



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO
CARRERA DE MECATRÓNICA

**DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA CORTADORA DE DULCES DE TURRÓN DE
MACADAMIA O MANÍ CON UNA CAPACIDAD DE 60 UNIDADES**

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:
Ingeniero en Mecatrónica

AUTORES: MARCELO JOSHUA MORALES CALVACHE
BENJAMÍN JOSEPH PINARGOTE ARTEAGA

TUTOR: EDUARDO XAVIER MICHILENA VACA

Quito - Ecuador
2023

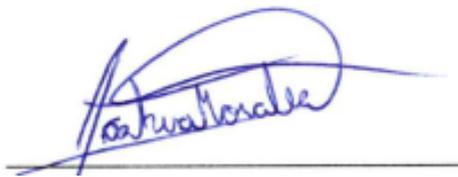
CERTIFICADO RESPONSABILIDAD POR LA AUTORÍA DEL PROYECTO DE TITULACIÓN

Nosotros, **JOSHUA MARCELO MORALES CALVACHE** con documento de identificación No 1751364090 y **JOSEPH BENJAMÍN PINARGOTE ARTEAGA** con documento de identificación No 1721946489 manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y autorizamos 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, 25 de septiembre del año 2023

Atentamente,



Joshua Marcelo Morales Calvache

1751364090



Joseph Benjamín Pinargote Arteaga

1721946489

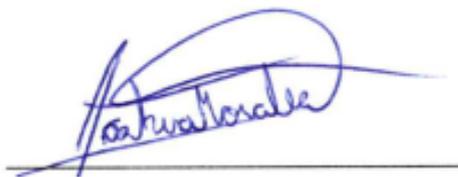
**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTORES DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, **JOSHUA MARCELO MORALES CALVACHE** con documento de identificación No 1751364090, y **JOSEPH BENJAMÍN PINARGOTE ARTEAGA** con documento de identificación No 1721946489, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos los autores para el desarrollo de una Propuesta tecnológica: “Diseño y simulación de una cortadora de dulces de turrón de macadamia o maní con una capacidad de 60 unidades”, 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, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 25 de septiembre del año 2023

Atentamente,



Joshua Marcelo Morales Calvache

1751364090



Joseph Benjamín Pinargote Arteaga

1721946489

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, **EDUARDO XAVIER VACA MICHILENA** con documento de identificación No 1721078424, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA CORTADORA DE DULCES DE TURRÓN DE MACADAMIA O MANÍ CON UNA CAPACIDAD DE 60 UNIDADES** realizado por **JOSHUA MARCELO MORALES CALVACHE** con documento de identificación No 1751364090, y **JOSEPH BENJAMÍN PINARGOTE ARTEAGA** con documento de identificación No 1721946489, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de una Propuesta tecnológico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 25 de septiembre del año 2023

Atentamente,



Ing. Eduardo Xavier Vaca Michilena, Msc

1721078424

AGRADECIMIENTO

Agradezco, en primer lugar, a mi madre Jenny Elizabeth Arteaga Molina, quien ha sido y será la persona que ha estado apoyándome en todo este recorrido formativo, pues sin ella no sería posible el poder concluir esta etapa de mi vida. Así mismo, a mi padre Jefferson Patricio Pinargote Alarcón quien con sus consejos y apoyo también aportó en el desarrollo de la persona integral que proyecto con el resto de las personas que me rodean. A mi abuelita Cecilia Hipatia Molina Garrido quien ha estado presente en mi cuidado, quien siempre me ha dado un plato y un techo. A mi hermano Diego Espín, mi tía Jessica Arteaga, a mis primos Leonela y Noah Corrales pues ellos han estado presentes ayudándome y colaborándome con su tiempo en momentos que necesite durante la realización de este trabajo de titulación.

A la Federación de Estudiantes de la UPS (FEUPS) la cual me ha dado la posibilidad de conocer a compañeros y otras personas las cuales me acompañaron y dieron una mano. A la Pastoral del Campus Sur, quienes en la UPS se han convertido en una familia, una casa, un refugio; con quienes he podido compartir mis temores, frustraciones, alegrías y logros. A todo su personal administrativo del Campus Sur que siempre han estado presentes para poder ayudarme o colaborarme durante este paso de mi formación profesional.

A los docentes que han estado ahí que los considero amigos y colegas, en especial a la Ing. Alejandra Fernandez que ha estado presente más allá de ser una docente y estimo bastante. A la Ing. Luisa Sotomayor que ha estado allí para escuchar y trabajar junto a mí, también siendo una gran amiga. Y también, a los Ing. Ricardo Zapato, Fabio Obando, Patricio Quitiaquez, entre otros, los cuales siempre han estado presentes cuando he tenido dudas, me he equivocado o acompañándome en actividades o propuestas que he compartido.

A mi gran amigo y hermano Mateo Vargas y su familia que durante el desarrollo de este proyecto de titulación se han convertido en mi segunda familia. A Luis Valdiviezo y su familia que también han sido personas que me han ayudado y colaborado. A los compañeros con los que iniciamos la carrera, así como a los de la FEUPS.

Agradeciendo a el resto de las personas que han estado siempre allí, me quedan cortas las palabras.

Joseph Benjamin Pinargote Arteaga

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a mis padres, Marisela Calvache y Marcelo Morales, quienes han sido el motor principal durante toda mi preparación profesional, a mis hermanas Berenice Morales y María Paz Morales, a mi tía Carmen Calvache, a mis primos, Nicolas Calvache y Matías Calvache, a mis abuelitas Mery Carrera y Susana Orama, a mi abuelito Vicente Morales. Por ser ese apoyo incondicional durante toda mi carrera, en fin, a toda mi familia por haber contribuido en esta meta tanto profesional como personal.

A la, Universidad Politécnica Salesiana, por ser el espacio de formación profesional formando no solo gente preparada sino personas de bien para la sociedad.

A mis amigos, esas personas cuya participación durante este trayecto han sido valiosas, que han compartido experiencias y ayuda con mi persona.

A mis maestros, que han brindado sus conocimientos a todos sus estudiantes y han estado ahí por cada duda e inquietud mi mayor admiración y gratitud a estos educadores que son un ejemplo para todos nosotros como Ingenieros.

Joshua Marcelo Morales Calvache

ÍNDICE DE CONTENIDO

1 INTRODUCCIÓN

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	20
JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	20
OBJETIVOS.....	21
OBJETIVO GENERAL.....	21
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	21
ALCANCE DEL PROYECTO O LA INVESTIGACIÓN	22
CAPÍTULO I	22
MARCO CONTEXTUAL Y TEÓRICO	23
1.1 El Salinerito	23
1.2 Turrón de maní o macadamia	24
1.2.1 Textura y color del turrón.....	24
1.2.2 Densidad de la barra de turrón	25
1.2.3 Corte del dulce de turrón	26
1.3 Fluidos no newtonianos	26
1.4 Procesos de Mecanizado.....	26
1.4.1 Procesos con arranque de viruta	26
1.4.2 Velocidad de corte.....	27
1.5 Herramientas de corte CAV.....	28
1.5.1 Disco de Sierra	28
1.6 Procesos sin arranque de viruta	29
1.6.1 Geometría de filo.....	30
1.7 Herramientas de corte CAV.....	30
1.7.1 Cizallas	30
1.7.2 Tipos de cizallas	30
1.8 Flujo de procesos de la fabricación del turrón.....	32

1.8.1	Preparación de masa del turrón	32
1.8.2	Moldeo de la masa del turrón	35
1.8.3	Corte de la plancha de turrón	36
1.8.4	Clasificación de las barras de turrón	37
1.9	Área de producción	38
1.10	Materiales usados en la industria alimenticia	38
1.10.1	Materiales Metálicos	39
1.10.2	Acero para elementos de construcción	40
1.10.3	Materiales Plásticos	41
1.11	Tipo de uniones entre elementos	41
1.11.1	Unión Soldada	41
1.12	Elementos de control	42
1.12.1	PLC	42
1.12.2	PLC LOGO!	43
1.12.3	Relé térmico 7/10 A	44
1.12.4	Sensor capacitivo.....	44
1.13	Máquinas usadas en la industria alimenticia	45
1.13.1	Máquinas de disco de sierra usado en la industria alimenticia.....	45
1.13.2	Guillotinas usadas en la industria alimenticia	46
CAPÍTULO II.....		48
ANÁLISIS DE SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE DISEÑO		47
2.1	Análisis de alternativas para la máquina	47
2.1.1	Alternativa 1: Disco de cierra.....	47
2.1.2	Alternativa 2: Cizalla tipo Guillotina	48
2.1.3	Alternativa 3: Eje de hojas circulares independientes	49
2.2	Cuadros de selección de alternativas para la máquina	50
2.3	Análisis y resultado de selección de alternativas para la máquina.....	52
2.4	Diagrama de flujo de la máquina resultante	52

2.5	Materiales.....	54
2.5.1	Selección de materiales metálicos	54
2.5.2	Selección del acero para elementos estructurales.....	55
2.5.3	Selección de materiales poliméricos	56
2.6	Métodos de unión entre elementos	58
2.6.1	Selección de soldadura para elementos con acero AISI 1018.....	58
2.6.2	Uniones apernadas.....	60
2.6.3	Modos de fallo en uniones apernadas.....	60
2.6.4	Selección de Motores	60
2.6.5	Selección del Controlador	61
CAPÍTULO III		63
DISEÑO, ENSAMBLAJE Y SIMULACIÓN		63
3.1	Diseño de la máquina	63
3.2	Molde.....	64
3.3	Discos de corte	65
3.4	Banda Transportadora.....	67
3.5	Motorreductor para la banda.....	75
3.6	Motorreductor para el eje.....	77
3.7	Eje.....	81
3.7.1	Análisis a torsión del eje	81
3.7.2	Análisis a flexión del eje	82
3.7.3	Factor de seguridad (fs).....	84
3.8	Chumacera tensora	85
3.9	Bocines.....	85
3.10	Base para el motor.....	87
3.11	Uniones Apernadas.....	90
3.12	Diseño del control de la máquina	93
3.12.1	Elemento de control.....	93

3.13	Explicación de los elementos de control.....	94
3.14	Algoritmo de programación PLC	94
3.14.1	Explicación de las entradas del PLC	98
3.15	Diagrama de fuerza de la cortadora de turrón	98
3.15.1	Explicación de los elementos de la fuerza de la máquina	99
3.16	Diagrama de control de la cortadora de turrón.....	100
3.16.1	Explicación de los elementos de control de la máquina.....	100
3.17	Diagrama de Flujo de la máquina.....	101
CAPÍTULO I V.....		105
4	ANÁLISIS Y RESULTADOS	103
4.1	Análisis estático para elementos sometidos a esfuerzos	103
4.1.1	Análisis estático para bocines.....	103
4.1.2	Análisis estático para eje	105
4.1.3	Análisis estático para la base del motor.	107
4.1.4	Calidad de malla	109
4.2	Análisis de los elementos de control.....	110
4.3	Análisis de la capacidad de corte de la máquina	114
4.3.1	Producción de barras de turrón 100 g.....	114
4.3.2	Producción de barras de turrón 30 g.....	116
4.3.3	Resultado de la producción diaria	116
4.4	Análisis de costos	116
4.4.1	Sistema de transporte.....	117
4.4.2	Sistema de corte.....	118
4.4.3	Sistema de control	119
4.5	Análisis del costo total.....	120
CAPÍTULO V.....		112
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		112

5.1	Conclusiones	121
5.2	Recomendaciones.....	122
6	Bibliografía	123

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ensayos del turrón [7]	25
Tabla 2. Matriz de selección de alternativas 1	51
Tabla 3. Matriz de selección de alternativas 2	51
Tabla 4. Matriz de selección final de alternativas.....	52
Tabla 5. Cuadro comparativo de selección entre los aceros inoxidable AISI 304 y 316	54
Tabla 6. Propiedades y características del AISI 304 [22]	54
Tabla 7. Tabla de Comparaciones entre el Acero AISI 1018 Y 1020	55
Tabla 8. Tabla de costos de acero AISI 1018 y 1020	56
Tabla 9. Cuadro comparativo de selección del acero AISI 1018 y 1020.....	56
Tabla 10. Cuadro comparativo de selección de polímeros termoplásticos	57
Tabla 11. Selección del método de soldadura.....	59
Tabla 12. Selección del motor.....	61
Tabla 13. Selección del controlador.....	61
Tabla 14. Partes, piezas y componentes de la máquina cortadora de dulces de turrón.....	64
Tabla 15. Cantidad de masa según el tipo de molde [24]	67
Tabla 16. Resultados de la experimentación.....	77
Tabla 17. Criterios para un correcto factor de seguridad	84
Tabla 18. Entradas y salidas del sistema.....	94
Tabla 19. Nomenclatura de las entradas del PLC	98
Tabla 20. Elementos del diagrama de fuerza	99
Tabla 21. Elementos y nomenclatura del diagrama de control.	100
Tabla 22. Datos usados para análisis estático	103
Tabla 23. Resultados obtenidos de análisis de elementos finitos con mallado tipo h para bocín.....	104
Tabla 24. Datos usados para análisis estático	105
Tabla 25. Resultados obtenidos de análisis de elementos finitos con mallado tipo h para eje	106
Tabla 26. Datos estáticos usados en el análisis de la base del motor.....	107
Tabla 27. Tabla de resultados para la base del motor	108
Tabla 28. Dimensiones de la cortadora de turrónes de dulce.....	114
Tabla 29. Costos del sistema de transporte	117

Tabla 30. Coste de sistema de corte	118
Tabla 31. Costos de sistema de control.....	119
Tabla 32. Cálculo del costo total de la máquina cortadora de dulces de turrón.....	120

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 1. Fabrica el Salinerito.....	22
Figura 2. Procesos de arranque de viruta [7]	27
Figura 3. Disco dentado [36]	28
Figura 4. Disco adiamantado o trapezoidal [36].....	29
Figura 5. Procesos de arranque sin viruta [11]	29
Figura 6. Cizalla hidráulica [14]	31
Figura 7. Esquema de funcionamiento [20].....	32
Figura 8. Mezcla de elementos principales en la marmita.....	33
Figura 9. Adición de la nuez a la mezcla de turrón.	33
Figura 10. Flujograma del proceso de preparación.....	34
Figura 11. Flujograma del proceso de moldeo	35
Figura 12. Flujograma del proceso de corte	36
Figura 13. Flujograma del proceso de clasificación	37
Figura 14. Espacio de Trabajo	38
Figura 15. Diagrama de bloques de la arquitectura de un PLC [31]	43
Figura 16. PLC Logo! Siemens [18].....	43
Figura 17. Relé térmico Schneider 7/10 A [16].....	44
Figura 18. Sensor capacitivo [17]	45
Figura 19. Máquina de corte para la industria alimentaria [37].....	45
Figura 20. Guillotina Roser [30].....	46
Figura 21. Máquina de disco de cierre.....	48
Figura 22. Guillotinadora.....	49
Figura 23. Máquina de Discos de corte	50
Figura 24. Diagrama de flujo del proceso elegido.....	53
Figura 25. Máquina cortadora de turrónes de dulce.	63
Figura 26. a) Molde para turrónes de 100 g, b) molde para turrónes de 30 g.....	65
Figura 27. Modelo de Disco de corte.....	66
Figura 28. Angulo de acabado	66
Figura 29. Figura para banda transportadora [24]	68
Figura 30. Distribución de los moldes para barras de 100 g en toda la banda transportadora	68
Figura 31. Posición de los discos de corte en la banda transportadora.....	69

Figura 32. Diagrama para el cálculo de la masa real aplicada.....	70
Figura 33. Banda transportadora PHR2-90MF LIXBB-NA black FR [25]	71
Figura 34. Tambor conducido por la polera motriz	72
Figura 35. Banda transportadora empleada para la máquina cortadora de dulces de turrón ...	75
Figura 36. Motor escogido para la banda transportadora [26].....	76
Figura 37. Motor reductor FRD132 [26]	76
Figura 38. Experimentación con las barras de turrón.	77
Figura 39. DCL de las hojas de corte con el turrón	78
Figura 40. Esfuerzo a flexión del eje.	83
Figura 41. Diagramas de fuerza y momento obtenido del software MDSolid	84
Figura 42. Chumasea	85
Figura 43. Bocines de 3cm	86
Figura. 44. DCL del bocín.	86
Figura 45. Base para el motor.....	87
Figura 46. DCL de la base del motor.....	87
Figura 47. Longitud y ancho de la base	88
Figura 48. Unión apernada del soporte con la banda.....	91
Figura 49. Unión apernada de la base con la platina.	92
Figura 50. línea de Código 1.....	95
Figura 51. Línea de Código 2 y 3	95
Figura 52. Línea 4 y 5 del Código.	96
Figura 53. Línea del timer con retraso a la desconexión.	97
Figura 54. Diagrama de conexiones y programación Ladder en el PLC logo.....	97
Figura 55. Factor de seguridad obtenido a partir del análisis del eje.....	107
Figura 56. Figura de geometría fija y fuerza en la base del motor.	108
Figura 57. Factor de seguridad obtenido a partir del análisis de la base para el motor.	109
Figura 58. Mallado por el refinamiento H en el eje del prototipo.	110

RESUMEN

El presente proyecto tiene como enfoque principal el diseño y simulación de una máquina cortadora de dulces de turrón con capacidad para 60 unidades. Esta máquina empleará un sistema mecatrónico y de control para lograr el corte de dos medidas diferentes de turrón, una de 3 cm y otra de 5 cm, mediante un movimiento uniforme a lo largo de una banda transportadora. El turrón posee propiedades como una dureza de 19.86 N, firmeza de 6.38 N y una densidad de 1000 kg/m³. El análisis se centra en el diseño de los diversos componentes que integran la máquina, como ejes, discos de corte, chumaceras, motores, PLCs, reles, contactores entre otros. Se considerarán factores como la resistencia, durabilidad y seguridad para seleccionar los materiales adecuados y garantizar un correcto funcionamiento. Por lo tanto, el análisis de los componentes sometidos a flexión y tensión será de vital importancia para el diseño final de la máquina. Para este propósito, se utilizarán herramientas de software de diseño CAD-CAE, como SolidWorks, y software de análisis y construcción de sistemas de control, como CADEsimu y TIA Portal. El prototipo tiene la capacidad de producir 7000 unidades de turrón en 7 horas, lo que representa un aumento de eficiencia del 71% en comparación con la máquina anterior. Esto demuestra la viabilidad del diseño en términos de costos en relación con otras máquinas similares disponibles en el mercado.

Palabras claves: corte, máquina, turrón, discos, maní, macadamia, molde, producción

ABSTRACT

The main focus of this project is the design and simulation of a nougat sweet cutting machine with a capacity for 60 units. This machine will use a mechatronic and control system to cut two different sizes of nougat, one of 3 cm and the other of 5 cm, by means of a uniform movement along a conveyor belt. The nougat has properties such as a hardness of 19.86 N, firmness of 6.38 N and a density of 1000 kg/m³. The analysis focuses on the design of the various components that make up the machine, such as axes, cutting discs, bearings, motors, PLCs, relays, contactors, among others. Factors such as resistance, durability and safety will be considered to select the appropriate materials and guarantee correct operation. Therefore, the analysis of the components subjected to bending and tension will be of vital importance for the final design of the machine. For this purpose, CAD-CAE design software tools, such as SolidWorks, and control system construction and analysis software, such as CADEsimu and TIA Portal, will be used. The prototype has the capacity to produce 7,000 units of nougat in 7 hours, which represents an efficiency increase of 71% compared to the previous machine. This demonstrates the feasibility of the design in terms of costs in relation to other similar machines available on the market.

Keywords: cut, machine, nougat, discs, peanut, macadamia, mold, production

INTRODUCCIÓN

La máquina cortadora de dulces de turrón está diseñada con una serie de aspectos notables. En primer lugar, la máquina reduce significativamente la cantidad de material desperdiciado durante el proceso de corte, lo que se traduce en una disminución en los costos de producción y en una reducción del impacto ambiental. Además, la máquina puede mejorar los tiempos de producción, permitiendo una mayor eficiencia en la línea de elaboración y un descenso en los tiempos muertos. En términos de seguridad laboral, la máquina ofrece una alternativa más segura para los trabajadores de la planta, reduciendo el riesgo de accidentes por la manipulación de herramientas inadecuadas durante el proceso de corte.

Según David Olcina [1], la industria del turrón es importante, como en España donde este dulce se produce en una amplia variedad entre artesanales e industriales. Existen empresas dedicadas a la fabricación de turrones de diferentes tipos, desde las más pequeñas y tradicionales hasta las empresas más grandes con procesos de producción modernos. Las técnicas de fabricación de este dulce varían según el tipo de turrón, por lo que las industrias utilizan procesos de fabricación más avanzados.

Ahora bien, en la industria alimenticia existen una inmensa variedad de máquinas dedicadas al corte, desde cortadoras manuales hasta cortadora automáticas de alta producción. Este tipo de máquinas son utilizadas para el corte y la dosificación controlada, estando entre el empaquetado, procesamiento y la preparación, para posteriormente comercializarlo. Fabricantes como HGFarkey y LaserLab ofrecen soluciones aún más avanzadas para la industria alimentaria [2].

La automatización en la industria alimentaria es una tendencia en constante crecimiento, debido a los múltiples beneficios y oportunidades que ofrece, como lo son: la eficiencia, productividad, cuidado de la calidad, seguridad laboral, entre más características. Cada vez son más las empresas que adaptan tecnología en los procesos automáticos como, envasados, etiquetados, y distribución de los alimentos; en los que permite la optimización de los procesos y la reducción de costos. La automatización mejora la calidad de producto final lo que traduce en una confiabilidad del proceso y, por lo tanto, más confianza y preferencia a la marca [3].

La investigación se centra en el análisis del prototipo de la máquina. Se comienza con la selección de las alternativas de corte óptimas para el diseño, ponderándolas de acuerdo con

los criterios más relevantes presentes en cada una de las máquinas. Posteriormente, se procede con el diseño de la máquina utilizando herramientas de diseño y ensamblaje, en este caso, SolidWorks.

Asimismo, se aborda el sistema de control de la máquina, utilizando un autómata que dirigirá los actuadores presentes en el ensamblaje. Para esta tarea, se emplearán herramientas como CADEsimu y TIA Portal para esquematizar el control del prototipo.

Finalmente, se llevará a cabo un análisis de viabilidad para la construcción de la máquina en un entorno industrial, teniendo en cuenta todos los materiales que se utilizarán en su fabricación.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

PROBLEMA DE ESTUDIO

La empresa “El Salinerito” es una industria ecuatoriana que se encuentra en la provincia de Bolívar, cantón Salinas de Guaranda. Esta empresa se dedica, entre otras cosas, a la producción de dulces, entre los cuales están los turrónes de macadamia o maní. [1]

En el proceso de corte, es necesario que el producto resulte con una forma rectangular uniforme y sin desperfectos. La empresa El Salinerito cuenta con una máquina dedicada al corte del turrón; sin embargo, este dispositivo es de construcción artesanal y presenta defectos que generan imperfecciones en el turrón. Por lo tanto, el objetivo de este proyecto es el diseño y simulación de una máquina de corte que beneficie a la empresa, permitiendo obtener un corte recto y sin imperfecciones en el producto. De esta manera, se brindará una alternativa más segura y eficiente al método actual de corte.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Según la problemática expuesta en el apartado anterior, la pregunta planteada sería: ¿Es factible el análisis y el estudio de el corte del dulce del turrón, generando una propuesta tecnológica que logre obtener barras acordes al gramaje y forma regular, siendo este proceso controlado a través de métodos semiautomáticos?

JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La empresa El Salinerito cuenta con una máquina dedicada al corte del turrón, pero debido a su construcción artesanal, la totalidad de su producción presenta un rango de fallos del 15% al 25%. Por esta razón, se presentará un diseño de una máquina de corte con especificaciones y capacidad para realizar la incisión de manera precisa, acercándose a los pesos deseados y mejorando la calidad de sus productos. Además, esta nueva máquina permitirá una reducción significativa del tiempo de proceso durante el corte, ofreciendo a los trabajadores de la planta una alternativa más segura y eficiente para llevar a cabo su trabajo.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Diseñar y simular una cortadora de dulces de turrón de macadamia o maní con una capacidad de 60 unidades.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar las propiedades del dulce de turrón a través de experimentación para evidenciar las mejores alternativas para el proceso de corte.
- Proponer las alternativas para el corte del turrón usando diferentes métodos de ensayos hasta obtener un procedimiento sin pérdidas y desperfectos.
- Establecer el diseño de una máquina cortadora semiautomática de dulces de turrón con la estrategia de corte seleccionada mediante el uso de herramientas CAD-CAE, y herramientas de electrónica y control.
- Analizar la viabilidad de la construcción de la máquina considerando materiales y recursos para su fabricación

ALCANCE DEL PROYECTO O LA INVESTIGACIÓN

El tema de estudio se lo realizará en la provincia de Bolívar, en la parroquia rural de Salinas de Guaranda, en la empresa El Salinerito, dentro la planta de producción de dulces y confites. La Figura 1 se muestra una vista aérea de su ubicación geográfica. La investigación se centra en el corte postproducción del dulce, utilizando como métodos la observación preliminar en varias visitas a la matriz.

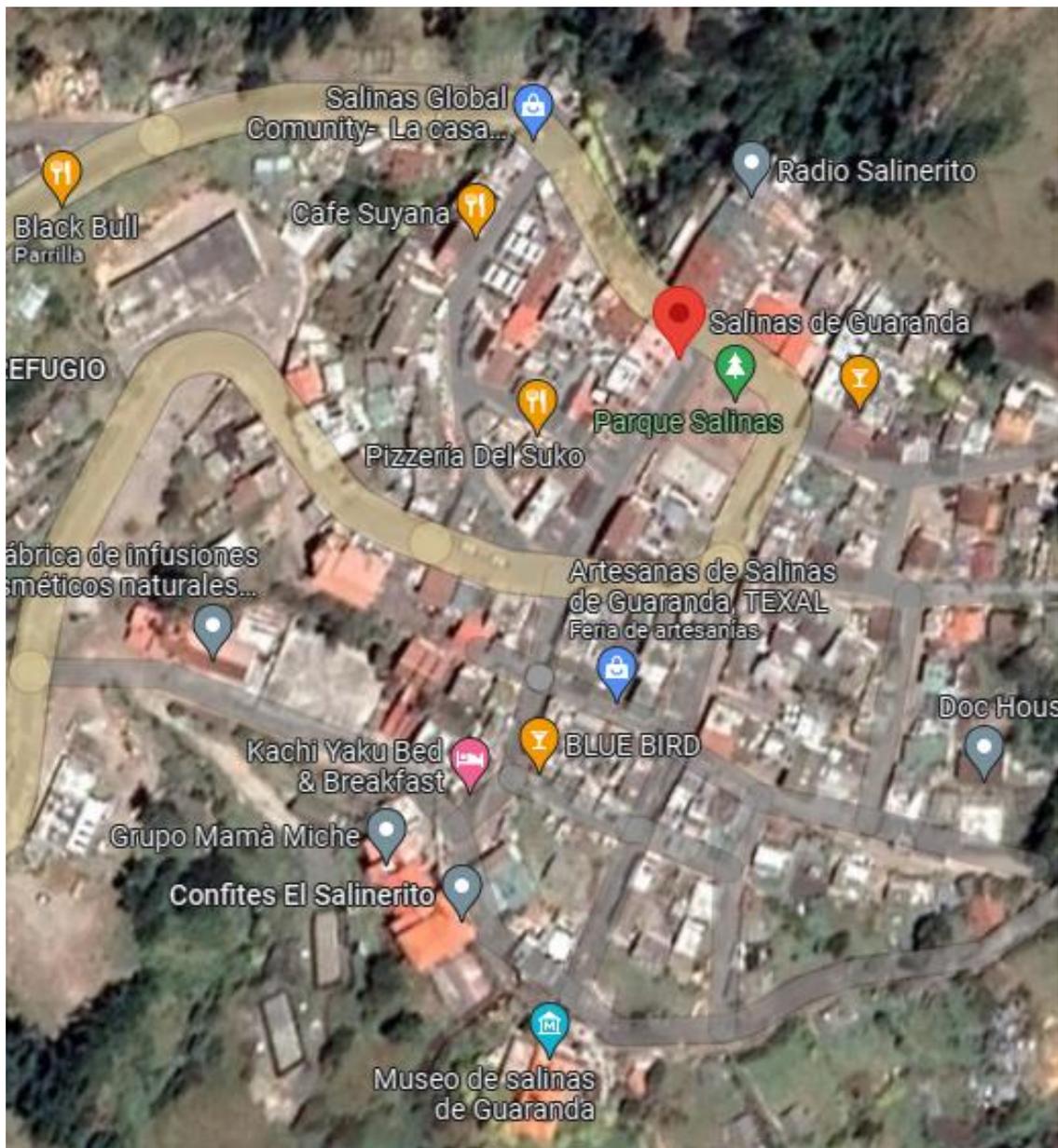


Figura1. Fabrica el Salinerito

CAPÍTULO I

MARCO CONTEXTUAL Y TEÓRICO

En el presente capítulo se detallarán los conceptos y fundamentación teórica, necesarios que están relacionados con la fabricación, composición y caracterización de los turrone de dulce relacionándolo con el contexto acerca de la empresa “El Salinerito”. Por otro lado, se describirá los criterios que comprende la acción de corte por medio de diferentes métodos y máquinas, los materiales y componentes más adecuados para su construcción y maneras para la unión de partes para la máquina cortadora de turrone de dulce.

1.1 El Salinerito

La Corporación Grupo Salinas, a través de sus fundaciones, lleva a cabo diversos proyectos sociales en los que trabaja de cerca con las comunidades para brindarles las herramientas necesarias. El objetivo es mejorar no solo su producción, sino también el bienestar general de sus habitantes. [4].

Dentro de sus proyectos de interés se encuentra la “COOPERATIVA DE PRODUCCIÓN AGROPECUARIA EL SALINERITO” [1], que es conocido comúnmente como “El Salinerito”, la cual tiene sus instalaciones ubicadas en el cantón Salinas de Guaranda, en la provincia de Bolívar, desde hace ya 40 años.

Hoy en día brinda y ofrece al público productos de diversa índole como textiles, insumos lácteos, confitería, embutidos, deshidratados, abarrotos, vinos y bebidas, hasta productos para el cuidado personal [4].

Referente a la sección de confitería propone una gran variedad de dulces y aperitivos como uno de sus más reconocido son los chocolates rellenos de diversos frutos secos, pulpas, licores y esencias naturales, en presentaciones de barra, bombones, trufas entre otros. También tiene mermeladas, galletas integrales y el producto de estudio turrone hechos a base de miel rellenos de maní o macadamia [5].

1.2 Turrón de maní o macadamia

El turrón es una golosina tradicional la cual se prepara a base de una mezcla de miel, azúcar, agua y clara de huevo, donde en algunos casos también se agrega sacarosa y maicena para que la masa final tenga una consistencia especial, además de frutos secos como el maní o la macadamia. A través de todos estos ingredientes, se mezclan varios de estos y se someten a una cocción que alcance los 130 a 150 °C. Una vez ya obtenido la consistencia de la masa con todos los materiales, pasan a ser vertidos sobre un molde que deberá estar engrasado o colocado papel engrasado, el cual, para el caso de estudio, será de una dimensión de 300×100×10 mm y 300×200×10 mm. Finalmente, se da un tiempo de espera para que tome una consistencia adecuada. Así, luego es posible dividir en pedazos más pequeños [6].

1.2.1 Textura y color del turrón

La textura es una cualidad presente en los productos de estado sólido, y su medición se basa en la resistencia mecánica que ofrecen. Esta característica está íntimamente relacionada con la relación de mezcla entre la miel y la sacarosa utilizada. Un estudio de Macarena Caicedo Salazar [7], ingeniera agroalimentaria de la Universidad Técnica de Ambato se centró en un turrón elaborado a base de melaza de caña y dio una detallada explicación al respecto, en la que explicó que:

La proporción más óptima a la mezcla es de un 75% de miel de caña + 25% de sacarosa dado que la sacarosa es el ingrediente con mayor influencia en su preparación que permite al turrón adquirir mayor dureza, mejora su endurecimiento y caracteriza el color del producto (blanco amarillento) [7].

Los resultados presentados en la Tabla 1 indican la dureza, firmeza y entre otras características asociadas al turrón elaborado a partir de miel de caña. [7].

El ensayo de dureza de tipo Brinell se realizó usando un penetrador tipo bola de diámetro de 10 mm aplicando entre 80 a 100 kg de masa [7].

Tabla 1. Ensayos del turrón [7]

Ensayos	Resultados	Unidades
Dureza	19.86±1.17	N
Elasticidad	2.29±0.17	mm
Firmeza	6.38±0.70	N
Masticabilidad	14.60±1.80	mJ

1.2.2 Densidad de la barra de turrón

La densidad que el turrón posee se puede conocer a través de su masa y volumen. Según el producto, se conoce que sus dimensiones son de 100×30×10 mm y un contenido de 30g, por lo cual se aplicara la Ecuación 1.

$$V = l \cdot h \cdot e \quad (1)$$

$$V = 0.1 \cdot 0.01 \cdot 0.03 \quad (2)$$

$$V = 3 \times 10^{-5} \text{ [m}^3\text{]} \quad (3)$$

Luego se aplica la Ecuación 4 para determinar la densidad del turrón.

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (4)$$

$$\rho = \frac{0.03}{3 \times 10^{-5}} \quad (5)$$

$$\rho = 1000 \frac{kg}{m^3} \quad (6)$$

Donde:

- V: Volumen [m³]
- l: Longitud [m]
- h: Altura [m]

- e: Espesor [m]

1.2.3 Corte del dulce de turrón

El corte debe ser realizado con un instrumento que tenga el filo cubierto por un aditamento como azúcar impalpable o un lubricante como aceite o manteca vegetal. Así, evitando que se quede adherido al metal la viruta y se pierda la utilidad de la herramienta de corte para el producto.

El instrumento de corte dependerá y variará de acuerdo con la producción. Si la producción es cacera de cantidad reducida, puede realizarse con un cuchillo afilado o dentado. En el caso de una producción en mayor cantidad, puede emplearse discos de sierra, cuchillos eléctricos, entre otro tipo de herramientas de corte [6].

1.3 Fluidos no newtonianos

Es un fluido que no cumple rigurosamente las Leyes de Newton, siendo sus propiedades de viscosidad indefinidas, que son influenciadas por cambios en su temperatura y tensión cortante que es aplicada [8].

Un ejemplo remarcable son algunas mieles que presentan una propiedad del tipo tixotropía. La cual, al recibir un corte cizallante cambia su tensión viscosa rápidamente, perdiendo resistencia abrasiva y adquiriendo fluides constante [8] [9].

1.4 Procesos de Mecanizado

1.4.1 Procesos con arranque de viruta

Es aquel mecanizado que por efecto del filo de la herramienta da lugar a un desperdicio denominado viruta. La viruta se puede liberar por acción de un mecanizado de avance o penetración dependiendo del tipo de máquina o herramientas que pueden ser fijas, móviles o portables. Algunos de los procesos con arranque de viruta se muestran en la Figura 2 [8].

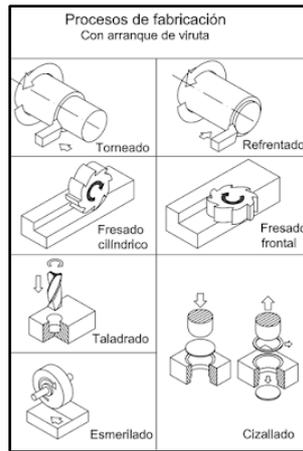


Figura 2. Procesos de arranque de viruta [7]

El mecanizado puede tener varios tipos de acabados que dependerán de la velocidad de giro a la que la herramienta este operando. Para considerar la velocidad a la que debe trabajar se debe conocer las propiedades de los materiales de la herramienta como el elemento a mecanizar.

1.4.2 Velocidad de corte

La velocidad de corte es la velocidad a la que se elimina el material durante el proceso de mecanizado. En lugar de calcular este valor, se obtiene de tablas proporcionadas por el fabricante de la máquina o herramienta, específicas para el material a mecanizar. Para determinar los rpm a las que debe operar la herramienta de corte y realizar un trabajo de calidad, se utiliza la ecuación 7, como se explica en [10].

$$n = \frac{V_c(1000)}{\pi\phi} \quad (7)$$

Donde:

- n: revoluciones por minuto [rpm]
- V_c : Velocidad de corte $[\frac{m}{min}]$
- ϕ : Diámetro de la herramienta [mm]

1.5 Herramientas de corte CAV

1.5.1 Disco de Sierra

Las sierras circulares aparecieron como una solución para el desgaste de las sierras ordinarias puesto que estas al ser más resistentes pueden cortar de una manera más eficiente diversos materiales además como lo menciona Jaime Estrada [15].

Este tipo de hojas de cierra conservan hasta 200 veces más el filo, que las hojas ordinarias resulta en ello una reducción significativa en pérdidas de tiempo, puesto que las sierras tradicionales pierden el filo y se necesita un cambio de hoja o volverles a afilar, por lo tanto, las sierras circulares aseguran una continuidad en tareas de producción [15].

A lo largo del tiempo los discos han tenido diferentes tipos de materiales que han mejorado la calidad y la durabilidad de estos; esta herramienta tiene dos filos característicos como lo son:

- **Dentado alterno:** El cual es apropiado para materiales blandos o con recubrimientos finos y fáciles de cortar de acuerdo a la Figura 3 [16].



Figura 3. Disco dentado [36]

- **Dentado Trapezoidal:** Filo más apropiado para materiales ligeros o resistentes que impiden la rotura o desgaste en el filo según la Figura 4 [16].



Figura 4. Disco adiamantado o trapezoidal [36]

1.6 Procesos sin arranque de viruta

Es el mecanizado que está expuesto a procesos de formación y deformación que pueden ser trabajados en frío o caliente. La gran ventaja es la baja pérdida de material, pero para la obtención se necesita grandes cantidades de energía. Los dos tipos principales de mecanizados son aquellos que sufren una deformación plástica y alterar su forma o geometría [11].

Como se muestra en la Figura 5, estos son algunos de los procesos de sin arranque de viruta.

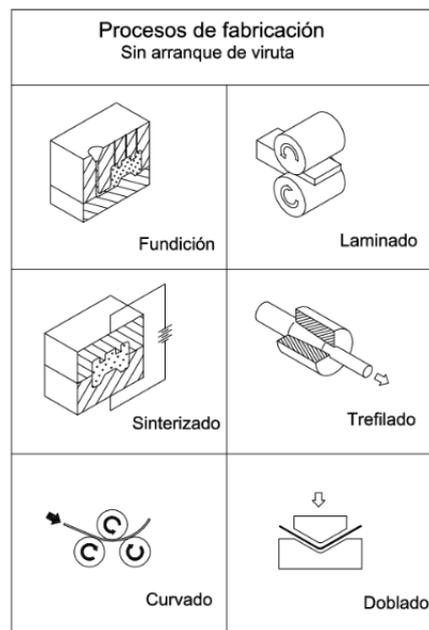


Figura 5. Procesos de arranque sin viruta [11]

1.6.1 Geometría de filo

La geometría de la herramienta tiene incidencia en el corte, pues es fundamental para obtener un corte o mecanizado con mayor facilidad. Los ángulos, inclinación y radio dependen de la operación y material a mecanizar. Los ángulos que intervienen son ángulo cortante (84° - 90°), ángulo de caída (0° - 6°) y ángulo de incidencia ($90^{\circ} - (\beta + \gamma)$) [12].

1.7 Herramientas de corte CAV

1.7.1 Cizallas

Esta es una máquina que en un inicio se creó para el corte manual de distintos objetos o materiales como: papel, plásticos, laminas metálicas o madera, la cual cuenta con dos filos los cuales normalmente disponen de cuatro ángulos de corte que son sometidos a presión, de acuerdo con las propiedades del material, se imprime sobre la superficie una fuerza que supere la resistencia última a la tracción en el material [13].

De acuerdo con el espesor y rigidez del material se ha tenido que adecuar las cizallas con un motor o un sistema neumático o hidráulico.

La cuchilla inferior esta ajustada a la mesa y la superior sujeta a la corredera o puente porta cuchillas si cuentan o no con un cuello de cisne [13].

1.7.2 Tipos de cizallas

Existen varios tipos de cizallas como por ejemplo las manuales que puede verse en la Figura 6 las cuales son para metal, podadoras y esquiladoras las cuales son usadas comúnmente en el sector textil [13].

Otras son las de tipo rodillo que son de uso en imprentas o para el ambiente personal o de oficina, debido a que está dedicada comúnmente al corte de papel, es decir, materiales de espesores o volúmenes pequeños [14].



Figura 6. Cizalla hidráulica [14]

1.7.2.1 Cizalla tipo de guillotinas

Las cizallas de guillotina son las más aplicadas a nivel industrial y comúnmente más usada en metales que tengan un espesor máximo de 25mm [20].

Dentro de estas cizallas se pueden distinguir la electromecánica e hidráulica.

De acuerdo con el Chavarría R. (Ingeniero Técnico Eléctrico), la técnica del proceso consiste en:

- Colocar sobre la mesa la chapa o lamina a cortar
- Ubicar el elemento en la posición de corte asistido por reglas graduadas ubicados en los soportes frontales y la galga de tope trasero.
- Activación de la corredera por la cual se lleva a cabo el corte
- La parte dividida de frente cae al suelo o al contenedor que tenga la máquina
- Se puede ejecutar una nueva operación de corte.

En la Figura 7 se muestra un esquema del funcionamiento.

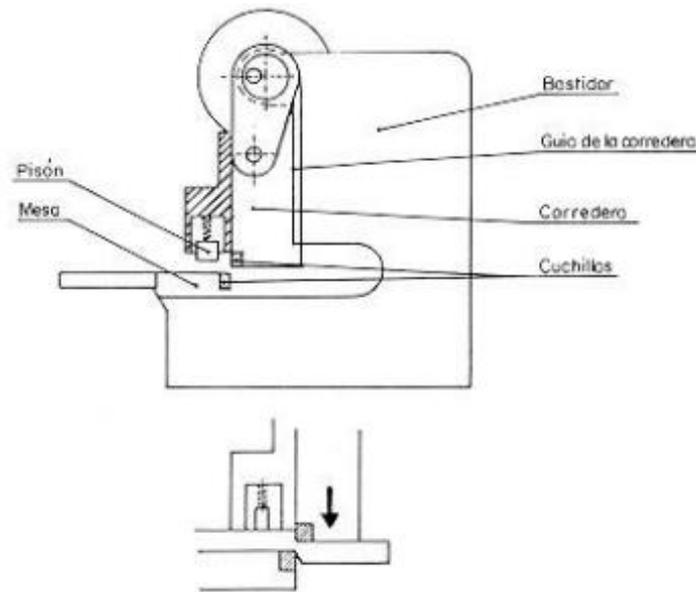


Figura 7. Esquema de funcionamiento [20]

1.8 Flujo de procesos de la fabricación del turrón

El ciclo que debe pasar el producto actualmente en la empresa “El Salinerito” cuenta con 4 etapas remarcables las cuales son:

- La preparación
- Moldeo
- Corte
- Clasificación

1.8.1 Preparación de masa del turrón

La creación de la masa del turrón de dulce toma por lo menos 150 minutos en ser preparada, para después poder incorporar el grano y la clara de huevo. Así, culminando la preparación para avanzar al siguiente proceso. Se muestra en la Figura 8 como en la marmita se mezcla la miel, azúcar y agua a una temperatura promedio de 100 °C.



Figura 8. Mezcla de elementos principales en la marmita

En la Figura 9 se muestra cómo se incorpora el grano una vez la consistencia de la masa sea la adecuada.



Figura 9. Adición de la nuez a la mezcla de turrón.

Para la preparación del turrón, primero se necesita mezclar en la marmita la miel de caña de azúcar y el agua, manteniendo una temperatura constante de 100°C. La máquina girará a unas 65 RPM durante 120 a 150 minutos. Luego, se incorporará a la mezcla la clara de huevo y las nueces previamente seleccionadas y horneadas, lo que resultará en la masa necesaria para elaborar el dulce.

La Figura 10 muestra la preparación de la masa de turrón mediante un diagrama de flujo.

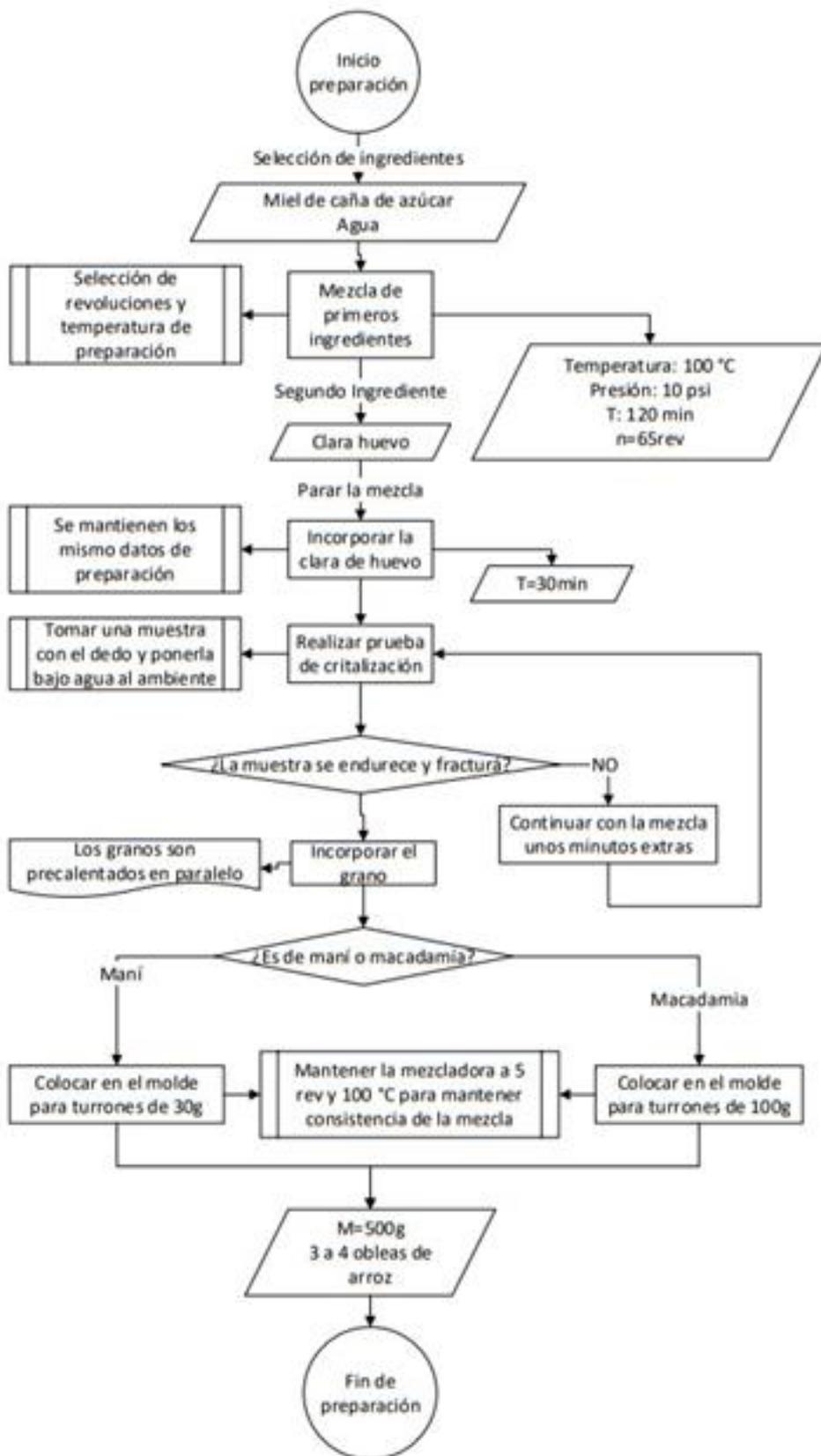


Figura 10. Flujograma del proceso de preparación.

1.8.2 Moldeo de la masa del turrón

En esta etapa se coloca en los moldes la masa ya con las obleas de arroz por encima y debajo del molde, para luego ser aplastadas por la prensa hidráulica y desmoldeadas para continuar con el proceso de corte. En la Figura 11 se presenta el proceso mediante un diagrama de flujo el proceso del moldeo.

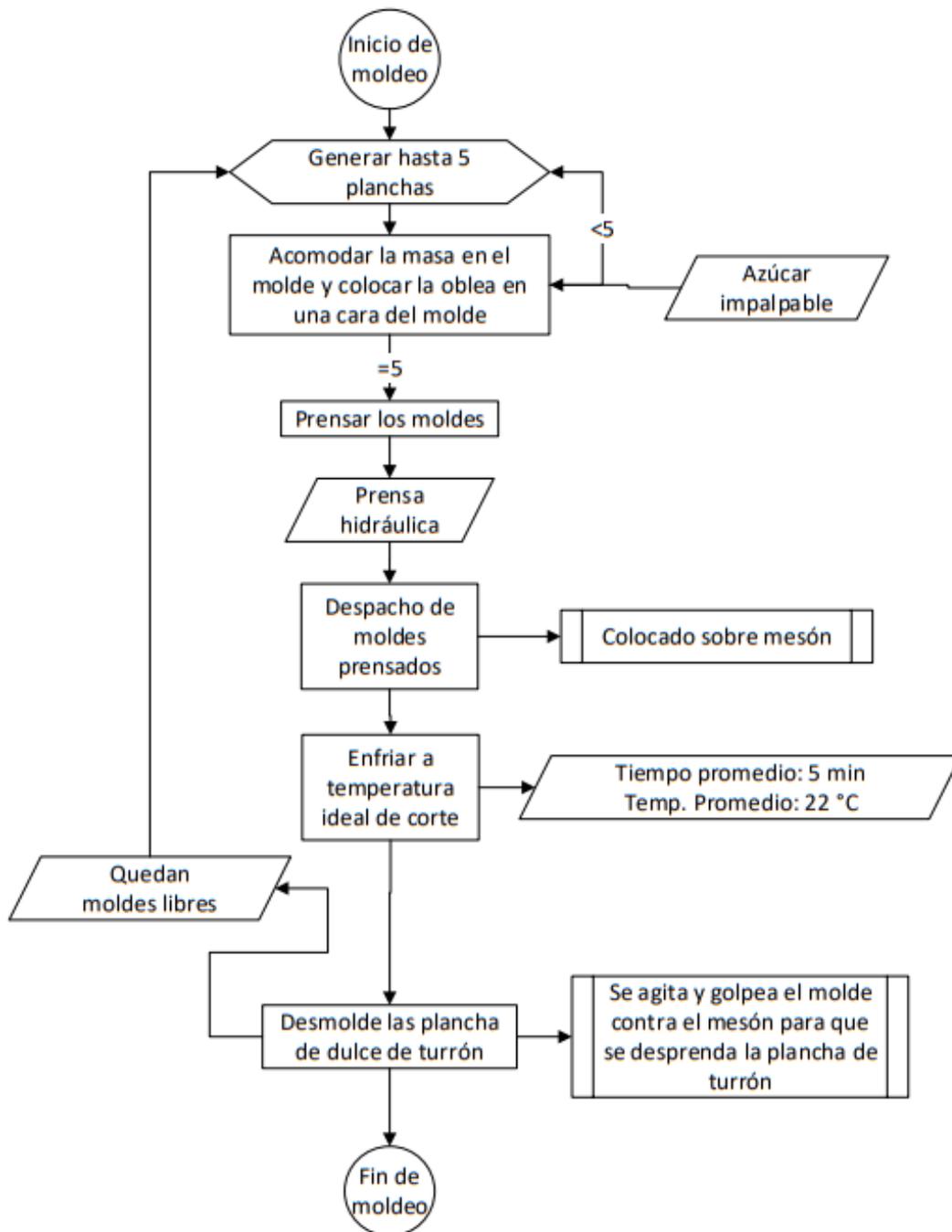


Figura 11. Flujograma del proceso de moldeo

Para el moldeado, se coloca la masa en una balanza y, posteriormente, se utiliza un conjunto de moldes donde se coloca el dulce entre obleas, tanto encima como debajo. Luego, este grupo de moldes preparados se coloca en la prensa hidráulica para que el producto adquiera la forma del molde. Después de esto, se procede a desmoldarlos y se dejan reposar para el siguiente proceso.

1.8.3 Corte de la plancha de turrón

Luego del proceso de moldeo, “El Salinerito” emplea para el corte una cierra de disco empotrada a un mesón estéril el cual se apoya de un carro sujeto a la bancada y orientado por guías según la producción entre 30 o 100 g. Sin embargo, la técnica de corte puede ser causante de accidentes con el operario, además de que, dado al criterio empírico el carro móvil tiende a desalinearse con la bancada, luego de un tiempo de producción se acumula viruta en el disco motivo por el cual se crean desperfectos con el corte y desperdicios. La Figura 12 muestra el proceso de corte mediante un diagrama de flujo.

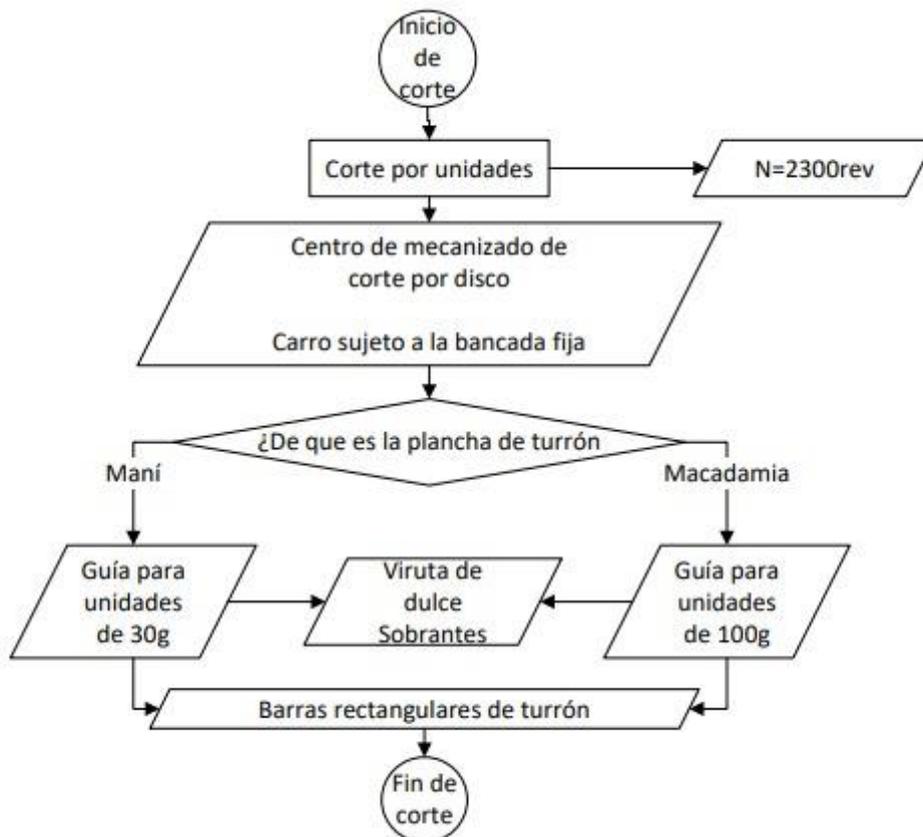


Figura 12. Flujograma del proceso de corte

El proceso actual de corte es bastante sencillo. Consiste en colocar dos planchas de turrón una encima de la otra sobre un carro móvil. El operario se ayuda de unas guías que delimitan el tamaño de la barra a cortar y, posteriormente, realiza el corte deseado utilizando una hoja de sierra a 2300 RPM.

1.8.4 Clasificación de las barras de turrón

En este último punto el producto ya cortado de acuerdo con la producción es analizado si se encuentra dentro de los criterios de calidad que debe contar la barra de turrón donde se comprueba el peso que debe estar bajo la tolerancia específica según el registro y debe ser geoméricamente rectangular según el molde, para poder continuar con el empaquetado del producto. En la Figura13 se representa mediante un diagrama de flujo el proceso para la clasificación de las barras.

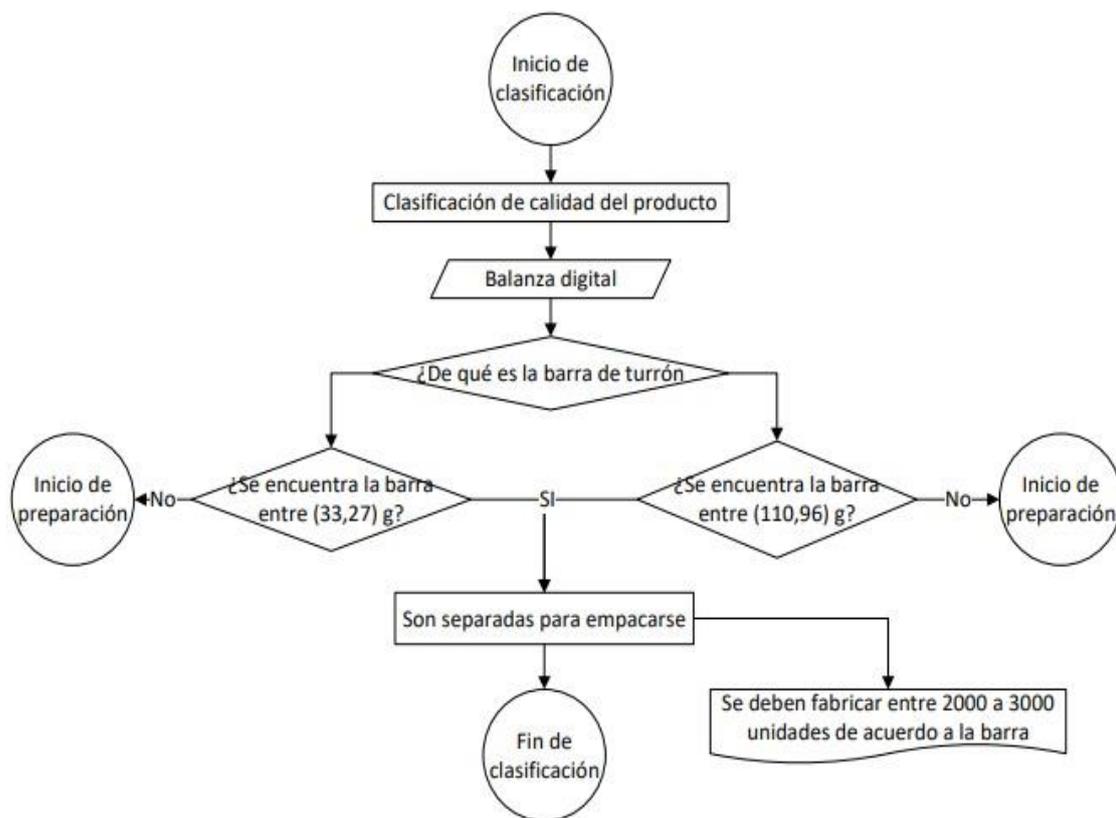


Figura 13. Flujograma del proceso de clasificación

Para la clasificación de los turrones, el operario pesa cada una de las barras. Cada tipo de barra cuenta con un rango de peso aceptable para el empaquetamiento, por lo que este

valor cambiará dependiendo del tipo de producción del día. Posteriormente, todas las barras que no cumplan con el peso aceptable serán devueltas a la marmita para su reproducción.

1.9 Área de producción

En la estación de producción de confites “El Salinerito” cuenta con una zona específica para la creación de las barras de turrón, ubicado en el ala norte de la confitería. Toda la zona se encuentra aclimatada a 20 °C. En la Figura 14 se muestra la distribución en la zona de producción con todas las máquinas, herramientas y mesas de trabajo.

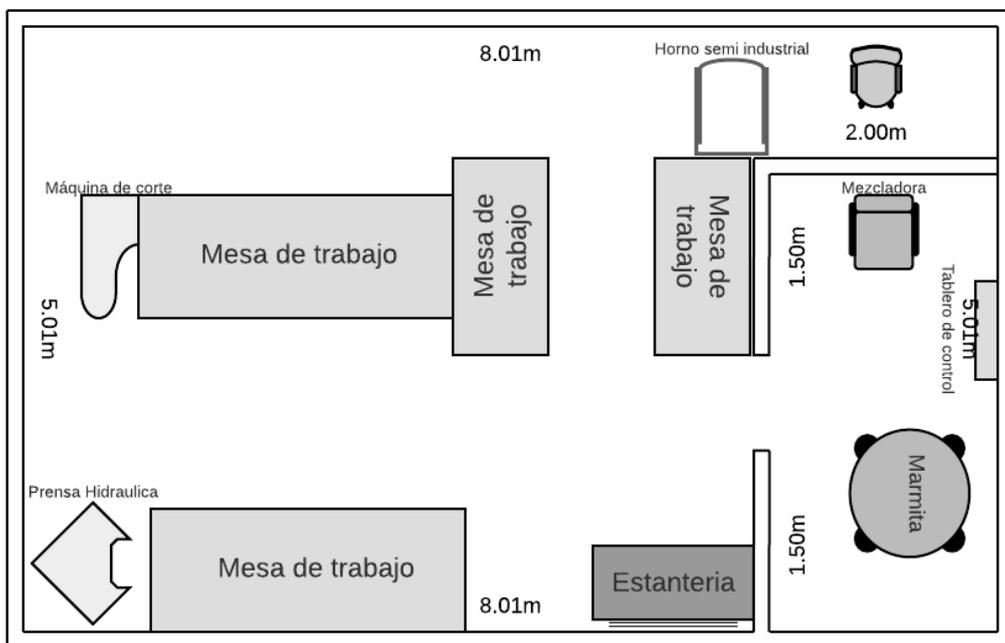


Figura 14. Espacio de Trabajo

1.10 Materiales usados en la industria alimenticia

Dentro de la industria alimenticia se optan por usar algunos materiales que se han considerado como higiénicos para cualquier artefacto. Según el “European Hygienic” Engineering and Desing Group (EHEDG) [15], se indica 6 materiales:

- Acero inoxidable
- Vidrio
- Cerámica
- Elastómeros

- Aluminio
- Plásticos: termoplásticos y termoestables

Estos materiales cumplen con características importantes las cuales son:

- Ser inertes al producto como: detergentes y desinfectantes
- Ser resistentes a la corrosión
- No ser tóxicos
- No contribuir a la proliferación de microorganismos
- Ser estables mecánicamente
- No ser absorbentes o porosos

1.10.1 Materiales Metálicos

1.10.1.1 Acero Inoxidable

El acero inoxidable es una aleación del hierro sumado a su contenido de carbono adicionando un porcentaje bajo de cromo lo cual evita la oxidación del material. Su uso en la industria alimenticia se aplica a superficies de trabajo, utensilios y maquinaria [16]. Este material conserva características que aportan en su amplio uso, de las cuales se mencionan:

- Resistente a la corrosión, detergentes y desinfectantes
- Resistente a impactos, abrasión y variaciones térmicas
- Material duradero de bajo mantenimiento
- Altamente accesible

El acero inoxidable posee tres clasificaciones generales que tienen relación de la composición de los elementos que conserva [17]:

- I. **Aceros martensíticos:** Son aquellos aceros inoxidables que solamente son al cromo por lo que no tiene una buena resistencia a la corrosión, pueden ser altamente resistente y duro si se trata térmicamente, son magnéticos y es de soldabilidad complicada [17].
- II. **Aceros ferríticos:** Estos aceros inoxidables mantienen una estructura ferrítica estable en cualquier condición de temperatura. Además, esta aleación ya conserva un contenido mínimo de molibdeno lo que le hace más resistente a la corrosión.

No puede ser endurecido por tratamiento térmico, tiene propiedades magnéticas y de difícil soldabilidad [17].

- III. **Aceros austeníticos:** Este grupo constituye el conjunto con una amplia gama de aleaciones razón por la cual es altamente resistente a la corrosión, también se endurece en frío, no son magnéticos, de fácil formado e higiene, de buena soldabilidad y muy resistentes a altas temperaturas [17].

1.10.2 Acero para elementos de construcción

Los aceros al carbono son muy utilizados a nivel industrial, debido a que estos contienen principalmente hierro con cantidades pequeñas de carbono, fósforo, magnesio, silicio y azufre [49].

I. Acero de muy bajo carbono

Este tipo de aceros son usados en elementos que están sometidos a un conformado en frío y van desde el SAE 1005 a 1015, de este tipo se dividen en aceros calmados que son aceros que poseen cualidades sobresalientes de deformación y terminación superficial, por otro lado, los aceros calmados que son sometidos a procesos de forjado y tratamiento térmico. Este tipo de aceros son muy buenos debido a su maquinabilidad [49].

II. Acero de medio carbono

Estos aceros se usan en propiedades mecánicas elevadas y por lo general llevan un tratamiento térmico para su endurecimiento, su uso es variado dado que estas piezas son sometidas a carga dinámicas elevadas, por lo que sus factores en sus propiedades mecánicas y la templabilidad varían de acuerdo con el contenido de manganeso o carbono.

Por ende, los aceros de menos contenido de carbono se encuentran en plaqueados o doblados suaves, por lo general estos llevan un recocido térmico, posteriormente, los aceros de mayor contenido de carbono son normalizados para luego de ser forjados para mejorar su maquinabilidad partiendo de barras laminadas que pueden ser o no tratadas térmicamente [49].

III. Aceros con alto contenido de carbono

Este tipo de acero está limitado en aplicaciones en las que se necesite aumentar la resistencia al agotamiento para obtener niveles de dureza elevados. En general, este tipo de aceros son tratados térmicamente por su uso pesado [49].

1.10.3 Materiales Plásticos

I. Polímeros

Los polímeros son altamente utilizados debido a su baja densidad, resistencia química, su bajo costo y conductividad térmica, de acuerdo con los distintos aditivos y el procedimiento de fabricación incorporados pueden ser más resistentes, además de que su vida útil es mayor [23].

II. Polímeros termoplásticos

Estos polímeros suelen ser resistentes a ácidos o alcalinos, productos de limpieza y desinfectantes, y son resistentes a las variaciones de temperatura. Se pueden ver presentes en tablas para picar, mesas de trabajo, bandas transportadoras, utensilios y contenedores [19].

Algunos de los termoplásticos más usados son:

- Polietileno (PE)
- Polipropileno (PP)
- Poliamidas (Nylon)
- Polietileno tereftalato (PET)

1.11 Tipo de uniones entre elementos

1.11.1 Unión Soldada

La soldadura es un proceso de fabricación en el que dos o más materiales se unen mediante la coalescencia de diferentes partes. La soldadura es un proceso de ensamblaje en el que las superficies de las piezas se fusionan mediante la aplicación de calor. Existen diferentes métodos de soldadura como: arco eléctrico, resistencia, láser, entre otros. Cada

método tiene sus propias características y se utiliza dependiendo del tipo de material y la unión con las condiciones que necesita.

Las uniones soldadas son ampliamente usadas en la industria de la construcción como, por ejemplo; estructuras metálicas, fabricación de maquinaria y equipos, industria aeronáutica, entre otras, puesto que proporcionan una unión resistente y duradera capaz de soportar las cargas mecánicas y las vibraciones en condiciones bastante duras [64].

1.12 Elementos de control

1.12.1 PLC

El PLC es un controlador lógico programable (PLC), usado en la automatización industrial para procesos electromecánicos, tales como maquinaria, líneas de montaje o juegos mecánicos. Las aplicaciones de los PLCs son variadas debido a su tamaño robusto y están presentes en diversos tipos de industrias, en contraste de otros dispositivos de control el PLC está diseñado y adaptado para múltiples entradas y salidas, capaz de soportar diferentes temperaturas, frecuencia, exentos al ruido eléctrico y resistencias a las vibración e impactos, ahora bien, en su estructura se encuentran baterías para respaldos y memorias no volátiles para el almacenaje de las órdenes del PLC [25].

Estos equipos poseen diversas ventajas como: realizar operaciones en tiempo real, adaptación de manera sencilla a nuevas tareas, elaborar proyectos complejos con una sola interfaz, interconectividad entre dispositivos, entre otros. Por su construcción y diseño este tipo de aparatos están diseñados para soportar ambientes pesados en las industrias. En su apartado de programación estos cuentan con software especializado, pero con lenguajes bastante comprensibles, con la necesidad de contar con técnicos especializados que se ocupen de un funcionamiento óptimo y correcto del mismo [25]. La Figura 15 muestra un diagrama generalizado que poseen los PLCs.

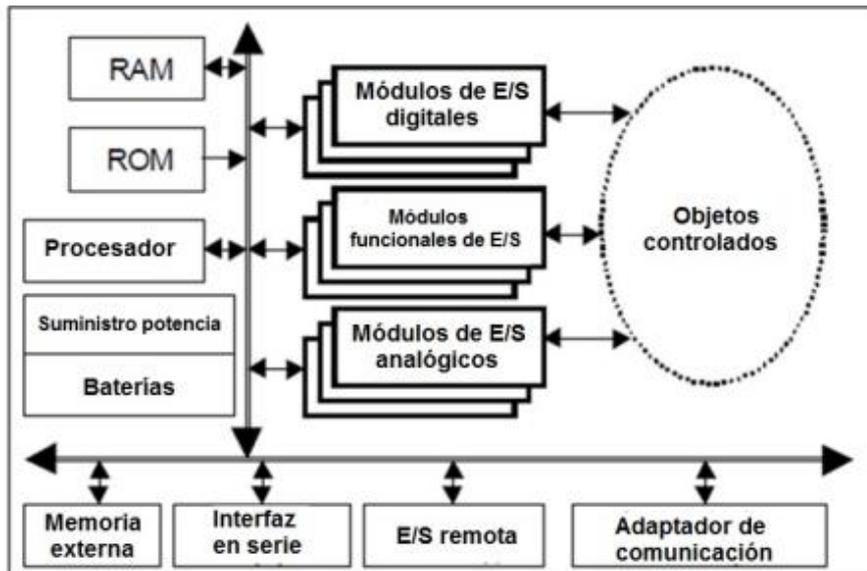


Figura 15.Diagrama de bloques de la arquitectura de un PLC [31]

1.12.2 PLC LOGO!

El PLC Logo! es un controlador compacto, flexible e inteligente elaborado por Siemens. Este controlador es uno de los más versátiles en el mercado y actualmente también cuenta con conexión a la nube. Por este motivo, ha ganado popularidad en el uso industrial, para edificaciones, entre más aplicaciones. Para la implementación de sistemas de control satisface de manera amplia y fácil en el uso de máquinas, invernaderos, domótica debido a su programación sencilla [18].



Figura 16. PLC Logo! Siemens [18]

1.12.3 Relé térmico 7/10 A

Un relé térmico es un dispositivo de protección para motores eléctricos que se usa para evitar sobrecargas y sobrecalentamientos en el sistema de control. Al ser 7/10 puede ajustarse entre esta corriente. El relé térmico se fija directamente debajo de los contactores, también tiene botones de prueba, restablecimiento manual, automático y contactores auxiliares de disparo. Puede proteger motores hasta de 4 kW a 400 V [19].



Figura 17. Relé térmico Schneider 7/10 A [16]

1.12.4 Sensor capacitivo

El sensor capacitivo se utiliza en materiales metálicos y no metálicos. Su núcleo consta de un electrodo que genera un campo eléctrico alterno que se extiende por toda la superficie de detección. Cuando un objeto se acerca al sensor, afecta el potencial eléctrico en el campo alterno o aumenta su capacitancia. La capacitancia es una medida de la capacidad de ciertos componentes para almacenar carga eléctrica [20].



Figura 18. Sensor capacitivo [17]

1.13 Máquinas usadas en la industria alimenticia

1.13.1 Máquinas de disco de sierra usado en la industria alimenticia

En la industria alimenticia, las máquinas de discos de sierra usadas son comúnmente conocidas como cortadoras de carne. Estas máquinas están diseñadas específicamente para cortar carne, embutidos y otros productos cárnicos en rebanadas o porciones con precisión y eficiencia.

Las cortadoras de carne con hojas de sierra que se utilizan en carnicerías, procesadores de carne, plantas de procesamiento de alimentos y otras instalaciones de la industria alimentaria. Estas máquinas tienen un disco circular afilado con dientes que corta productos cárnicos, como se muestra en la Figura 19.



Figura 19. Máquina cortadora para la industria alimentaria [37]

1.13.2 Guillotinas usadas en la industria alimenticia

Las guillotinas neumáticas son accionadas por aire comprimido y se utilizan en procesos que no requieren una gran potencia de corte porque el aire, al ser un fluido comprimible, genera la fuerza suficiente para los sistemas que lo utilizan. Por tanto, en este tipo de sistemas neumáticos se requiere rapidez, seguridad y sobre todo higiene del aire, por lo que este fluido es muy utilizado en el sector alimentario [30].

En este campo existen varios fabricantes de este tipo de máquinas como por ejemplo la guillotina ROSER mostrada en la Figura 20. Es usada ampliamente en el corte de jamón deshuesados, puesto que esta máquina usa un sistema en el cual sujeta la pieza a cortar y posteriormente realiza el tajo respectivo tratado de cuidar la calidad del producto, además de que esta máquina está construida en acero inoxidable y cuenta con una pantalla para el fácil uso de los operarios [30].



Figura 20. Guillotina Roser [30]

CAPÍTULO II

ANÁLISIS DE SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE DISEÑO

Para el análisis de alternativas, es fundamental investigar las posibles opciones y procesos que la máquina puede tener para lograr su propósito. En este sentido, la investigación de metodologías aplicables al corte alimenticio proporcionará diversos puntos de vista, opciones e ideas que serán de gran utilidad para implementar en el diseño final de la máquina cortadora de turrónes. Esta exploración permitirá identificar las mejores prácticas y enfoques más eficientes, garantizando así que la nueva máquina satisfaga las necesidades específicas de la empresa “El Salinerito” y mejore significativamente la calidad de sus productos.

2.1 Análisis de alternativas para la máquina

2.1.1 Alternativa 1: Disco de cierra

La alternativa para este diseño, la cual puede evidenciarse en la Figura 21, es análoga a la que la empresa ya usa, esta máquina usa un disco de cierra acoplado a un eje de un motor eléctrico, montado a un soporte y unido a una mesa fija que tiene un carro móvil para poder realizar el corte transversal. Toda la estructura es fabricada a base de acero a medio y bajo carbono con protecciones de acero inoxidable.

Esta alternativa es práctica para la operación de corte del turrón, sin embargo, genera un riesgo debido a que el operario debe estar entre un 90 a 100% interactuando con la herramienta de corte, lo cual puede ocasionar un accidente trágico.



Figura 21. Máquina de disco de cierre

2.1.2 Alternativa 2: Cizalla tipo Guillotina

La alternativa de cizalla tipo guillotina, mostrada en la Figura 18, es una opción que se usa en diversas empresas para el corte transversal o longitudinal. Este método de corte cuenta con una hoja de acero endurecida que es accionada por cilindros neumáticos. Esta máquina dispone de un sistema de transporte por bandas accionadas a través de un motor.

El sistema es controlado a través de un microcontrolador, de modo que, un sensor al detectar la presencia del dulce de turrón, la señal está activa para que el sistema realice la acción de corte, después de un tiempo determinado la guillotina realizará el seccionado obteniendo como resultado las barras con su forma y gramaje respectivos.

Esta alternativa es bastante aceptable para la operación del corte de turrón, no obstante, esta opción solo sería aplicable en una sola dirección de corte, dado que las planchas iniciales son de las mismas dimensiones para ambos dulces de turrón, por lo tanto, se tendría que volver a colocar las planchas ya cortadas para posteriormente repetir esta operación y obtener las barras más pequeñas, en la Figura 22 se muestra un prototipado de la máquina en cuestión.

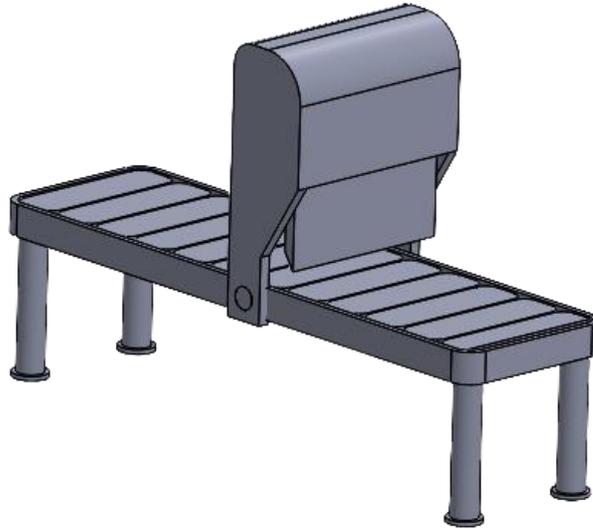


Figura 22. Guillotinadora

2.1.3 Alternativa 3: Eje de hojas circulares independientes

La alternativa de ejes de hojas circulares propone adaptarse a moldes análogos a los ya usados por la alternativa 1. Así, teniendo un corte dedicado al producto según su peso. La plancha de turrón será transportada por medio de una banda que cuenta con un motor monofásico acoplado al tambor accionador el cual transmitirá el torque necesario para su avance. Los ejes con los discos se encuentran localizados paralelamente a una distancia óptima para la liberación del producto; cada uno de ellos cuenta con un motor de menos de 1HP para dar su movimiento giratorio.

La máquina será controlada por medio de un controlador automático que se accionara por medio de botone que encenderán la máquina, para luego indicar el tipo de operación que corresponderá al producto según el tamaño del producto, por lo que las opciones en el selector serán:

- Se escoge el corte de 5cm de ancho.
- Se escoge el corte de 3 cm de ancho.

El sistema de trabajo se controlará mediante un sensor óptico o capacitivo, el cual detectará la presencia del molde de grilón y detendrá los motores en consecuencia. Esta implementación beneficiará al ahorro energético de la máquina, ya que no será necesario mantenerla encendida durante toda la producción.

La alternativa propuesta facilita el proceso de producción de los turrone, garantizando unidades con las dimensiones requeridas y optimizando el trabajo en las etapas de producción. Además, al ser un proceso secuencial y semiautomático, se reduce significativamente el riesgo de accidentes asociados a la manipulación de herramientas inadecuadas durante el corte.

Se muestra en la Figura 23 el prototipo inicial base planteado para la máquina.

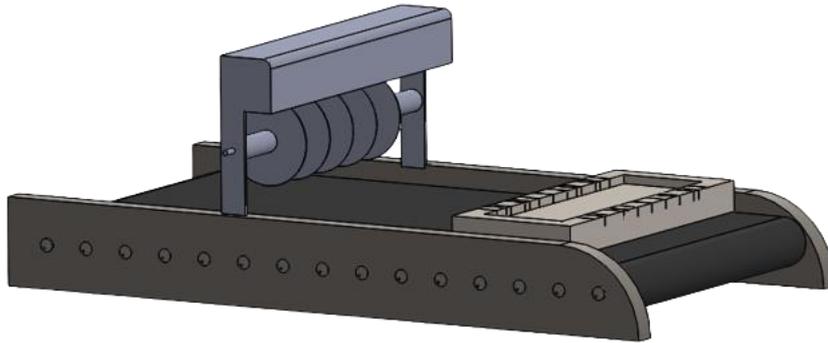


Figura 23. Máquina de Discos de corte

2.2 Cuadros de selección de alternativas para la máquina

En la Tabla 2 se analizan las alternativas de acuerdo con criterios puntuales de las diferentes máquinas. Así, se calificará la calidad en función de su peso y forma en el corte, el tiempo que es necesario usar para poder efectuar el proceso, además de la pérdida de material y el mantenimiento que implica cada máquina. Estos aspectos serán ponderados con:

- Criterios positivos
 - a) Alto = 3
 - b) Medio = 2
 - c) Bajo = 1
 - d) Nulo = 0
- Criterios negativos
 - e) Alto = 1
 - f) Medio = 2

g) Bajo = 3

h) Nulo = 0

Tabla 2. Matriz de selección de alternativas 1

Ponderación (%)	35 %	30%	20%	15%	Suma el 100%
Alternativas de corte	Peso y forma del producto final	Tiempo de Corte	Perdida del material	Mantenimiento	Puntaje de la Alternativa
Disco de cierra	2	3	2	2	2.3
Cizalla tipo guillotina	2	2	2	2	2
Ejes de hojas de corte circular	3	3	2	2	2.65

En la Tabla 3, se analizan las alternativas de acuerdo con criterios relacionados al uso y funcionamiento con el operario para el cual se evaluará su ergonomía, seguridad, control y operabilidad, donde se ponderará con los mismos valores que se usó para la Tabla 2.

Tabla 3. Matriz de selección de alternativas 2

Ponderación (%)	35%	30%	20%	15%	Suma el 100%
Alternativas de corte	Ergonomía	Control	Seguridad	Operabilidad	Puntaje de la Alternativa
Disco de cierra	2	2	1	2	1.8
Cizalla tipo guillotina	3	3	3	2	2.85
Ejes de hojas de corte circular	3	3	3	3	3

2.3 Análisis y resultado de selección de alternativas para la máquina

Una vez dadas las ponderaciones de acuerdo con las Tablas 2 y 3 se integrará los resultados en la Tabla 4, la cual resumirá cual ha sido la alternativa con mayor aceptación de la media de sus puntuaciones.

Tabla 4. Matriz de selección final de alternativas

Alternativa de corte	Matriz de selección de alternativas 1	Matriz de selección de alternativas 2	Media aritmética
Disco de cierra	2.3	1.8	2.05
Cizalla tipo guillotina	2	2.85	2.425
Ejes de hojas de corte circular	2.65	3	2.825

De acuerdo con los resultados obtenidos durante la comparación de los valores, se evidencia que la opción de ejes con cuchillas circulares es la más adecuada para el proceso de corte del turrón de dulce, debido a que resulta más práctica y segura tanto para los trabajadores como para el producto.

2.4 Diagrama de flujo de la máquina resultante

La alternativa 3 es la opción la cual se implementará dentro del proceso para la fabricación de las barras de turrón, como explica y muestra el diagrama de flujo en la Figura 24, la máquina integra un proceso mecatrónico que ahorra tareas comparado al trabajo actual.

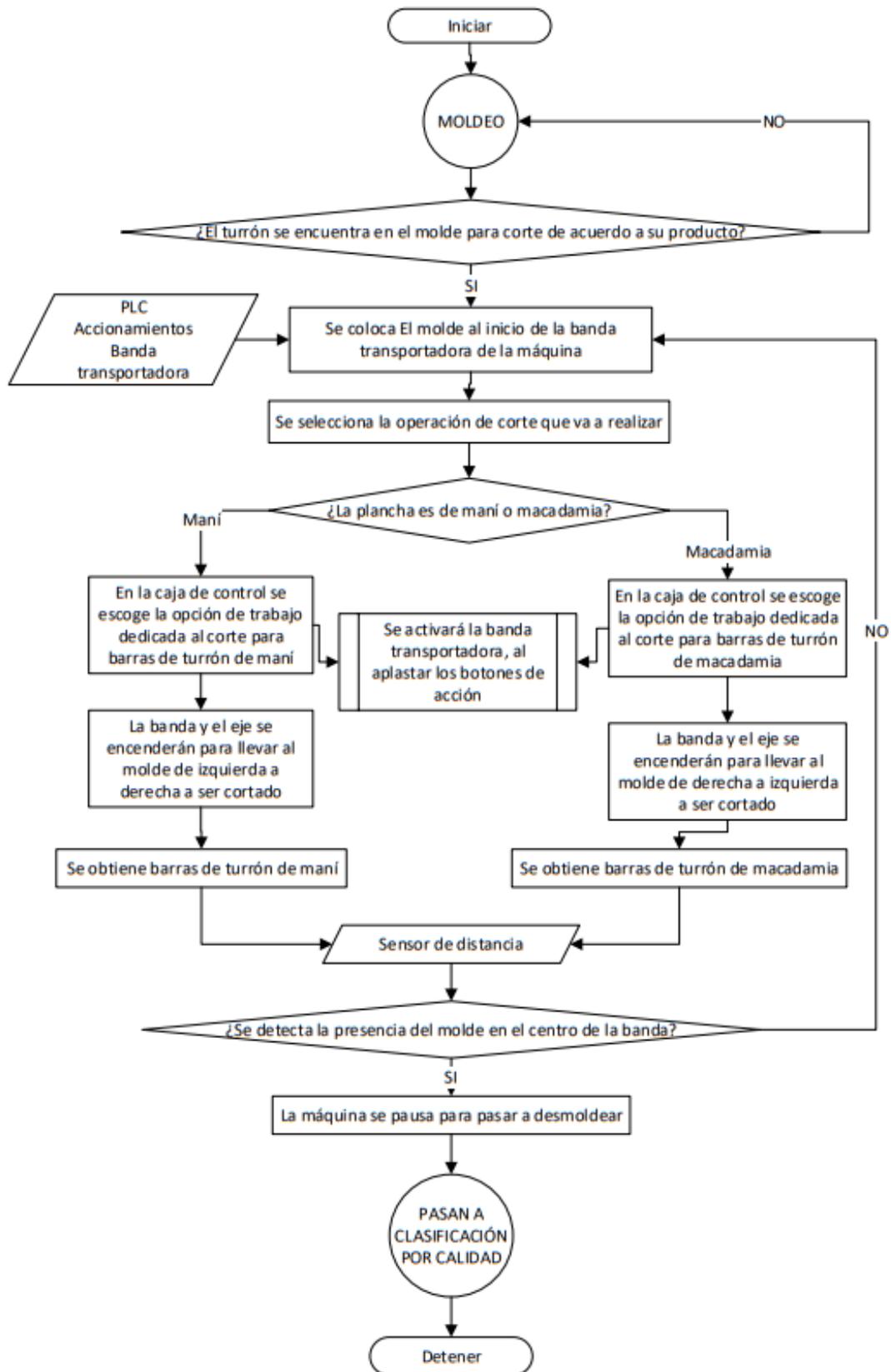


Figura 24. Diagrama de flujo del proceso elegido.

2.5 Materiales

2.5.1 Selección de materiales metálicos

Para el caso del proyecto, al estar relacionado con la industria alimenticia, el grupo que mejor se adapta a nuestra producción es el austenítico, que incluye aceros inoxidable de la familia AISI 300. En la Tabla 5 se mostrará la comparación entre dos materiales ejemplares para luego analizar su viabilidad [21].

Tabla 5. Cuadro comparativo de selección entre los aceros inoxidable AISI 304 y 316

Propiedades	AISI 304	AISI 316
Resistencia la corrosión	Excelente	Excelente
Aplicaciones o usos	Utensilios de cocina, equipos químicos, componentes	Equipo médico y dental, industria marina, aplicaciones criogénicas
Costo promedio	1.80 USD/kg	2.20 USD/kg

De acuerdo con los criterios expuestos se empleará para la construcción de componentes el AISI 304 dado que su resistencia a la corrosión, dureza y accesibilidad para adquirirlo. Su aplicación además está muy acorde con la industria a la que va destinado y su precio se acomoda a las necesidades.

En la Tabla 6 se mostrará la composición y propiedades del AISI 304.

Tabla 6. Propiedades y características del AISI 304 [22]

Propiedades	AISI 304
Limite elástico	380-550 MPa
Ductilidad	Alta
Resistencia la corrosión	Excelente
Aplicaciones o usos	Equipos alimenticios, equipo médico y quirúrgico, utensilios de cocina, equipos químicos, industria farmacéutica, textil
Costo promedio	1.80 USD/kg

2.5.2 Selección del acero para elementos estructurales

Para escoger el acero para elementos estructurales se consideró en que piezas será usado este material puesto que estos están sometidos a un trabajo de varias horas, por lo que se optó por usar aceros comerciales como los son el AISI 1018 y el AISI 1020 ambos laminados en frío, de modo que en la Tabla 7 se muestran datos comparativos entre ambos materiales.

Tabla 7. Tabla de Comparaciones entre el Acero AISI 1018 Y 1020

Propiedades	AISI 1018	AISI 1020
Resistencia a la tracción	441 MPa	421 MPa
Dureza Brinell	126	121
Aplicaciones	Flechas	Base de matrices
	Tensores	Soportes
	Pernos de dirección	Engranajes
	Caderas	Pernos de anclaje
	Catarinas	Ejes
	Piñones	Cadenas
	Engranajes	Bujes
	Tornillos sin fin	Tornillería corriente
		Pasadores de baja resistencia

Debido a que ambos aceros son ampliamente usados y poseen características similares la selección de este dependerá del trabajo que se esté realizando, se considera la fatiga resistencia al desgaste y los factores ambientales que este material soporte además de la dureza, maquinabilidad, resistencia a la corrosión entre otros factores que determinen su elección.

2.5.2.1 Análisis de costo del AISI 1018 y AISI 1020

Se realizará una comparativa entre los costos de ambos aceros, los serán detallados en la Tabla 8.

Tabla 8.Costos de acero AISI 1018 y 1020

Tipo de acero	Dimensiones	Costo [kg/USD]
AISI 1018	3x120x120	20 – 30
AISI 1020	3x120x120	25 – 40

Selección del acero

Para poder llegar a la conclusión en la selección de aceros, se considerará su lugar de uso, dado que algunas partes de la máquina se encuentran fabricadas de este tipo de material.

En la Tabla 9 se muestran datos comparativos de ambos materiales.

Tabla 9. Cuadro comparativo de selección del acero AISI 1018 y 1020

Parámetros de Comparación	AISI 1018	AISI 1020
Resistencia al agua	Aceptable	Aceptable
Resistencia al Oxido	Aceptable	Aceptable
Corrosión	Media	Media
Recomendación de Uso	Regular	Regular
Precio	Moderado	Moderado

En base a los datos obtenidos y comparados se considera como mejor opción el acero AISI 1018, puesto que como se lo va a usar de manera constante está sometido a un mayor desgaste y trabajo por lo que sus propiedades lo vuelven el material indicado para implementarlo, además de ser un acero comercial bastante usado y fácil de encontrar relacionado con su precio accesible.

2.5.3 Selección de materiales poliméricos

En la Tabla 10 se compararán las características, propiedades de estos 4 materiales para poder analizarlos [23].

Tabla 10. Cuadro comparativo de selección de polímeros termoplásticos

Propiedades	Polietileno (PE)	Poliuretano (PU)	Poliamida (Nylon)	Polietileno tereftalato (PET)
Resistencia a la tracción (MPa)	20 – 40	20 – 70	50 – 80	50 – 100
Módulo de elasticidad (MPa)	1000 – 2000	500 – 1000	1000 – 3000	2000 – 4000
Dureza (Shore D)	40 – 80	40 – 95	70 – 120	70 – 90
Temperatura de fusión (°C)	110 – 135	160 – 220	180 – 260	240 – 260
Resistencia a la abrasión	Buena	Excelente	Excelente	Buena
Flexibilidad	Alto	Alto	Media – Alta	Baja
Costo (USD)	1 – 2	5 – 15	5 – 10	1.5 – 5
Aplicaciones	Envases, tuberías, juguetes, láminas	Ruedas, sellos, recubrimiento, espumas	Cuerdas, textiles, componentes mecánicos	Envases, fibras, películas, botellas
Maquinabilidad	Buena	Buena	Moderada Buena	Moderada Baja

De acuerdo con todas las características y a las condiciones de trabajo a los que le material será expuesto el polímero que ayudará será el nylon (poliamida), dado que su flexibilidad, resistencia a la abrasión y módulo de elasticidad aseguran que su vida útil será extensa, además de que este material para su manufactura es confiable y al ser industrialmente usado es accesible conseguirlo.

2.6 Métodos de unión entre elementos

2.6.1 Selección de soldadura para elementos con acero AISI 1018

Para la selección de la soldadura para el acero AISI 1018, se contempló el uso de dos tipos de soldaduras: la soldadura SMAW y la soldadura MIG/MAG. Se realizará un análisis comparativo entre ambas para determinar su idoneidad en la máquina.

Para su análisis se contemplará los siguientes criterios:

A. Proceso de soldadura:

- SMAW: En la soldadura SMAW se utiliza un electrodo revestido como material de aporte
- MIG/MAG: En la soldadura MIG/MAG se emplea un alambre de soldadura continuo y un gas inerte p activo, este proceso es más rápido en comparación con la SMAW.

B. Velocidad de soldadura.

- SMAW: El proceso SMAW es más lento debido al cambio de electrodos.
- MIG/MG: La soldadura MIG/MAG es más rápido debido a que su alambre es más largo lo que traduce a que no presenta interrupciones.

C. Control y precisión

- SMAW: la soldadura SMAW puede requerida más habilidad y experiencia para lograr una soldadura decente.
- MIG/MAG: la soldadura MIG/MAG es más fácil de controlar y proporcionar una soldadura más uniforme debido a que este tipo de soldadura es más automatizada.

D. Portabilidad y flexibilidad:

- SMAW: el equipo de SMAW es más portátil y se puede utilizar en diversas opciones.
- MIG/MAG: Aunque la movilidad no es tan fácil este proceso es más versátil en otras aplicaciones.

E. Penetración y fusión.

- SMAW: la SMAW ofrece una mayor penetración lo cual es mejor en soldar juntas más gruesas.

- MIG/MAG: la soldadura MIG/MAG aunque tiene menos penetración es adecuada para materiales delgado u operaciones que requieren menos distorsión térmica.

2.6.1.1 Cuadros de selección de alternativas para la soldadura

De acuerdo con los criterios anteriormente se ponderará ambas alternativas en la Tabla 11, dichos aspectos se calificarán de acuerdo con los siguientes criterios:

A. Criterios positivos

- Alto = 3
- Medio = 2
- Bajo = 1
- Nulo = 0

B. Criterios negativos

- Alto = 1
- Medio = 2
- Bajo = 3
- Nulo = 0

Tabla 11. Selección del método de soldadura

Ponderación (%)	35%	30%	25%	20%	Suma el 100%
Alternativas de soldadura	Penetración y fusión	Control y precisión	Velocidad de Soldadura	Portabilidad y flexibilidad	Puntaje de la Alternativa
SMAW	3	2	1	3	2.25
MIG/MAG	2	3	3	2	2.5

Por lo tanto, la soldadura SMAW es mejor para trabajos en los que las condiciones de soldadura sean bastante exigentes, mientras que la soldadura MIG/MAG se destaca por su uso en aplicaciones industriales y producción en serie debido a su velocidad. Por lo que en este caso se utilizará la soldadura MIG/MAG debido a los componentes de la máquina y sus materiales.

2.6.2 Uniones apernadas

Los tornillos son ampliamente utilizados como elementos mecánicos debido a su conocida resistencia, facilidad de montaje y capacidad para evitar vibraciones. Tienen dos aplicaciones principales: en primer lugar, se utiliza para unir varios elementos, lo que se denomina unión atornillada. Por otro lado, también se utilizan para transformar el movimiento rotatorio en movimiento lineal, que es una forma de transmisión de potencia.

Las uniones apernadas proporcionan una conexión mecánica robusta debido a que estos pasan por orificios perforados de la pieza luego se coloca el perno con sus tuercas y arandelas en los extremos correspondientes. Al apretar las tuercas, se genera una fuerza de compresión que mantiene las piezas juntas.

2.6.3 Modos de fallo en uniones apernadas

Se tiene que comprobar que los elementos que conforman la unión no estén bajo tensiones y los agoten causando fallos, según su forma de trabajo esta puede fallar de diferentes maneras.

- I. La unión puede fallar por agotamiento del material dado que las tensiones presentes son valores demasiado altos y los hacen trabajar hacia más allá del límite elástico del material.
- II. Comprobar la fuerza y esfuerzo que se produce en la unión, puesto que los tornillos y tuercas trabaja por fuerzas cortantes y aplastamiento, así que es necesario comprobar que esta no se desgarre.

2.6.4 Selección de Motores

Para la selección de motores se contempló el uso de motores monofásicos y trifásicos. Por lo tanto, los criterios que se tomaran para la elección del tipo de motor serán: la instalación, el costo, la disponibilidad, consumo eléctrico por lo que en la Tabla 12 se ponderaran cada motor dependiendo de los criterios anteriormente mencionados, con los mismos valores de ponderación usadas en las tablas anteriores.

Tabla 12. Selección del motor

Ponderación (%)	35%	30%	25%	20%	Suma el 100%
Alternativas de Motor	Instalación	Costo	Consumo eléctrico	Disponibilidad	Puntaje de la Alternativa
Monofásico	3	1	3	2	2.25
Trifásico	3	3	2	2	2.5

La elección de un motor para la máquina dependerá del presupuesto, la eficiencia requerida y la disponibilidad en el suministro eléctrico. Por lo tanto, si se tiene en cuenta que el costo inicial y la facilidad de la instalación son los principales criterios para la selección, el motor más apropiado para la máquina sería el motor Monofásico.

2.6.5 Selección del Controlador

Para la selección de un controlador se selección entre dos posibles candidatos el PLC Logo! y el PLC siemens S7-1200, por lo que en la Tabla 13 se expone los criterios de selección del controlador para la máquina.

Los criterios que se analizarán serán: el costo, la facilidad de programación, la conectividad y la escalabilidad, usando las mismas ponderaciones de las anteriores tablas.

Tabla 13. Selección del controlador

Ponderación (%)	35%	30%	25%	20%	Suma el 100%
Alternativas del controlador	Programación	Costo	Conectividad	Escalabilidad	Puntaje de la Alternativa
PLC ¡LOGO!	3	3	2	1	2.25
PLC S7-1200	3	1	1	3	2

Por lo tanto, la elección dependerá de las necesidades que tenga el proyecto. La cortadora tendrá una aplicación sencilla sin demasiadas entradas y salidas, el PLC Logo sería la mejor opción por su bajo costo.

CAPITULO III

DISEÑO, ENSAMBLAJE Y SIMULACIÓN

En este capítulo se presentará el diseño y montaje de la máquina de eje con cuchillas de corte circular, que realizará la operación de corte de turrón blando. Se detallarán los materiales seleccionados para su montaje, así como los componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos que, dependiendo del diseño, contarán con soporte matemático para asegurar su correcto funcionamiento. Este enfoque permitirá dar una visión completa y precisa de la maquinaria propuesta, garantizando su eficiencia en el proceso de corte y contribuyendo a mejorar la calidad del producto final.

3.1 Diseño de la máquina

Para el diseño final de la máquina, se utilizó el software de diseño SolidWorks para crear e incorporar todos los componentes y piezas que constituyen el funcionamiento de esta. En la Figura 25 se muestra un esquema general que representa todas las partes que integran el diseño definitivo de la máquina. Este enfoque detallado permitirá visualizar de manera clara y precisa la estructura completa de la máquina, asegurando que cada componente esté correctamente ubicado y funcionando en armonía para lograr un corte de turrón eficiente y de alta calidad.

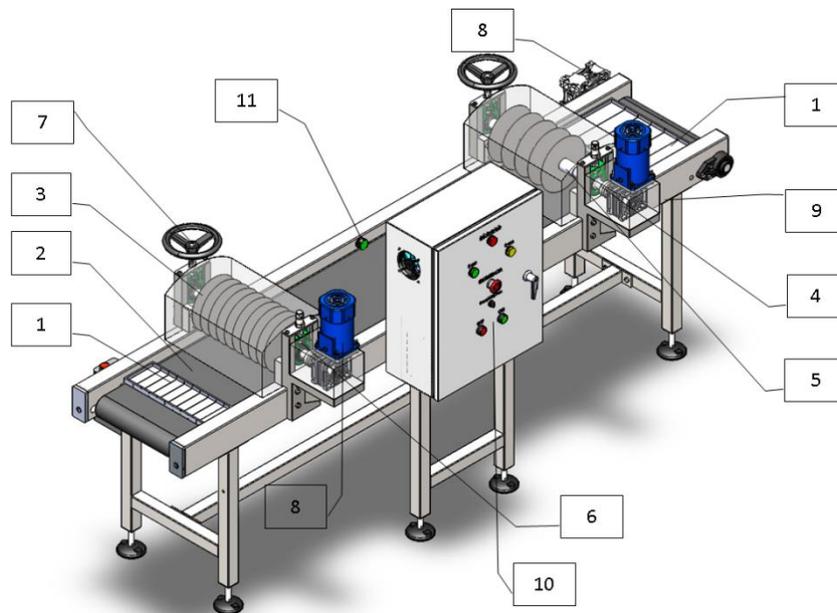


Figura 25. Máquina cortadora de turrónes de dulce.

En la Tabla 14 se indica cada uno de los componentes y piezas que constituyen la máquina cortadora de turrónes de dulce.

Tabla 14. Partes, piezas y componentes de la máquina cortadora de dulces de turrón

Numero de pieza	Parte, componente o pieza	Función
1	Moldes	Permite a la masa de turrón de dulce tomar la forma de una plancha de acuerdo con las dimensiones y según su producción
2	Banda transportadora	Permite el transporte del molde con su producto para realizar el respectivo corte
3	Discos	Son parte del juego de elementos que constituyen el corte. Es la herramienta que cortará las planchas de turrón
4	Ejes	Es parte de juego para el corte, el cual transmitirá el giro.
5	Bocines	Ajusta los discos colocados en el eje
6	Chumacera	Soporta los ejes de la cortadora
7	Tornillo aliviador	Eleva los ejes de su posición efectiva de trabajo
8	Motor reductor	Motor eléctrico incorporado con un mecanismo de reducción de velocidad.
9	Protecciones y soporte para motores	Asegura y protege a los motores evitando cualquier contacto externo
10	Tablero de control	Gabinete donde está el sistema de control de la máquina junta el PLC
11	Sensor capacitivo	Reconocerá la presencia del molde para detener la banda transportadora

En el ajuste para la unión y fijación de varias de las partes de la cortadora se usarán pernos y tornillos de diferentes medidas.

3.2 Molde

Este elemento será el medio por el cual se dará forma al producto, de acuerdo con el tipo de turrón que se decida fabricar. Según su producción, existen dos tipos de turrón y, por

consiguiente, dos tipos de moldes. En el caso de los turrone de maní, su molde está adecuado a las dimensiones de 100×300×10 mm de la plancha de turrón, a través de la cual se obtendrán barras de 30 g. Mientras tanto, para los turrone de macadamia, su molde se ajusta a las dimensiones de 200×300×10 mm de la plancha de turrón, de la cual se obtendrán barras de 100 g. En la Figura26 se pueden observar los moldes diseñados a base de nylon.

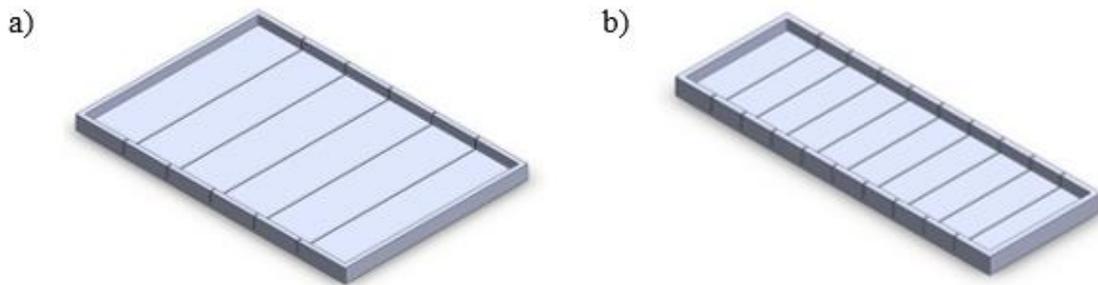


Figura 26. a) Molde para turrone de 100 g, b) molde para turrone de 30 g

El molde que corresponde a la producción de barras de turrón de 30 g posee dimensiones de 110×310×16 mm, mientras que para la producción de barras de turrón de 100 g posee dimensiones 210×310×16 mm, en el caso de ambos moldes para sus paredes superior e inferior se han creado ranuras de 1 mm de espesor aproximándose al espesor de 0.6 mm que tienen los discos de corte y en la base se han creado canales respetando el mismo espesor y dando una profundidad de 3 mm, esto con la finalidad de evitar un contacto directo con el filo del disco.

3.3 Discos de corte

Para los discos de corte se contempló dos opciones, la primera fue conseguir discos de sierra totalmente lisos y que sean de acero inoxidable porque estos van a estar en contacto con el alimento y es crucial que este no tenga óxidos ni agentes externos que comprometan a la calidad del producto, la Figura27 muestra el modelo del disco de corte.

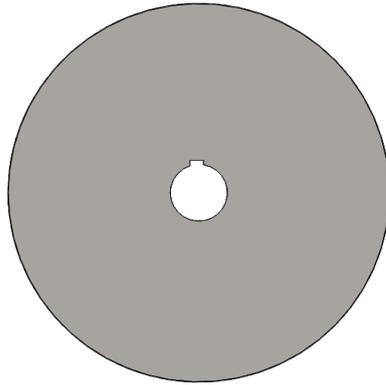


Figura 27. Modelo de Disco de corte.

La geometría del disco debe ser de diamante liso para que no realice un arranque de viruta sino un corte limpio entre las secciones del molde, de acuerdo con diversos catálogos como Dewalt, Bosch y otros fabricantes no producen discos en si para alientos. Por lo que se recurrió al mercado chino para consultar si existen discos de este tipo, efectivamente el mercado asiático fabrica este tipo de discos todos hechos a medida de acuerdo con el criterio del cliente en diferentes aleaciones, numero de dientes, diámetros, entre otros.

Por lo que en la Figura27 se presenta el modelo propuesto para el corte, el disco de corte tiene las dimensiones que se precisa para realizar el corte del turrón, dicha herramienta, cuenta con un espesor de 0.6 mm y un acabado en su borde en V de 45° para que realice la incisión de manera correcta como se aprecia en la Figura28.

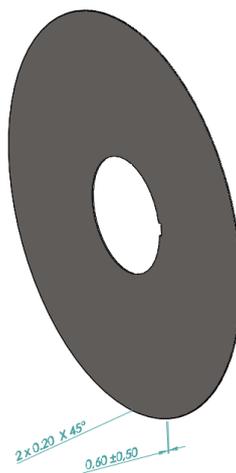


Figura 28. Angulo de acabado

3.4 Banda Transportadora

Los parámetros que se tomarán en cuenta para la selección y dimensionamiento de la banda transportadora corresponderán a la suma de los pesos del molde, su contenido y la carga necesaria para el corte de los turrónes cuando se encuentra en esa zona. A través de la Tabla 15 se mostrarán los valores de las masas obtenidas de acuerdo con tipo de molde. Para encontrar estos valores se usará la Ecuación 8 y 9 respectivamente:

$$m_c = m_m + m_{td} \quad (8)$$

Donde:

m_{t1} : masa entre el molde y el producto [kg]

m_m : masa del molde [kg]

m_{td} : masa de la plancha de turrón de dulce [kg]

Del mismo modo usando las nomenclaturas para las masas se obtiene la Ecuación 9.

$$m_{t2} = m_m + m_{td} + m_c \quad (9)$$

m_{t2} : masa entre el molde, el producto y para efectuar el corte [kg]

m_c : masa para realizar el corte [kg]

De acuerdo con los resultados de la Tabla 15 se analizará la obtención de la banda a través de la Figura del molde para barras de 100 g.

Tabla 15. Cantidad de masa según el tipo de molde [24]

Parámetro	Molde para barras de 30 g	Molde para barras de 100 g
Dimensiones del molde [mm]	100×300×10	200×300×10
Masa del molde (mm) [kg]	0.703	1.016

(4) [kg]	1.003	1.306
(5) [kg]	5.321	5.624

El modelo matemático usado para el cálculo y diseño de la banda transportadora se obtendrá del libro de Siegling [24], del cual se optará por la Figura mostrada en la Figura 29.

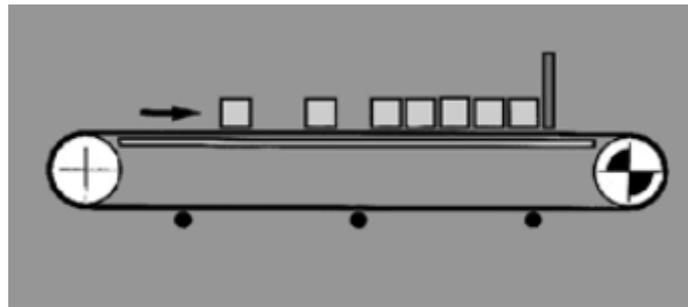


Figura 29. Figura para banda transportadora [24]

De acuerdo con Siegling [25], es necesario determinar la masa aplicada a través de un metro de toda la banda transportadora completamente cargada. La longitud de la banda (lbt) de acuerdo con el dimensionamiento de la máquina es de 2000 mm. A través de la Figura 30 se mostrará la Figura según el molde seleccionado.

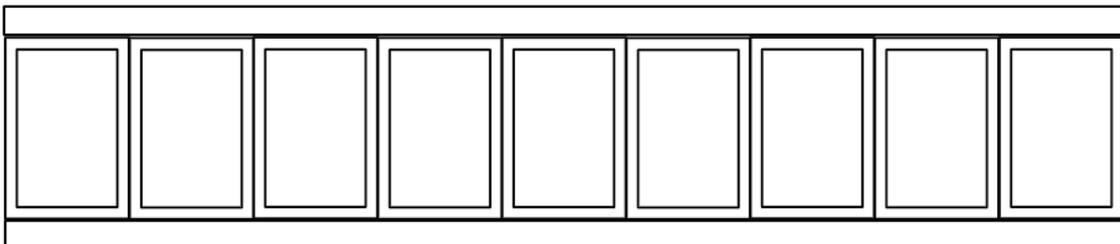


Figura 30. Distribución de los moldes para barras de 100 g en toda la banda transportadora

Para conocer cuántos moldes caben en un metro de la banda transportadora se deberá realizar el siguiente cálculo usando la Ecuación 10:

$$C_{m100} = \frac{1}{l_{m100}} \quad (10)$$

$$C_{m100} = \frac{1}{0.22} \quad (11)$$

$$C_{m100} = 4.545 \approx 4 [m^{-1}] \quad (12)$$

Donde:

C_{m100} : Unidad de moldes por metro [m^{-1}]

l_{m100} : Longitud del molde [m]

De acuerdo con el cálculo se conoce que en la banda caben aproximadamente 4 de moldes. Sin embargo, según el ensamble de la máquina cortadora, la Figura de las herramientas de corte se encuentra ubicado a 600 mm del inicio de la banda, como puede observarse en la Figura 31.

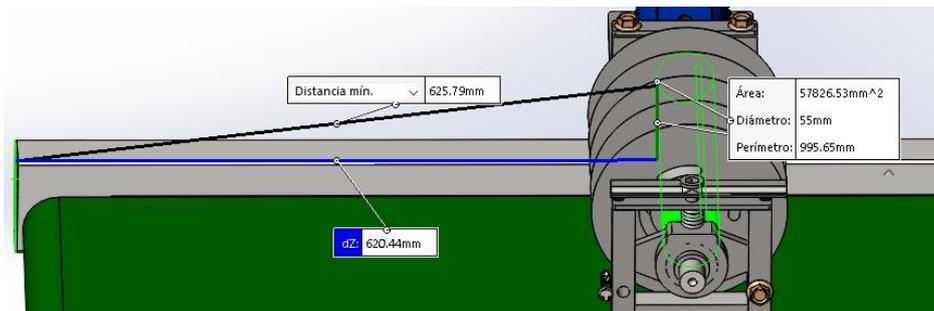


Figura 31. Posición de los discos de corte en la banda transportadora

Lo que resulta como consecuencia que, en uno de los 4 moldes a lo largo del metro de la banda, gane masa por efecto del corte. Aplicando la Ecuación 14 se determinará en cuál de los 4 moldes recae dicha masa.

$$C_{m100} = \frac{0.6}{0.22} \quad (14)$$

$$C_{m100} = 2.727 \approx 3 [m^{-1}] \quad (15)$$

Por lo tanto, para el cálculo de la masa se deberá contemplar las masas de m_{t1} y m_{t2} encontradas anteriormente en la Tabla 15, según se muestra en la Figura 32.



Figura 32. Diagrama para el cálculo de la masa real aplicada

En consecuencia, se obtiene la Ecuación 16 a partir de la suma de Ecuación 9; para el cálculo de la carga efectiva que actúa en un metro de la banda transportadora.

$$m_{Ra} = 3m_m + m_{td} + 0.545m_m \quad (16)$$

$$m_{Ra} = 3.545m_m + m_{td} \quad (17)$$

$$m_{Ra} = 3.545(1.306) + 5.624 \quad (18)$$

$$m_{Ra} = 3.545(1.306) + 5.624 \quad (19)$$

$$m_{Ra} = 10.254 \frac{kg}{m} \quad (20)$$

Usando la Ecuación 21 se encontrará la masa completa que se transporta a través de la banda como se muestra en la Figura 32.

$$m = (8m_m + m_{td}) \cdot l_{bt} \quad (21)$$

$$m = (8(1.306) + 5.624) \cdot 2 \quad (22)$$

$$m = 32.144 [kg] \quad (23)$$

Ahora, se procederá a calcular el tirón efectivo de la banda que de acuerdo con la Figura que propone Siegling [25] según la Figura 31 se debe aplicar la Ecuación 24:

$$F_U = \mu_T \cdot g \cdot \left(m + \frac{m_B}{2}\right) + \mu_R \cdot g \cdot \left(\frac{m_B}{2} + m_R\right) + \mu_{ST} \cdot g \cdot m \quad (24)$$

Donde:

F_U : Tirón efectivo [N]

μ_T : Coeficiente de fricción al correr sobre el soporte de la mesa

g : Longitud del molde [m/s^2]

m : Masa del producto transportado en toda la longitud transportadora [kg]

m_B : Masa de la cinta transportadora [kg]

μ_R : Coeficiente de fricción al pasar sobre el rodillo

m_R : Masa de todos los motores giratorios, excepto el tambor impulsor [kg]

μ_{ST} : Coeficiente de fricción para transmitir acumulado

Los coeficientes de fricción mencionados se considerarán según el Anexo A: Tablas para cálculo de banda transportadora, que acorde al tipo de banda transportadora que se empleará. De acuerdo con la acción a realizar se optará por usar la banda PHR2-90MF LIXBB-NA black FR obtenido de los catálogos de la empresa FORBO [24] la cual se muestra en la Figura 33.



Figura 33. Banda transportadora PHR2-90MF LIXBB-NA black FR [25]

La masa de la cinta transportadora se obtiene del Anexo B: Características de la banda transportadora, a partir de la hoja de datos de la banda, se puede encontrar la masa de la banda expresada en [kg/m^2], motivo por el cual se podrá encontrar su masa medida en [kg] al multiplicar por el área de esta en función de la máquina detallados en la Ecuación 25:

$$m_B = A_{bt} \cdot W_{bt} \quad (25)$$

$$m_B = 2 \cdot 0.31 \cdot 4.3 \quad (26)$$

$$m_B = 2.666 \text{ kg} \quad (27)$$

Donde:

A_{bt} : Área de la banda transportadora [m^2]

W_{bt} : Carga de la banda distribuidora [kg/m^2]

Luego, se necesita conocer la masa del tambor que se muestra en la Figura 34, el cual posee una $m_B = 0.99 \text{ kg}$.

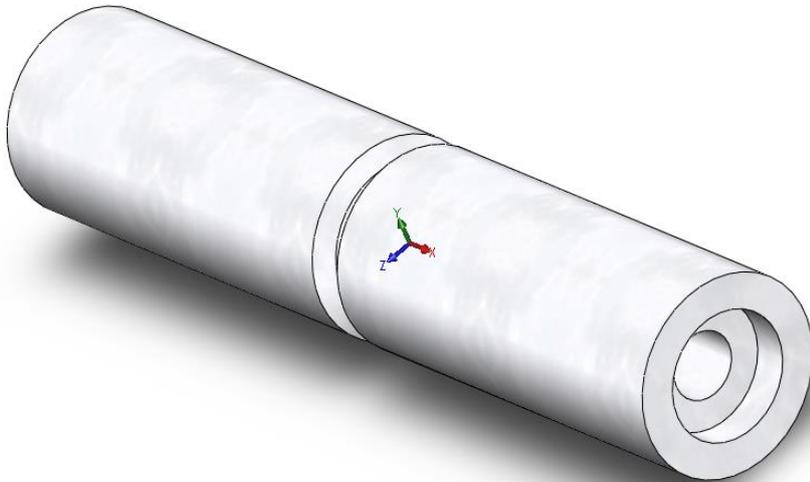


Figura 34. Tambor conducido por la polera motriz

Una vez ya conocidos todos los datos que especifica la Ecuación 28 se podrá obtener el tirón que realiza nuestra banda transportadora

$$F_U = 0.45 \cdot 9.81 \cdot \left(32.144 + \frac{2.666}{2} \right) + 0.04 \cdot 9.81 \cdot \left(\frac{2.666}{2} + 0.99 \right) + 0.5 \cdot 9.81 \cdot 32.144 \quad (28)$$

$$F_U = 306.362 \text{ N} \quad (29)$$

Una vez obtenida la fuerza de tirón se procederá con el cálculo la fuerza de tracción máxima a través de la Ecuación 30.

$$F_1 = F_u \cdot C_1 \quad (30)$$

$$F_1 = 306.362 \cdot 2.1 \quad (31)$$

$$F_1 = 643.36 \text{ N} \quad (32)$$

Donde:

F_1 : Fuerza de tracción máxima [N]

C_1 : Coeficiente de corrección para tambores impulsores obtenido de la Tabla A.2

Conociendo la fuerza de tracción máxima se podrá calcular la potencia que requieren los tambores como sugiere Siegling [25] usando la Ecuación 33 será:

$$P_A = \frac{F_1 \cdot v}{1000} \quad (33)$$

$$P_A = \frac{643.36 \cdot 3.915}{1000} \quad (34)$$

$$P_A = 2.518 \text{ kW} \quad (35)$$

Donde:

P_A : Potencia para accionamiento de tambores [W]

v : Velocidad de avance de la banda [m/s]

La velocidad de avance de la banda está directamente relacionada con la velocidad de giro que tendrá el eje con los discos de corte la cual es de 3.915 m/s.

Sin embargo, esta potencia calculada es la ideal sin considerar la potencia posible consumida por el sistema. Por lo cual se conocerá la potencia para la banda en función de la eficiencia promedio en motores eléctricos $\eta=0.96$, la cual se aplicará en la Ecuación 36:

$$P_{bt} = \frac{P_A}{0.96} \quad (36)$$

$$P_{bt} = \frac{2.518}{0.96} \quad (37)$$

$$P_{bt} = 2.624 \text{ kW} \quad (38)$$

Donde:

P_{bt} : Potencia para la banda transportadora [kW]

Adicional, también es posible calcular el diámetro para los tambores considerando la Ecuación 39:

$$d_A = \frac{F_1 \cdot C_3 \cdot 180}{b_0 \cdot \beta} \quad (39)$$

$$d_A = \frac{643.36 \cdot 40 \cdot 180}{310 \cdot 180} \quad (40)$$

$$d_A = 83.014 \text{ mm} \quad (41)$$

Donde:

C_3 : Factor de cálculo para tambores impulsores obtenido de la Tabla A.3.

b_0 : Ancho de la banda transportadora [mm]

β : Arco de contacto entre la banda y el tambor

Resolviendo la ecuación 15 se obtiene:

Una vez obtenido todos los cálculos antes realizados se procede a implementar en el diseño de la banda transportadora que es parte de la máquina cortadora de dulces de turrón la cual se puede ver en la Figura 35.

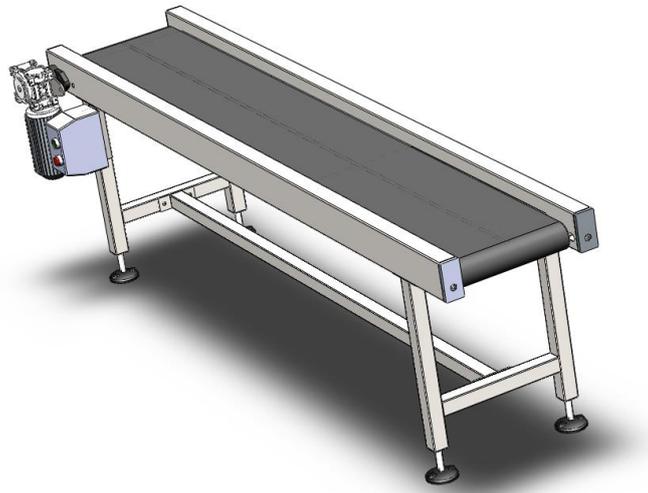


Figura 35. Banda transportadora empleada para la máquina cortadora de dulces de turrón

3.5 Motorreductor para la banda

Para el caso de la banda según lo calculado anteriormente, se conoce que la potencia requerida es de 2.62 kW y también se encontró un motor reductor del tipo FRD3 del catálogo de VARVEL el cual tiene una potencia de los 0.06 kW a 22 kW con una reducción de dos engranajes el cual baja sus revoluciones de 1400 rpm a 70 rpm, según se puede observar en la Figura 36, obtenido del Anexo C: Catalogo Motores de VARVEL.

RD3 - 420 Nm - 1400 rpm										63	71	80	90	100	112
	i_n	i_r	n_2 [rpm]	M_2 [Nm]	P_1 [kW]	F_{r1} [N]	F_{r2} [N]	J_1 ($\times 10^{-4}$) [kgm ²]							
	20.0	19.362	70	390	3.19	1110	4200	2.9048		⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	

Figura 36. Motor escogido para la banda transportadora [26]

Al saber que el giro de los ejes corresponde a 70 rpm se puede determinar la velocidad de avance, el apartado de la banda transportadora se menciona que es de 3.915 m/s. Para conocer a las revoluciones que debe girar los tambores de la banda, se deberá hacer un despeje y adaptación de la Ecuación 42.

$$n = \frac{V_C}{\pi \cdot d_A} \quad (42)$$

$$n = \frac{5.34}{\pi \cdot 0.083} \quad (43)$$

$$n = 15.014 \text{ rpm} \quad (44)$$

El motor FRD32 presentado en la Figura 37 posee 4 polos, un factor de servicio de 3.5 y 13.5 kg [26].

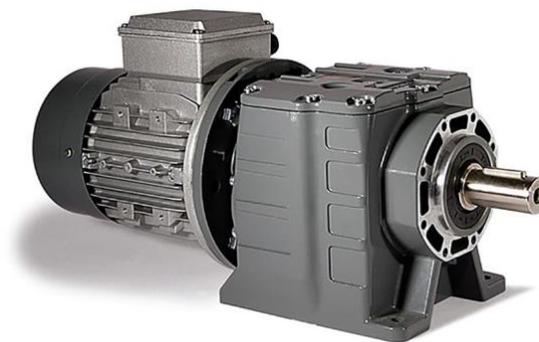


Figura 37. Motor reductor FRD132 [26]

3.6 Motorreductor para el eje

Para el cálculo del motor reductor que se empleara en los ejes se utilizarán datos anteriormente calculados como lo es la carga total que soporta el eje y el diámetro de los discos, cargas externas, entre otros. Ahora como una velocidad referencial, se tomó como ejemplificación a una máquina de corte que cumple un trabajo análogo al que realiza nuestra cortadora de barras según se muestra en el Anexo D: Data Sheet of candy sheet, cutting machine, dicha máquina cuenta con una velocidad de 70 rpm.

Durante la fase de experimentación se usó una balanza para medir la fuerza con diversos cuchillos, durante este proceso uno de los cuchillos con los que se realizó la experimentación se asemeja al espesor del disco que se usó para la máquina, en la Figura 38 se presenta como se realizó la experimentación.



Figura 38. Experimentación con las barras de turrón.

Obtenido los siguientes resultados con respecto a diferentes ensayos que se realizaron con este cuchillo, cabe recalcar que el turrón se encuentra a una temperatura de los 19°C a los 20°C así que su textura no variara, dichos resultados se encuentran en la Tabla 16.

Tabla 16. Resultados de la experimentación.

Ángulo de corte [grados]	Peso en la balanza [lb]	Peso en kg
0°	9.5	4.318
10°	9.5	4.318
15°	10	4.545

Después de obtener todos los datos necesarios se procede al cálculo de la potencia necesaria del motor, por lo que se realiza un diagrama para ejemplificar las fuerzas que actúan con respecto al turrón como se muestra en la Figura 39.

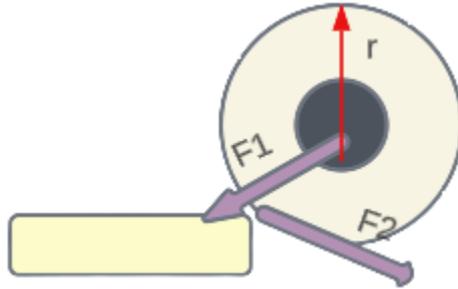


Figura 39. DCL de las hojas de corte con el turrón

El valor de 4.318 kg se lo multiplica por el valor de la gravedad para obtener su fuerza el cual es de 42.71 N, el torque será analizado con la Ecuación 45, donde r será el radio del disco.

$$T = F * r \quad (45)$$

$$T = 42.71 \times 0.085 \quad (46)$$

$$T = 3.6 \text{ Nm} \quad (47)$$

Por último, la potencia necesaria para el motor que necesita el motor se analiza con la Ecuación 48 y el valor de velocidad referencial que son las 70 rpm transformadas a rad/s (9.55rpm =1 rad/s), da como resultado 7.33 rad/s

$$P = T \times w \quad (48)$$

$$P = 3.6 \times 7.33 \quad (49)$$

$$P = 26.39 \text{ W} \quad (50)$$

Donde:

w: la velocidad (rad/s)

Reemplazando los valores del torque y la potencia, se obtiene:

Habiendo encontrado la potencia necesaria del motor para el movimiento de los ejes, se necesita calcular la potencia de entrada la cual se obtiene de la Ecuación 51.

$$Ne = \frac{P}{\eta} \quad (51)$$

Donde:

Ne: Potencia de entrada

η : eficiencia del motor

Para lo cual usara el catálogo de Cestary [47], menciona que la eficiencia de sus motorreductores es de 0.985, reemplazado en la Ecuación 52. Se tiene que:

$$Ne = \frac{26.338}{0.985} \quad (52)$$

$$Ne = 26.74 \text{ W} \quad (53)$$

Mediante el valor de Ne , se usará al Anexo E: Características de motores reductores; y junto a la potencia obtenida se seleccionará el motor apropiado, pero, en el catálogo no se encuentra un motor de dicha potencia así que se escogerá el motor con la potencia más baja, el cual es de 0.12 kW.

Para determinar la velocidad del motor reductor n_s , se considera que el mismo vaya a una velocidad de 70 rpm, por lo que Cestary [47] proporciona la velocidad de sus motores en 1750 rpm a 60 Hz.

Se procede a la relación de transmisión que se necesita tener la velocidad de entrada con la de salida, por lo que se usara a Ecuación 54.

$$i = \frac{n_e}{n_s} \quad (54)$$

$$i = \frac{1750}{70} \quad (55)$$

$$i = 25 \quad (56)$$

Donde:

n_e : es la velocidad de entrada. [rpm]

n_s : es la velocidad de salida [rpm]

Tras obtener la potencia de entrada y la relación de transmisión requerida, en el catálogo de Cestary se selecciona el motorreductor que corresponde a la relación de transmisión más cercana. En este caso, la relación de transmisión necesaria es $i=25$, pero al no encontrar dicha opción, se opta por el valor inferior disponible, que es $i=23.68$.

Una vez definida la relación de transmisión, procedemos a determinar la potencia de mando, la cual está afectada por el factor de servicio del motor. De acuerdo con el Anexo E, el valor del factor de servicio será de 1.25, ya que el motor está destinado para su uso en la industria alimenticia.

Por lo tanto, para calcular la potencia de mando, utilizaremos la Ecuación 57, que considera el factor de servicio mencionado para garantizar un funcionamiento óptimo y seguro del motorreductor en el proceso de corte del turrón.

$$Nm = F_s \times N_e \quad (57)$$

$$Nm = 26.74 \times 1.25 \quad (58)$$

$$Nm = 33.425 \text{ W} \quad (59)$$

Con los datos obtenidos, procedemos a comparar los resultados en la tabla del fabricante para la elección del motor adecuado. Si la potencia resultante sigue siendo baja, se optará por seleccionar la potencia más baja disponible en el catálogo del fabricante.

En cuanto a la relación de transmisión, se escogerá la velocidad del motor que más se asemeje a la requerida para el proceso de corte. En este caso, el motor identificado cuenta con una velocidad de 66.26 rpm y un torque de salida máximo de 17 N.m.

Tomando en cuenta estas consideraciones, se elige el motor que cumpla con las especificaciones necesarias para el correcto funcionamiento de la máquina cortadora de turrone, asegurando así su eficiencia y rendimiento óptimo durante la producción.

3.7 Eje

3.7.1 Análisis a torsión del eje

Para el cálculo del eje de trabajo se considerará de acuerdo con el acero para la construcción de elementos estructurales, el cual tiene una fuerza límite de 440 MPa, estableciéndose así un factor de seguridad de 2.

Por lo que se calcula el esfuerzo de trabajo de acuerdo con el factor seguridad y el esfuerzo último del material, usando la Ecuación 60.

$$\tau_T = \frac{\tau_i}{n} \quad (60)$$

$$\tau_T = \frac{440}{2} \quad (61)$$

$$\tau_T = 220 \text{ MPa} \quad (62)$$

Donde

τ_i : es el esfuerzo último del material [MPa].

n: factor de seguridad propuesto.

De acuerdo con el esfuerzo de trabajo calculado y el torque del motor elegido el cual es de 16 N.m, se realiza el cálculo del diámetro del eje, con la Ecuación 64.

$$\tau_T = \frac{16T}{\pi d^3} \quad (64)$$

Donde:

T: torque del motor [N.m].

d: es el diámetro [mm].

Despejando el diámetro de la Ecuación 64 se obtiene:

$$d = \sqrt[3]{\frac{16T}{\pi\tau_T}} \quad (65)$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{16 \times 17}{\pi \times 220}} \quad (66)$$

$$d = 0.732 \text{ mm} \quad (67)$$

Obteniendo un eje de 0.732, por lo que ahora se analizara el eje a flexión para determinar el eje más adecuado para el sistema.

3.7.2 Análisis a flexión del eje

Para cada disco, se debe aplicar una carga de 42.271N a través del eje. Una vez obtenida la fuerza necesaria, se procede a analizar la flexión de este elemento, lo cual será planteado en la Ecuación 68.

Además, se tiene información adicional sobre el eje: su longitud es de 450 [mm], y sus sujeciones están ubicadas a 60 y 370 [mm] desde el extremo izquierdo. Las cargas se encuentran espaciadas proporcionalmente entre ellas, con un espaciado de 30 [mm] de acuerdo con la Figura 40.

Con estos datos se podrá evaluar la resistencia y capacidad de flexión del eje para garantizar que cumple los requisitos y asegurar su correcto funcionamiento mientras cuelga el proceso de corte del turrón.

$$\sigma = \frac{M_{max} \cdot c}{I} \quad (68)$$

Donde;

σ : Esfuerzo sometido a flexión [MPa]

M_{max} : Carga necesaria para efectuar el corte [Nmm]

c : centroide geométrico [mm]

I : Inercia [mm⁴]



Figura 40. Esfuerzo a flexión del eje.

Para realizar el siguiente análisis, se empleará el software MDSolid, el cual permitirá delimitar todas las especificaciones previamente mencionadas. Gracias a este análisis, se obtiene el valor del momento máximo, que asciende a 22,474.33 Nmm, como se puede observar en la Figura 41.

Este valor del momento máximo es fundamental para evaluar la resistencia y capacidad de flexión del eje en las condiciones de carga esperadas durante el corte del turrón. Con esta información, se podrá verificar si el eje cumple con los requerimientos de resistencia necesarios para asegurar un funcionamiento seguro y confiable de la máquina cortadora de turrónes.

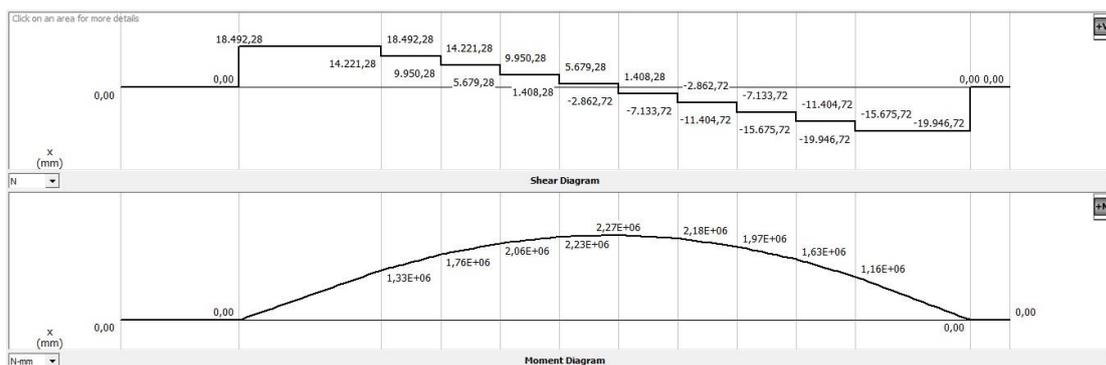


Figura 41. Diagramas de fuerza y momento obtenido del software MDSolid

3.7.3 Factor de seguridad (fs)

A partir de la Tabla 17 tomada de SafetyCulture [27] se conoce que el trabajo el cual tendrá que realizar el eje no es muy exigente.

Tabla 17. Criterios para un correcto factor de seguridad

Aplicación	Factor de Seguridad
Usado con materiales altamente fiables donde las condiciones de carga y medioambiente no son severas, adicional el peso es de mucha importancia	1.3 – 1.5
Usado con materiales fiables donde las condiciones de carga y medioambiente no son severas	1.5 - 2
Usado en materiales comunes u ordinarios donde las condiciones de carga medioambiente no son severas	2 – 2.5
Usado en materiales medianamente frágiles del cual su uso es relativo, pero la carga y medioambiente no son severas	2.5 – 3
Usado para materiales no tan comunes, experimentales de propiedades debatibles o inciertas, o a su vez son materiales fiables, pero bajo condiciones severas	3 - 4

Dado que el eje estará operando bajo condiciones controladas y estables y estará fabricado con AISI 1018, se realizará un análisis de factor de seguridad, superando un valor de 2 para garantizar su robustez. Para determinar el eje más adecuado, se utilizarán los datos de las Tablas del Anexo F: Tablas para cálculo de eje [29]. El catálogo ofrece magnitudes de tubos basados en AISI 1018 de distintos diámetros y espesores.

El esfuerzo último a tracción de este material es de 440 MPa, según la Tabla A.3, y se muestrearán todos los ejes identificando el valor de su factor de seguridad. A partir del eje con un diámetro de 15,875 mm, el factor de seguridad supera el límite considerado de la

Tabla 17. Sin embargo, por efecto de diseño, se opta por sobre dimensionar el eje a 25,4 mm, que se adecúa de manera correcta al conjunto y es más fácil de conseguir.

A través de los catálogos de DIPAC presentados en el Anexo G: Catálogo de DIPAC, se analizaron varios ejes comerciales desde 3/8 de pulgada hasta 1 pulgada, evaluándolos en SolidWorks según su factor de seguridad. Tanto desde el punto de vista estético como funcional, el eje de una pulgada, es decir, de 25.40 mm, se considera idóneo para el trabajo requerido en la máquina cortadora de turrónes.

3.8 Chumacera tensora

Los ejes serán soportados en unas chumaceras aliviadoras de tensión la cual se podrá escoger mediante el Anexo H: Catalogo para chumaceras. Debido a que se conoce que el eje en sus apoyos tiene un diámetro de 25 mm se seleccionará una chumacera FBJ UCP 205, como se muestra en la Figura42.

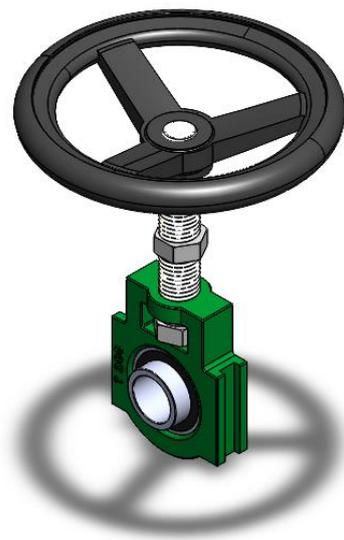


Figura 42. Chumacera

3.9 Bocines

Los bocines, son parte del eje debido a que este elemento tiene como objetivo hacer presión entre los discos y el eje para que estos no se muevan entre sí, este elemento cuenta con una pequeña ranura por donde pasara un seguro para que los discos y los bocines queden estáticos y solo giren junto con el eje, además que el modelo cuenta con dos tipos

de bocines, dos que se atornillan al eje los cuales cumplen la función de seguros y presión entre el sistema, y otro tipo de bocín para la separación entre discos.

El material utilizado será el polímero de Nylon puesto que este elemento se encuentra a una fuerza constante y terminará desagotándose con el tiempo, por lo que usará un material plástico que resultará más barato para su reemplazo, el diseño de las piezas en cuestión se encuentra en la Figura43.

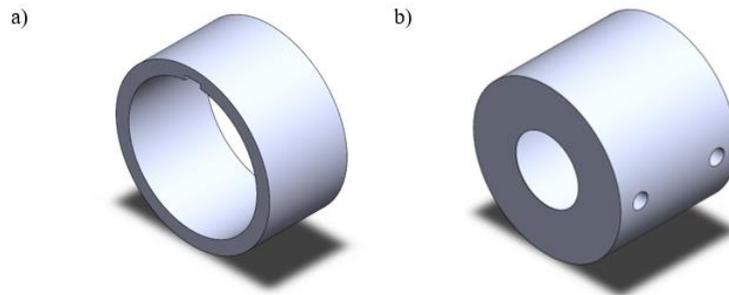


Figura 43. Bocines de 3cm

Los bocines, son primordiales para los discos y el eje, puesto que estos cumplen la función de mantener estático las cuchillas. El elemento se encuentra en compresión con los demás objetos, al saber que el límite elástico del nylon es de 60 MPa y el área de contacto entre el bocín y el eje equivale a 2500 mm² se conocerá la fuerza máxima que es posible aplicar es de 150 kN, dado que no existen tolerancias entre ambos componentes y considerando un $f_s \geq 2$ para evitar su deformación, se usara una centésima de la fuerza mencionada, es decir 1.5 kN, además de que esta fuerza es hasta tres veces mayor que la fuerza que se necesita para poder cortar los turrone, es decir, la fuerza se aplica según como lo muestra la Figura44.

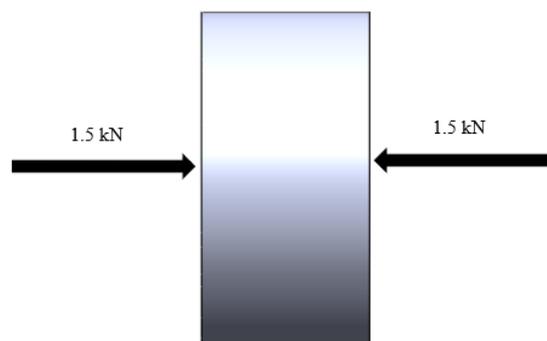


Figura. 44. DCL del bocín.

3.10 Base para el motor

La base del motor se modelo como se muestra en la Figura 45, será la pieza en la cual este elemento se coloque para que transmita su torque hacia el sistema

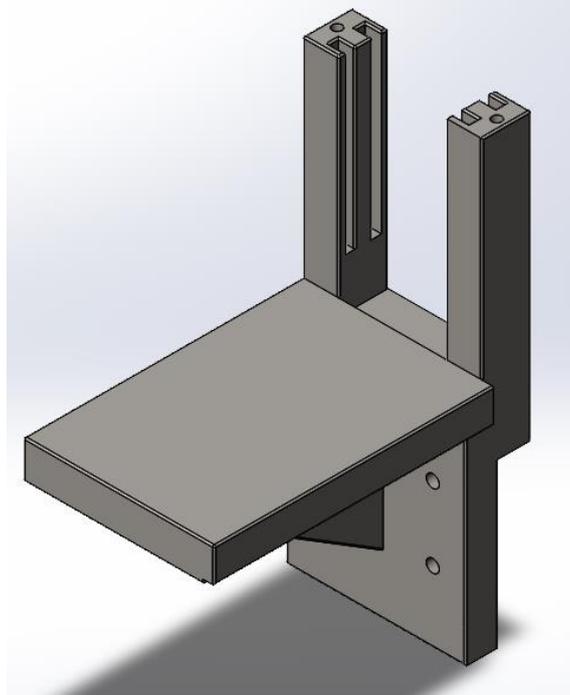


Figura 45. Base para el motor.

Al ser una viga fija de un largo de 170 mm con una carga referente al peso del motor de 12 kg, transformado a la fuerza que se aplica en ese punto seria de 117.6 N, se realiza el análisis de la viga en voladizo.

La carga se encuentra en la mitad del sistema como muestra la Figura 46.

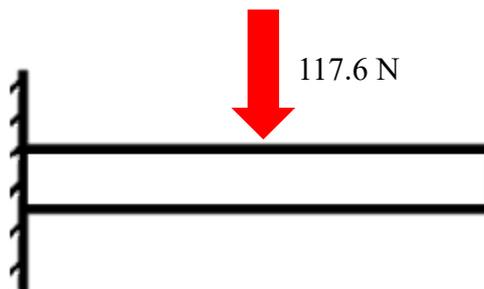


Figura 46. DCL de la base del motor

Se realiza la sumatoria de momentos, como se muestra en la Ecuación 69.

$$\sum M = 0 \quad (69)$$

$$117.6 \text{ N} (0.085 \text{ m}) = 0 \quad (70)$$

$$MA = 9.996 \text{ N} \cdot \text{m} \quad (71)$$

Se realiza el calcula el esfuerzo a flexión, con las dimensiones de la viga mostradas en la Figura 47, teniendo en cuenta que es una viga hueca con 3 mm de espesor, se calcula con la ecuación 72.

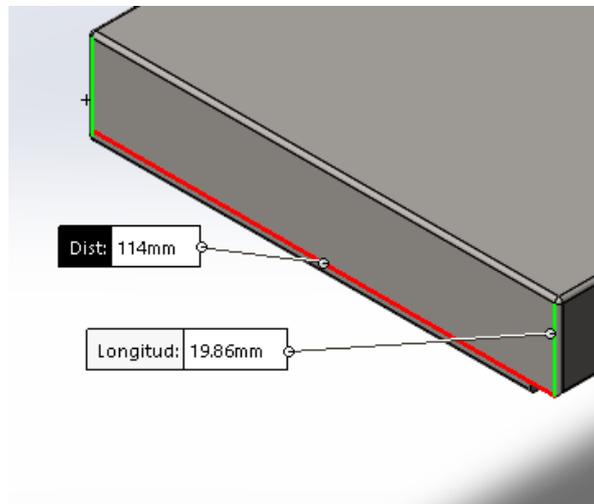


Figura 47. Longitud y ancho de la base

$$\sigma = \frac{M \times c}{I} \quad (72)$$

Donde:

M : Momento resultante [N.m]

c : la distancia perpendicular desde el eje neutro [m]

I : el momento de inercia del área de la sección transversal

Para obtener la inercia y la distancia será la mitad de la longitud total de la viga, se utilizará la ecuación 73 para calcular su inercia.

$$I = \frac{(b \cdot d^3) - (b1 \cdot d1^3)}{12} \quad (73)$$

$$I = \frac{(0.114 \cdot 0.02^3) - (0.113 \cdot 0.017^3)}{12} \quad (74)$$

$$I = 2.97 \cdot 10^{-8} \quad (75)$$

Donde:

b: es la longitud de la viga [m]

d: es el ancho de la viga [m]

b1: largo de la viga menos su espesor [m]

d1: ancho de la viga menos su espesor [m]

Ahora usando la Ecuación 72 del esfuerzo a flexión se obtiene que:

$$\sigma = \frac{10 \times 0.057}{2.97 \cdot 10^{-8} \cdot 19.17 \cdot 6} \quad (76)$$

$$\sigma = 19.17 \cdot 10^6 \quad (77)$$

Para el factor de seguridad de la viga se calculará con la Ecuación 78, utilizando el límite elástico del acero AISI 1018, el cual es de 370 MPa.

$$F_s = \frac{\text{limite elastico}}{\sigma} \quad (78)$$

$$F_s = \frac{370 \text{ MPa}}{19.17 \text{ MPa}} \quad (79)$$

$$F_s = 19.30 \quad (80)$$

Después de la obtención del factor de seguridad, se nota que es un valor alto, ende esto indica que es una pieza optima y cumplirá con los requerimientos en su trabajo

3.11 Uniones Apernadas

Las uniones apernadas serán el tipo de junta que se usara para la máquina por sus aspectos ya expuestos en el documento, por lo que usando la Ecuación 81 se calculará el esfuerzo axial que realizara la unión, además en la Ecuación 82 se calculara el esfuerzo cortante.

$$\sigma = \frac{F}{\pi \frac{d^2}{4}} \quad (81)$$

$$\tau = \frac{4F}{3\pi d^2} \quad (82)$$

Por lo que se define un diámetro de 12 mm, el caso de esta unión se lo hará en la base para el motor, dado que es la pieza con más fuerzas aplicadas, por lo que la suma de todos los pesos que se encuentra hacia la base es de 15.5 kg transformándolos a Newtons la fuerza aplicada es de 151.9 N, como se muestra en la Figura 48 reemplazando en la Ecuación 81 y 82 resulta en:

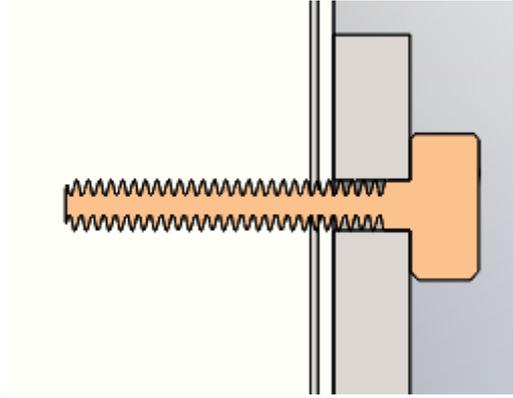


Figura 48. Unión apernada del soporte con la banda.

Resolviendo con los datos determinados, se reemplazará en las Ecuaciones 81 y 82.

$$\sigma = \frac{151.9}{\pi \frac{12^2}{4}} \quad (83)$$

$$\sigma = 1.34 \text{ MPa} \quad (84)$$

$$\tau = \frac{4 \times 151.9}{\frac{3\pi 12^2}{4}} \quad (85)$$

$$\tau = 7.16 \text{ MPa} \quad (86)$$

Con los resultados obtenidos y los datos del Anexo I, se selecciona un perno 8.8 M10.

Para el cálculo del factor seguridad de las uniones apernadas utilizaran un esfuerzo límite de un acero de bajo carbono el cual es equivalente a 360 MPa, usando la Ecuación 87 se obtiene:

$$n = \frac{\tau_t}{\tau_T} \quad (87)$$

$$n = \frac{360}{7.16} \quad (88)$$

$$n = 50.28 \quad (89)$$

El perno tiene un factor de seguridad de 50.28 por lo tanto el cálculo realizado muestra que el perno sometido en el sistema no podrá fallar.

En cada base se encuentra una platina con el fin de brindar soporte y unión en los soportes del eje, Por lo que se define un diámetro de 6 mm y una fuerza de 65 N con respecto a las cargas presentes en el soporte como se muestra en la Figura 49.

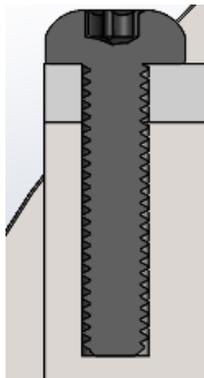


Figura 49. Unión apernada de la base con la platina.

Reemplazando los datos en la Ecuación 81 y 82 con los datos para este tornillo se obtiene:

$$\sigma = \frac{65}{\pi \frac{6^2}{4}} \quad (90)$$

$$\sigma = 2.29 \text{ MPa} \quad (91)$$

$$\tau = \frac{4 \times 65}{\frac{3\pi 6^2}{4}} \quad (92)$$

$$\tau = 12.26 \text{ MPa} \quad (93)$$

Con los resultados obtenidos y los datos del Anexo I, se selecciona un perno 4.6 M8.

Para el cálculo del factor seguridad de las uniones apernadas utilizaran un esfuerzo límite de un acero de bajo carbono el cual es equivalente a 360 MPa, usando la Ecuación 87 se obtiene:

$$n = \frac{360}{12.26} \quad (94)$$

$$n = 29.36 \quad (95)$$

Por lo que el factor seguridad presente en esta unión es de 29.36, lo que indica que el tornillo elegido para este sistema no fallara.

Por último, ambos cálculos se hicieron con respecto a las uniones apernadas que son más críticas, también sobre dimensionando las fuerzas que intervienen en las mismas para no tener desperfectos a futuro.

3.12 Diseño del control de la máquina

Una vez finalizado el análisis mecánico, diseño y ensamblaje de la máquina se procederá con el diseño del sistema de control, para lo cual se usará dos programas, el primero es Tia-Portal un software especializado en programación PLC en diferentes lenguajes por otro lado, se empleará el software CADE-simu para realizar y simular los componentes de fuerza y control de la máquina.

3.12.1 Elemento de control

En el capítulo 2 se habla acerca del PLC el cual será el autor para el control de todo el sistema, debido a lo cual se implementará uno que sea accesible, que abarque las entradas y salidas necesarias para el correcto funcionamiento de la máquina. La máquina cuenta con un sensor capacitivo a la mitad del recorrido para que el operario retire el molde.

La máquina cuenta con 7 entradas digitales, 4 salidas digitales, y 3 salidas analógicas, como se presenta en la Tabla 18.

Tabla 18. Entradas y salidas del sistema.

Entradas	Salida
Encendido general	Motor de la banda horario
Encendido por eje1	Motor de los ejes 5cm
Switch de opciones 1	LED Encendido
Paro de emergencia	LED 5cm
Paro	Motor de la banda antihorario
Encendido por eje 2	Motor de los ejes 3CM
	LED 3cm

3.13 Explicación de los elementos de control

- Encendido general: Enciende toda la máquina
- Encendido por eje: Acciona el eje que se va a utilizar para el corte.
- Swtich de opciones: Selector para el corte de 5 o 3 cm
- Paro de emergencia: Paro por cualquier eventualidad que suceda en la máquina
- Paro: Paro de la máquina
- Motor banda: Motor monofásico acoplado a la banda transportadora.
- Motor para los ejes: motor para el movimiento del eje de corte.
- Led de encendido: Led indicador que la máquina se encuentra activa
- Led de 5 o 3 cm: LED indicado para el método de corte.

3.14 Algoritmo de programación PLC

La programación del PLC esta realizada en formato “Ladder”, para lo cual se colocan todas las variables de entada y salida que va a incorporar el sistema, cabe recalcar que todas estas son de tipo Booleana.

La primera línea del código corresponde al panel de control que contiene todos los botones, luces e interruptor para seleccionar el tipo de corte. Como precaución, el código comienza con el botón de parada de emergencia, seguido de un botón para encender el sistema y otro para detener el proceso. Además, se incluye un selector para elegir entre usar el borde corto de 5 cm o 3 cm, de acuerdo a la Figura 50.

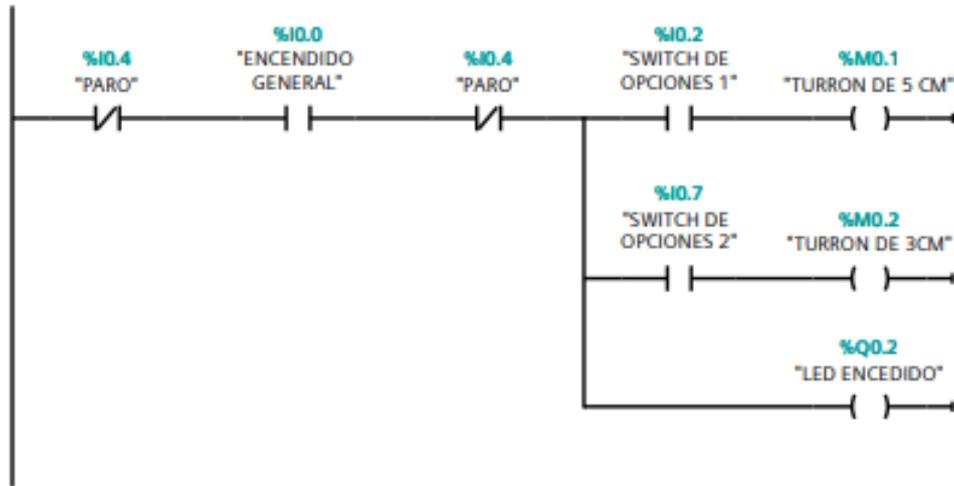


Figura 50. línea de Código 1.

La segunda y tercera línea de código como se muestra en la Figura 51 aparatados A y B respectivamente se refieren al selector dado que dependiendo del tipo de corte a escoger funcionará un mecanismo u otro, sin embargo, solo un proceso se encontrará en funcionamiento por cuestiones de seguridad.

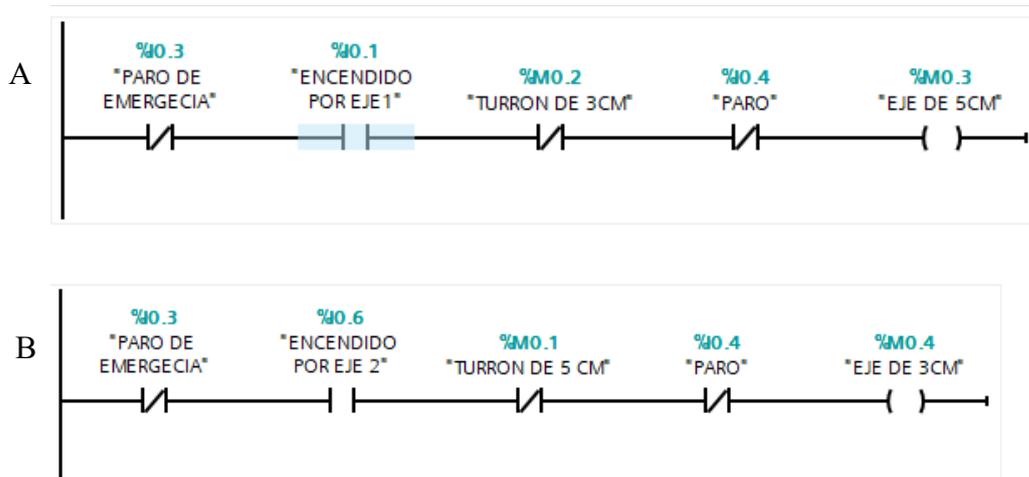


Figura 51. Línea de Código 2 y 3

La cuarta y quinta línea de códigos, como se muestra en la Figura 52 A y B respectivamente, se activarán si el operario eligió el corte de 5cm o el corte de 3cm, por lo tanto, la banda y el eje seleccionado funcionaran al mismo tiempo, hasta llegar al sensor capacitivo que cuando detecta la presencia del molde este se activara pausado la máquina por 5 segundos para reanudar su proceso hasta que el operario oprima el botón de paro.

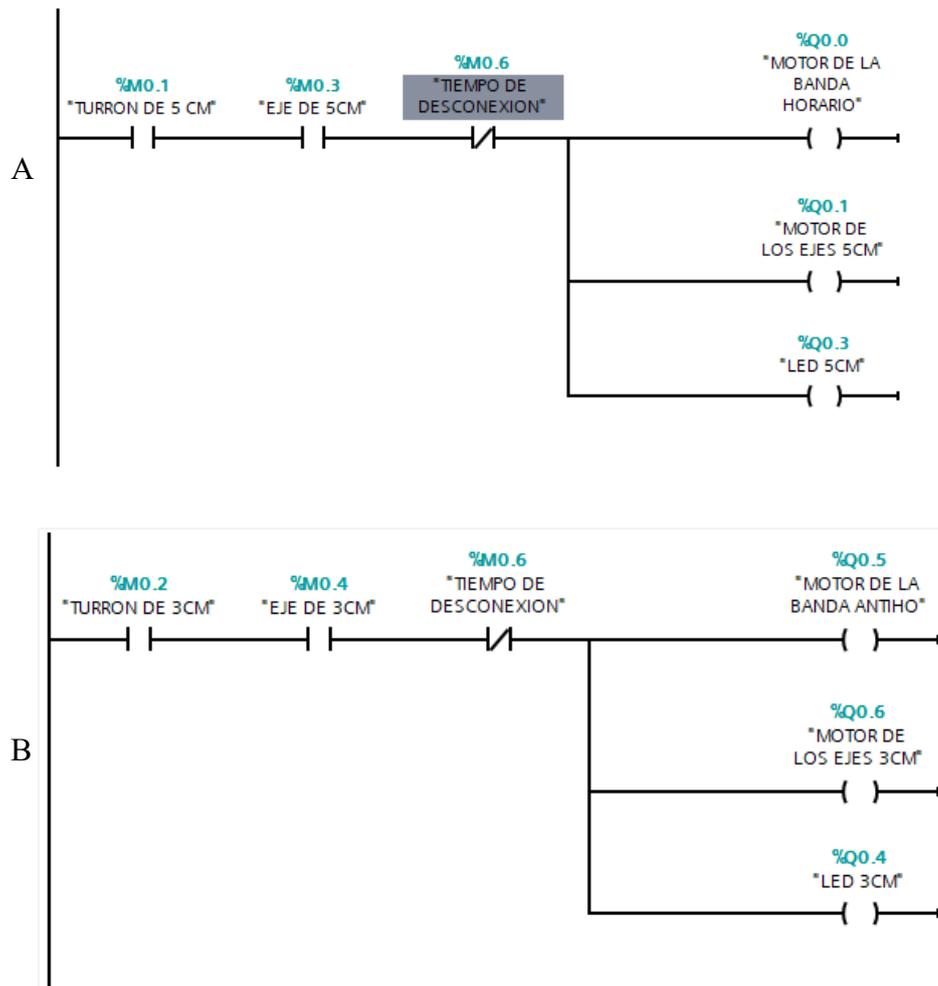


Figura 52. Línea 4 y 5 del Código.

Cabe recalcar que en todas las líneas de código donde intervengan los actuadores se encuentra el botón de paro de emergencia por cualquier eventualidad.

La Figura53 muestra lo que es la línea de código para el temporizador junto al sensor capacitivo.

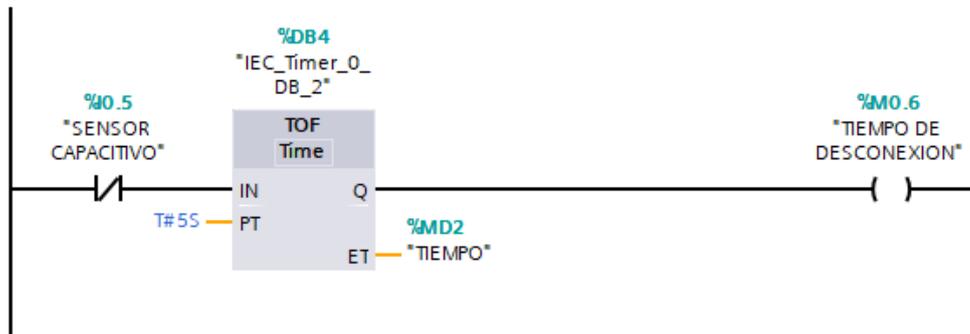


Figura 53. Línea del timer con retraso a la desconexión.

En la Figura 54 se encuentra la conexión realizada en CADEsimu de las entradas al PLC LOGO, además de las salidas de los contactores que van hacia los motores.

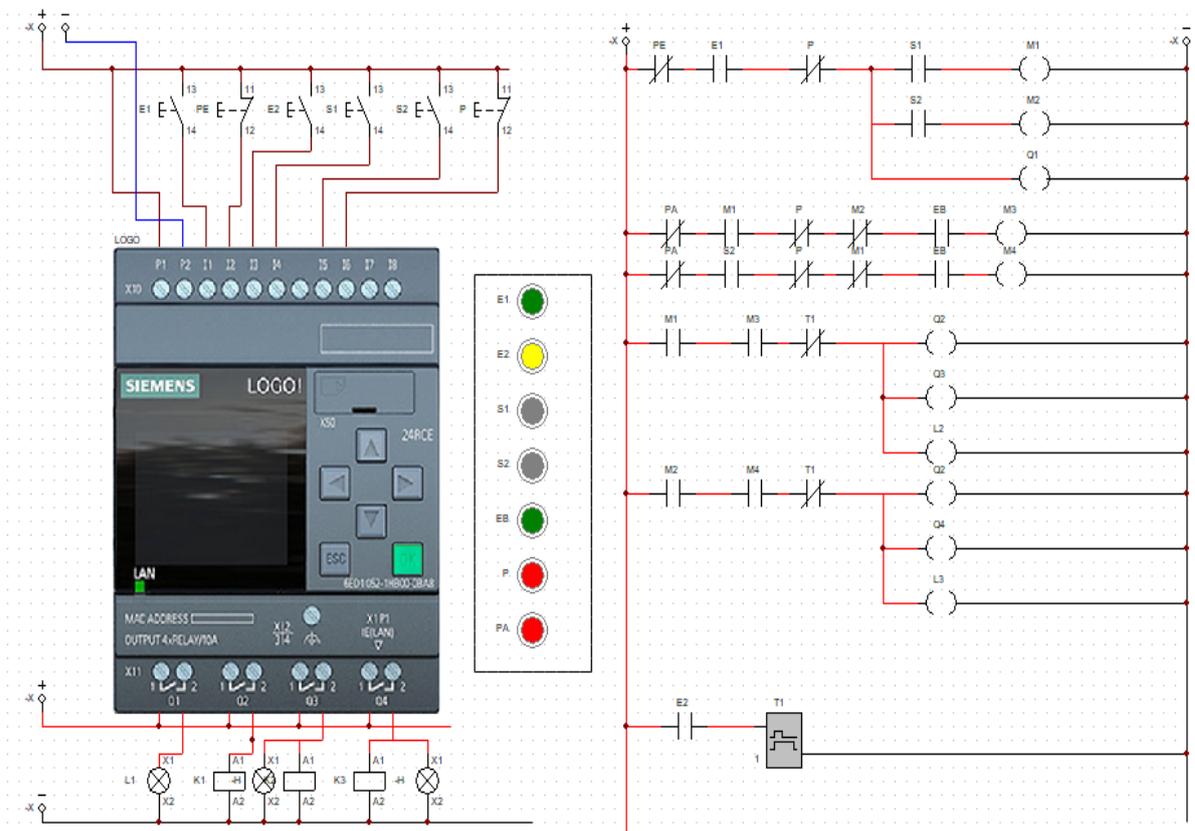


Figura 54. Diagrama de conexiones y programación Ladder en el PLC logo

Debido a las limitaciones del software se usará un pulsador como señal para el sensor capacitivo. La Tabla 19 muestra la nomenclatura de las entradas que se conectan al PLC LOGO!.

Tabla 19. Nomenclatura de las entradas del PLC

Nomenclatura	Elemento
E1	Encendido General
E2	Pulsador simulador de la señal del sensor
S1	Selector para el corte de 3cm
S2	Selector para el corte de 5cm
EB	Pulsador de la banda
P	Paro
PA	Paro de emergencia
KM	Contactador para el motor de la banda
K3	Contactador para el eje de 5cm
K4	Contactador para el eje de 3cm

3.14.1 Explicación de las entradas del PLC

- Encendido general: Botón de encendido general de la máquina
- Señal del sensor: Señal del sensor capacitivo de la banda.
- Selector: Perilla Selectora del tipo de corte.
- Pulsador de la banda: Botón lateral para encender el mecanismo.
- Paro de emergencia: Botón de paro que detendrá toda la máquina.
- Contactores: Contactos de corriente para el accionamiento de los motores.

3.15 Diagrama de fuerza de la cortadora de turrón

El diagrama de fuerza se compone de los elementos que realizarán el movimiento en la máquina, es decir, los motores reductores dentro del sistema, como se menciona en capítulos anteriores los tres son motores monofásicos, el motor de la banda posee un cambio de dirección dependiendo del tipo de corte que se requiera. La Figura 55 se presenta el diagrama de fuerza para el sistema.

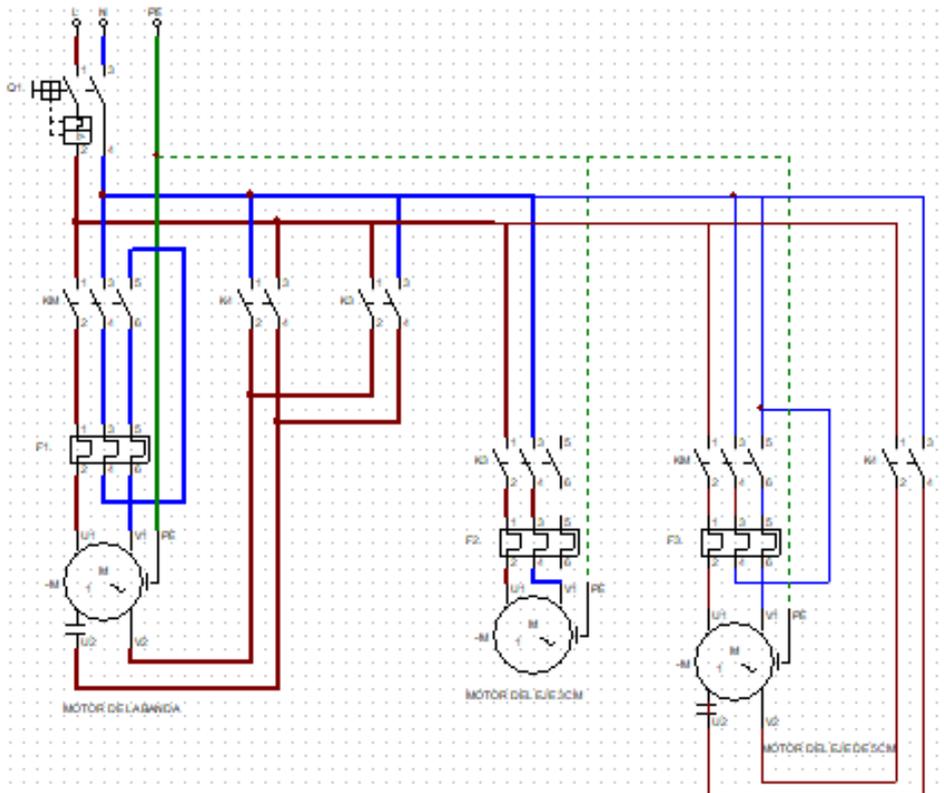


Figura 55. Esquemático de fuerza de la cortadora de turrón.

La Tabla 20 muestra los componentes usados en el sistema.

Tabla 20. Elementos del diagrama de fuerza

Nomenclatura	Elemento
Q1	Disyuntor I
KM, K4	Contactador de tres pines
F1, F2, F3	Reles térmicos
K3, K4	Contactador de dos pines
M	Motor Monofásico

3.15.1 Explicación de los elementos de la fuerza de la máquina

- Disyuntor: Elemento de protección del circuito.
- Contactador de tres pines: Controlador de flujo de corriente en el circuito.
- Reles Térmicos: Elemento de protección para evitar sobrecarga hacia el motor.
- Contactador de dos pines: Controlador de flujo de corriente hacia el motor.
- Motor monofásico: Motor eléctrico del sistema.

3.16 Diagrama de control de la cortadora de turrón.

El diagrama de control se compone de los botones y el selector presentes en el tablero de control, tal y como se muestra en la Figura 56.

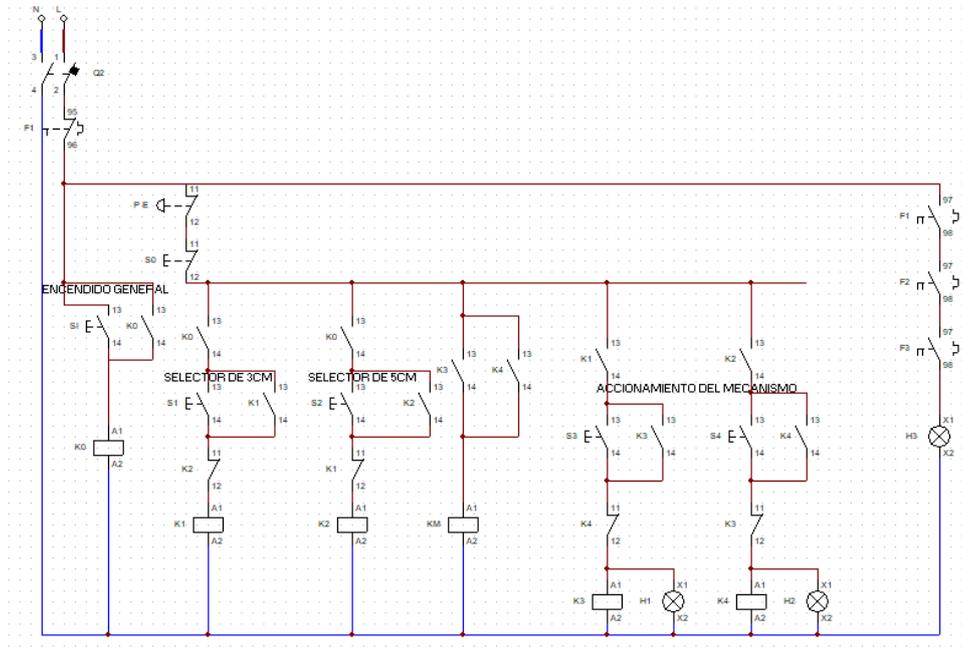


Figura 56. Diagrama de control de la cortadora de turrón.

Los elementos presentes en el sistema se cuentan en la Tabla 21.

Tabla 21. Elementos y nomenclatura del diagrama de control.

Nomenclatura	Elementos
Q2	Accionamiento automático
F1	Accionamiento térmico
PE	Pulsador de seta, paro de emergencia
S0-S4	Pulsadores N/A
K0-K4	Contactores N/A y N/C
K0-K4	Bobina
H1-H3	Indicadores LED

3.16.1 Explicación de los elementos de control de la máquina

- Accionamiento automático: Accionamiento de encendido de la máquina.
- Accionamiento térmico: Accionamiento de protección de los relevadores térmicos hacia el control de la máquina.

- Pulsador de seta: Paro de emergencia del sistema.
- Pulsadores N/A: Accionadores del sistema.
- Contactores: Elemento de arranque y paro de los motores.

3.17 Diagrama de Flujo de la máquina

El funcionamiento de la máquina consiste en los siguientes pasos: el operario se acercará al gabinete de control y encenderá la máquina. Luego, mediante el seleccionador, elegirá la opción de corte deseada, ya sea de 5 o 3 cm. Una vez seleccionada la opción de corte, el operario se acercará a uno de los sistemas de corte de la máquina y, utilizando la botonera lateral, comenzará a realizar el trabajo, depositando el molde del dulce de turrón en la banda transportadora.

Cuando el molde se encuentre en la parte central de la máquina, el sensor capacitivo detectará su presencia y la máquina se detendrá automáticamente hasta que el operario retire la plancha de la banda. Pasados 5 segundos, la máquina reanudará su trabajo para seguir cortando los turrónes.

Este proceso garantiza la seguridad y eficiencia en la operación de la máquina, permitiendo al operario realizar el corte del turrón de forma precisa y controlada, mientras se asegura la detección adecuada del molde para evitar accidentes o desperdicios.

En la Figura 57 se presenta el diagrama de flujo del funcionamiento de la máquina.

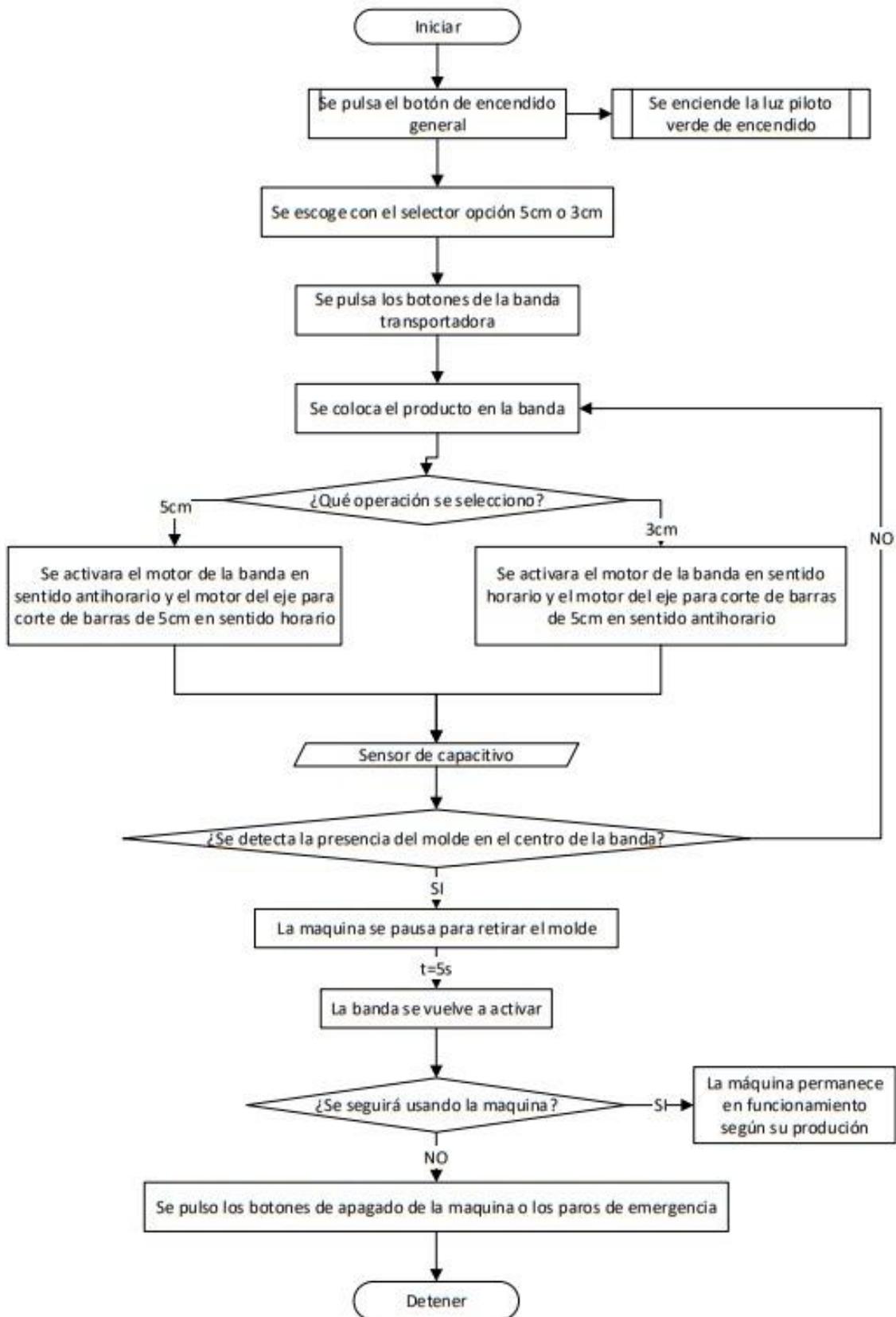


Figura 57. Diagrama de flujo de la máquina cortadora de dulces de turrón.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y RESULTADOS

En el presente capítulo se lleva a cabo estudios y análisis de piezas, el sistema de control, su funcionalidad y costo referencial para la construcción de la máquina.

4.1 Análisis estático para elementos sometidos a esfuerzos

Una vez realizado los cálculos para los elementos que componen la máquina, se puede analizar estáticamente a elementos o partes que debido a su posición o trabajo estarán sujetos a generar desgaste, deformaciones, entre otro tipo de fallas que podrían comprometer el buen funcionamiento de la cortadora de turrónes o de sus operarios.

A través del software SolidWorks, por medio del asistente para estudio estático, se aplicará un análisis por elementos finitos generando un mallado del tipo “h” para reducir errores y pueda expresar los resultados correctos.

De acuerdo con lo mencionado se someterá a análisis las siguientes piezas:

- Bocines
- Eje
- Base para motor

4.1.1 Análisis estático para bocines

El análisis estático se llevará a cabo tomando en cuenta las condiciones explicadas en el apartado 3.9 y la Figura 43. La Tabla 22 muestra los datos que se usarán en el estudio.

Tabla 22. Datos usados para análisis estático

Dato	Cifra	Unidades
P	1.5	kN
Sy	80	MPa
fs	> 2	

La Figura 58 muestra la distribución de las cargas en elemento analizado.

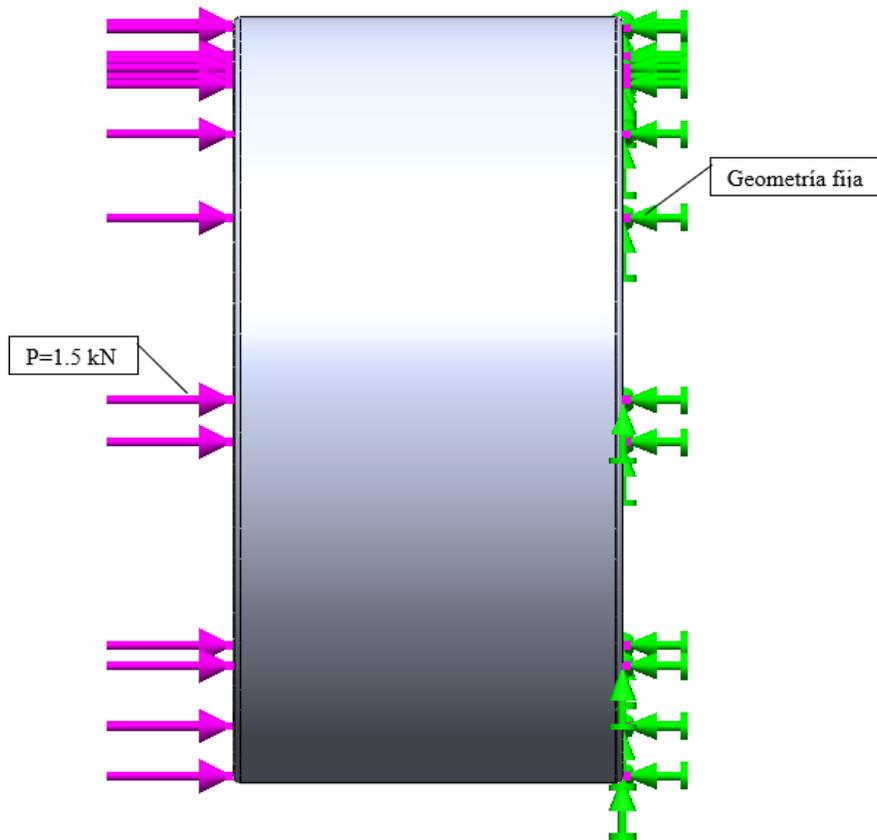


Figura 58. Figura de elementos de sujeción y carga para bocín

La Tabla 23 se muestra los resultados obtenidos luego del análisis dando como resultado un factor de seguridad de 2.298 como se muestra en la Figura 59.

Tabla 23. Resultados obtenidos de análisis de elementos finitos con mallado tipo h para bocín

Resultados	Valor máximo	Unidades
Tensión de Von Mises	26.106	MPa
Desplazamiento	0.056	mm
Factor de seguridad	2.298	

Como puede observarse según el estudio el bocín soporta la compresión de 1,5 kN sin llegar a deformarse permanentemente. Por lo tanto, es óptimo en el sistema de corte de acuerdo con la Figura 59.

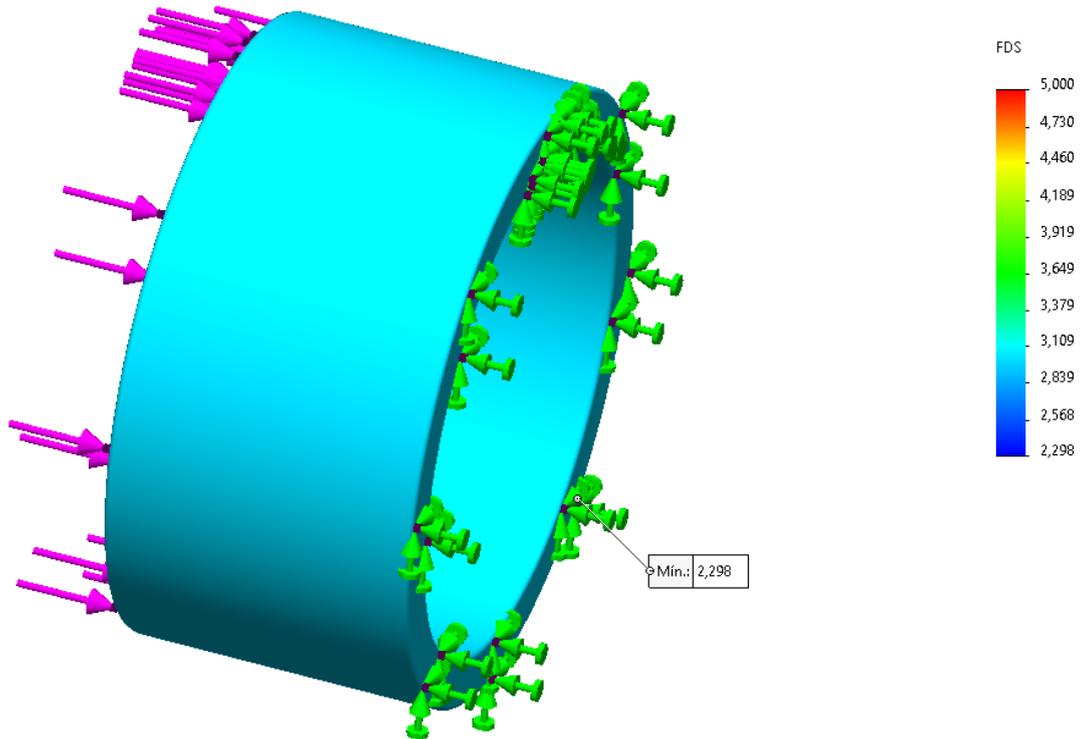


Figura 59. Factor de seguridad de bocín obtenido a partir del análisis

4.1.2 Análisis estático para eje

El análisis estático se llevará a cabo tomando en cuenta las condiciones explicadas en el apartado 3.7. La Tabla 24 muestra los datos que se usarán en el estudio.

Tabla 24. Datos usados para análisis estático

Dato	Cifra	Unidades
T	16	Nm
F	381.25	N
Sy	440	MPa
fs	> 2	

La Figura 60 muestra la distribución de las cargas en elemento analizado.

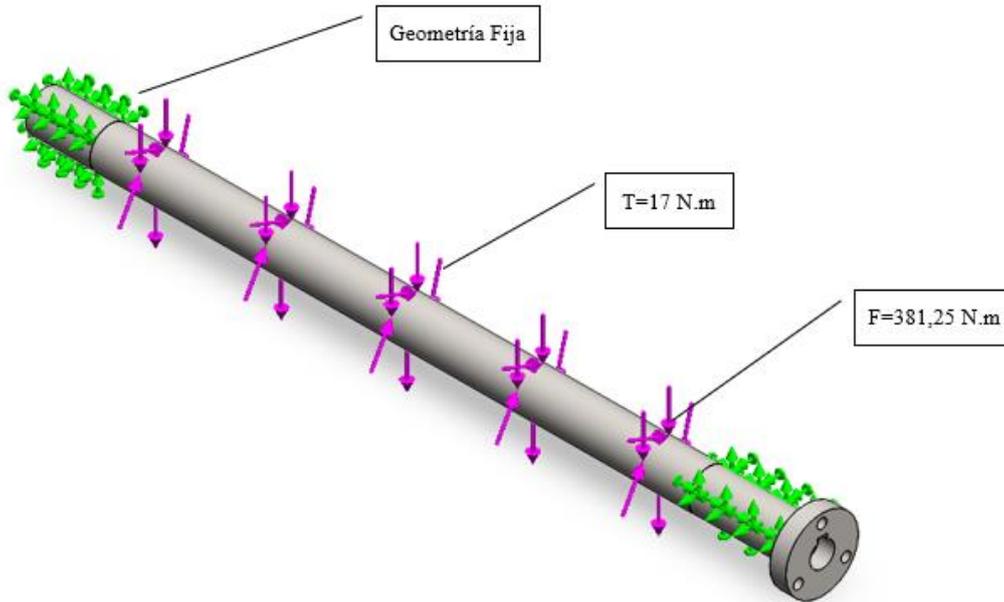


Figura 60. Figura de elementos de sujeción y carga para eje

En la Tabla 25 se muestran los resultados obtenidos tras el análisis, obteniendo un factor de seguridad de 10.046.

Tabla 25. Resultados obtenidos de análisis de elementos finitos con mallado tipo h para eje

Resultados	Valor máximo	Unidades
Tensión de Von Mises	39.669	MPa
Desplazamiento	0.016	mm
Factor de seguridad	10.046	

Según se puede observar en la Figura 61, de acuerdo con el resultado obtenido, que el eje presenta un sobredimensionamiento, el cual no representa ningún conflicto ni con el sistema de corte o con la potencia del motor.

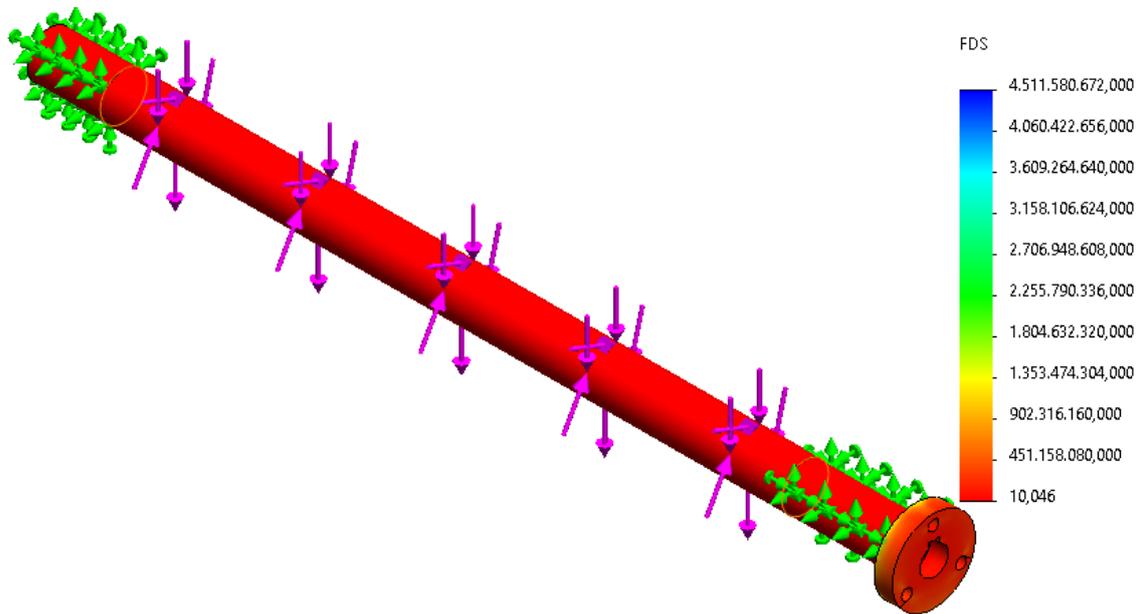


Figura 61. Factor de seguridad obtenido a partir del análisis del eje

4.1.3 Análisis estático para la base del motor.

El análisis estático se llevará a cabo tomando en cuenta las condiciones explicadas en el apartado 3.10 y la Figura 45. La Tabla 26 muestra los datos que se usarán en el estudio.

Tabla 26. Datos estáticos usados en el análisis de la base del motor.

Dato	Cifra	Unidades
P	117.6	kN
Sy	440	MPa
fs	> 2	

La Figura 62 muestra la distribución de las cargas en elemento analizado.

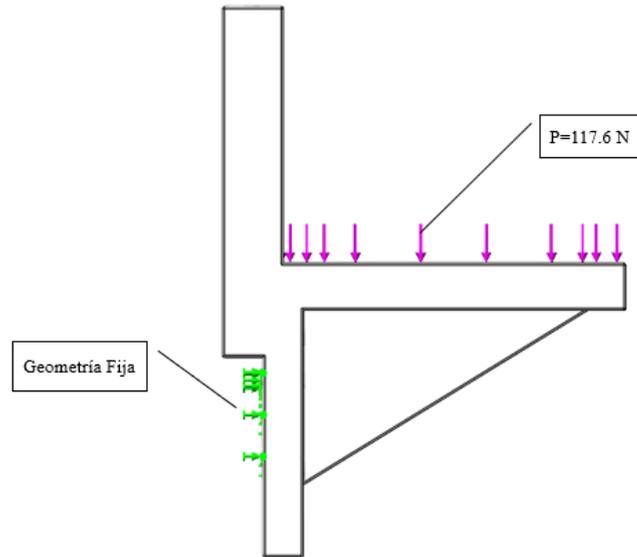


Figura 62. Figura de geometría fija y fuerza en la base del motor.

La Tabla 27 muestra los resultados obtenidos del análisis estático realizado en SolidWorks, dando como resultado un factor seguridad de ocho.

Tabla 27. Tabla de resultados para la base del motor

Resultados	Valor Máximo	Unidades
Tensión de Von Mises	351.71	MPa
Desplazamiento	0.015	mm
Factor seguridad	8.895	

En la Figura 63 se puede observar que el soporte soporta con normalidad y sin tener ningún esfuerzo peligroso.

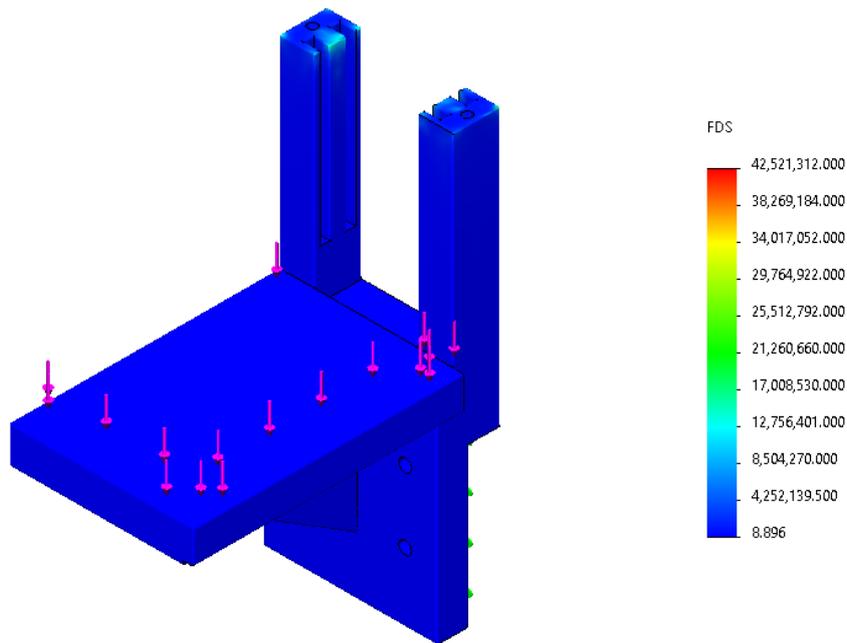


Figura 63. Factor de seguridad obtenido a partir del análisis de la base para el motor.

Los resultados del análisis de cargas estáticas son buenos su tensión de 351.71 MPa, desplazamiento máximo de 0.015 mm y un factor seguridad de 8.895, llegando a la conclusión que la pieza es óptima para el trabajo.

4.1.4 Calidad de malla

Los análisis realizados en SolidWorks se fundamentan en la teoría de elementos finitos por lo que agrupar los elementos que conforma el diseño al hacer un análisis estático se utiliza el mallado, el cual envuelve toda la pieza y muestra al programa como el objeto de estudio.

La importancia de la calidad del mallado, así como en donde la concentración de esfuerzos como: los bordes afilados, aristas vivas, curvas y diversas flexiones, deben agregarse filetes y esquinas.

Por otro lado, las distintas opciones que brinda SolidWorks para crear mallas altamente definidas al elemento lo cual mejora la precisión en el análisis, por lo que el refinamiento H, P, y Hp son las mejores opciones para un análisis estático con un valor de error bajo.

El refinamiento P modifica el orden al cual van a ser analizadas las ecuaciones, el método H realiza un refinamiento de malla en los lugares con un mayor índice de error y el refinamiento HP es una combinación de ambos métodos según se aprecia en la Figura 64.

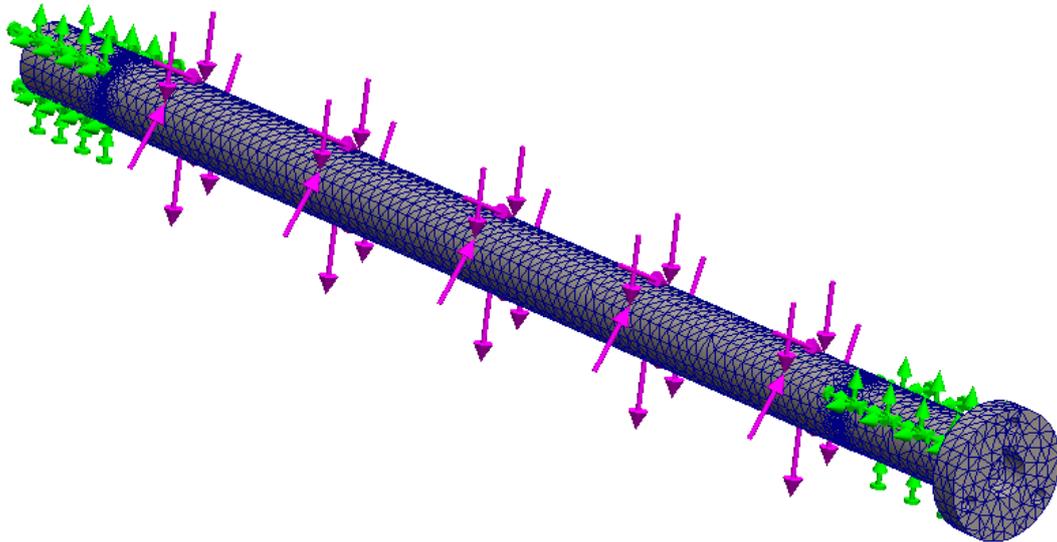


Figura 64. Mallado por el refinamiento HP en el eje del prototipo.

4.2 Análisis de los elementos de control

Realizados los circuitos se realizará la comprobación entre el PLC y los actuadores, por lo que en CADEsimu se efectuará las simulaciones pertinentes.

Para la primera prueba se realizará la activación del motor de la banda junto con el motor para el corte de 5cm, para lo cual se pulsará el encendido general después se seleccionará el eje de 5 cm, encendiendo los contactores KM y K4 de sus respectivos motores, como se muestra en la Figura 64.

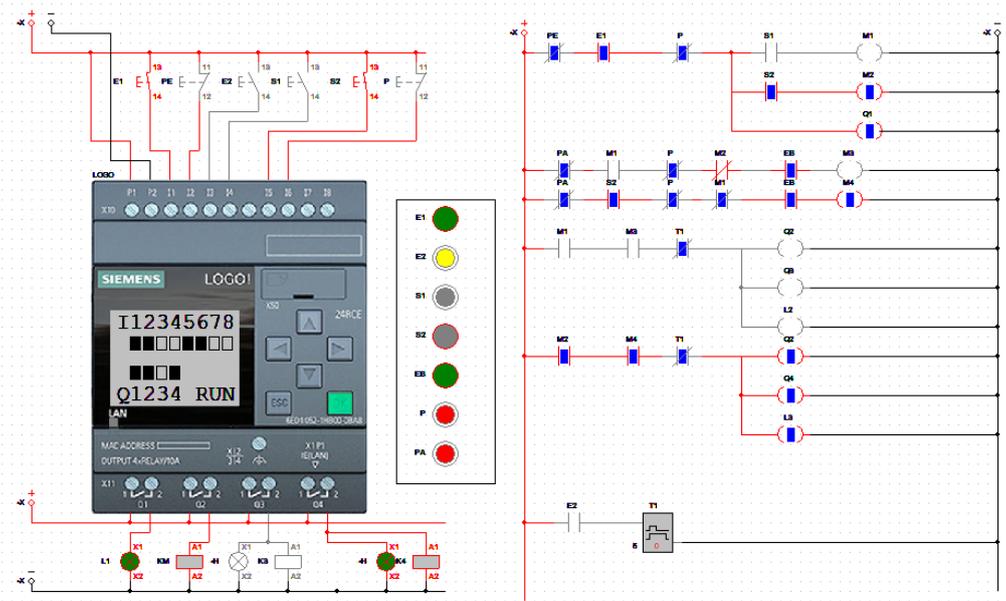


Figura 64. Esquema del funcionamiento del PLC logo hacia el eje de 5 cm

El funcionamiento del control del eje de 5cm se observa en la Figura 64.

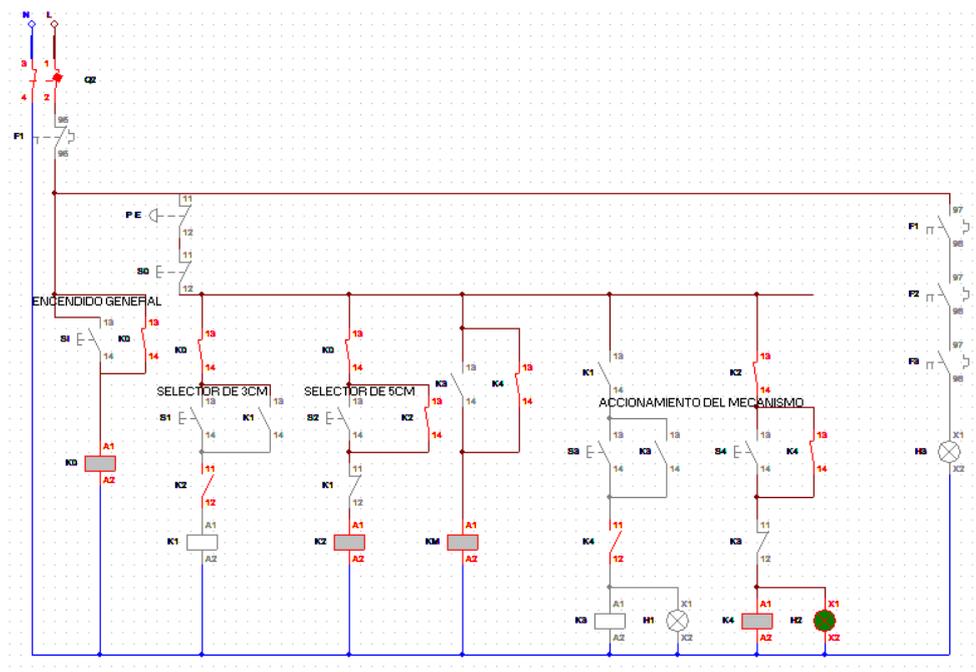


Figura 65. Funcionamiento del sistema de control en el eje de corte de 5cm.

El sistema en funcionamiento del motor para el eje de 5cm se observa en la Figura 66.

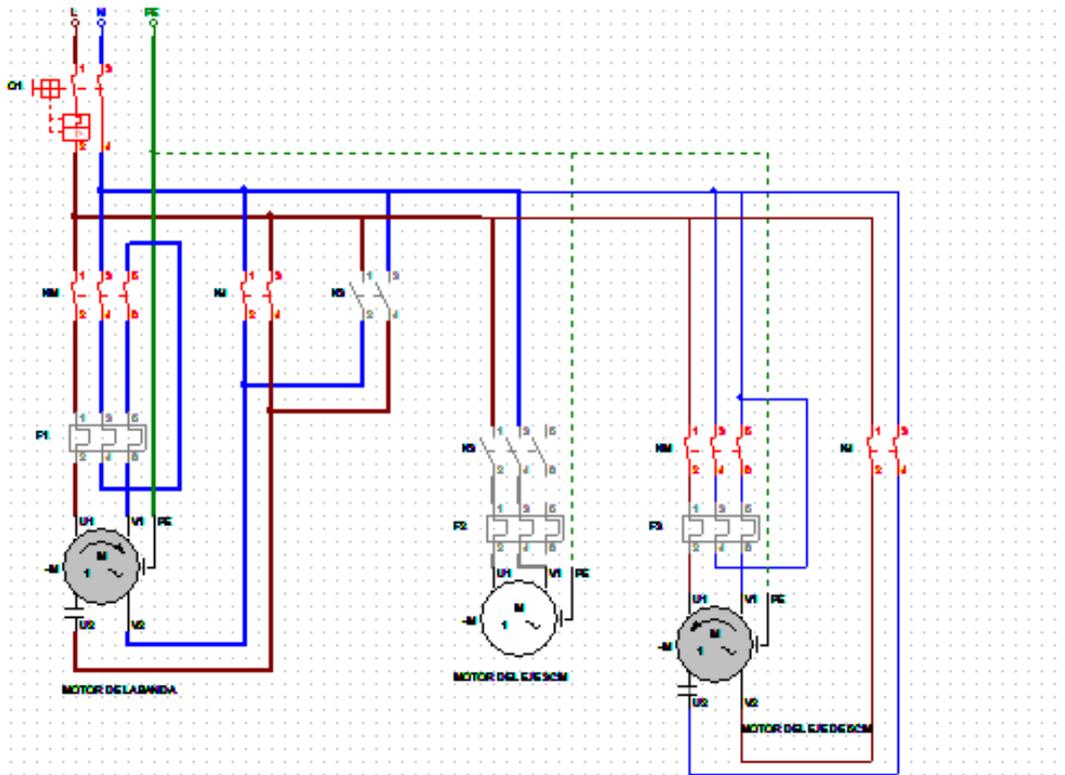


Figura 66. Funcionamiento para el motor de corte de 5cm.

Para la segunda prueba se realizará la activación del motor de la banda junto con el motor para el corte de 3cm, para lo cual se pulsará el encendido general después se seleccionará el eje de 3 cm, encendiendo los contactores KM y K3 de sus respectivos motores, como se muestra en la Figura 67.

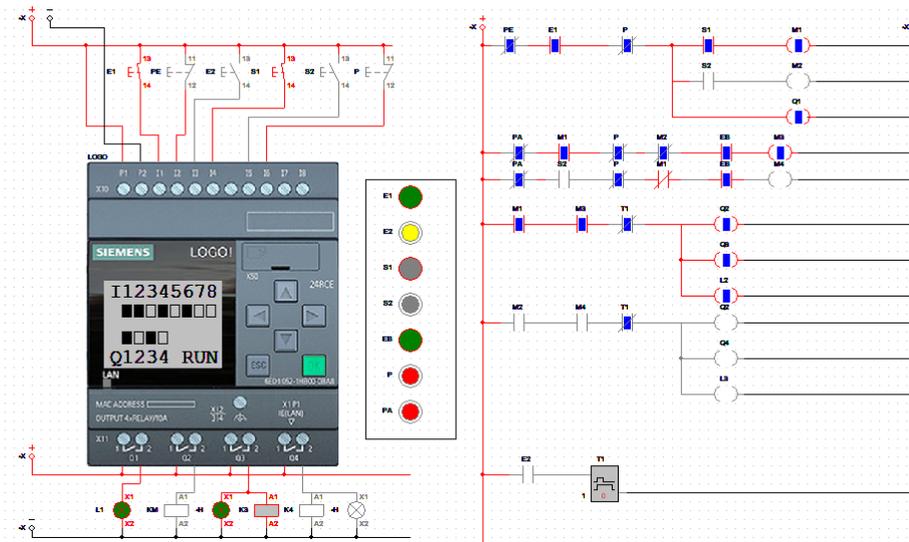


Figura 67. Esquema de funcionamiento del PLC LOGO hacia los contactores del eje de 3cm.

La Figura68 muestra el control para el eje de corte de 3cm.

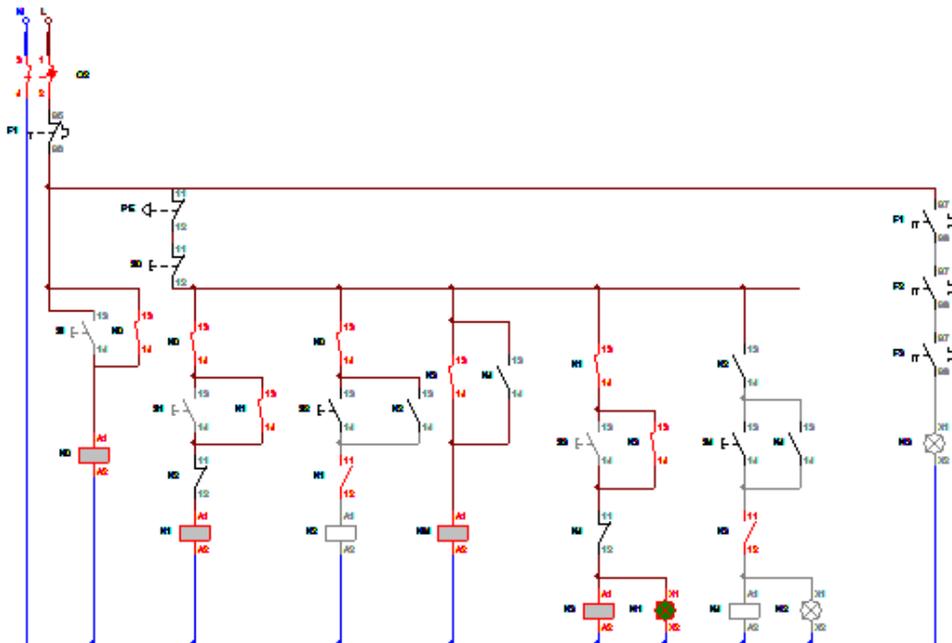


Figura 68. Funcionamiento del control para el eje de corte de 3cm.

La Figura 69 muestra el funcionamiento del motor para el eje de corte de 3cm.

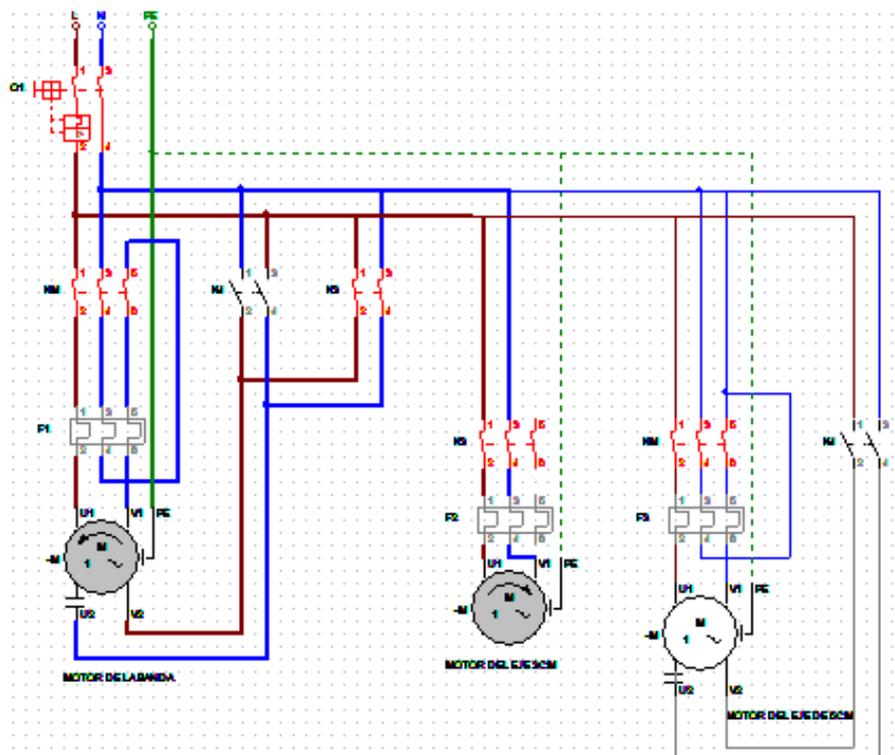


Figura 69. Funcionamiento de los actuadores para el eje de corte de 3cm

Por lo anterior mostrado el sistema para controlar los motores según requiera el operario funcionara con los criterios que se plantearon anteriormente.

4.3 Análisis de la capacidad de corte de la máquina

Terminado el ensamble y simulación de la máquina, se evaluará la capacidad de corte que puede realizar según la producción del turrón, de modo que, se analizarán para los siguientes casos:

- Producción de barras de turrón de 100 g
- Producción de barras de turrón de 30 g

De acuerdo con el software de diseño SolidWorks se obtiene las dimensiones y peso de la máquina, como se muestra en la Tabla 28.

Tabla 28. Dimensiones de la cortadora de turrónes de dulce

Características	Dimensión	Unidades
Largo	2091.4	mm
Ancho	778.28	mm
Alto	1016.36	mm
Peso	177.35	kg
Volumen	1.653	m ³

4.3.1 Producción de barras de turrón 100 g

Para producir barras de turrón de macadamia de 100 g se usará el molde de la Figura 26. En el apartado 3.2. se explica que el molde conserva las dimensiones de 110×310×16 mm. A través de la Figura 36 se puede conocer la velocidad de avance de la banda, por lo cual se usará la Ecuación 96.

$$t_c = \frac{l_{m100}}{V_f} \quad (96)$$

$$t_c = \frac{0.22}{3.915} \quad (97)$$

$$t_c = 0.056 [s] \quad (98)$$

Donde:

t_c : Tiempo de corte [s]

La distancia entre el sistema de corte y el sensor es de aproximadamente 500 mm como se muestra en la Figura 70 por lo que es posible realizar el corte para dos moldes de manera secuencial. Según la programación, una vez el sensor detecta la presencia del molde toda la máquina se detendrá hasta que un operario retire el molde que interactúa con el sensor.

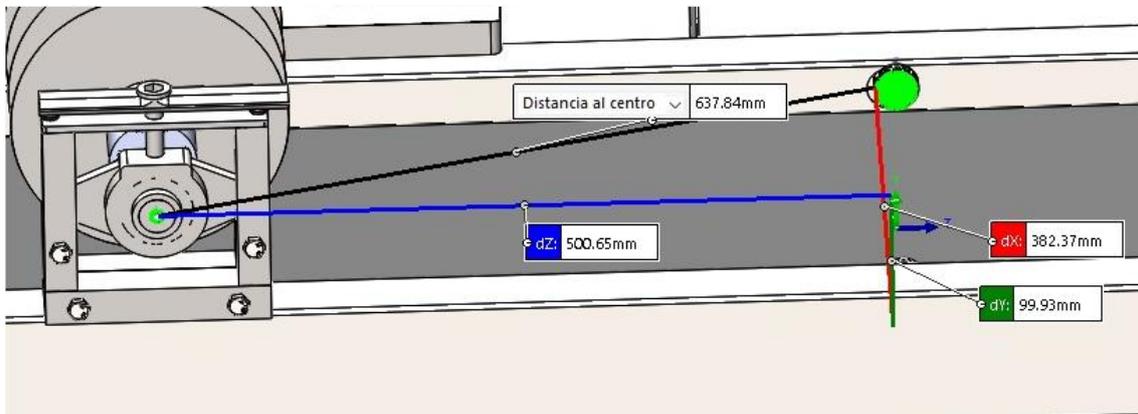


Figura 70. Distancia entre sensor y sistema de corte

Dado que del molde es posible obtener 6 barras de turrón de macadamia, se usará un total de 10 moldes, por tal motivo es idealmente posible obtener las 60 unidades en un tiempo de 25 segundos aproximadamente.

Sin embargo, en la producción se deben tomar en cuenta los tiempos de programación, del operario y su ayudante quienes deberán colocar el molde con el producto y luego ser cortado, retirarlo y desmoldarlo sobre el mesón para la clasificación y selección de los turrones comerciales.

El molde recorre en 0.128 segundos la distancia entre el sistema de corte y el sensor, adicional los operarios entre colocar y sacar los moldes les tomará unos 15 segundos aproximadamente. Por lo tanto, se puede mencionar que es posible producir 60 turrones de macadamia en alrededor de 3 minutos.

4.3.2 Producción de barras de turrón 30 g

Para producir barras de turrón de macadamia de 30 g se usará el molde de la Figura b) 26. En el apartado 3.2. se explica que el molde conserva las dimensiones de 110×310×16 mm. Al ser la velocidad la misma para para ambas tareas, se usará la Ecuación 96 indicando que se demora aproximadamente 1 segundos en obtener 10 turrónes de dulce. Dado que la distancia entre el sensor y el sistema de corte es como se muestra en la Figura 68, es posible cortar hasta 4 moldes seguidos y por consiguiente calcular la obtención de 60 unidades en 2 minutos.

4.3.3 Resultado de la producción diaria

De acuerdo con lo dialogado con el ingeniero de producción y los operarios mencionaban que producían alrededor de 2000 unidades en un lapso de 7 horas con posibilidad a hacer la reproducción de los productos que no cumplen con el peso, estos son alrededor de un 15 a 25 % de la totalidad de unidades. La máquina cortadora de dulces de turrón logra obtener 2000 barras de turrón en alrededor de 2 horas aproximadamente.

En contraste con la máquina diseñada que producirá 7000 barras de turrón.

4.4 Análisis de costos

En el presente apartado, se realizará un análisis de todos los costos que comprende la máquina de manera general con el objetivo de conocer un presupuesto aproximado que se necesitará para su construcción futura. El análisis se evaluará a nivel de materiales, máquinas y herramientas, mano de obra, transporte y una utilidad de un 15%.

Para el análisis a la máquina se dividirá en tres subsistemas que comprende en general toda la cortadora de dulce de turrón, los cuales son:

- Sistema de transporte
- Sistema de corte
- Sistema de control de la máquina

4.4.1 Sistema de transporte

La Tabla 29 evaluará el costo aproximado del que dependerá realizar el sistema de transporte de la cortadora de turrone de dulce.

Tabla 29. Costos del sistema de transporte

Item	Descripción	Cant	Dimensiones	Unidades	Costo Unitario [USD]	Costo Parcial [USD]
1	Materiales					
1.1	Placa de grilon (nylon) [28]	1	700x350x4	mm	11.61	11.61
1.2	Cinta transportadora PHR2-90MF LIXBB-NA black FR [29]	1	3559x1080x3.5	mm	175.00	175.00
2	Insumo		Material			
2.1	Motor reductor FRD32 VARVEL [30]	1	Compuesto		408.52	408.52
2.2	Cama de banda transportadora BT150 [31]	1	Compuesto		789.00	789.00
2.3	Tuercas A2-70	16	Acero Inoxidable		0.60	9.60
3	Máquina herramienta		Tarifa Hora		Horas	
3.1	Cortadora	1	5.55	kW/h	1	5.55
3.2	Máquina de coser	1	1	kW/h	2	2.00
3.3	Taladro	1	1.80	kW/h	3	5.40
4	Mano de obra		SRH		Hora	
4.1	Ayudante mecánico	2	3.22		6	38.64
4.2	Ingeniero mecánico	1	3.58		6	42.96
5	Transporte		Tarifa		Trayecto	
5.1	Transporte interno terrestre	1	110.00	USD	1	110.00

5.2	Envió de importación	1	128.00	USD	1	128.00
5.3	Viáticos	1	12.00	USD/Dia		12.00
TOTAL					Utilidad	
DIRECTO:						1787.7
I1+I2+I3+I4+I5						6
INDIRECTO					15.00%	268.16
VALOR PROPUESTO						2055.9
						2

4.4.2 Sistema de corte

La Tabla 30 evaluará el costo aproximado del que dependerá realizar el sistema de corte de la cortadora de turrone de dulce.

Tabla 30. Coste de sistema de corte

Item	Descripción	Cant.	Dimensiones	Unidades	Costo Unitario [USD]	Costo Parcial [USD]
1	Materiales					
1.1	Eje solido de AISI 1020 [32]	1	6000x25.4	mm	29.43	89.46
1.2	Eje tubular de grilón [33]	1	1000x40x25	mm	30.14	30.14
1.4	Plancha de AISI 1020 [34]	2	2440x1220x1.4	mm	57.26	114.52
1.7	Barra de AISI 1020 [35]	12	70x30x2	mm	28.52	342.24
2	Insumo		Material			
2.1	Discos de corte AISI 304 [36]	14	AISI 304		6.50	91.00
2.2	Volante 4R Nylon 320 [37]	4	Nylon		40.96	163.84
2.2	Chumacera Tensora D35MM UCT207 [38]	4	Hierro fundido		75.48	301.92
2.7	Motor reductor-N02228	2	Compuesto		447.60	895.2
2.3	Tuercas A2-70	26	Acero Inoxidable		0.60	15.60
3	Máquina herramienta		Tarifa Hora		Horas	
3.1	Torno CNC	1	13.55	kW/h	5	67.75

3.2	Fresadora CNC	1	16.55		kW/h	10	165.50
3.3	Soldadora	1	7.55		kW/h	4	30.20
3.4	Cortadora	1	8.55		kW/h	4	34.20
3.5	Taladro	1	1.80		kW/h	2	3.60
3.6	Juegos de llaves	1					50.00
4	Mano de obra		SRH			Hora	
4.1	Ayudante mecánico	2	3.22			30	193.20
4.2	Ingeniero mecánico	1	3.58			30	107.40
5	Transporte		Tarifa			Trayecto	
5.1	Envío de importación	1	128.00		USD	1	256.00
TOTAL						Utilidad	
DIRECTO:							2951.77
I1+I2+I3+I4+I5							
INDIRECTO						15.00%	442.77
VALOR PROPUESTO							3394.54

4.4.3 Sistema de control

La Tabla 31 evaluará el costo aproximado del que dependerá realizar el sistema de corte de la cortadora de turrone de dulce.

Tabla 31. Costos de sistema de control

Item	Descripción	Cant.	Material	Unidades	Costo Unitario [USD]	Costo Parcial [USD]
1	Insumo					
1.1	Cable flexible #12	1.5	Compuesto	m	20.00	30.00
1.2	Cable multipar	5	Compuesto	m	0.35	1.75
1.3	Gabinete Metálico 500x400x250	1	Acero	mm	1914.00	1914.00
1.4	Siemens Logo!	1	Electrónico		210.00	210.00
1.5	Relé térmico 7/10 A	1			30.83	30.83
1.6	Contactador Schneider Electric	1			92.31	92.31
1.7	Porta fusibles	1			1.00	1.00

1.8	Pulsador hongo retenedor	3		4.95	14.85
1.9	Pulsadores industriales	6		3.25	19.50
1.10	Luces piloto industriales	3		2.25	6.75
1.11	Selector industrial	1		2.50	2.50
1.12	Sensor PL10	1	Capacitivo	100.00	100.00
2	Máquina herramienta		Tarifa Hora		Horas
2.1	Equipo electrónico y eléctrico	2	0.50	kW/h	1 0.50
2.2	Taladro	1	1.80	kW/h	1 1.80
2.3	Juegos de destornilladores	1			13.00
3	Mano de obra		SRH		Hora
3.1	Ayudante mecánico	2	3.22		12 77.20
3.2	Ingeniero mecánico	1	3.58		12 42.96
4	Transporte		Tarifa		Trayecto
4.1	Envío de importación	1	128.00	USD	1 256.00
TOTAL					Utilidad
DIRECTO:					2814.95
I1+I2+I3+I4					
INDIRECTO					15.00% 422.24
VALOR PROPUESTO					3237.19

4.5 Análisis del costo total

Una vez evaluados los costos de cada sistema considerado para la construcción de la máquina cortadora de dulce de turrón, se suma cada total el cual resulta en un costo final aproximado de USD 8188.45. En Tabla 32 se presenta la suma total de la máquina cortadora de turrón de maní o macadamia.

Tabla 32. Cálculo del costo total de la máquina cortadora de dulces de turrón

Sistema	Costo total
Sistema de transporte	2055.92
Sistema de corte	3394.54
Sistema de control	3237.19
Costo Final	8687.65

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Este capítulo presenta las conclusiones obtenidas a través del desarrollo completo de este proyecto de titulación a lo largo de los anteriores capítulos.

5.1 Conclusiones

A través de la indagación bibliográfica y la experimentación, se ha determinado que la mejor composición del dulce de turrón está conformada por una matriz (masa), que consiste en un 75% de miel de caña y un 25% de azúcar, comprendiendo el 30% de su estructura. Además, se añade un refuerzo que constituye el 50% del grano, del cual, según fuentes documentales, adquirirá propiedades tales como una densidad de 1000 kg/m^3 , una masticabilidad de 1.15 mJ, una elasticidad de 2.29 mm y, mediante un ensayo de dureza Brinell, una dureza de 19.86 N, como se detalla en la Tabla 1.

Mediante de la experimentación con diversos cuchillos empleados para el corte, como se mostró en la Figura 38, se obtuvo una fuerza efectiva de 42.3 N. Por otro lado, basándose en la observación durante la visita a la fábrica de confites 'El Salinerito', se llegó a la conclusión de que el uso de discos de sierra es preferible frente al uso de una guillotina. Esto se debe a que, según la Tabla 2 de análisis de alternativas, al ponderar la pérdida de material, como por ejemplo las hojas de papel de arroz, se determinó que los discos de sierra independientes son un 25% más efectivos que la guillotina.

De acuerdo con los criterios necesarios para el proyecto, se llegó a la conclusión de que la opción más adecuada es la creación de una máquina con un sistema de discos de corte, como se puede ver en la Figura 25. Esta máquina está constituida por elementos hechos a base de materiales metálicos, como el AISI 1018, y poliméricos, como la poliamida (nylon). Basándose en las Tablas 23 a la 27, se comprobó que la máquina es estáticamente segura, debido a que su factor de seguridad supera el límite de 2.

Mediante el uso de los softwares de diseño CAD-CAE SolidWorks y simulación CADESimu, se logró la creación del prototipado y su sistema de control, respectivamente. La máquina posee dimensiones de $2091.4 \times 1016.36 \times 78.28$ mm con un peso de

177.35 kg, según lo indicado en la Tabla 28. Opera por medio del PLC Logo! de forma secuencial, donde los actuadores responden efectivamente al estímulo del sensor, permitiendo que cumpla el detenimiento de la banda satisfactoriamente. Esto puede comprobarse mediante las Figuras 64 a la 69.

Se tiene un costo total de USD 8677.65, como se muestra en la Tabla 32, el cual se obtiene mediante la suma de los valores obtenidos de las Tablas 29 a la 31. Por ende, la fabricación de la máquina es viable, dado que, de acuerdo con el PVP de los productos, al poder vender el total de las 7000 barras producidas basándose en el análisis del apartado 4.4, es posible recuperar la inversión según su demanda, al menos en el primer mes de uso de la cortadora de dulces de turrón. Por último, el costo trazado es competitivo para su construcción en comparación con máquinas de otros proveedores.

5.2 Recomendaciones

Es importante considerar a futuro, diversos rediseños en los componentes así mismo como la incorporación de otros que hagan a la máquina más eficiente y segura, como lo son barreras de protección sensores de proximidad en los discos, entre otras alternativas. Este tipo de adiciones ayudara a prevenir accidentes y mejorar la máquina.

La implementación de un sistema de monitoreo que permita registrar y analizar los datos sobre la eficiencia de la máquina el rendimiento de corte y la calidad del producto final ayudar en optimizar la producción a futuro. Además de sistema de elevación en los ejes de corte para poder ocupar todo el espacio de la banda sería una adición en condiciones, porque esto permitirá aumentar el número de planchas cortadas por la máquina.

Integrar los demás procesos de la producción de las barras de turrón a un sistema automático embebido, el cual aumentaría más la producción, la calidad del producto y el control eficiente de toda su fabricación.

En un futuro se podría implementar otro tipo de sensores o sistemas adicionales para la máquina, es así como se necesitara cambiar de controlador PLC a uno con un mayor número de entradas y salidas.

6 Bibliografía

- [1] D. O. A. P. Eva Mañez, «El turrón, la mina de oro de Jijona,» PAÍS VALENCIÀ, 27 Diciembre 2022. [En línea]. Available: <https://www.elsaltodiario.com/industria/turron-mina-oro-jijona>. [Último acceso: 4 Julio 2023].
- [2] D. S. Caiza, «Diseño y construcción de una máquina para realizar cortes de alimentos en formas variadas con capacidad de 20Kg/h, con dosificación controlada destinada a la industria alimenticia,» Universidad Politecnica Salesiana, 4 Julio 2016. [En línea]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/13134>. [Último acceso: 4 Julio 2023].
- [3] B. Esteban, «La automatización en la industria alimenticia,» Deal II, 3 Marzo 2022. [En línea]. Available: <https://dealdos.com/blog/industria-alimentaria/>. [Último acceso: 4 Julio 2023].
- [4] C. d. Salinerito, «COOPERATIVA DE PRODUCCIÓN AGROPECUARIA EL SALINERITO,» 2022. [En línea]. Available: <https://salinerito.com/gruppo-salinas/cooperativa-de-produccion-agropecuaria-el-salinerito/>.
- [5] C. d. E. Salinerito, «Shop,» 2022. [En línea]. Available: <https://www.salineritotqb.com/shop/category/categorias-chocolates-confites-14/page/3>.
- [6] CUKit, «Turrón de Maní Blando,» 18 Diciembre 2021. [En línea]. Available: <https://cuk-it.com/recetas/turron-de-mani-blando/>.
- [7] M. C. Salazar, «Elaboración de turrón a base de miel de caña (Saccharum officinarum),» “Universidad técnica de ambato facultad de ciencia e ingeniería en ...”, Abril 2018. [En línea]. Available: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/27788/1/AL%2067>. [Último acceso: 28 Diciembre 2022].
- [8] U. N. d. I. Plata, «Fluidos no Newtonianos,» Wayback Machine , [En línea]. Available: <https://archive.org/web/>. [Último acceso: 19 Diciembre 2022].

- [9] marketingDT360., «Qué Es la Tixotropía y cómo influye en la fabricación de Pinturas y afines,» Oliver + Battle, [En línea]. Available: <https://oliverbatlle.com/que-es-la-tixotropia/>.. [Último acceso: 20 Diciembre 2022].
- [10] L. d. P. d. Manufactura, «Velocidades y avance para corte,» Universidad Autonoma Metropolitana, Azcapotzalco, 2020.
- [11] A. S. Córdova, «Mecanizado con y sin arranque de virutas,» UTN Facultad Regional San Francisco, 30 Julio 2015. [En línea]. Available: <https://es.slideshare.net/andresandretich/mecanizado-con-y-sin-arranque-de-virutas>. [Último acceso: 28 Diciembre 2022].
- [12] coka, «Geometria de filo,» Scribd, [En línea]. Available: <https://es.scribd.com/doc/27629780/GEOMETRIA-DE-FILO#>. [Último acceso: 28 Diciembre 2022].
- [13] C. d. S. Estació, «QUÉ ES UNA CIZALLA, CÓMO SE UTILIZA Y QUÉ TIPOS HAY,» [En línea]. Available: <https://serveiestacio.com/blog/cizalla/>. [Último acceso: 9 Mayo 2023].
- [14] C. d. N. Dehle, «Cizallas de rodillo,» [En línea]. [Último acceso: 9 Mayo 2023].
- [15] E. H. E. a. D. Group, «Infografía: Materiales utilizados en el diseño higiénico para la industria alimentaria,» Higiene ambiental, 19 Abril 2018. [En línea]. Available: <https://higieneambiental.com/higiene-alimentaria/infografia-materiales-utilizados-en-el-diseno-higienico-para-la-industria-alimentaria>. [Último acceso: 19 Junio 2023].
- [16] C. d. Areatecnologia, «Acero Inoxidable,» Areatecnologia, [En línea]. Available: <https://www.areatecnologia.com/materiales/acero-inoxidable.html>. [Último acceso: 21 Junio 2023].
- [17] Bonnet, «CLASIFICACIÓN DE LOS ACEROS INOXIDABLES,» [En línea]. Available: <https://www.bonnet.es/clasificacionacerinox.pdf>. [Último acceso: 24 Junio 2023].
- [18] S. S.A., «LOGO! – ¡Ya se anda por las nubes!,» SIEMENS, 25 Junio 2023. [En línea]. Available: <https://www.siemens.com/es/es/productos/automatizacion/sistemas/simatic/cont>

- roladores-simatic/logo.html. [Último acceso: 2 Julio 2023].
- [19] T. D, «Relé de protección térmica Schneider 7-10a,» Telemecanique, 25 Junio 2023. [En línea]. Available: <https://www.tuandco.com/rele-de-proteccion-termica-schneider-7-10a>. [Último acceso: 2 Julio 2023].
- [20] J. C. G, «SENSOR CAPACITIVO: ¿QUÉ ES? FUNCIONAMIENTO Y CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES,» Capacitores.net, 7 Febrero 2023. [En línea]. Available: <https://capacitores.net/sensor-capacitivo/>. [Último acceso: 2 Julio 2023].
- [21] R. Foundry, «Acero Inoxidable 304 Versus Acero Inoxidable 316,» [En línea]. Available: <https://www.reliance-foundry.com/blog/acero-inoxidable-304-vs-316-es#:~:text=Los%20grados%20de%20acero%20inoxidable,molibdeno%2C%20pero%20el%20304%20no..> [Último acceso: 24 Junio 2023].
- [22] MetalisteriaV3, «Acero Inoxidable 304: Características y Propiedades,» MetalisteriaV3, 30 Marzo 2021. [En línea]. Available: <https://www.metalisteriav3.es/acero-inoxidable-304-caracteristicas-propiedades/>. [Último acceso: 27 Junio 2023].
- [23] J. J. B. Barber, «Diferencias entre el nylon, polipropileno y polietileno,» 23 Enero 2013. [En línea]. Available: <https://www.redesdeportivasonline.com/Blog-de-RDO/Diferencias-entre-el-nylon-polipropileno-y-polietileno>. [Último acceso: 25 Junio 2023].
- [24] S. Transtex, «PHR2-90MF LIXBB-NA black FR,» Forbo movement systems, 7 Abril 2022. [En línea]. Available: <https://m-transtexdealer.forbo.com/Detail/Index/62172?Name=Overview&Url=%2F>. [Último acceso: 26 Junio 2023].
- [25] S. Transtex, Calculation methods – conveyor bel, Lilienthalstrasse: Forbo Movement Systems, 2019.
- [26] Varvel, «Recuotr de engranajes,» de *Catalogo de motorreductores*, Italia, VARVEL, 2019, p. 60.
- [27] C. d. SafetyCulture, «Factor de seguridad: Coeficiente de seguridad en el diseño y el uso,» SafetyCulture, 3 Abril 2023. [En línea]. Available:

- <https://safetyculture.com/es/temas/factor-de-seguridad/>. [Último acceso: 27 Junio 2023].
- [28] I. JQ, «Placa De Grilon Negro , Pa6 + Mos2 #4x350x700 Mm Me,» Mercado Libre, 26 Abril 2023. [En línea]. Available: https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-1363493855-placa-de-grilon-negro-pa6-mos2-4x350x700-mm-me-_JM#position=7&search_layout=stack&type=item&tracking_id=fb803ce4-cc23-4459-89a3-45627bebd870. [Último acceso: 28 Junio 2023].
- [29] KurtsStuff72, «Cinta transportadora Forbo Siegling PHR2-90MF LIXBB FR (42,5" x 11' 8") con sujetadores,» Ebay, 28 Febrero 2021. [En línea]. Available: <https://www.ebay.com/itm/123991563740>. [Último acceso: 28 Junio 2023].
- [30] C. d. Rodavigo, «REDUCTOR TIPO RD DE 50 HZ POTENCIA ENTRADA 0.37 KW VELOCIDAD ENTRADA 1400 RPM VELOCIDAD SALIDA 68.66 RMP TAMAÑO 71 B4 PAR SALIDA 49.4 NM VARVEL,» VARVEL, 25 Junio 2023. [En línea]. Available: <https://rodavigo.net/es/p/reductor-tipo-rd-de-50-hz-potencia-entrada-037-kw-velocidad-entrada-1400-rpm-velocidad-salida-6866-rmp-tamano-71-b4-par-salida-494-nm-varvel/568FRD12B51601203AU20IEC71B5>. [Último acceso: 28 Junio 2023].
- [31] COVETECH, «Banda Cinta Transportadora Codificacion Inkjet,» Mercado Libre, 25 Abril 2023. [En línea]. Available: https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-517569617-banda-cinta-transportadora-codificacion-inkjet-_JM#reco_item_pos=2&reco_backend=machinalis-seller-items&reco_backend_type=low_level&reco_client=vip-seller_items-above&reco_id=1a7dedbe-2433-4bf1-97ba-0bd66. [Último acceso: 28 Junio 2023].
- [32] MetalHierro, «EJE TRANSMISION,» MetalHierro, 3 Julio 2023. [En línea]. Available: <https://metalhierro.com/producto/2941-eje-transmision>. [Último acceso: 4 Julio 2023].
- [33] I. JQ, «Tubo De Grilon Natural , Poliamida 6 Ø 80/40 X 1000 Mm Me,» Mercado Libre, 26 Junio 2023. [En línea]. Available: <https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-1103406889-tubo-de-grilon-natural->

- poliamida-6-8040-x-1000-mm-me-
_JM#position=17&search_layout=stack&type=item&tracking_id=0f93237d-
1cf3-4b4d-91f2-55c8143d4d67. [Último acceso: 28 Junio 2023].
- [34] MetalHierro, «PLANCHA NEGRA,» Metal Hierro, 3 Julio 2023. [En línea]. Available: <https://metalhierro.com/producto/1963-plancha-negra>. [Último acceso: 4 Julio 2023].
- [35] MELtalHierro, «TUBO RECTANGULAR NEGRO LIVIANDO,» Melta Hierro, 3 Julio 2023. [En línea]. Available: <https://metalhierro.com/producto/2514-tubo-rectangular-negro-liviando>. [Último acceso: 2 Julio 2023].
- [36] O. Steel, «Placa de acero inoxidable 304, 304L, 321, 316L, precio por kg, 303,» Alibaba, 25 Junio 2023. [En línea]. Available: <https://spanish.alibaba.com/p-detail/304-1600185487209.html?spm=a2700.7724857.0.0.1635641bEjfvHM>. [Último acceso: 29 Junio 2023].
- [37] A. p. barcos, «VOLANTE 4R NYLON 320,» Recambios Marinos, 3 Julio 2020. [En línea]. Available: <https://www.accesoriosparabarcos.com/shop/producto-detalle?referencia=GS41123>. [Último acceso: 4 Julio 2023].
- [38] C. d. ruliman, «CHUMACERA TENSORA D35MM UCT207,» Casa del ruliman, 3 Julio 2023. [En línea]. [Último acceso: 4 Julio 2023].
- [39] V. M. Yanes, «, “Correlación existente Entre el contenido de sólidos solubles totales y grado de acidez con las longitudes de Ondas Obtenidas Mediante La espectroscopia vis/nir en la Poscosecha del Cultivo de la frutabomba (Carica Papaya L),» 1Library.Co, J, Julio 2018. [En línea]. Available: <https://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/10227/Victor.pdf?sequence=1&isAllowed=y#page=51&zoom=100,109,612>. [Último acceso: 20 Diciembre 2022].
- [40] C. d. Gato, «Sierra para carne y huesos SC204,» Gato, [En línea]. Available: <https://www.gato.es/sierra-para-carne-huesos-sc204.html>. [Último acceso: 28 Diciembre 2022].
- [41] M. Krasula, «Saws details of wood cutter machine with a circular saw. circular...,» iStock, [En línea]. Available: <https://www.istockphoto.com/es/foto/detalles-de-sierras-de-la->

- m%C3%A1quina-cortadora-de-madera-con-sierra-circular-gm1222566100-358785817. [Último acceso: 28 Diciembre 2022].
- [42] C. d. Maquineros, «Mecanizado por arranque de viruta. Parámetros de corte.» Maquineros.com, 2019. [En línea]. Available: <https://maquineros.com/mecanizado-por-arranque-de-viruta-parametros-de-corte/>. [Último acceso: 28 Diciembre 2022].
- [43] L. Group, «EL ALUMINIO,» ALU-STOCK, [En línea]. Available: <https://www.alu-stock.es/es/informacion-tecnica/el-aluminio/>. [Último acceso: 22 Junio 2023].
- [44] J. Estornell, «Diseño higiénico en la industria alimentaria,» BETELGEUX, 25 Marzo 2015. [En línea]. Available: <https://www.betelgeux.es/blog/2015/03/25/disenio-higienico-en-la-industria-alimentaria/>. [Último acceso: 23 Junio 2023].
- [45] Directindustry, «Guillotine - máquina de Corte Con Guillotina,» El marketplace B2B de la industria, [En línea]. Available: <https://www.directindustry.es/prod/aasted/product-94287-1882370.html>. [Último acceso: 28 Diciembre 2022].
- [46] UNED, «Controladores Lógicos Programables (PLC),» Departamento de energía eléctrica, Lima, 2014.
- [47] V. Jorge, «Caracterización de los aceros 1018, 1020, y df2 según la norma SAE,» Journal Scientific MQRInvestigar, 2023.
- [48] R. H. C. ENCALADA, «DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA MÁQUINA SELECTORA DE HUEVOS,» UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA, Quito, 2016.
- [49] Dewalt, «Acesorios hojas de sierra,» de *Accesorios Dewalt*, 2023, p. 24.
- [50] I. S.A., «Poleas,» de *Poleas en V*, INTERMEC S.A., 2019, p. 112.
- [51] WEGCESTARI, «CONIMASWCG20,» de *Motorreductores de Eixos Ortogonais*, Sao Paolo, WEGCESTARI, 2017, p. 80.
- [52] Dunlop, «Correas de transmisión industrial,» de *Correas de transmisión industrial*, Buenos Aires, Dunlop, 2019, p. 44.

- [53] R. Budynas y K. Nisbet, Diseño en Ingeniería mecánica de Shigley, Ciudad de Mexico: Mc Graw Hill, 2015.
- [54] J. L. C. Urgiles, «Diseño y simulación de una clasificadora y cortadora de tomates de árbol,» Universidad Politécnica Salesiana, Quito, 2021.
- [55] B. s. y. maquinaria, Tubos acero inoxidable, España: Bonnet, 2019.
- [56] C. d. I. I. Mecánica, «UNIONES ATORNILLADAS,» Universidad Politécnica de Cataluña, 8 junio 2009. [En línea]. Available: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/6080/05.pdf>. [Último acceso: 27 Junio 2013].
- [57] C. d. SKF, Rodamientos, España: SKF, 2020.
- [58] SKF, «SKF Bearing Select (Herramienta SKF para la selección de rodamientos),» SKF, 25 Junio 2023. [En línea]. Available: <https://www.skf.com/mx/support/engineering-tools/bearing-select>. [Último acceso: 28 Junio 2023].
- [59] R. Tedaganghua, «AISI-barra redonda de acero inoxidable, ASTM SUS 304L 304, precio por kg,» Alibaba, 25 Junio 2023. [En línea]. Available: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/AISI-ASTM-SUS-304L-304-stainless-1600168462908.html>. [Último acceso: 28 Junio 2023].
- [60] C. d. Rodavigo, «Muelle extensible en acero inoxidable aisi 316,» Rodavigo, 25 Junio 2023. [En línea]. Available: <https://rodavigo.net/es/c/matriceria-y-afines/amortiguadores-resortes/muelles-inox/muelle-extensible-en-acero-inoxidable-aisi-316>. [Último acceso: 29 Junio 2023].
- [61] SKF, «Rodamiento de bolas rígido SKF de Acero, Ø int. 22mm, Ø ext. 56mm, ancho 16mm,» RS, 25 Julio 2023. [En línea]. Available: <https://es.rs-online.com/web/p/rodamientos-de-bola/1262536>. [Último acceso: 29 Junio 2023].
- [62] Ribimex, «Polea (Diámetro 120 eje 24 mm.,» Amazon, 14 Octubre 2016. [En línea]. Available: <https://www.amazon.es/Ribimex-PRP24-120-Di%C3%A1metro-120-eje/dp/B00AFB6XLY>. [Último acceso: 29 Junio 2023].

[63] F. BELZUNCHE, «ACEROS Y FUNDICIONES,» UNIVERSIDAD DE OVIEDO, 2011.

[64] IPN, «Análisis de soldaduras, procesos de soldadura,» IPN de México, Chiapas, 2010.