secciones que estarán juntas como muestran las figuras 23, 24 y 25.

Cálculo de uniones:

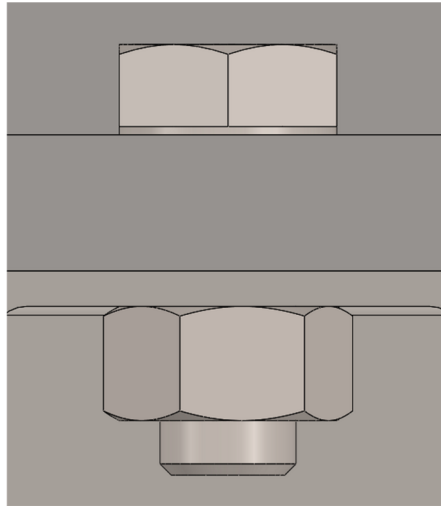


Figura. 23 Unión apernada a tensión y cortante.

$$\sigma = \frac{F}{\pi \frac{d^2}{4}}$$

$$\tau = \frac{4}{3} \frac{F}{\pi \frac{d^2}{4}}$$

Se define un diámetro de 10 mm y una fuerza de 200 N basada en una masa de 20 Kg.

Resolución:

$$\sigma = \frac{200}{\pi \frac{0,010^2}{4}}$$

$$\sigma = 2,546 \text{ MPa}$$

$$\tau = \frac{4}{3} \frac{200}{\pi \frac{0,010^2}{4}}$$

$$\tau = 3,395 \text{ MPa}$$

Con los resultados obtenidos y los datos de la tabla de la figura 12, se selecciona un perno 8.8 M10.

Para el cálculo del factor seguridad de las uniones apernadas se utilizará un esfuerzo límite de un acero de bajo carbono equivalente a 360 MPa.

$$n = \frac{\tau_l}{\tau_T}$$

$$n = \frac{360}{3,395}$$

$$n = 106$$

El factor seguridad de 106 indica que la unión no fallará para la fuerza aplicada.

Para la fuerza de ajuste de Wileman.

$$k_m = EdAe \frac{Bd}{l}$$

Donde:

E = 207 GPa (figura 10)

A = 0,78715 (figura 10)

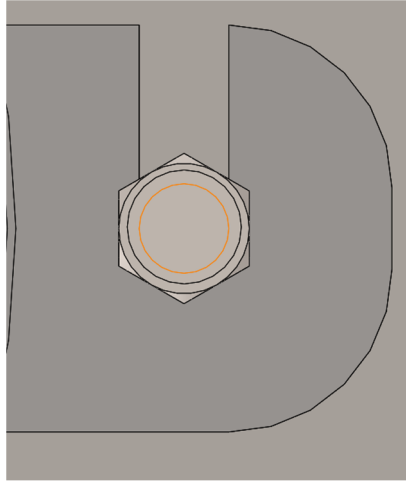
B = 0,62873 (figura 10)

l = 12,6 mm

Resolución:

$$k_m = 207 \times 10^9 \times 0,010 \times 0,78715 \times e^{\frac{0,62873 \times 0,010}{12,6}}$$

$$k_m = 2,47 \text{ GPa}$$



**Figura. 24** Unión apernada a cortante.

$$\tau = \frac{4}{3} \frac{F}{\frac{\pi d^2}{4}}$$

Se define un diámetro de 9 mm y una fuerza de 1100 N.

Resolución:

$$\tau = \frac{4}{3} \frac{1100}{\frac{\pi 0,009^2}{4}}$$

$$\tau = 23,054 \text{ MPa}$$

Con los resultados obtenidos y los datos de la tabla de la figura 12, se selecciona un perno 8.8 M9.

Para el cálculo del factor seguridad de las uniones apernadas se utilizará un esfuerzo límite de un acero de bajo carbono equivalente a 360 MPa.

$$n = \frac{\tau_l}{\tau_T}$$

$$n = \frac{360}{23,054}$$

$$n = 15,61$$

El factor seguridad de 15 indica que la unión no fallará para la fuerza aplicada.

Para la fuerza de ajuste de Wileman:

$$k_m = EdAe \frac{Bd}{l}$$

Donde:

$E = 207 \text{ GPa}$  (figura 10)

$A = 0,78715$  (figura 10)

$B = 0,62873$  (figura 10)

$l = 5,5 \text{ mm}$

Resolución:

$$k_m = 207 \times 10^9 \times 0,010 \times 0,78715 \times e^{\frac{0,62873 \times 0,010}{5,5}}$$

$$k_m = 1,63 \text{ GPa}$$

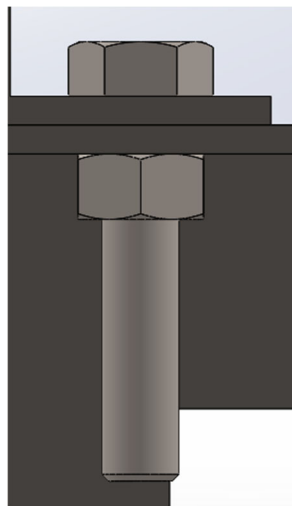


Figura. 25 Unión apornada a tensión

$$\sigma = \frac{F}{\pi \frac{d^2}{4}}$$

Se define un diámetro de 9 mm y una fuerza de 200 N basada en una masa de 20 Kg.

Resolución:

$$\sigma = \frac{200}{\pi \frac{0,009^2}{4}}$$

$$\sigma = 3,14 \text{ MPa}$$

Con los resultados obtenidos y los datos de la tabla de la figura 12, se selecciona un perno 8.8 M9.

Para el cálculo del factor seguridad de las uniones apernadas se utilizará un esfuerzo límite de un acero de bajo carbono equivalente a 360 MPa.

$$n = \frac{\tau_l}{\tau_T}$$

$$n = \frac{360}{3,14}$$

$$n = 114,64$$

El factor seguridad de 114 indica que la unión no fallará para la fuerza aplicada.

Para la fuerza de ajuste de Wileman.

$$k_m = EdAe \frac{Bd}{l}$$

Donde:

E = 207 GPa (figura 10)

A = 0,78715 (figura 10)

B = 0,62873 (figura 10)

l = 5,5 mm

Resolución:

$$k_m = 207 \times 10^9 \times 0,009 \times 0,78715 \times e^{\frac{0,62873 \times 0,009}{5,5}}$$

$$k_m = 1,46 \text{ GPa}$$

### 3.3.8. Cálculo de la viga empotrada

Para el análisis de la viga empotrada de la figura 26, se analiza con las fuerzas a las que estará sujeta, las cuales serían una distribución del peso del motor.

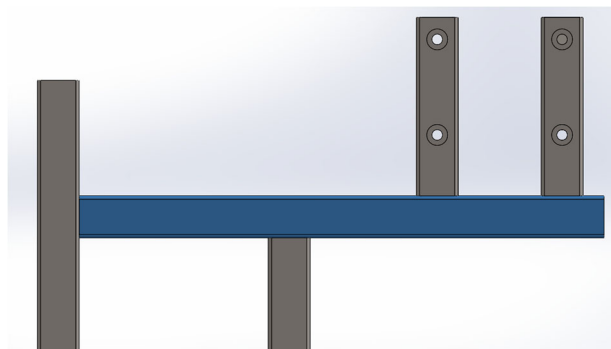
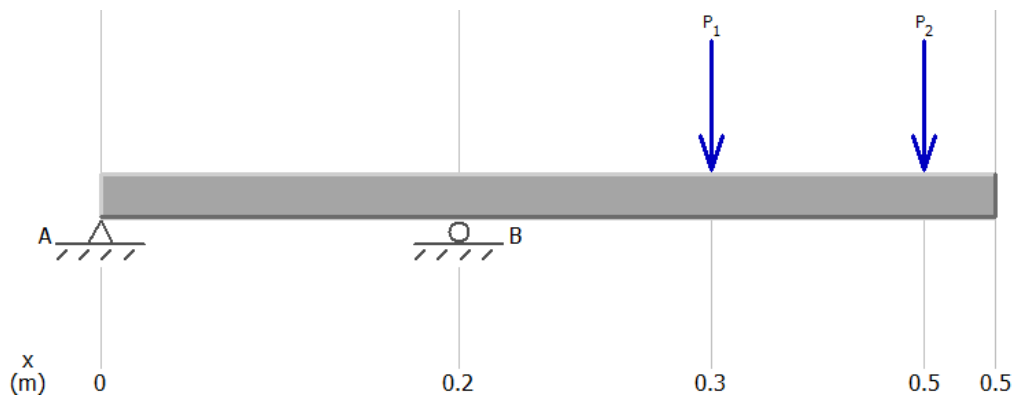


Figura. 26 Viga de análisis color azul.

Se dibuja un diagrama de cuerpo libre con la ubicación de las reacciones y las fuerzas antes mencionadas, como se muestra en la figura 27.



**Figura. 27** Diagrama de cuerpo libre de la viga.

Mediante el software de cálculo estático, se obtienen el valor de las reacciones A y B, donde:

$$P_1 = 196,2 \text{ N}$$

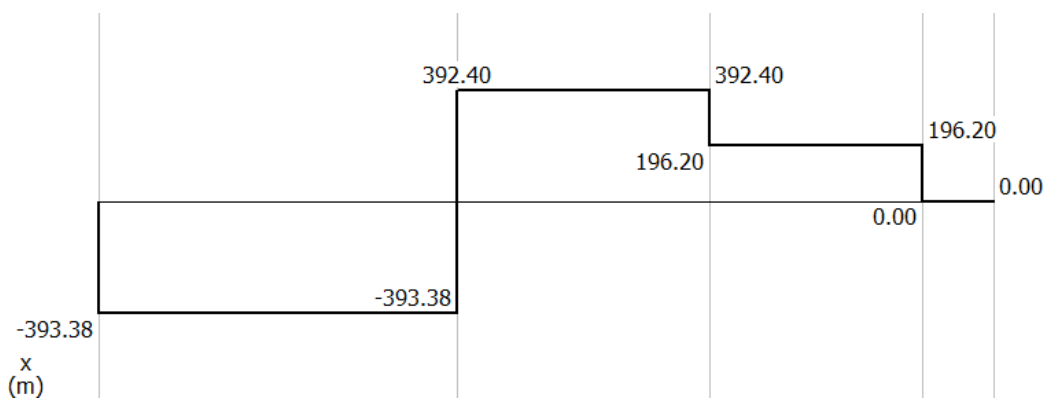
$$P_2 = 196,2 \text{ N}$$

Resolviendo las reacciones:

$$A = 393,38 \text{ N}$$

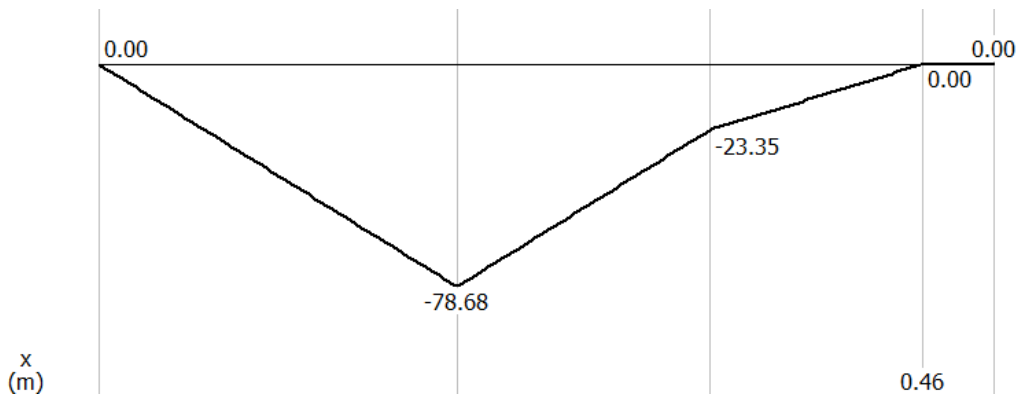
$$B = 785,78 \text{ N}$$

Con estos datos se obtiene el diagrama de fuerzas cortantes de la viga analizada, como se muestra en la figura 28.



**Figura. 28** Diagrama de fuerzas cortantes.

De igual manera, se obtiene el diagrama de momento flector, como se muestra en la figura 29.



**Figura. 29** Diagrama de momento flector.

De la figura 28 se obtiene el momento flector máximo para el cálculo del esfuerzo flector.

$$M = -78,68 \text{ Nm}$$

### 3.3.9. Cálculo de esfuerzo flector

$$\sigma = -\frac{My}{I}$$

Donde:

$$y = 0,020 \text{ m}$$

$$I = 2,50x^{10^{-4}} \text{ m}^4 \text{ (Sección tubular cuadrada)}$$

Resolución:

$$\sigma = -\frac{-78,68x0,020}{2,50x^{10^{-4}}}$$

$$\sigma = 6,294 \text{ kPa}$$

El valor del esfuerzo flector no supera el del acero utilizado por lo que se concluye que no fallará.

## 3.4. Simulaciones del proceso

### 3.4.1. Simulación del eje

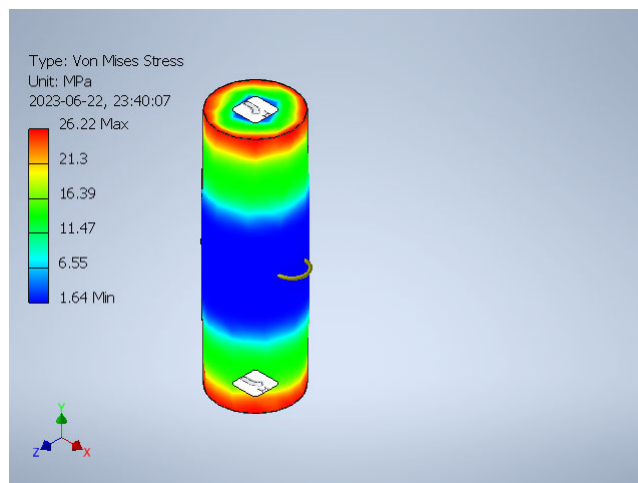
Con los datos obtenidos de los cálculos realizados, el eje diseñado es de 20 mm de diámetro, sin embargo, debido a que se utilizó un motorreductor y este mismo fue adquirido en conjunto con un eje de trabajo de 25 mm de diámetro y 90 mm de largo. Debido a que este eje cumple con el diámetro mínimo diseñado anteriormente, será el eje implementado para este proyecto.

La simulación de este eje será realizada en el software de ingeniería, AutoCAD Inventor Professional, gracias a sus análisis completos y que, dentro de ellos ofrece como resultado el factor seguridad del elemento sometido a simulación.

Se definen los siguientes datos para la simulación:

- Diámetro de 20mm.
- Altura de 90 mm.
- Torque de trabajo de 120 Nm (valor calculado anteriormente).
- Material de trabajo: Acero de transmisión AISI 1018 HR.

Como primer resultado de la simulación del eje se muestra el rango de esfuerzos, basados en Von Mises, a los que estaría sometido el eje de trabajo con el torque indicado, las dimensiones descritas y el material asignado. Ubicando visualmente donde están localizados los esfuerzos de mayor magnitud pintados de color rojo como se muestra en la figura 30.

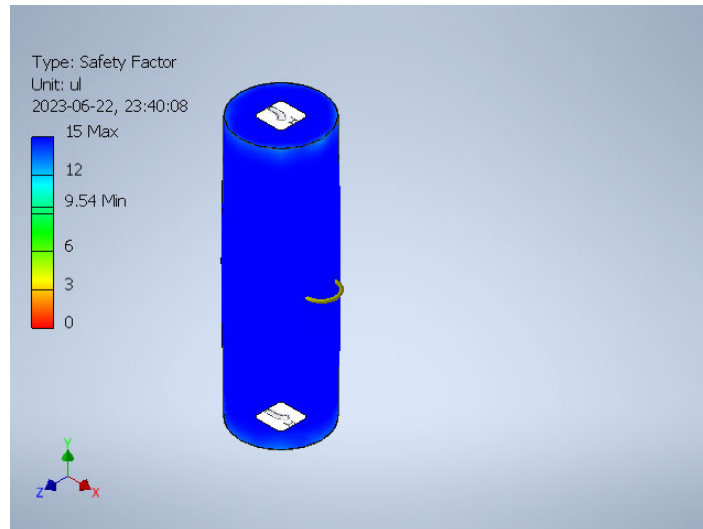


**Figura. 30** Simulación del eje, esfuerzo de Von Mises.

El esfuerzo máximo al que estaría sometido el eje equivale a 26,22 MPa, siendo el esfuerzo límite del material 240 MPa. El esfuerzo de simulación no supera al límite del material.

El segundo resultado de la simulación muestra el factor seguridad estimado del eje como se observa en la figura 31.





**Figura. 31** Simulación del eje, Factor seguridad.

El factor seguridad de la simulación muestra un valor de 9,54. El valor estimado para el diseño del eje era de 2, por lo que esto demuestra un sobredimensionamiento y mayor seguridad ante la falla.

### 3.4.2. Simulación de elementos de control

Para el control de la máquina se planteó el uso de una tarjeta microcontroladora Arduino mega, donde se encontraría instalado el programa que maneje la máquina.

Simulación del circuito de control:

Dentro del circuito de control, se encuentra también la tarjeta de control Arduino mega junto con los circuitos activadores, como se muestra en la figura 32. Esta simulación y diseño es realizada en el software de diseño electrónico Proteus. Donde:

- ON, botón de encendido.
- OFF, botón de apagado.
- PDE, botón de paro de emergencia.
- A, botón de arranque.
- P, botón de paro.

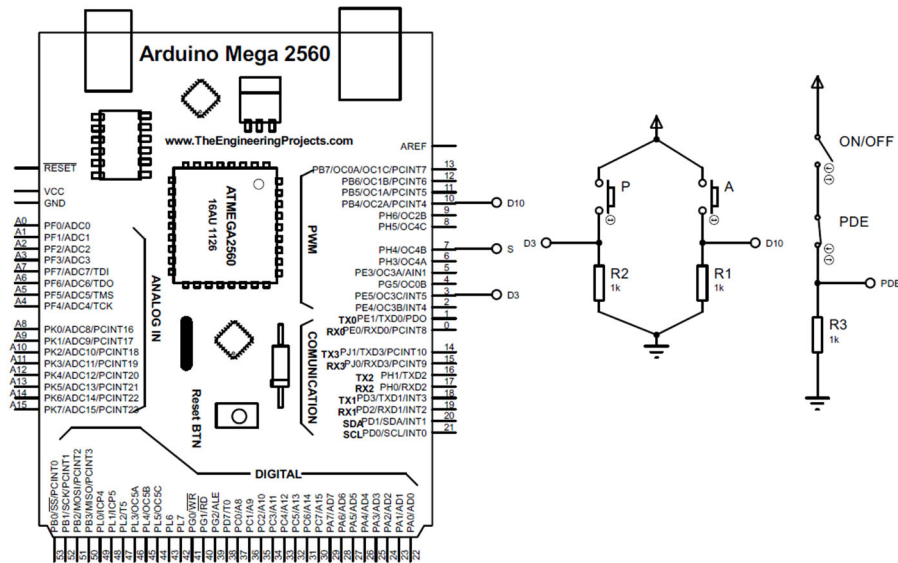


Figura. 32 Diseño circuito de control en Proteus.

Igualmente, se diseñó el circuito de potencia con equivalencias dentro del software Proteus. En la figura 33 se puede observar el circuito de potencia. Donde:

- M, el motor monofásico.
- VAC, fuente o línea de alimentación 220V.

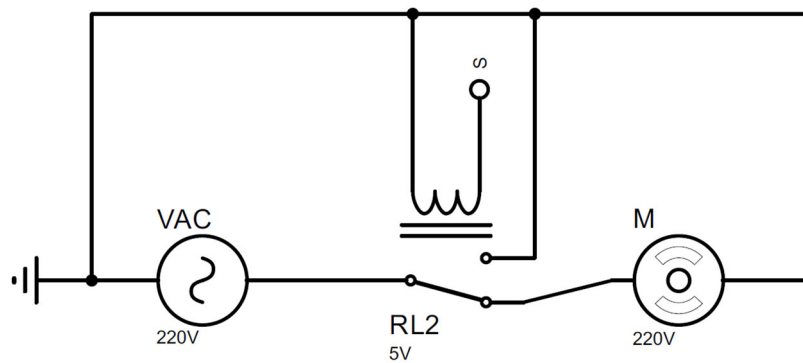


Figura. 33 Diseño circuito de potencia en Proteus.

El símbolo de tierra simboliza la línea de neutro dentro del circuito de potencia.

Para la alimentación eléctrica de la máquina se utilizará la línea 220V en corriente alterna directa de la localidad donde se instale, junto con una fuente adaptador para la parte de control debido a que se necesita valores de voltaje entre 12 y 5V en corriente continua para su correcto funcionamiento.

### **3.5.Comprobación de la hipótesis**

Teniendo en cuenta la hipótesis planteada con anterioridad en las primeras páginas de este documento, se analizará parte a parte si la hipótesis es correcta y consecuentemente, se definirá si el problema del trabajo fue resuelto en su totalidad o parcialmente.

#### **3.5.1. Hipótesis**

Se analizó el proceso de amasado artesanal, con el fin de entender y controlar sus variables principales, las cuales son: la fuerza, la cantidad, el tiempo, la velocidad y la temperatura. El dispositivo cumple con un rango de tiempo exacto de trabajo, reemplazando la fuerza humana por la de una máquina eléctrica la cual puede amasar, teóricamente hablando, un 50% más que en el proceso manual a una velocidad constante, sin embargo, el control de la temperatura no fue posible debido a que la tecnología sería muy alta y riesgosa para su operación. La máquina utiliza tecnología basada en eléctrica, electrónica, control y mecánica, con el fin de semi automatizar el proceso de amasado. Por lo que, en resumen, la hipótesis de trabajo se cumplió en un 75%.

#### **3.5.2. Problema de estudio**

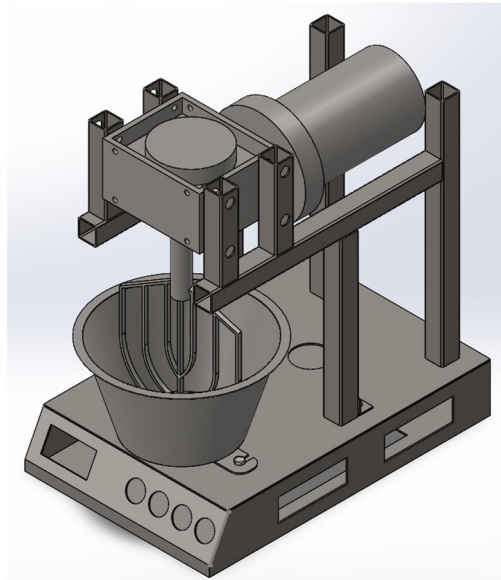
El problema de estudio planteado para este proyecto refleja sobre la factibilidad de automatizar el proceso de amasado artesanal de pan. Gracias a los estudios hechos, cálculos y diseños, se llegó a la conclusión de que es posible realizar la semi automatización de este proceso, mediante la construcción de una máquina semi automática de amasado.

### **3.6.Comprobación de Resultados**

Para la implementación del proyecto se tomó una serie de pasos para obtener como resultado la máquina construida y realizar las pruebas de funcionamiento.

### 3.6.1. Construcción de la máquina

En primer lugar, se realizó el diseño estructural de la máquina, tomando en cuenta los valores obtenidos en los cálculos del capítulo pasado. Utilizando la herramienta de diseño CAD, SolidWorks, se diseñó un boceto 3D de lo que sería la máquina ensamblada como se puede visualizar en la figura 34. Los planos de diseño estarán en la sección de anexos.



**Figura. 34** Boceto final de la máquina.

Cada uno de los elementos fue dibujado por separado y los elementos como son el motorreductor, el tazón y la pala de amasado fueron dibujados realizando ingeniería inversa.

Con el boceto terminado, se procedió a la compra y tratado de los materiales que conforman la estructura como se observa en las figuras 35 y 36, junto con la adquisición de un motorreductor para el ensamblaje e implementación.



**Figura. 35** Corte plasma de soportes para el motor.



**Figura. 36** Corte plasma de la base.

En el caso del motor, se dimensionó un motor de 0,5 HP, pero se consiguió para el proyecto un motor de 1 HP de potencia el cual se ve en la figura 37, lo que causa un sobredimensionamiento, pero aumenta la confiabilidad de la batidora.



**Figura. 37** Motorreductor.

El eje de trabajo adquirido mide 28 mm de diámetro y la paleta posee un orificio de 25 mm, por lo que se realizó un trabajo de maquinado para el ajuste correcto, sumado a el acondicionamiento de una muesca para el correcto agarre como se visualiza en la figura 38.



**Figura. 38** Paleta de la máquina.

Para terminar la construcción estructural de la máquina se realizó las uniones soldadas y apornadas para comprobar que la estructura es confiable y segura. El dispositivo construido se puede observar en la figura 39.



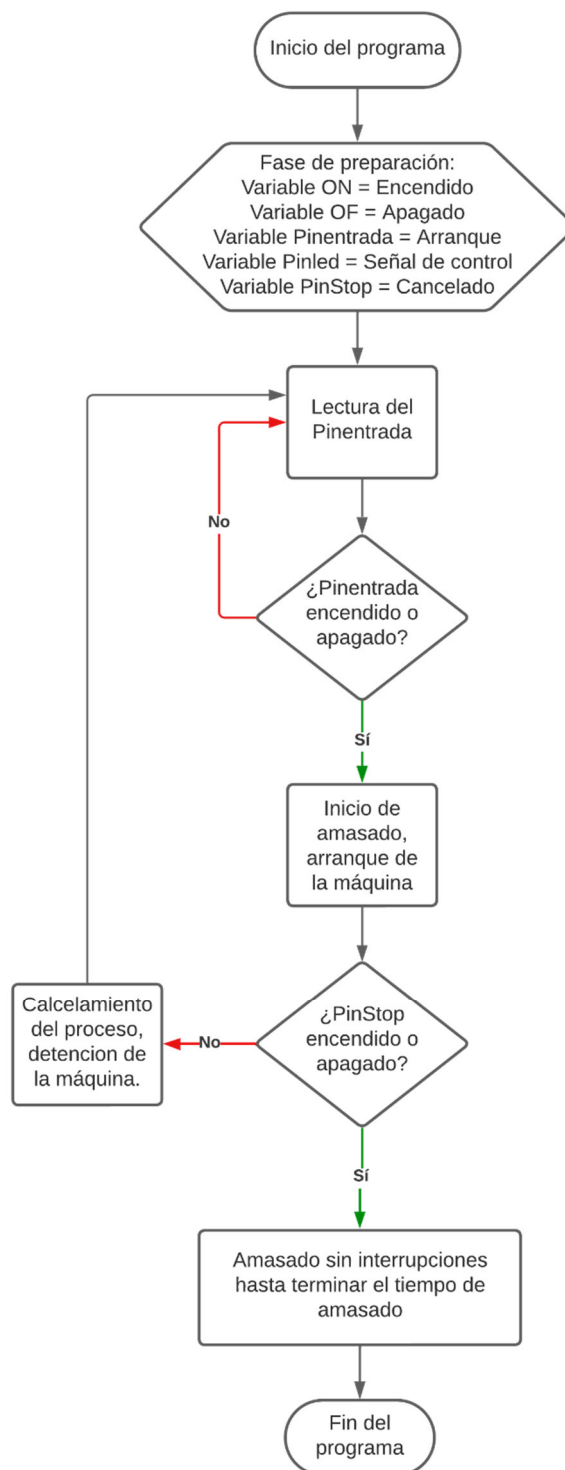
**Figura. 39** Máquina construida.

Para comenzar con el control del dispositivo, se realiza programación por código utilizando la herramienta de software Arduino IDE, en la cual se puede realizar códigos de programación como se visualiza en la figura 40, y es un producto de la misma empresa manufacturera de las tarjetas Arduino. [25] La cual será cargada dentro de la tarjeta Arduino Mega utilizando un puerto genérico USB.

```
CONTROL2.ino
1 #define ON HIGH // DEFINIR VARIABLE "ON" COMO ENCENDIDO
2 #define OF LOW // DEFINIR VARIABLE "OF" COMO APAGADO
3 #include <LiquidCrystal_I2C.h> // LLAMADO DE LA BIBLIOTECA PARA EL CONTROL DE PANTALLA LCD CON MÓDULO I2C
4 LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2); // SET DE LA PANTALLA LCD A UTILIZAR
5 byte Pinentrada = 18; // PIN DE ENTRADA DE SEÑAL BOTÓN DE ARRANQUE
6 byte Pinled = 7; // PIN DE SALIDA DE SEÑAL CONTROL DE RELÉS
7 byte PinStop = 4; // PIN DE ENTRADA DE SEÑAL BOTÓN DE CANCELADO
8
9 unsigned long T_Control = 0; // VARIABLE PARA CONTROL DEL TIEMPO
10 unsigned long T_Apagar = 1200000; // TIEMPO DE AMASADO EN MS
11 bool EstadoPin = false; // DEFINIR VARIABLE COMO BOOLEANA
12 bool AnteriorEstadoPin = false; // DEFINIR VARIABLE COMO BOOLEANA
13 bool StopPin = false; // DEFINIR VARIABLE COMO BOOLEANA
14
15 void setup() {
16
17     pinMode(Pinled, OUTPUT); // DEFINIR PIN DE CONTROL DE RELÉS COMO SALIDA
18     pinMode(Pinentrada, INPUT); // DEFINIR PIN DE BOTÓN DE ARRANQUE COMO ENTRADA
19     pinMode(PinStop, INPUT); // DEFINIR PIN DE BOTÓN DE CANCELADO COMO ENTRADA
20     digitalWrite(Pinled, ON); // ESCRITURA DEL PIN DE CONTROL DE RELÉS COMO ENCENDIDO
21
22     lcd.init(); // INICIALIZACIÓN DE LA PANTALLA LCD
23     lcd.backlight();
24     lcd.clear();
25     lcd.setCursor(3, 0);
26     lcd.print("ENCENDIDO!");
27     delay(2000);
28     lcd.clear();
29     lcd.setCursor(3, 0);
30     lcd.print("ESPERANDO");
31     lcd.setCursor(3, 1);
32     lcd.print("ARRANQUE");
33 }
34 void loop() {
35
36     EstadoPin = digitalRead(Pinentrada); // LECTURA DE ESTADO DEL ARRANQUE
37
38
39     if (AnteriorEstadoPin != EstadoPin) // COMPARACIÓN DEL ESTADO DEL PIN
```

Figura. 40 Captura de pantalla de la programación en Arduino IDE.

El código de programación sigue el orden del diagrama de flujo de la figura 41. El código completo se encontrará en la sección de anexos.

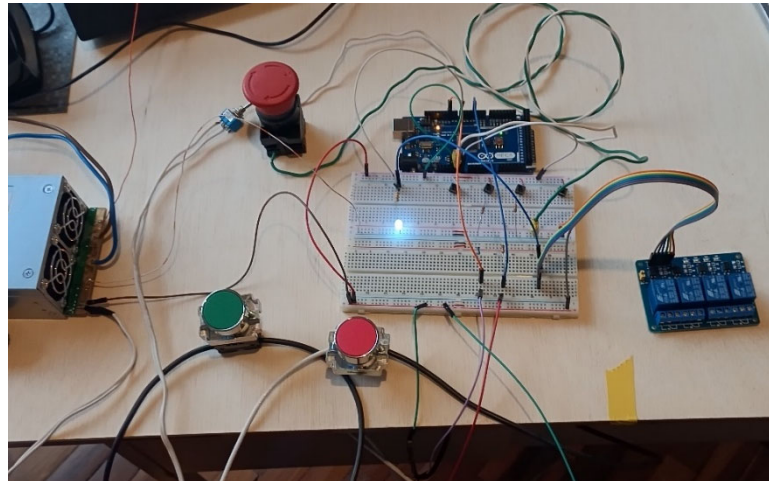


**Figura. 41** Captura de pantalla de la programación en Arduino IDE.

Para la implementación de un paro de emergencia se colocó un interruptor normalmente cerrado a la fuente de alimentación de todo el sistema. En su accionamiento la máquina se detendrá y la tarjeta controladora se reiniciará.



La elaboración del circuito de control del dispositivo se realizaron pruebas para verificar el funcionamiento del circuito de la figura 42, utilizando una Protoboard, comúnmente usadas para prototipado.



**Figura. 42** Prueba de funcionamiento del circuito de control.

Ya con todas las partes de la máquina construidas, se procede a su prueba de funcionamiento final como se observa en la figura 40, para lo cual se realizó el amasado de 2Kg de masa durante un tiempo de trabajo indefinido para comprobar en cuanto tiempo realiza el amasado completo.

### **3.6.2. Pruebas de funcionamiento**

Con el fin de analizar el sistema trabajando en conjunto y verificar si se alcanzaron los objetivos de este proyecto se realizó una prueba de funcionamiento y una prueba de trabajo.

En la prueba de funcionamiento se pretende confirmar que el dispositivo funciona adecuadamente sin una masa de trabajo, con la razón de, si se encontrará alguna falla mecánica, eléctrica o de control, no se encuentre desperdiciada la masa y su ajuste sea rápido.

En la prueba de trabajo se colocarán los ingredientes de la masa en el tazón y se iniciará el amasado para comprobar en que tiempo la máquina realiza el amasado. Para la masa se utilizó 3,5 Kg neto de producto, sumado todos los ingredientes y se realizó el proceso cronometrado con un tiempo de trabajo de la máquina indefinido como se muestra en la figura 43 y 44.



**Figura. 43** Máquina en trabajo de amasado 1.



**Figura. 44** Máquina en proceso de amasado 2.

### **3.6.3. Resultados de pruebas**

Tras realizar las pruebas, la máquina funciona de acuerdo con lo estimado, no tuvo fallas mecánicas, las conexiones eléctricas no producen ruido ni riesgos de chispa, los elementos electrónicos de control responden correctamente a su accionar y, finalmente, la tarjeta de control Arduino funciona correctamente, la programación ingresada dentro de la tarjeta no posee errores ni acciones inesperadas. Los resultados se encuentran verificados según la tabla 8, donde la evaluación se realizará colocando una letra mayúscula X en la evaluación obtenida, las evaluaciones serán: Si, lo que significa que funcionó correctamente y no tuvo problemas

algunos; No, que significa que hubo un malfuncionamiento y tuvo problemas; y como último, se evaluó si de haber tenido un malfuncionamiento se pudo corregir.

**Tabla. 8** Tabla de evaluación del funcionamiento de la máquina.

<b>Tabla de evaluación de funcionamiento</b>			
<b>Aspecto/proceso</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>	<b>Corregido</b>
Encendido de la máquina	X		
Funcionamiento del motor	X		
Botón de arranque	X		
Botón de Stop	X		
Paro de emergencia	X		
Arranque de la máquina	X		
Circuito de control	X		
Circuito de potencia	X		
Programación del microcontrolador	X		
Giro de la paleta	X		
Apagado de la máquina	X		

Con los resultados de la tabla 8, se puede decir que la máquina tiene una funcionalidad del 100% como sistema electromecánico.

Para analizar las pruebas de trabajo se tomará en cuenta datos y valores numéricos que identifiquen a la máquina junto una apreciación sobre la forma de trabajo. Los datos de tiempo de amasado y cantidad de masa de trabajo serán numéricos. Mientras que, las apreciaciones

como la calidad de la masa, operabilidad y desempeño, serán calificadas de manera cualitativa. Estos resultados se encuentran en las tablas 9 y 10, respectivamente.

**Tabla. 9** Resultados prueba de trabajo, tiempo y cantidad de masa.

---

<b>Resultados de la prueba de trabajo (numéricos)</b>	
Cantidad de masa trabajada (neto)	3,5 kg
Tiempo de amasado (por cronometro)	21:19 [minutos: segundos]

---

**Tabla. 10** Resultados prueba de trabajo, calidad de masa, operabilidad y desempeño.

---

<b>Resultados de la prueba de trabajo (apreciaciones)</b>	
Calidad de masa	Buena
Operabilidad	Media
Desempeño	Alto

---

Con los datos de las tablas 9 y 10, se puede inferir que la producción se eleva un 60% en comparación a la producción que se podría hacer manualmente, también se puede agregar que la capacidad máxima del tazón es de 4,5 Kg, por lo que se puede proyectar la producción hasta 4 Kg de masa neta, obteniendo un 100% más que un trabajo manual.

### **3.7.Manuales de Operación y Mantenimiento**

Con el fin de prolongar la vida útil de la máquina amasadora de pan, se realiza un manual de operación y un manual de mantenimiento. Estos deberán ser obligatorios para el uso de la máquina.

#### **3.7.1. Manual de operación**

Para la correcta operación de la amasadora, se estipula los siguientes pasos a seguir:

- 1) Tener espacio de maniobra para el operador. (mínimo 1m<sup>2</sup>)
- 2) Revisar que la base en la que esté instalada la máquina sea firme.
- 3) Conecte la máquina a tensión 220V CA.

- 4) Prepare los ingredientes dentro del tazón.
- 5) Coloque la pala de amasado en el tazón con ingredientes, realice una ligera mezcla para acomodar la paleta en completa profundidad.
- 6) Coloque el tazón en su posición y ajuste con las tuercas de sujeción.
- 7) Acople la paleta al eje del motor. (revisar que este correctamente acoplado)
- 8) Verificar que el paro de emergencia esté hacia arriba. (gire el interruptor en la dirección que indica hasta que realice un salto)
- 9) Encender la máquina mediante el interruptor de encendido.
- 10) Presione el botón de arranque. (botón verde)
- 11) Espere a que la máquina termine el amasado.
- 12) Apague la máquina, desacople la paleta y retire el tazón.

En caso de querer detener el proceso, presione el botón rojo de cancelado.

No trate de detener la maquina manualmente, en caso de ocurrir un accidente presionar el paro de emergencia efusivamente.

### **3.7.2. Manual de mantenimiento**

El mantenimiento de la máquina ayudaría a que el producto final sea de la mejor calidad posible, por lo que se recomienda seguir el siguiente manual.

#### **Precauciones**

Desconecte la máquina, recuerde que el dispositivo utiliza alto voltaje y sin el debido cuidado puede correr riesgo eléctrico.

Presione el paro de emergencia antes de iniciar el mantenimiento.

#### **Mantenimiento general**

Realice este mantenimiento cada vez que utilice el equipo.

Limpiar el tazón, la paleta de amasado con agua y jabón adecuado para alimentos y seque bien estos elementos. Limpiar la estructura de la máquina con un trapo mojado, no vierta agua ni ningún tipo de líquido sobre la máquina.

Sin el tazón, acople la paleta al eje y trate de girarlo con ligera fuerza, el eje debe estar fuerte e imposibilitado de cualquier movimiento. Si es posible mover el eje, llame a un técnico especializado.

### **Mantenimiento interior**

Realice este mantenimiento mensualmente, si el uso es frecuente, hágalo semanalmente.

Desajuste los tonillos de la carcasa de la cabeza de la máquina, recuerde el orden y la ubicación de las piezas. Limpie el interior de la maquina con cuidado, sin verter ningún tipo de líquido, con un trapo mojado. Procure dejar todo seco y sin humedad. Si encuentra algún material desconocido, arme la carcasa y llame a un técnico especializado. Revise el estado del cableado interno y procure no tocar el circuito de control.

### **Recomendaciones**

Si la máquina no enciende, no arranca, produce sonidos extraños, no trabaja como se espera. Llame a un técnico especializado.

### **3.8. Conclusiones del capítulo**

En este capítulo se diseñó de manera teoría matemática y con diferentes software para diseño, con el fin de obtener los principales valores dimensionales para la construcción de este proyecto, sin embargo, a pesar de que las comprobaciones por software y que los cálculos son exactos, al momento de la implementación y ensamblaje de la máquina estos valores pueden llegar a cambiar, sobredimensionarse o los elementos pueden ser sustituidos por otros, con el fin de facilitar la construcción y dependiendo de la disponibilidad de los dispositivos y materiales a ser adquiridos. Sin embargo, el dispositivo es altamente funcional, no posee grandes errores de diseño y los resultados de la implementación de estos fueron en su mayoría positivos. Posee un mantenimiento sencillo y control de seguridad ante riesgos.

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS ECONÓMICO

#### 4.1. Generalidades

En el presente capítulo se desarrollará el análisis económico sobre el proyecto, donde se incluirían el precio de construcción, precio de materiales o materia prima y un cálculo económico para el retorno de la inversión. Con estos cálculos se pretende determinar si la implementación del proyecto es rentable con una determinada inversión y a un determinado tiempo de trabajo.

#### 4.2. Análisis de costos de la implementación del proyecto

##### 4.2.1. Mano de obra directa

En la tabla 11 se muestran los valores de la mano de obra directa, es decir, el costo del personal que estuvo envuelto en la construcción.

**Tabla. 11** Mano de obra directa.

<b>Mano de obra directa</b>			
<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Valor c/u [\$]</b>	<b>Total [\$]</b>
1	Soldador	67,00	67,00
1	Mecánico	10,00	10,00
1	Ayudante	15,00	15,00
<b>Total</b>			<b>92,00</b>

##### 4.2.2. Mano de obra indirecta

En la tabla 12 se muestran los valores de la mano de obra indirecta, es decir, el costo de la maquinaria involucrada en la construcción.

**Tabla. 12** Mano de obra indirecta.

<b>Mano de obra indirecta</b>			
<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Valor c/u [\$]</b>	<b>Total [\$]</b>
1	Cortadora plasma CNC	5,40	5,40
1	Maquina soldadora	0,05	0,20
1	Taladro	0,05	0,20
<b>Total</b>			<b>5,80</b>

### 4.2.3. Cálculo del costo de construcción

Se realizará la sumatoria de los materiales necesarios para la construcción de la máquina en la tabla 13.

**Tabla. 13** Costos de materia prima de implementos para la construcción

<b>Implementos necesarios</b>			
<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Valor c/u [\$]</b>	<b>TOTAL [\$]</b>
1	Motorreductor monofásico 220V 1Hp 30RPM	560,00	560,00
1	Eje para motor	30,00	30,00
1	Plancha de acero SAE A36 1,220 X 700 X 3 mm	50,05	50,05
1	Lamina de acero inoxidable 304 50 X 400 mm	5,00	5,00
1	Lamina de acero 120 X 70 X 0.4 mm	7,00	7,00
20	Perno de acero UNC 10 X 60 – 1,5 GR 8.8	0,30	7,50
20	Tuerca de acero mm UNC 10 - 1,5	0,27	1,93
20	Rodela INOX plana 3/8	0,11	1,29
12	Perno de acero UNC 8 X 30 – 1,25 GR 8.8	0,15	1,75
14	Tuerca de acero mm UNC 8 – 1,25	0,09	1,25
2	P/INOX mm C/HEX 8 X 30	0,27	0,54
2	Tuerca INOX mm M8	0,11	0,19
14	Rodela de presión pulgadas 5/16	0,04	0,69
2	Tuerca mariposa mm M8	0,32	0,68
2	Rodela INOX presión 5/16	0,04	0,09
1	Arduino Mega 2560	16,00	16,00
1	Tubo cuadrado 40 X 2,6 mm	9,76	9,76
1	Pulsador paro de emergencia	2,41	2,41
1	Caja plástica 10X10X7	1,07	1,07
2	Pulsadores metal 22mm	1,88	3,76
1	Paleta de amasado	35,00	35,00
1	Tazón de 8 Litros	23,00	23,00
1	Resistencias 1K Ohm	0,50	0,50
1	Modulo relés 2 canales 5V	3,06	3,06
1	LCD pantalla 1602	4,50	4,50
1	Modulo I2C	1,50	1,50
1	Cables de uso eléctrico	5,00	5,00
		<b>TOTAL</b>	<b>774,52</b>



#### 4.2.4. Total, costo de construcción

En la tabla 14 se muestra el costo final de la elaboración del proyecto.

**Tabla. 14** Total costo de construcción.

<b>Costo de construcción</b>	
Implementos necesarios	774,52
Mano de obra directa	92,00
Mano de obra indirecta	5,80
<b>Total</b>	<b>872,32</b>

#### 4.3. Análisis económico

Con el fin de realizar un análisis económico del proyecto realizado, se prevén una serie de cálculos para la obtención del TIR y VAN.

Primero se realiza un análisis previo sobre los costos de producción, ganancias esperadas e inversión inicial. Por lo que, se define una inversión inicial de \$1000, donde se vería incluido el valor de la máquina que es de \$872,32. Mediante la tabla 15 y 16, se obtienen los costos de producción de pan artesanal, dividiendo la masa por ingredientes y costeándolos en el mercado local. Cabe recalcar que los precios de los ingredientes no son fijos y varían de marca a marca; y que los valores de luz agua potable pueden variar en un  $\pm 0,14\%$ .

**Tabla. 15** Costos de producción de pan.

<b>Costos de producción para 2 Kg de harina de pan</b>		
<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Total</b>
2Kg	Harina	4,22
20g	Levadura	0,12
1L	Agua	0,38
200g	Mantequilla sin sal	3,00
4	Huevos de gallina	0,44
200g	Azúcar	0,28
48g	Sal	0,05
60mL	Leche de vaca	0,08
	<b>Total</b>	<b>8,57</b>

**Tabla. 16** Costos adicionales a la producción.

<b>Costos adicionales</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>
Cilindro de gas GLP	1,60
Luz	0,30
Valores adicionales	30,00
<b>Total</b>	<b>31,90</b>

Haciendo una sumatoria con los datos totales de las tablas 15 y 16, añadido el valor de la máquina, se tiene previsto un valor de desembolso inicial de \$912,79. Cabe mencionar que no hay costo de personal porque el trabajo se realiza de manera artesanal en un hogar común, por lo que los ingresos netos van al productor.

Con el monto de desembolso y una inversión iniciales de \$912,79 y \$1000 respectivamente, se realizará el cálculo del VAN, utilizando una herramienta web [26].

Como datos para este cálculo, se toma como referencia la elaboración de 3,5 Kg de masa neta, lo que equivale a 47 panes de 76g cada uno. La producción se realizaría cada 2 días, dando un total al mes de 705 panes. Estimando que el 35% de dicha producción sea vendida por un precio de \$0,22 se prevé una ganancia al mes de \$54,34 y \$652,08 al año. Con estos datos, en la tabla 17 se muestran los resultados del cálculo del VAN.

#### 4.3.1. VAN

El cálculo del VAN se muestra mediante la tabla 17, donde se observan los valores necesarios para el debido cálculo.

Tabla. 17 VAN.

VAN			
Rentabilidad		35%	
Inversión		1000	
Año	Cobros	Pagos	Flujo de caja
0			-1000
1	652,08	40,47	611,61
2	706,37	100,47	605,90
3	760,66	160,47	600,19
4	814,95	200,47	614,47
5	869,24	260,47	608,77
VAN		<b>350,20</b>	

Con el resultado del VAN de la tabla 17, se puede determinar que el proyecto es rentable, ya que el VAN es mayor a 0.

#### 4.3.2. TIR

Con los mismos datos de las tablas 15 y 16, y de igual manera que se realizó el cálculo del VAN, ahora se realizará el cálculo del TIR utilizando una herramienta web [27].

Tabla. 18 TIR.

TIR			
Inversión		1000	
Año	Cobros	Pagos	Flujo de caja
0			1000
1	652,08	40,47	611,61
2	706,37	100,47	605,90
3	760,66	160,47	600,19
4	814,95	200,47	614,47
5	869,24	260,47	608,77
TIR		<b>53,76%</b>	

Con el cálculo realizado y como se muestra en la tabla 18 la rentabilidad del proyecto es de 53,76%, un 18,76% más de la rentabilidad establecida en el VAN.

#### **4.4. Conclusiones del capítulo**

El proyecto posee una alta rentabilidad (35%) a lo largo de 5 años, por lo que es viable dentro de este rango de tiempo, sin embargo se debe resaltar que estos valores son estables y en un análisis real podrían variar ligeramente, lo que puede dar como resultado en una mejor o menor rentabilidad a través del tiempo. Incluso el tiempo de retorno puede ser menor.

## CONCLUSIONES

- El factor seguridad de la máquina es igual a 9 como se visualiza en la figura 31, siendo mayor al factor de seguridad establecido de 2, esto se debe al sobre dimensionamiento de esta.
- La fuerza de trabajo de la máquina es superior a la deseada, esto debido a que la potencia de diseño fue de 1/2 HP y se implementó una de 1HP. Lo que aumenta la fidelidad de la máquina como se muestra en la tabla 10.
- Mediante el análisis alternativas se concluyó que la mejor alternativa es la construcción de una máquina con una puntuación de 4, de tamaño casero con una puntuación de 4,75 y con un sistema semiautomático con una puntuación de 4,5, todos estos valores están tabulados en la tabla 4.
- Con el análisis de costos, VAN y TIR cuyos están tabulados en las tablas 17 y 18, se concluye que el periodo de rentabilidad del proyecto es de 5 años, con una rentabilidad base de 35% y una inversión de \$1000.
- Mediante las pruebas de funcionamiento y debido a la velocidad de operación de 30 RPM, se encontró que la máquina puede utilizarse para mezclar masa de pastel.
- La máquina puede amasar hasta 4,5 Kg de masa neta como se muestra en la tabla 9, un 50% más de lo esperado.
- El rango de tiempo de amasado de la máquina es de 15 a 20 minutos como se muestra en la tabla 9, dependiendo de la cantidad de masa.

## RECOMENDACIONES

- Reducir el valor de dimensión de los perfiles tubulares utilizados de 40X2.6 mm, en 10 mm. Para obtener una reducción en costos sin afectar al factor seguridad.
- Conseguir palas de batido más optimas y que abarquen en un 30% más el área de amasado.
- Reducir la potencia del motor en un 25%, para que el motor dentro del mercado sea accesible y reduzca su tamaño sin afectar a la potencia mínima de 1/2HP.
- Colocar un sistema de arranque suave al motor, para evitar caídas de tensión de la línea de potencia y aumentar la vida útil del motor.
- En la programación de la tarjeta y con el uso de electrónica, colocar un control manual del tiempo de amasado, para aumentar los diferentes tipos de masas de trabajo.

## REFERENCIAS

- [1] C. Espinoza, «Diseño y construcción de una máquina para amasar pan con una capacidad de 100 kg/h de producción,» 2011. [En línea]. Available: <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/20709>. [Último acceso: 21 Junio 2023].
- [2] J. Castillo, «Diseño de una máquina amasadora industrial,» 23 Junio 2022. [En línea]. Available: <http://rinfi.fi.mdp.edu.ar/xmlui/handle/123456789/622>. [Último acceso: 22 Abril 2023].
- [3] A. Mayorga y L. Chango, «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,» 2010. [En línea]. Available: <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/1823>. [Último acceso: 22 Abril 2023].
- [4] Mayo Clinic, «Dolor de espalda,» 11 Noviembre 2021. [En línea]. Available: <https://www.mayoclinic.org/es-es/diseases-conditions/back-pain/symptoms-causes/syc-20369906>. [Último acceso: 13 Diciembre 2022].
- [5] SOCIALMEDIA, «7 DIFERENCIAS ENTRE PAN ARTESANAL Y PAN INDUSTRIAL,» TAHONA Jardines, 1 Septiembre 2021. [En línea]. Available: <https://tahonajardines.com/diferencias-entre-pan-artesanal-y-pan-industrial/>. [Último acceso: 13 Diciembre 2022].
- [6] Europan, «Diferencias entre el pan artesanal y el industrial,» 25 Julio 2019. [En línea]. Available: <https://blog.europan.mx/diferencias-pan-artesanal-pan-industrial#:~:text=El%20pan%20industrial%20se%20vende%20en%20supermercado s%20como,se%20elabora%20en%20peque%C3%B1as%20cantidades%20adaptadas %20al%20cliente..> [Último acceso: 12 Diciembre 2022].
- [7] Panadería Gracia, «Qué es el pan artesanal, Todo lo que Necesitas Saber,» 2022. [En línea]. Available: <https://www.panaderiagracia.es/panes/que-es-el-pan-artesanal-todo-lo-que-necesitas-saber/>. [Último acceso: 3 Diciembre 2022].

- [8] G. M, «Amasado tradicional del pan,» MARIA LUNARILLOS BLOG, 2022. [En línea]. Available: <https://www.marialunarillos.com/blog/amasado-tradicional-del-pan.html>. [Último acceso: 3 Diciembre 2022].
- [9] EQUIPOS VAZGAR, «Amasadoras,» [En línea]. Available: <http://equiposvazgar.com/3-amasadoras>. [Último acceso: 2 Diciembre 2022].
- [10] S. Prado, A. Pinzón y P. Massa, «Análisi del Motor Monofásico de Polos Impresos para aplicaciones Industriales,» S&P El Blog de la ventilcaión eficiente, 2011. [En línea]. Available: <https://shre.ink/9pCy>. [Último acceso: 2 Diciembre 2022].
- [11] ComercialPacific, «Motorreductores: ¿qué son y cómo funcionan?,» 23 04 2021. [En línea]. Available: <https://www.cpacific.cl/blog/motorreductores-que-son-y-como-funcionan>. [Último acceso: 08 12 2022].
- [12] AREATECNOLOGIA, «ACERO INOXIDABLE,» [En línea]. Available: [https://www.areatecnologia.com/materiales/acero-inoxidable.html#Composici%C3%B3n\\_del\\_Acero\\_Inoxidable](https://www.areatecnologia.com/materiales/acero-inoxidable.html#Composici%C3%B3n_del_Acero_Inoxidable). [Último acceso: 2 12 2022].
- [13] Reiproacero S.A., «Reiproacero,» 2020. [En línea]. Available: <https://reiproacero.ec/m/producto/eje-de-transmision/#:~:text=Eje%20de%20transmisi%C3%B3n%20Acero%20con%20bajo%20contenido%20de,con%20este%20material%20son%20de%20una%20magn%C3%ADfica%20calidad..> [Último acceso: 6 Marzo 2023].
- [14] R. Marmolejo, «HETPRO,» HETPRO/TUTORIALES, 12 6 2022. [En línea]. Available: <https://hetpro-store.com/TUTORIALES/microcontrolador/>. [Último acceso: 10 12 2022].
- [15] UNIGAL.MX, «¿QUÉ ES RELÉ? - DEFINICIÓN Y TIPOS DE RELÉ,» 22 10 2019. [En línea]. Available: <https://unigal.mx/que-es-rele-definicion-y-tipos-de-rele/>. [Último acceso: 13 12 2022].
- [16] twenergy, «¿Qué son las luces LED?,» 14 10 2019. [En línea]. Available: <https://twenergy.com/luz/que-son-las-luces-led-1677/>. [Último acceso: 13 12 2022].



- [17] SDI, «Fusibles,» 30 5 2022. [En línea]. Available: <https://sdindustrial.com.mx/blog/fusibles/>. [Último acceso: 13 12 2022].
- [18] O. Planas, «¿Qué son los sensor de temperatura? Función y tipos,» Energía Solar, 11 6 2021. [En línea]. Available: <https://solar-energia.net/termodinamica/propiedades-termodinamicas/temperatura/sensores-temperatura>. [Último acceso: 13 12 2022].
- [19] Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades, «LEY DE OHM,» Portal Académico CCH, [En línea]. Available: <https://portalacademico.cch.unam.mx/cibernetica1/implementacion-de-circuitos-logicos/ley-de-ohm>. [Último acceso: 14 Febrero 2023].
- [20] Mecatrónica LATAM, «Leyes de Kirchoff,» 22 Abril 2021. [En línea]. Available: <https://www.mecatronicalatam.com/es/tutoriales/teoria/leyes-de-kirchoff/>. [Último acceso: 14 Febrero 2023].
- [21] O. Gómez, «Apuntes históricos sobre el pan.,» 30 Junio 2017. [En línea]. Available: <https://www.gastronosfera.com/es/tendencias/apuntes-historicos-sobre-el-pan>. [Último acceso: 16 Mayo 2023].
- [22] A. Alfaro, «¿Qué es el pan artesanal?,» Gourmet de México, 30 Abril 2019. [En línea]. Available: <https://gourmetdemexico.com.mx/gourmet/cultura/que-es-el-pan-artesanal/>. [Último acceso: 16 Mayo 2023].
- [23] P. Beltran, «Las 10 lesiones de espalda más comunes (causas, síntomas y tratamiento),» MédicoPlus, 2023. [En línea]. Available: <https://medicoplus.com/traumatologia/lesiones-espalda>. [Último acceso: 16 Mayo 2023].
- [24] Arduino.cc, «Arduino Mega 2560 Rev3,» Arduino, 2021. [En línea]. Available: <https://shre.ink/IUms>. [Último acceso: 26 Abril 2023].
- [25] Arduino.cc, «Arduino IDE 2.1.0,» Arduino.cc, 2023. [En línea]. Available: <https://www.arduino.cc/en/software>. [Último acceso: 26 Junio 2023].
- [26] Calculadoras, Herramientas y calculadoras para hacer tu vida más sencilla, «Calculadora VAN,» Calcuworld 2023, 2023. [En línea]. Available:

<https://es.calcuworld.com/calculadoras-empresariales/calculadora-van/>. [Último acceso: 26 Junio 2023].

- [27] Calculadoras, Herramientas y calculadoras para hacer tu vida más sencilla, «Calculadora TIR,» Calcuworld 2023, 2023. [En línea]. Available: <https://es.calcuworld.com/calculadoras-empresariales/calculadora-tir/>. [Último acceso: 26 Junio 2023].
- [28] Grados Material Mundial, «Acero Inoxidable AISI 304 Ficha Tecnica, Propiedades, Densidad, Dureza,» Material Mundial Grados, 2023. [En línea]. Available: <https://www.materialmundial.com/acero-inoxidable-ss-astm-sae-aisi-304-ficha-tecnica/>. [Último acceso: 1 Abril 2023].
- [29] C. Veloso, «Ley de Ohm Fórmula y Ejemplos,» 9 Mayo 2017. [En línea]. Available: <https://www.electrontools.com/Home/WP/ley-de-ohm-formula-y-ejemplos/>. [Último acceso: 20 Marzo 2023].
- [30] R. G. J. Budynas y K. Nisbett, Diseño en ingeniería mecánica de Shigley, McGraw Hill, 2020.
- [31] Digi-Key de América del Norte, «El cable adecuado para una aplicación industrial: cómo se lo elige y utiliza para el éxito del diseño,» Digi-Key Electronics, 28 Febrero 2019. [En línea]. Available: <https://www.digikey.com/es/articles/the-right-cable-industrial-application-how-to-choose-and-use>. [Último acceso: 1 Abril 2023].
- [32] M. & C. Domínguez, «Módulo Relé 5V DC - Keyes KY019 - Parte 1,» 1 Enero 2014. [En línea]. Available: <https://soloarduino.blogspot.com/2014/01/modulo-keyes-rele-sr1y.html>. [Último acceso: 26 Abril 2023].
- [33] TODOELECTRONICA, «Diodos Led: ¿Qué son y qué características tienen?,» 20 Octubre 2022. [En línea]. Available: <https://www.todoelectronica.com/blog-electronica/diodos-led-que-son-y-que-caracteristicas-tienen.html>. [Último acceso: 26 Abril 2023].
- [34] Ingenierizando.com, «Fusible,» 2023. [En línea]. Available: <https://www.ingenierizando.com/electronica/fusible/>. [Último acceso: 26 Abril 2023].

- [35] Micro Robotics, «Sensor de temperatura 120C 1/2",» LM35 Temperature Sensor, 2023.  
[En línea]. Available: <https://www.robotics.org.za/LM35DZ>. [Último acceso: 20  
Marzo 2023].