

Diseño de una máquina para automatizar el proceso de tajado de quesos doble crema y mozzarella para la distribuidora AWE S.A.S

Stephany Alejandra Acevedo Cortes
Valeria Andrea Erazo Prieto
Cristian David Salazar Rodríguez

Universitaria Uniagustiniana
Facultad de Ingeniería
Programa de Ingeniería Mecatrónica
Bogotá, D.C.
2022

Diseño de una máquina para automatizar el proceso de tajado de quesos doble crema y mozzarella para la distribuidora AWE S.A.S

Stephany Alejandra Acevedo Cortes
Valeria Andrea Erazo Prieto
Cristian David Salazar Rodríguez

Director
Wilson Javier Serrano Puerto

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Mecatrónico

Universitaria Uniagustiniana
Facultad de Ingeniería
Programa de Ingeniería Mecatrónica
Bogotá, D.C.
2022

Este logro se lo dedicamos a Dios por darnos salud y bienestar diariamente, a nuestros padres y demás familiares por su esfuerzo, buenos deseos, apoyo, ellos son nuestra fuerza y motor para cumplir nuestros sueños y metas, desde el corazón a aquellos que nos acompañaron a lo largo de estos años y con quienes compartimos momentos inolvidables más allá de la vida académica y que sin proponérselo han llenado nuestros días de felicidad.

Agradecimientos

En primer lugar, agradecemos a Dios quien nos brinda la oportunidad de medir nuestras capacidades en el camino hacia la excelencia académica como futuros ingenieros mecánicos, a nuestros padres quienes apoyaron este proceso de formación. Agradecemos al ingeniero Wilson Javier Serrano y al ingeniero Daniel Felipe Peñarete quienes nos acompañaron en nuestra formación académica y fueron parte fundamental para la construcción y ejecución de nuestro proyecto de grado. A la empresa DISTRIBUIDORA AWE S.A.S por brindarnos la oportunidad de desarrollar este proyecto en sus instalaciones, dándonos a conocer sus requerimientos e información de gran importancia; por último, agradecer a todas aquellas personas que nos acompañaron en este proceso académico y personal destacando a nuestros compañeros que apoyaron tanto nuestra formación académica, como el desarrollo del presente proyecto, su atención y ayuda.

Resumen

El presente proyecto desglosa la ejecución, análisis, realización, instalación y diseño de una maquina tajadora de queso doble crema y mozzarella automática que se encargue de mejorar y automatizar, la cual desarrolla el diseño mecánico, electrónico y de control. Se hace énfasis en la selección de equipos que hagan eficiente el proceso y que junto con el diseño mecánico realicen a cabalidad el proceso mencionado, elementos implementados y seleccionados desde un análisis riguroso y detallado para que estos sensores y actuadores sean basados en requerimientos y fundamentos de calidad desde el análisis de instrumentación industrial, asegurando que sean adecuados para esta clase de implementación y que proporcionen una maquina integral que cumpla con las necesidades de la distribuidora AWE S.A.S.

Abstract

This project breaks down the execution, analysis, realization, installation and design of an automatic heavy cream and mozzarella cheese slicing machine that is in charge of improving and automating, which develops the mechanical, electronic and control design. Emphasis is placed on the selection of equipment that make the process efficient and that together with the mechanical design fully perform the mentioned process, elements implemented and selected from a rigorous and detailed analysis so that these sensors and actuators are based on requirements and fundamentals of quality from the analysis of industrial instrumentation, ensuring that they are suitable for this kind of implementation and that provide an integral machine that meets the needs of the distributor AWE S.A.S.

The functional project of the machine was completely carried out leading to the correct practice of the theory presented in this project, making a functional heavy cream and mozzarella cheese slicing machine applied to the food industry and that executes the process automatically, ensuring the safety and integrity of the operator and the equipment of the machine.

Tabla de contenido

Lista de Tablas	12
1. Generalidades	15
1.1. Problema de investigación.....	15
1.1.1. Antecedentes del problema.....	15
1.1.2. Descripción del problema.....	18
1.1.3. Árbol de problemas	19
1.1.4. Pregunta de investigación.....	19
1.2. Objetivos	20
1.2.1. Objetivo General	20
1.2.2. Objetivos Específicos	20
1.3. Justificación	21
1.4. Marco Referencial.....	22
1.4.1. Marco teórico.....	22
1.4.2. Marco conceptual.....	26
1.4.3. Marco Legal.....	30
1.4.4. Marco Metodológico	31
1.5. Cronograma	32
2. Resultados y discusión	33
2.1. Caracterización del proceso de tajado de queso doble crema y mozzarella	33
2.2. Diseño mecánico.....	38
2.2.1. Alternativas para el tajado del queso.....	38
2.2.2. Transmisión de potencia.....	40
2.2.3. Transmisión por correas y Poleas.....	44
2.2.4. Reductor de velocidad	45
2.2.5. Tornillo sin fin.....	46
2.2.6. Casa de la calidad	49
2.2.6.1. Matriz de interrelación de los COMOs	50
2.2.6.2. Matriz de relación entre los QUEs y COMOs	51
2.2.6.3. Cálculo de dificultad e importancia entre QUEs y COMOs	52
2.2.6.4. Calculo de análisis competitivo.....	52
2.2.6.5. Casa de la calidad completa.....	53
2.2.7. Diseño 3D.....	54
2.3. Selección de instrumentación	58

2.3.1.	Diseño del programa de la maquina	58
2.3.2.	Selección de sensores y actuadores	61
2.3.2.1.	Criterios de selección sensor capacitivo	61
2.3.2.2.	Criterios de selección sensor final de carrera	63
2.3.2.3.	Criterios de selección de sensores inductivos.....	67
2.3.2.4.	Criterios de selección del motor.....	69
2.3.2.5.	criterios de selección del controlador lógico programable (PLC).....	72
2.3.2.6.	criterios de selección del Módulo de expansión PLC.....	75
2.3.2.7.	criterios de selección HMI.....	76
2.3.2.8.	Criterios de selección pulsadores	78
2.3.2.9.	Criterios de selección Contactores	80
2.3.2.10.	Criterios de selección Relés.....	81
2.3.3.	Elementos de control eléctrico	82
2.3.4.	Diagrama de flujo	84
2.4.	Programación del sistema de control.....	86
2.4.1.	Esquema de fuerza motor monofásico.....	86
2.4.2.	Esquema de control con PLC marca Xinje.....	87
2.4.3.	Programación del PLC.....	87
2.4.4.	Programación HMI	93
2.5.	Validación del prototipo.....	95
2.5.1.	Presupuesto	95
2.5.2.	Tiempos de corte reales	97
2.5.3.	Validación de construcción de la maquina.....	99
2.5.3.1.	Estructura de la maquina.....	99
2.5.4.	Tablero de control.....	101
3.	Conclusiones.....	105
4.	Recomendaciones	108
5.	Referencias	109
6.1.	Manual de usuario.....	112
6.2.	Datashets	114
6.2.1.	Sensor capacitivo	114
6.2.2.	Final de carrera	115
6.2.3.	Sensor de proximidad.....	116
6.2.4.	Motor	116

6.2.5. HMI..... 117

6.2.6. PLC..... 118

6.3. Planos 118

6.4. Análisis de tensión 122

6.5. Facturas 126

Lista de figuras

Figura 1. Árbol de problemas	19
Figura 2. Modelo estructural de un sistema automatizado	22
Figura 4. Queso mozzarella en punto de reblandecimiento	28
Figura 5. Diagrama de temperatura de la distancia de flujo de queso fundido	28
Figura 8. Tajado de queso manual.	35
Figura 9. Proceso de almacenado, tajado y embalaje del queso	36
Figura 10. Bosquejo sistema de queso por cuchilla rotativa	39
Figura 11. Bosquejo sistema de queso por cuchilla guillotina	39
Figura 12. Bosquejo sistema de queso por alambre de corte	39
Figura 13. Tajadora de queso manual	40
Figura 14. Cadena de casquillos fijos	41
Figura 15. Toma de medidas tornillo sin fin	48
Figura 16. Toma de medidas tornillo sin fin	49
Figura 17. Toma de medidas tornillo sin fin.	49
Figura 18. Relación qfd	50
Figura 19. Correlación qfd	51
Figura 20. Matriz de relación entre ques y comos	52
Figura 21. Matriz final.	52
Figura 22. Análisis competitivo	53
Figura 23. Casa de la calidad.	54
Figura 24. Diseño 3d maquina	55
Figura 25. Diseño 3d maquina	55
Figura 26. Diseño 3d maquina	56
Figura 27. Análisis de fuerza del arpa	57
Figura 28. Estructura modular del diseño estructurado de sistemas	58
Figura 30. Diagrama guía gemma tajadora de quesos	60
Figura 31: análisis estadístico sensor capacitivo	63
Figura 32. Análisis estadístico final de carrera	66
Figura 33. Análisis estadístico sensor inductivo	69
Figura 34. Diagrama de flujo	84
Figura 36. Esquema de control con plc	87
Figura 37. Programación plc 1	89
Figura 38. Programación plc 2	90
Figura 39. Programación plc 3	90
Figlura 40. Programación plc 4	91
Figura 41. Programación plc 5	91
Figura 42. Programación plc 6	92
Figura 43. Programación plc 7	92
Figura 44. Pantalla principal hmi	93
Figura 45. Pantalla usuarios hmi	94
Figura 46. Pantalla proceso hmi	94
Figura 48. Estructura maquina	99
Figura 49. Estructura maquina pintada	100
Figura 50. Estructura maquina con ruedas	100

Figura 51. Medición caja tablero de control	101
Figura 52. Caja tablero de control con hmi	101
Figura 53. Cableado tablero.....	102
Figura 54. Tablero de control	103
Figura 55. Pantalla hmi funcional	103
Figura 56. Máquina tajadora de queso	104

Lista de Tablas

Tabla 1. <i>Propiedades de la textura del queso fundido</i>	28
Tabla 2 <i>marco legal</i>	30
Tabla 3 <i>operacionalización de variables</i>	31
Tabla 4 <i>cronograma</i>	32
Tabla 5. <i>Costo de bloque queso entero y consumo de queso nota. Elaboración propia</i>	34
Tabla 6. <i>Costo de bloque queso tajado y consumo de queso</i>	34
Tabla 7. <i>Queso tajado vs entero</i>	34
Tabla 8 <i>tiempos de tajada máquina manual por operario</i>	35
Tabla 9 <i>matriz de requerimientos solicitados por distribuidora awe s.a.s</i>	37
Tabla 10 <i>longitud de bloque y tajado del queso en la distribuidora awe s.a.s</i>	38
Tabla 11 <i>constantes de valor de presión cinemático</i>	46
Tabla 12 <i>medidas tornillo sin fin tomadas en proyecto de perfiles</i>	47
Tabla 13 <i>criterios de selección de sensores capacitivos</i>	61
Tabla 14 <i>sensor capacitivo n°1</i>	61
Tabla 15 <i>sensor capacitivo n°2</i>	62
Tabla 16 <i>sensor capacitivo n°3</i>	62
Tabla 17 <i>criterios de selección sensor final de carrera</i>	64
Tabla 18 <i>sensor final de carrera n° 1</i>	64
Tabla 19 <i>sensor final de carrera n°2</i>	65
Tabla 20 <i>sensor final de carrera n°3</i>	65
Tabla 21 <i>criterios de selección sensor inductivo</i>	67
Tabla 22 <i>sensor inductivo n°1</i>	67
Tabla 23 <i>sensor inductivo n°2</i>	68
Tabla 24 <i>sensor inductivo n°3</i>	68
Tabla 25 <i>criterios de selección</i>	69
Tabla 26 <i>motor n°1</i>	70
Tabla 27 <i>motor n°2</i>	70
Tabla 28 <i>motor n°3</i>	71
Tabla n°29 <i>criterios de selección plc</i>	72
Tabla n°30 <i>plc n°1</i>	72
Tabla 31 <i>plc n°2</i>	73
Tabla 32 <i>plc n°3</i>	74
Tabla 33 <i>criterios de selección módulo de expansión</i>	75
Tabla 34 <i>módulo de expansión n°1</i>	75
Tabla 35 <i>módulo de expansión n°2</i>	75
Tabla 36 <i>módulo de expansión n°3</i>	76
Tabla 37 <i>criterios de selección hmi</i>	76
Tabla 38 <i>hmi n°1</i>	76
Tabla 39 <i>hmi n°2</i>	77
Tabla 40 <i>hmi n°3</i>	77
Tabla 41 <i>criterio de selección pulsadores</i>	78
Tabla 42 <i>pulsador n°1</i>	78
Tabla 43 <i>pulsador n°2</i>	79
Tabla 44 <i>pulsador n° 3</i>	79

Tabla 45 <i> criterios de selección contactores</i>	80
Tabla 46 <i> contactor n°1</i>	80
Tabla 47 <i> contactor n°2</i>	80
Tabla 48 <i> contactores n°3</i>	81
Tabla 49 <i> criterios de selección relé</i>	82
Tabla 50 <i> relé</i>	82
Tabla 51 <i> presupuesto para automatización de una maquina tajadora de queso.</i>	95
Tabla 52 <i> total, de costos, ganancia y total factura</i>	96
Tabla 53 <i> tiempos de corte y cantidad de bloques de queso cortado</i>	97

Introducción

Dentro del presente proyecto se abordará el diseño mecánico y eléctrico de una maquina tajadora de queso, que se basará en los principios de la automatización y la seguridad en el trabajo de los operarios de la misma, no solo con el fin de generar más ganancias y optimizar los tiempos de proyección de una distribuidora de queso mozzarella y doble crema, sino que además está proyectada a la reducción del peligro a un accidente que pueda sufrir un operario, cabe destacar que el diseño que se ejecutara tendrá alternativas para que el corte sea más limpio y eficaz según el estado del bloque de queso de los dos tipos de quesos mencionados, considerando sus propiedades físicas, basándose en los datos recolectados de la ejecución de este proceso en la distribuidora AWE S.A.S y distribuidora de lácteos OK.

La principal problemática para abordar es la falta de automatización en el corte de los quesos, debido a que la mayoría de las máquinas son manuales y tardan demasiado en el proceso. Para desarrollar lo anterior se hizo un análisis de causas y consecuencias del desperdicio del producto teniendo en cuenta el tiempo de producción.

El desarrollo del presente proyecto se llevará a través de la revisión de antecedentes inicialmente con patentes teórico-prácticas de maquinarias similares, donde su principal relación será el manejo y corte de alimentos teniendo en cuenta los cuidados y protocolos higiénicos, además de las buenas prácticas de manufactura; desde el punto de vista funcional se busca un corte rápido, práctico y limpio con el fin de aumentar la eficacia del proceso, adicionando seguridad para el operario en comparación con máquinas manuales semi automáticas utilizadas en la actualidad.

Posteriormente, se abordó el problema de investigación con el fin de hacer una descripción oportuna y asertiva del problema a tratar y llevar a cabo un procedimiento adecuado para el desarrollo del proyecto de investigación, explicando dentro del anterior los tiempos y costos de producción que actualmente se evidencian en dos distribuidoras de lácteos en la actualidad.

1. Generalidades

1.1. Problema de investigación.

Deficiencia y falta de productividad en el proceso del tajado del queso doble crema y mozzarella.

1.1.1. Antecedentes del problema.

El primer trabajo corresponde a Mulas y Ballesteros, quien realizaron la “máquina cortadora de quesos en porciones de sobre mesa” y tiene como objetivo diseñar una máquina cortadora de sobremesa capaz de cortar el queso en diferentes números de porciones, por lo que esta máquina permite realizar el corte del queso en porciones de una manera semiautomática en las diferentes fases de maduración. Proporcionando de 10 maneras óptimas un corte rápido, preciso y exento de rebabas, mediante cuchilla mecánica. También se puede utilizar para cortar manualmente medios quesos o cuartos; presenta un sistema de protección automática de accidentes con la cuchilla. Dispuesto de forma tubular protege de todos los elementos móviles. Su funcionamiento es automático proporcionado por el movimiento de descenso y elevación del conjunto carro de corte en la posición más alta del carro de corte (posición de carga del queso), la protección está solidaria al carro y permite la existencia de una zona libre abierta para colocar el queso dentro de la máquina. Según lo anterior se relaciona con la investigación en curso, ya que propone un material de diseño y realización de máquina completo, que ayuda a complementar la investigación y para un óptimo desarrollo de esta, teniendo en cuenta que muestra practicidad en la situación actual de pandemia debido a que se realiza una mejora en los campos de higiene, sanitarios y de trazabilidad, además que sean pocos los tiempos perdidos en producción (Mulas & Ballesteros, 2020).

Según lo anterior se relaciona con la investigación en curso, ya que propone un material de diseño y realización de máquina completo, que ayuda a complementar la investigación y para un óptimo desarrollo de la misma, teniendo en cuenta que muestra practicidad en la situación actual de pandemia debido a que se realiza una mejora en los campos de higiene, sanitarios y de trazabilidad, además que sean pocos los tiempos perdidos en producción.

En el segundo trabajo corresponde a Raimundo, quien realizó un “Esquema constructivo de una máquina para rallar, cortar y moler, queso, coco, legumbres y hortalizas para uso de cocinas

industriales” y tiene como objetivo diseñar una máquina para uso de cocinas industriales, donde esta máquina corta en rodajas en diferentes diámetros, alimentos de forma rápida y segura. Esta máquina trabaja simultáneamente con dos sistemas de corte iguales, así como rebanar los alimentos de acuerdo con lo que se desea e implementando piezas reemplazables evitando la posibilidad de un accidente con manos y soportando trabajos pesados utilizando todas las piezas del diseño (Raimundo, 2019).

Según lo planteado en el párrafo anterior, esta patente tiene relación con el trabajo de investigación debido a que muestra una forma interesante y práctica de añadir el motor al sistema de corte (sistema de transmisión) que puede ser implementado de forma similar en el presente proyecto, de la misma forma identificar el material a utilizar (en este caso acero inoxidable) que sea utilizado en el campo de alimentos y de alta duración, para este tipo de procesos industriales y de tiempo reducido, también ayuda a complementar la temática del diseño teniendo en cuenta la seguridad de los operarios al hacer el proceso del corte del queso.

En el tercer trabajo de investigación corresponde a Gutiérrez, quien realizó ”Especificación y diseño de máquina para adicionar separadores al queso tajado” y tiene como objetivo especificar y diseñar una máquina para adicionar separadores al queso tajado, además presenta el diseño estructural, eléctrico y la programación del controlador lógico programable (PLC) de una máquina para adicionar los separadores antiadherentes al queso cortado por tajadora horizontal, en este proyecto de automatización se abarcan las etapas de aplicación y desarrollo. Se fabricó un prototipo con el objetivo de realizar pruebas y reproducir el proceso automatizado para asegurar los tiempos en proyección, se determinó los puntos de censado y se implementaron las funciones mecánicas y electrónicas que tendrá la máquina. Se enuncian los aspectos técnicos que se tuvieron en cuenta para la elaboración del diseño final y la selección de sensores, actuadores y el controlador lógico programable, para la programación en Ladder se utiliza el Software Zelio Soft. Se presenta de manera gráfica y escrita el proceso de automatización de la máquina con la finalidad de comprender el funcionamiento de esta (Gutiérrez, 2016).

Cabe destacar en lo presentado en el anterior párrafo la ejecución del funcionamiento de la máquina, en la simulación y diseño 3D, además de su desarrollo eléctrico y electrónico. Especialmente en el controlador lógico programable (PLC) que se implementa al sistema teniendo en cuenta la configuración mecánica, destacando el sistema de separación del queso a la hora de poner el separador de quesos.

En el cuarto trabajo de investigación corresponde a Lara, quien realizó "Gestión técnica de los factores de riesgo laboral en la planta de producción de la empresa lácteos La caserita" y tiene como objetivo analizar los factores de riesgo laboral en la planta de producción de la empresa Lácteos "La Caserita", mediante la gestión técnica de seguridad y salud en el trabajo para la prevención y mitigación de accidentes y/o enfermedades ocupacionales. Teniendo en cuenta el objetivo general, esta investigación se basa en la normativa y derechos fundamentales del trabajador en cuanto a las condiciones óptimas para que garanticen su seguridad y salud teniendo una normativa legal para mejorar el lugar y procesos de trabajo, en donde se desarrollan las diferentes actividades delegadas a cada empleado, además de esto tiene la finalidad de identificar, medir y evaluar los diferentes factores de riesgos a los que se encuentran expuestos aquellos trabajadores que elaboran dicha área. Para identificación y estimación inicial de los riesgos, siendo parte de la gestión técnica que influyen diversos factores de riesgo como los físicos, mecánicos, químicos y riesgos mayores (Lara, 2021).

Se le da importancia a anterior trabajo de investigación la normatividad y factores de los riesgos que tiene un operario de una máquina para el proceso de producción, debido a que no solo son factores de riesgo laboral en la planta sino de seguridad y salud, es por eso que es importante poder implementar en los diseños de cada máquina para asegurar que estos factores disminuyen y haya mayor productividad y menos pérdida de dinero, operarios y tiempo.

En el quinto trabajo de investigación corresponde a Carranza, quien realizó "Diseño de prototipo de herramienta para mejorar el corte en el área de tajado en la cosecha tropical S.A.S", que tiene como objetivo diseñar un prototipo de herramienta para mejorar el corte en el área de tajado de la Cosecha Tropical S.A.S usando una distribución en la planta por producto, donde cada operación está ubicada cerca a la antecesora y el producto sobre el que se está trabajando, el cual recorre toda la línea de producción de una estación a otra a medida que sufre operaciones necesarias las cuales son: recepción de materia prima, maduración, pelado, tajado, freidora, preformado, empaque y actualmente todos los procesos se realizan manualmente, lo cual lleva a la empresa a generar desperdicios de movimiento, sobre esfuerzos y sobre proceso (Carranza, 2020).

En cuanto al diseño del proyecto en curso, este trabajo de investigación es relevante debido a que tiene el proceso de tajado similar al del queso teniendo en cuenta sus características y

grosos y aparte de esto tiene problemáticas similares, por lo cual se puede trabajar el proceso de manera parecida, incluyendo los sensores requeridos, normatividad, diseño y orden del proceso del tajado (Carranza, 2020).

En el sexto trabajo corresponden a Pérez, quienes realizaron “Diseño y construcción de máquina cortadora de queso para bloques QC15 y GQ 20” y tiene como objetivo el diseño y construcción de una máquina para cortes de bloques de queso, que no cuente con un sistema eléctrico o electrónico, que sea seguro para el operario y cuente con las normas permitidas por el sector alimenticio. En cuanto a su metodología se utilizan varias herramientas para el corte del queso quien llevó tener una implementación de cortadoras de quesos manuales. Desde sus inicios su mecanismo de acción o funcionamiento elemental no han cambiado, pero sí mejorado en cuestiones de los tipos de corte o en los diseños para las herramientas y máquinas que se emplean para realizar esta acción de manera manual (Pérez, 2021).

Aparte de esto, dentro de este se muestran varias máquinas cortadoras de quesos con el fin de que su implementación sea más completa con sus diagramas neumáticos, sistema de control neumático y área de contacto con los bloques de queso, teniendo en cuenta que como resultado hubo varios rediseños al corte, puesto que se pretende que él sea sólido completamente e intercambiable, se le montaran las cuchillas, éstas serán rígidas y a la hora de su modificación se tuvo un proceso adecuado del corte del queso sin desperdicios. Se le da importancia a este trabajo de investigación, puesto que los diseños tienen implementación electrónica, neumática y modelado 3D que aporta al proyecto de diseño de máquina automatizada de queso, por lo que complementa la información para el debido desarrollo del corte y se prioriza la ejecución de sistemas para la mejora del riesgo laboral en la planta y poder evitar los accidentes de los operarios en el corte del producto (Pérez Gómez et al., 2021).

En el séptimo trabajo de investigación que corresponde a García y Honorato, quienes realizaron la “Optimización de parámetros de hilado y rendimiento de queso mozzarella en una marmita semiautomática” que tiene como objetivo optimizar los parámetros de hilado y rendimiento de queso mozzarella, donde inicialmente se hace un análisis de operaciones para conocer cada máquina, apoyado de los manuales de máquinas y los operadores, se realiza un estudio de tiempos para determinar el tiempo estándar del proceso, donde se presentan las fallas más comunes, posteriormente se realizan observaciones en las máquinas según el tamaño de

muestra determinado, obteniendo así la información necesaria para tomar medidas y hacer el estudio de optimización de los procesos de producción. Toda actividad y proceso productivo puede mejorar su eficiencia si se pone en práctica la automatización industrial, reducir costes y optimizar la calidad del producto final, puesto que los controles de calidad son la piedra angular para la ejecución debida de cada proceso con el fin de apostar por la tecnología y sistemas automatizados que permitan tales mejoras (García & Honorato, 2019).

Este trabajo de investigación es de mucha importancia debido a que es apoyada de máquinas manuales y se hace un estudio específico de los tiempos para determinar las fallas más comunes y así mejorar el proceso del corte de tajado y de la optimización de tiempo, teniendo en cuenta el hilado para el corte al ser trabajado por el extrusor doble daña las propiedades funcionales de la mozzarella, lo que no sucede con el trompo de hilado, que produce menor capacidad de gratinado y sin pérdida de grasa.

En el octavo trabajo de investigación que corresponde a Reyes y Vergara, quienes realizaron “Automatización del proceso en la elaboración del queso”, que tiene como objetivo automatizar el proceso de elaboración de queso costeño, para mejoramiento de la producción. Este proceso cuenta con un sistema de supervisión y control donde se pueda centralizar la producción y el registro de materias primas e insumos. Además de recetas para la elaboración de los productos evitando medidas empíricas, se seleccionaron los instrumentos de medición y control, cuyas especificaciones están basadas en requerimientos de operación. Para implantar el método de control adecuado, se elaboró una estrategia preliminar de automatización. Los elementos del sistema de automatización de la interfaz de hombre maquina y controles lógicos programables (HMI, PLC, Sensores) se estarán comunicando mediante los protocolos de comunicación establecidos por el fabricante, se elaborará es sistema SCADA donde se centralizará el control del proceso en comunicación con el PLC. Se desarrollará la programación del sistema de control automatizado teniendo en cuenta las normas (Reyes & Vergara, 2016).

El anterior trabajo de investigación es importante debido a que tiene instrumentos de medición y control las cuales están basadas en la automatización, por lo que es de gran relevancia para el diseño de este proyecto, ya que no solo se implementara el modelado de 3D, sino en la comunicación en sistema SCADA para así poder desarrollar la programación del sistema de control teniendo en cuenta la seguridad del operario, el proceso debido del corte del queso y la proyección de este diseño.

En el noveno trabajo de investigación que corresponde a Betancourt, Armando y Nieto, quienes realizaron “Criterios de implementación ISO 140001:2015 Caso Estudio Sector Producción de Queso”, el cual realiza un estudio con el fin de visibilizar la problemática ambiental actual, y de esta manera se puedan plantear estrategias que conlleven a mitigar los posibles impactos negativos al medio natural, por lo que se tiene en cuenta la norma ISO 14001:2014 donde se pretende identificar las etapas de producción y sus posibles problemáticas como la contaminación del suelo, agua y aire. donde teniendo en cuenta estos aspectos ambientales se evidencian malos olores en el producto (Betancourt et al., 2021).

Este trabajo de investigación es importante en el proyecto a realizar ya que brinda los requerimientos de la norma ISO 140001:2015 y la determinación en el sistema de gestión ambiental y así poder mitigar la carga contaminante que contienen los productos al no tener el proceso adecuado de corte y empaquetado y poder aumentar el proceso de producción. Además de eso es importante poder conocer las normativas adecuadas para cada proceso, en este caso el proceso de corte y así poder aumentar la automatización de estos productos teniendo en cuenta los aspectos ambientales.

1.1.2. Descripción del problema.

La industria de producción de queso doble crema y mozzarella más exactamente en la etapa de tajado y embalaje existen varias falencias las cuales deben ser corregidas para tener una etapa de producción más eficiente, automática y segura para el operador; actualmente en la industria existen máquinas automáticas muy reducidas y con baja eficiencia, debido a que el tiempo de corte es alto y su capacidad es mínima. Una de las mayores problemáticas evidenciado en el proceso de tajado dentro de la distribuidora AWE S.A.S es la cantidad de tiempo que se emplea, debido a que actualmente las máquinas que existen sólo tiene la capacidad de tajar un bloque de queso en un período de tiempo de 110 segundos, tiempo que puede causar limitaciones y pérdida de ganancias haciendo posible la pérdida de proyectos de venta a empresas productoras que necesitan del queso de forma continua y en gran cantidad, también puede ocasionar que los clientes que compran al detal al no recibir un producto fresco decidan no comprarlo en la empresa, además este es un proceso para el cual son necesarios dos operarios, uno que realice el tajado del queso y otro que coloque los separadores y lo embale, el tiempo de salida del producto se extiende, la mayoría de las distribuidoras de este índole suelen tajar el queso en el momento de la venta o en ocasiones por comprar el bloque tajado reduciendo tiempos de producción, pero aumentando costo, otra falencia dentro de la producción es el desperdicio de materia prima al realizar cortes poco precisos; adicional a esto en caso de tajar la distribuidora el queso el operario de la máquina está expuesto a tener un accidente con el elemento de corte, el cual puede causar lesiones en su manos.

1.1.3. Árbol de problemas

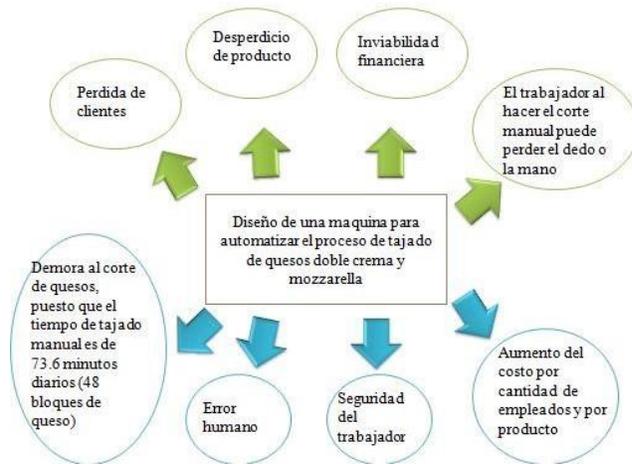


Figura 1. Árbol de problemas (Elaboración propia).

Como se puede observar en la figura 1, en árbol de problemas se observan las causas y consecuencias que tiene la empresa AWE S.A.S a la hora del corte del queso y se dio a conocer que la mayor problemática es la demora de corte de queso, ya que se hace de manera manual y esto ocasiona la falta de producción, desperdicio del producto y inviabilidad financiera de la empresa. De este modo desde este árbol se obtuvo la información necesaria para el desarrollo de los objetivos y componentes para poder desarrollar el proyecto y dar una solución al problema principal.

1.1.4. Pregunta de investigación

¿Qué características mecánicas, eléctricas y de seguridad para el operario debe tener una máquina para tajar quesos de tipo doble crema y mozzarella que haga el proceso más seguro y permita reducir el tiempo de producción en la distribuidora AWE S.A.S?

1.2.Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Diseñar una máquina automatizada para el proceso de tajado de quesos doble crema y mozzarella con el fin mejorar los tiempos de producción y seguridad industrial de los operarios en la empresa distribuidora AWE S.A.S.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Caracterizar el proceso del tajado de queso mozzarella y doble crema en la empresa distribuidora AWE S.A.S
- Proponer un sistema mecánico para el tajado del queso.
- Seleccionar la instrumentación adecuada y pertinente para una maquina automatizada tajadora de quesos.
- Establecer la programación del sistema de control para la maquina tajadora de quesos.
- Validar el prototipo industrial garantizando los tiempos de producción.

1.3.Justificación

En el presente proyecto se muestran varias problemáticas en el proceso de tajado de queso mozzarella y doble crema en la empresa distribuidora AWE S.A.S, donde se presentan fallas en el tiempo, dinero y falta de procesos automáticos debido a que desmejora el proceso de corte y atención del cliente, es por esto por lo que se tiene el fin de mejorar, establecer procesos y maquinaria automatizada para garantizar la solución a problemáticas mencionadas anteriormente y sean minimizadas, además de mejorar el margen de ganancia de la empresa que implemente el diseño con fines de optimización. Enfocándose en el campo económico de la realización del diseño de la máquina y basándose en lo ya descrito en la descripción del problema se puede proyectar reducción los costos de materia prima la cual se reduce en un 4.76% mensual al hacer el cambio de compra de bloques de queso tajado a bloques de queso entero, producción y aumento en las ganancias, además de realizar una mejora en tiempos de producción al reducirlos según los requerimientos proporcionados por la empresa (tabla 9) en mínimo un 40% teniendo en cuenta que el tiempo promedio actual de producción es de 111,33 segundos y se incrementará el crecimiento de la empresa de forma exponencial, otra de las problemáticas a tratar es la seguridad y bienestar de los operarios de tajado debido a que en el actual proceso de tajado (figura 6) se utiliza una máquina que puede lesionar a la persona, se busca automatizar de forma que el operario tenga el menor contacto y cercanía posible con la herramienta de corte.

Basados en lo anterior se puede decir que este proyecto mejorará la atención del cliente ya que querrán adquirir el producto debido a su frescura, corte limpio y buena presentación, lo cual generará confianza en el cliente y esto hará que la empresa crezca mejorando sus estándares de producción para seguir implementando buenas prácticas de automatización y manufactura enfocadas a la industria 4.0.

Enfocándose en el campo de ingeniería mecatrónica se implementará todo lo relacionado con sistemas mecánicos y electrónicos los cuales dan realizar una solución acorde a la necesidad de la distribuidora AWE S.A.S, apoyados en el diseño mecánico y los sistemas de control empleados a los procesos productivos de la industria 4.0, implementando a través de diferentes softwares el desarrollo de los sistemas mencionados y su debida puesta en marcha, estructurando un sistema automatizado

1.4. Marco Referencial

1.4.1. Marco teórico

La problemática de la falta de automatización en el proceso del tajado del queso se ha venido presentando por la falta de manufactura y buena manipulación en cuanto al corte del queso, por esta razón es que se han encontrado varias investigaciones y proyectos en donde se implementan nuevas tecnologías para la mejora en la industria del queso y se permita disponer de un proceso rápido y eficiente de las maquinarias evitando un corte de forma manual.

Modelo estructural de un sistema automatizado

La estructura de un Sistema Automatizado puede clasificarse en dos partes claramente diferenciadas: por un lado lo que denominaremos Parte Operativa, formada por un conjunto de dispositivos, máquinas o subprocesos, diseñados para la realización de determinadas funciones de Introducción a los Automatismos UPV-CFP 11 fabricación; de forma específica pueden tratarse de máquinas herramienta para la realización de operaciones de mecanizado más o menos sofisticadas o bien de subprocesos dedicados a tareas tales como destilación, fundición etc. Por otro lado, tenemos la Parte de Control o Mando, que, independientemente de su implementación tecnológica electrónica, neumática, hidráulica etc., es el dispositivo encargado de realizar la coordinación de las distintas operaciones encaminadas a mantener a la Parte Operativa bajo control (Moreno, 2001).

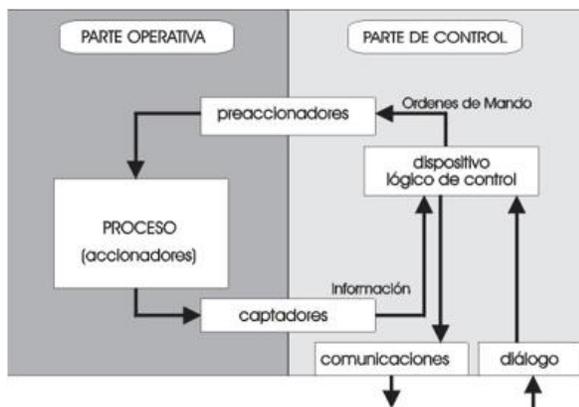


Figura 2. Modelo estructural de un sistema automatizado (Moreno, 2001).

Fases para la puesta en marcha de un proyecto de automatización.

Existen complejos procesos de automatización que requieren de la colaboración entre los diversos departamentos de una empresa (gestión, logística, automatización, distribución, etc.). En esta sección se enfoca el problema en concreto en la parte de automatización, desde el punto de vista del trabajo que debe realizar el ingeniero/ingeniera técnica. El marcometodológico consta de las fases siguientes, que el operario debe realizar: Automatización, supervisión, interacción, implementación y pruebas (Moreno, 2001).

Automatismo

Se define un sistema (máquina o proceso) automatizado como aquel capaz de reaccionar de forma automática (sin la intervención del operario) ante los cambios que se producen en el mismo, realizando las acciones adecuadas para cumplir la función para la que ha sido diseñado. La figura 1.1 muestra la estructura típica de un sistema automatizado (Llopiset al., 2019).

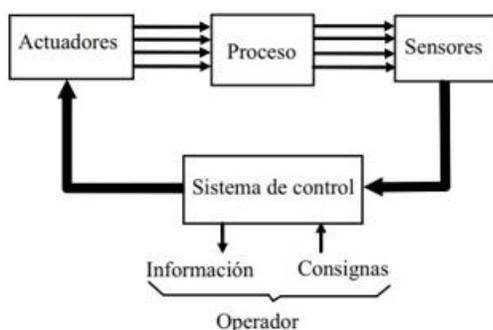


Figura 3. Estructura de un sistema automatizado (Llopis et al., 2019).

Se denomina automatismo al sistema completo, aunque con este término suele hacerse referencia fundamentalmente al sistema de control, ya que es este el que produce de forma automática las acciones sobre el proceso a partir de Automatización industrial. Las señales de entrada y de salida pueden ser de cualquier tipo, sin embargo, el concepto tradicional de automatismo se utiliza para sistemas de eventos discretos (también llamados sistemas secuenciales) en los que esas señales son binarias, es decir, solo pueden tomar 2 valores, activa o inactiva (estos valores suelen representarse como un 1 o un 0). En ese caso el sistema de control implementa el algoritmo de la lógica binaria que relaciona los valores que van tomando en cada instante las entradas (1 o 0) para que el sistema funcione adecuadamente (Llopis et al., 2019).

Controlador Lógico Programable (PLC)

La automatización de procesos industriales es comúnmente realizada con controladores lógicos programables (PLC). El control programado ha reemplazado el uso de relés electromecánicos para definir la lógica de un automatismo, con lo cual se ha logrado ahorrar mucho dinero en cables y elementos físicos, al remplazarse estos por líneas de código en el programa. Así entonces, cualquier cambio que se requiera en la lógica de programación se resume en hacer cambios en el código sin generar cambios físicos en conexiones y elementos. La programación de los PLC se realiza comúnmente de forma empírica y por lo tanto diferentes programadores pueden generar códigos que realizan la misma tarea pero que son estructuralmente muy distantes (Vásquez & Ruben, 2010).

Buenas prácticas de manufactura

Son un conjunto de regulaciones federales que se aplican en todos los procesadores, distribuidores, y almacenes de alimentos u otros. Son la base legal para determinar si las prácticas, condiciones y controles usados para procesar, manejar o almacenar productos son inocuos y si las condiciones en las instalaciones son sanitarias (Barrett, 2010).

Las buenas prácticas de manufactura nos facilitan una descripción de las características propias de la manufactura especializada, el proceso, el empaque, el manejo y almacenamiento de productos alimenticios, farmacéuticos y cosméticos. Aunque estos estándares dictados por la FDA a través de las BPM (Buenas prácticas de manufactura), son de orden general y con contenidos mínimos, permiten con alta efectividad el control general del proceso, generalmente la industria antes mencionada también se controla a través de los SOP'S. (estándar operating procedures) o procedimientos estándares de operación, que son los que efectivamente exceden los requerimientos mínimos de las BPM y que además son de características muy específicas según sea el tipo y el proceso de industria de que se trate (Flores, 2007)

Sistema de seguridad redundante

Se habla de sistema de seguridad redundante cuando se usa un sistema, equipos o dispositivos complementarios a otros sistemas, cuya función es garantizar la seguridad del conjunto en caso de la falla del sistema que se está ejecutando. La redundancia se justifica principalmente por el fallo del material o por el error humano, por lo que se pretende regular las fallas de los sistemas de seguridad y que disminuyan las posibilidades de que el fallo perjudique la materia prima. (granvertical, 2020)

Los sistemas redundantes presentan una solución a los problemas de protección para una mayor confiabilidad en el proceso a ejecutar, por lo que se encarga de realizar el mismo proceso en más de una locación y si por algún motivo alguna deja de funcionar o colapsa, inmediatamente otro tendría que ocupar su lugar y realizar las tareas anteriores. La técnica de redundancia ha sido usada con el fin de alcanzar confiabilidad. (Monitoreo.com, 2017)

Protocolos industriales de comunicación

Es un sistema de reglas que permiten que dos o más entidades de un sistema de comunicación se comuniquen entre ellas con el fin de transmitir información por medio de cualquier tipo de variación de una magnitud física. Los protocolos que se usan en la industria parten de la evolución de los antiguos protocolos basados en comunicaciones en serie o la creación de nuevos estándares que son basados en nuevas tecnologías como por ejemplo Modbus/ TCP / profinet, etc.

Los protocolos estándares TCP/IP, los cuales se utilizan en hardware y software ethernet para poder establecer un nivel de protocolo para configurar, acceder y controlar dispositivos de automatización industrial. (Logicbus, 2019).

1.4.2. Marco conceptual

Finales de carrera

Un final de carrera o interruptor de posición es un sensor que detecta la posición de un elemento móvil mediante accionamiento mecánico. Así pues, además de ser los sensores más instalados en el mundo, no dejan de ser sensores de contacto que necesitan estar en contacto con el objeto para detectar la llegada de un elemento móvil a una determinada posición. La salida de los finales de carrera es binaria y la única información que nos da, es si el objeto está en una posición determinada o no. Hablando en términos tecnológicos, los finales de carrera son sensores electromecánicos y por lo tanto, disponen de partes mecánicas enlazadas a partes eléctricas (Novelec, 2018).

Sensores fotoeléctricos

Los sensores fotoeléctricos son aquellos que responden al cambio en la intensidad de una luz, permitiendo la activación o desactivación de una señal en función de los valores recibidos de esa luz (Contaval, 2016).

Sistema husillo de bolas

Se trata de un sistema de transmisión que transforma un movimiento rotativo en un movimiento lineal o viceversa. El sistema está compuesto por:

- Tornillo con rosca especial para la rodadura de las bolas.
- Tuerca, que se desplaza longitudinalmente en relación con el tornillo.
- Bolas, que son los elementos rodantes que permiten reducir la fricción entre tornillo y tuerca e incrementar la velocidad de desplazamiento de la tuerca.
- Sistema de recirculación de bolas (Mecapedia, 2006).

Sistema trifásico

Un sistema trifásico indica un sistema combinado de 3 circuitos de corriente alterna (para un sistema de producción, distribución y consumo de electricidad) que tienen la misma frecuencia. En comparación con las instalaciones monofásicas, en una instalación trifásica el costo de materiales y cables eléctricos se reduce en un 25% para la misma cantidad de energía eléctrica transformada y generada. La corriente trifásica es el flujo de energía eléctrica formada por tres corrientes alternas monofásicas de la misma frecuencia y amplitud (por tanto, valor eficaz) que presentan una cierta diferencia de fase entre ellas, alrededor de 120° , están dadas en un orden determinado (Energía Solar, 2021).

Motores trifásicos

Los motores trifásicos son máquinas eléctricas que transforman la energía eléctrica en energía mecánica mediante interacciones electromagnéticas. Están diseñados para funcionar con la potencia de corriente alterna trifásica utilizada en muchas aplicaciones industriales. La electricidad de la CA (corriente alterna) cambia de dirección negativa a positiva y viceversa muchas veces por segundo. La corriente alterna que recibe una casa, por ejemplo, va de negativa a positiva y regresa 60 veces por segundo. Esta cambia la potencia en una onda continua suave llamada onda sinusoidal (Motorex, 2019).

Neumática

La neumática es la tecnología que emplea el aire comprimido como modo de transmisión de la energía necesaria para mover y hacer funcionar mecanismos. El aire es elástico, y por ello, lo podemos comprimir aplicándole una fuerza, mantener esa compresión, y usar la energía acumulada cuando le permitamos expandirse (Goyanes, 2013).

Punto de reblandecimiento

El punto de reblandecimiento o SP (Softening Point) es la temperatura a la que una sustancia se reblandece y se estira con un peso determinado y fluye verticalmente hacia abajo en una distancia definida (la distancia de flujo). Normalmente se suele usar una bola como peso para favorecer el flujo de la sustancia; mediante esta técnica, se pueden estudiar tanto los valores térmicos como las propiedades reológicas, por ejemplo, la fusibilidad, la propensión a fluir y la capacidad de estiramiento. El queso es un ingrediente cada vez más común en las comidas preparadas. Como se vuelve elástico a temperaturas elevadas, la medición del SP es un medio eficaz de caracterizar su comportamiento, y los científicos alimentarios usan cada vez más el SP para asegurar resultados sabrosos (Metzger, 2008).

Tabla 1.
Propiedades de la textura del queso fundido

Descriptor	Definición	Medición
Fusibilidad /derretimiento	Tendencia a ablandarse cuando se calienta	Punto de reblandecimiento
Viscosidad/flujo	Tendencia a propagarse y fluir cuando se funde	Diagrama de reblandecimiento
Extensibilidad	Tendencia a formar hilos al extenderse	Vídeo

Nota. (Metzger, 2008).

Existen quesos fundidos mediante los sistemas de punto de goteo Excelente de METTLER TOLEDO. Se sometieron a cheddar, emmental y mozzarella a experimentos duplicados simultáneos en los que cada muestra se midió tres veces (n=6) (Metzger, 2008).

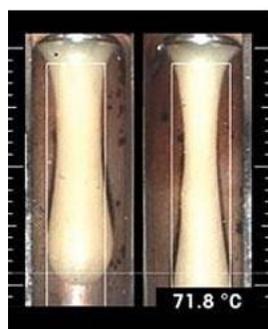


Figura 4. Queso mozzarella en punto de reblandecimiento (Metzger, 2008).

La temperatura del SP se puede determinar en el momento en el que la muestra ha fluido hasta una distancia de 19 mm; se ha esbozado un ejemplo de diagrama de distancia en

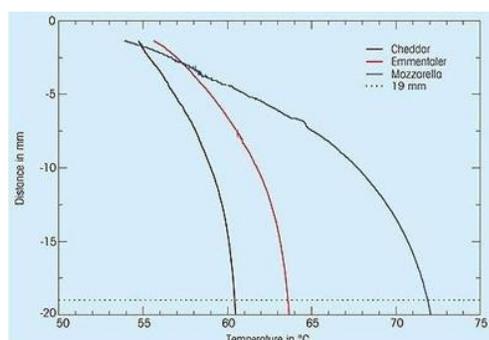


Figura 5. Diagrama de temperatura de la distancia de flujo de queso fundido (Metzger, 2008).

Resistencias de calor

Las resistencias calefactoras son dispositivos hechos con diferentes tipos de materiales, por lo general alguna clase de alambre o filamento y una base, que tienen la capacidad de recibir un flujo de corriente eléctrica y generar calor a partir de esta corriente. Los usos que estos dispositivos tienen son muy variados, al igual que sus áreas de aplicación; pueden ser usados por un ama de casa en el hogar o por un técnico o ingeniero en una fábrica o planta. Las resistencias calefactoras pueden ser fabricadas en diferentes materiales, con diferentes formas, tipos y tamaños, dependiendo del uso que se les vaya a dar. (JMIndustrial, 2019).

Control de motores

El diagrama de control de un motor eléctrico, diagrama trifásico, se compone del diagrama del circuito de potencia y el diagrama del circuito de control. El diagrama de potencia alimenta y protege al motor, mientras que el de control opera con botones pulsadores de contacto momentáneo y se alimenta con bajo voltaje (Auticom, 2020).

- Si comparamos el motor eléctrico con un motor de combustión, el eléctrico destaca por ser más eficiente, fácil de mantener y económico al adquirirlo. También es más flexible en relación con las aplicaciones en las que se puede utilizar.
- La variación de velocidad e inversión de giro es uno de los usos más básicos. Se utilizan en aplicaciones complejas o básicas en CC o CA en baja y media tensión. Los variadores permiten configurar señales de control de entrada y/o salida; además cuentan con diferentes tipos de comunicación industrial, de acuerdo con las necesidades específicas de la aplicación.
- Los interruptores de control y de carga son dispositivos con flexibilidad, fáciles de adaptar y pequeños que a pesar de su tamaño optimizan los tiempos. Entre sus múltiples usos puedes enfocarlos a la gestión de motores distribuidos manuales y como una forma de desconectar motores (Auticom, 2020).

Ethernet

Su uso es la conexión de dispositivos en una red de área local para una red de área amplia por medio de un cable, lo cual permite comunicarse entre sí a través de un protocolo el cual contiene un lenguaje de red común. Esto quiere decir que los dispositivos de una red pueden transmitir datos a otros dispositivos del mismo segmento local para poder reconocer y recibir la información. (John Burke, 2019)

1.4.3. Marco Legal

Debido al incremento de la importancia de la automatización y dispositivos electrónicos en la industrias y empresas es necesario nombrar las normas, resoluciones y decretos que rigen en la implementación del diseño de la maquina automatizada de quesos, es por esto que en la figura 2 se muestran las normativas acordes al proyecto.

Tabla 2
Marco legal

JERARQUIA DE LA NORMA	NUMERO	AÑO	TITULO	ARTICULOS QUE APLICAN	DESCRIPCION O ALCANCE DE LA NORMA
Resolucion	5109	2005	Resolucion 5109 de 2005	Articulo 2,5,7	Reglamento tecnico sobre los requisitos de rotulado o etiquetado que deben cumplir los alimentos envasados y materias primas de alimentos para consumo humano.
Resolucion	2674	2013	Resolucion 2674 de 2013	Articulo 126	Establece que los alimentos que se fabriquen, envasen o importen para su comercializacion en el territorio nacional, requieran de notificacion sanitaria, permiso sanitario o registro sanitario.
Norma	60529	2004	Norma IPX-ANSI/IEC 60529-2004	Toda la norma	Descripcion de la clasificacion del grado de proteccion que proporcional las cajas que envuelven equipos electricos y refleja la proteccion que facilita la caja envolvente y la proteccion.
Resolucion	4142	2012	Resolucion 4142 de 2012	Articulo 2,3,5,7,9	Establece el reglamento tecnico sobre los requisitos sanitarios que deben cumplir lo materiales, objetivos, encases y equipamentos metalicos destinados a entrar en contacto con alimentos y bebidas para consumo humano en el territorio.
Decreto	3075	1997	Decreto 3035 de 1997	Articulos 8,9,10 y 11	Este decreto es de orden publico, donde regulan todas las actividades que puedan generar factores de riesgo por el consumo de alimentos las cuales aplican a las fabricas y establecimientos donde se procesan los alimentos, los equipos y utensilios para la alimentacion de estos.
Norma	5.1	2009	Norma ISA 5.1 de 2009	Toda la norma	Esta norma establece de manera uniforme y estandar los medios de representacion, la identificacion y funciones propias de los intrumento o dispositivos, sistemas de instrumentacion utilizados para la medicion, seguimiento y control, presentando un sistema de designacion que incluye sistemas de identificacion.
Norma NTS	7	2017	Norma sanitaria de manipulacion de alimentos	Toda la norma	Esta normal tiene como objetivo establecer los requisitos sanitarios que se deben cumplir en los alimentos de la industria, para garantizar el buen manejo de los alimentos, durante la recepcion de materia prima, preparacion, almacenamiento y comercializacion con el fin de proteger la salud del consumidor.
Resolucion	683	2012	Resolucion 683 de 2012	Toda la resolucion	Esta resolucion conta de un reglamento tecnico sobre los requisitos sanitarios que deben cumplir los materiales, objetos, envases y equipamentos destinados a entrar en contacto con alimentos y bebidas para consumo humano.
Decreto	1148	2020	Decreto 1148 de 2020	Todo el decreto	Requisitos sanitarios que faciliten la fabricacion e importacion de productos y servicios para atender la pandemia por el COVID-19 y se dictan otras disposiciones.
Norma	12100	2010	Norma ISO 12100	Toda la norma	Ofree a los diseñadores una vista general completa de la fabricacion de maquinas que son seguras para su suo previo, se resumen en gran medidas el concepto de la seguridad de maquinas contempla la amplitud de una maquina para eiejctuar las funciones previstas en el curso de su vida

Nota. Elaboración Propia

1.4.4. Marco Metodológico

Tipo de investigación

La investigación del proyecto a ejecutar es de alcance cuantitativo debido a que tiene un método de estudio del caso, esto implica un análisis profundo de la investigación para poder llegar a la construcción del diseño de la máquina, teniendo en cuenta el alcance de investigación para utilizar el proceso de corte de queso y llegar a contribuir en el área de automatización.

Operacionalización de variables

Tabla 3

Operacionalización de variables.

VARIABLES	INDICADORES	VALORES FINALES	TIPO DE VARIABLE
Tiempo	Tiempo de ejecución	Segundos	Continua
Temperatura	Temperatura de hilos de corte	°C	Continua
Velocidad	Velocidad de avance	m/s	Continua
Corriente	Consumo del motor	Amperios	Continua
Longitud	Dimensiones del queso	cm	Continua
Presencia	Señal positiva y negativa	on/off	Escalar

Nota Elaboración Propia

Fuentes de información

Las fuentes de información terciaria empleadas en el proyecto de investigación son basadas en las patentes de máquinas presentadas en los antecedentes, debido a que son de apoyo para la implementación de nuevas tecnologías y procesos automatizados, además de la identificación de factores de interés como lo es el material, peso, parte de la estructura y funcionalidad.

Posteriormente se identificó que la fuente secundaria empleada para la recolección de datos y estadísticas que se tienen como resultado en la actualidad al ejecutar este tipo de trabajo. Esta información fue recopilada de las empresas Distribuidora AWE SAS, Distribuidora de lácteos OK, aplicado desde el proceso manual evidenciado y cronometrado directamente desde la empresa.

Proceso de realización

Inicialmente se corroborara con la empresa distribuidora AWE S.A.S los parámetros necesarios y las problemáticas a solucionar dentro del proceso de tajado de queso doble crema y mozzarella, además de tratar los requerimientos tanto de manejo como técnicos (eléctricos, mecánicos y de seguridad), posteriormente se realizará una comparación entre los elementos disponibles en el mercado a partir de unos criterios de selección, con el fin de elegir los óptimos y adecuados para el desarrollo del tajado cuidando los parámetros y propiedades del producto final para el queso tajado mozzarella y doble crema, por último se procederá a realizar el modelado 3D, los

respectivos diagramas eléctricos, de control, potencia y la programación de los elementos de la máquina.

1.5.Cronograma

Tabla 4
Cronograma

ACTIVIDADES	AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE			
	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5	SEMANA 6	SEMANA 7	SEMANA 8	SEMANA 9	SEMANA 10	SEMANA 11	SEMANA 12
Modificación anteproyecto												
Recolección de información e inventario de equipos disponibles												
Seleccionar instrumentación necesaria para modificar la máquina												
Realizar cotizaciones de equipos en eléctricas Bogotá y electroindustriales bym												
Diseño de máquina 3D												
Diseño eléctrico												
Diseño de sistemas de control												
Instalación de sensores y actuadores ya programados y lineados												
Programación del PLC y HMI												
Validación del prototipo industrial												
Modificación del documento final												
Presentación proyecto de grado												

Nota Elaboración Propia

2. Resultados y discusión

2.1. Caracterización del proceso de tajado de queso doble crema y mozzarella

Partiendo que el corte del tajado solo será de queso doble crema y mozzarella es importante mencionar las características fisicoquímicas del queso que serán mostradas a continuación:

	Rico en grasa	Graso	Semigraso	Semimagro	Magro
Materia grasa en extracto seco de m/m mínimo	60.0	45.0	20.0	5.0	0.1

Tabla 4. Características fisicoquímicas de los quesos

	Blando	Semiblando	Semiduro	Duro
Humedad % m/m máximo	80.0	65.0	55.0	40.0

Figura 6. Características del queso fundido (Perez, 2015).

	N	M	M	C
Recuento total de microorganismos	3	30.000	50.000	1
Mesófilicos/g				
NMP de Coliformes totales/g	3	20	93	1
NMP de Coliformes fecales /g	3	<3	-	0
Hongos y levaduras/g	3	100	200	1

n= número de muestras examinadas de un lote

m=valor límite por debajo del cual todos los resultados se considerarán

M valor límite de aceptabilidad por encima del cual los resultados se considerarán no conformes

c=número de unidades de muestreo con valores comprendidos entre m y M.

Figura 7. Características Microbiológicas para el queso fundido (Perez, 2015).

Dentro de la empresa distribuidora AWE S.A.S se recopiló la siguiente información correspondiente a los tiempos de tajado de varios usuarios según su experiencia con la máquina manual de tajado, lo cual sustenta la necesidad de agilizar el proceso y minimizar el contacto del operario con la máquina.

Según la información recopilada por el gerente de la empresa en cuanto a consumo de materia prima, costos (tajado, empleados y tiempo), se dio a conocer lo siguiente:

Tabla 5.
Costo de bloque queso entero y consumo de queso

COSTO DE BLOQUE DE QUESO ENTERO		\$ 40.000
CONSUMO DE QUESO		VALOR
DIARIO	48	\$ 1.920.000
SEMANAL	336	\$ 13.440.000
MENSUAL	1440	\$ 57.600.000

Nota. Elaboración Propia

Tabla 6.
Costo de bloque queso tajado y consumo de queso

COSTO DE BLOQUE DE QUESO TAJADO		\$ 42.000
DIARIO	\$ 48	\$ 2.016.000
SEMANAL	\$ 336	\$ 14.112.000
MENSUAL	\$ 1.440	\$ 60.480.000

Nota. Elaboración Propia

Tabla 7.
Queso tajado vs entero

QUESO TAJADO VS QUESO ENTERO	
QUESO ENTERO MENSUAL	\$ 57.600.000
QUESO TAJADO MENSUAL	\$ 60.480.000
DIFERENCIA	\$ 2.880.000

Nota. Elaboración Propia.

Según lo evidenciado anteriormente en la tabla 10, el costo de materia prima se reduce al hacer la compra de bloques de queso entero para posteriormente ser tajado en la empresa, debido a que hay una diferencia de \$2 880.000 la cual será la base para la adquisición de la máquina y ampliar la producción de tajado.

Tabla 8
Tiempos de tajada máquina manual por operario

TIEMPOS DE TAJADO MAQUINA MANUAL POR OPERARIO	
OPERARIO	Tajado Manual (s)
SALAZAR ALEXANDER	67
CARDOZO ALFONSO	75
SALAZAR WIANNOR	90
AREVALO VANEGAS JOSE	105
ELKIN TORRES	100
HAROLD M. CORRALES	120
EDGAR ANDRES SALAZAR	165
GAMBOA SANCHEZ MARELBI	140
MARIA HOLANDA SALAZAR	140
Tiempo promedio	111.33

Nota. Elaboración Propia

Según lo observado en la tabla 11 el tiempo promedio de tajado ejecutado con la máquina manual por operario es de 111.33 segundos, para lo cual se ha realizado una propuesta de mejora de por lo menos el 40% de este tiempo promedio.

A continuación, podremos evidenciar el proceso de tajado con una máquina, donde el operario debe con una mano deslizar una base que sostiene el queso contra la cuchilla y posteriormente recibirlo con la otra mano en la parte inferior, esto genera una clara alerta al estar tan expuesto a cortes y hace del proceso más demorado, debido a que esta se hace varias veces tajada por tajada.



Figura 8. Tajado de queso manual (Elaboración Propia).

La DISTRIBUIDORA AWE S.A.S tiene como propósito de producir e implementar una línea de trabajo con el fin de dar nuestros servicios a diferentes empresas y asimismo que sus operarios puedan controlar todo el proceso de cargue de máquina, descargue de máquina, controlar tiempos de empaque y embalaje.

Por esta razón es necesario hacer de la máquina una herramienta automática que sea capaz de

finalizar el proceso de tajado de un lote y haga un retroceso para ser cargada nuevamente, realizar el proceso de tajado y hacer esto de forma consecutiva hasta finalizar la producción establecida en el plan de trabajo.

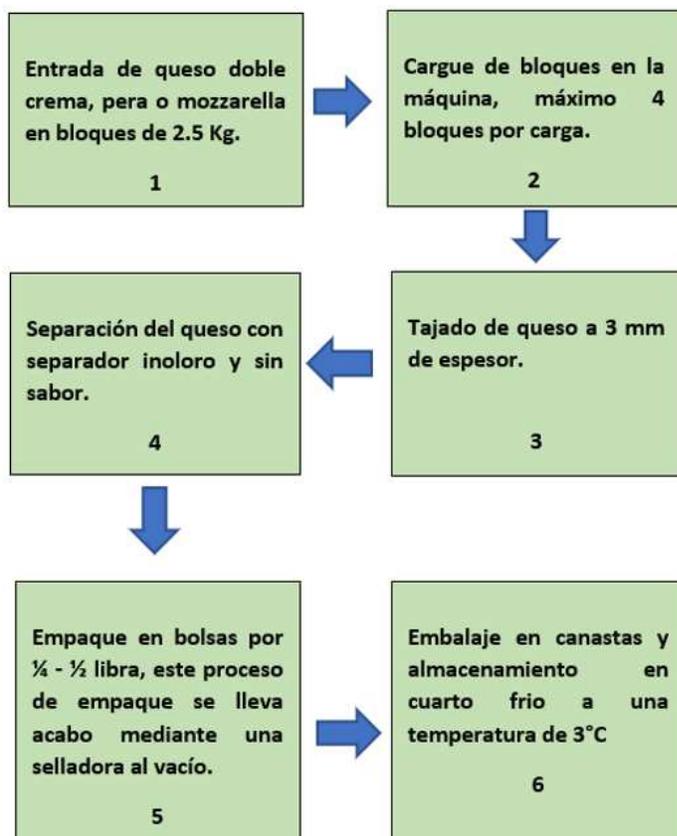


Figura 9. Proceso de almacenado, tajado y empaque del queso (elaboración propia).

La empresa distribuidora AWE indica que tiene ciertos requerimientos los cuales se deben cumplir según los criterios de requerimiento, ya que la empresa no cuenta con el suministro de algunos insumos tales como lo son la electricidad, aire comprimido y sistemas de salud y seguridad en el trabajo.

Tabla 9
Matriz de requerimientos solicitados por distribuidora AWE S.A.S

MATRIZ DE REQUERIMIENTOS DE USUARIO				
REQUERIMIENTOS	ESPECIFICACIONES	VALIDACION	RESTRICCIONES	COMENTARIOS
Material	acero inoxidable 304 o AISI 316	pruebas de corrosion	Manejo de alimentos	las partes de contacto con el alimento deben ir fabricadas completamente en este material (acero full inox 304)
dimension		medicion cinta metrica	la estructura no debe superar los 1.40 m para que pueda ser operada por cualquier usuario, el ancho no debe superar 1 m	se deben cumplir las restricciones ya que se pueden ver afectados los tiempos de produccion del proceso
alimentacion electrica	alimentacion monofasica a 110 V	medicion multmetro	debe ser energizada con 110 V ya que la empresa no cuenta con suministro de energia trifasica	cableado y conexiones a fase, neutro y tierra fisica deben estar señalizados bajo norma RETIE y estar especificados en el plano electrico
seguridad industrial equipos	señalización electrica bajo norma	Norma electrica RETIE, norma NEMA, norma ISA 5,1	el lenguaje de los diagramas electricos y de control deben estar en español y los simbolos deben estar en terminos generales	se solicita la presentacion y explicacion de los diagramas electricos y de control de la maquina para la solucion de fallas
seguridad industrial operario	Señalización clara y concisa para el operario y manual de instrucciones de uso adecuado	normas de seguridad industrial	señalización fuera del alcance de los operarios y que no tenga contacto con el producto.	señalización y alarmas ubicados de manera visible para la reaccion del operario y debidamente explicados en el manual de usuario.
tiempo	se solicita una reduccion de tiempos de tajado	cronometro	la reduccion del tiempo debe ser minimo de un 40% con el tiempo real	reducir la mayor cantidad de tiempo posible en el proceso de tajado
condiciones de tajado	el peso de cada tajada de queso debe estar oscilante entre los 25 gramos y los 30 gramos	bascula	no someter el queso a una tempratura mayor a los 35°C y evitar que el queso pierda sus características físicas exceptuando el corte	medir queso en bloque

Nota. Elaboración Propia

Dentro de la tabla 10 se encuentran las necesidades y observaciones que la empresa distribuidora AWE S.A.S proporciona con el fin de realizar, un diseño que cumpla con todos los parámetros de la problemática que se presenta y solucionarlos a cabalidad, haciendo que esta máquina tajadora de queso sea lo más práctica y accesible posible.

Teniendo en cuenta estos requerimientos de usuario se realizan dos propuestas con el fin de evaluar y demostrar cual es la propuesta más eficaz y que cumplan con la normatividad de manipulación de alimentos en el momento del corte del queso.

2.2.Diseño mecánico

Durante el desarrollo del presente capítulo se tendrá en cuenta la estructuración y diseño definitivo evaluado a través de una revisión de las características de cada una de las partes de la estructura mecánica y la preparación de esta para los equipos a utilizar.

2.2.1. Alternativas para el tajado del queso

Para el tajado del queso doble crema y mozzarella se debe tener en cuenta que el queso se dispensa a la máquina sin un recubrimiento o envoltura, además es importante resaltar que en cada tajada se busca ejecutar en un rango de espesor específico, en el caso de este proyecto es de 3mm.

Tabla 10

Longitud de bloque y tajado del queso en la distribuidora AWE S.A.S

Presentación	Longitud del bloque (mm)	No. De tajadas x bloque	Longitud de la tajada (mm)
Tajada 1	295	115	2.57
Tajada 2	295	104	2.84
Tajada 3 Fabrica arepas	295	85	3.47
100 gr	295	25	11.80
120 gr	295	20.8	14.18
240 gr	295	10.4	28.37
490 gr	295	5.1	57.84

Nota. Elaboración Propia

Para el proceso de corte o tajado del queso, se tiene en cuenta que el queso se introduce sin envoltura en la máquina y listo para el corte, las tajadas de queso en promedio tienen de 1 a 2 mm de espesor.

• Corte de queso por cuchilla rotativa.

La alternativa de corte por cuchilla rotativa, requiere que el bloque de queso sea desplazado con gran precisión hasta el alcance de la cuchilla de corte, de manera que la tajada de queso quede con el espesor apropiado al realizar el corte, para ello se requiere de un actuador que realice la acción de aproximación del bloque al sistema de corte, adicionalmente teniendo en cuenta que durante el corte se le ejerce una presión al bloque de queso, lo que lo podría hacer desplazar en el mismo sentido de rotación de la cuchilla de corte, para evitar esto, el bloque debe contar con unos soportes laterales que lo mantengan en su lugar, en el bosquejo de la figura 11 se encuentra la alternativa de corte con cuchilla rotativa (Aguirre, 2021, P 32).

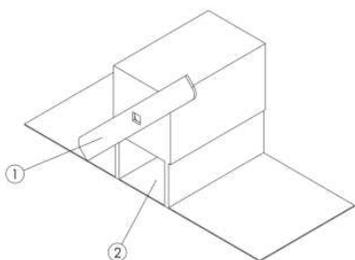


Figura 10. Bosquejo sistema de queso por cuchilla rotativa (Aguirre, 2021, P 33).

• Corte de queso por cuchilla guillotina

De manera similar que el corte por cuchilla rotativa requiere que el bloque de queso sea desplazado con gran precisión hasta el alcance de la cuchilla de corte, de manera que la tajada de queso quede con el espesor apropiado al realizar el corte, para ello se requiere de un actuador que realice la acción de aproximación del bloque al sistema de corte, bosquejo de esta alternativa (Aguirre, 2021, P 33).

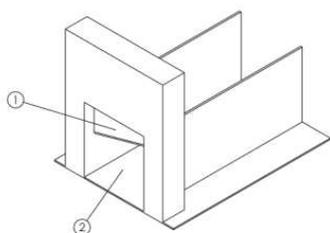


Figura 11. Bosquejo sistema de queso por cuchilla guillotina (Aguirre, 2021, P 33).

• Corte de queso por alambre

Esta alternativa de corte se basa en corte por cuchilla guillotina, su diferencia es que el corte ya no se realiza por una cuchilla, si no por un alambre, como se muestra en la figura 10 (Aguirre, 2021, P 33).

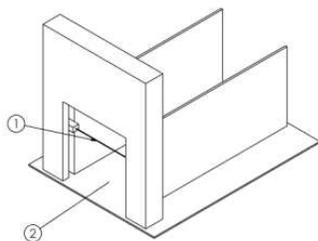


Figura 12. Bosquejo sistema de queso por alambre (Aguirre, 2021, P 33).

Nota 1: Alambre de corte; 2: Alojamiento del bloque de queso.

Teniendo en cuenta las características y de cada tipo de corte se decidió utilizar el corte de queso por alambre, debido que se realiza con un alambre de acero inoxidable 304 templada específicamente para el proceso de corte, además de tener en cuenta de las características de este al momento de uso y vida útil, puesto que este hilo de corte nunca pierde el filo y elimina daños en las condiciones finales del cote de queso (no las desborona, no la rasga y elimina el desperdicio de la materia prima).

En comparación con el corte por cuchilla rotativa, el corte por hilo es un corte recto y uniforme, ya que cuando se taja por cuchilla rotativa y el operario olvida girar el queso para su corte después de 4 tajadas, sus siguientes dos tajadas se desforman por el Angulo de corte, además de esto los bloques de queso muy blandos no podrán pasar la cuchilla rotativa porque se demora más tiempo en el tajado y se desboronan lo cual generan mucho desperdicio de materia prima.



Figura 13. Tajadora de queso manual (Javar, 2020).

2.2.2. Transmisión de potencia

Para el desarrollo de sistema de transmisión de potencia que se utilizara con el fin de comparar y seleccionar el más idóneo para el siguiente proyecto se tiene en cuenta las siguientes características:

- **Cadenas de transmisión:** Son utilizadas para transmitir grandes pares de fuerzas, es decir que se utilizan en un rango de velocidades de giro entre medias y bajas; estas transmisiones son robustas y permiten trabajar en condiciones adversas, esto quiere decir a temperaturas elevadas bajo agua o polución, aunque requieren una lubricación programada y proporcionan una relación transmisión fija entre las velocidades y el Angulo de giro de los ejes de entrada y salida (ingemecanica, 2019).

- **Cadenas de transmisión de potencia:** Tiene como fin transmitir las potencias de sus ejes

a determinadas velocidades.

- **Cadenas de manutención:** Son cadenas transportadoras que tiene una geometría específica de sus eslabones y permiten desempeñar una función de transporte o arrastre de material.

- **Cadenas de carga:** Son bancos de fuerza utilizados para grandes cargas.

Se selecciono las cadenas de transmisión de potencia teniendo en cuenta que no se van a mover grandes cargas, por lo que una cadena de cargas estaría sobredimensionada para este proceso

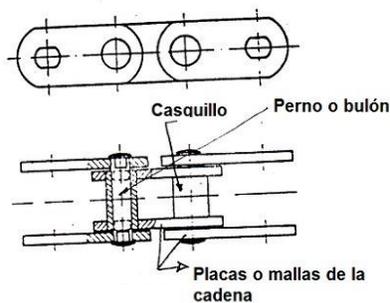


Figura 14. Cadena de casquillos fijos (ingemecanica, 2019).

Fórmulas de sistemas de transmisión de cadena

Datos del motor :

Potencia Nominal : 1HP

Velocidad Nominal: 1700 rpm

F.S: 1.16

T Nominal : 4.12 Nm

Ta : 14.8 Nm

Cos α : 0.75

d1 : 100 mm

n1 : 1700 rpm

d2 : 100 mm

n2 : 1700 rpm

$$\text{Relacion de transmision} = \frac{z1}{z2} = \frac{n1}{n2} \quad (1)$$

Engranaje motriz = N° de dientes = z1

Velocidad de giro = n1

N° de dientes = z2

Velocidad de giro = n2

Es un sistema multiplicador ya que se le ubica el engranaje más grande como el engranaje motriz, debido a que es el que recibe las revoluciones del motor.

$$z1 > z2 > i > 1$$

Engranaje Grande = 32

Engranaje Pequeño = 19

$$i = \frac{32}{19} = 1.684 \quad (2)$$

Si el sistema es realizado por medio de la cadena su velocidad lineal no puede superar los 10 m/s

Distancia entre ejes

$$D \text{ min} = \frac{32 + 19}{2} \quad (3)$$

$$D \text{ min} = 25.5 \quad (3)$$

Esta distancia cumple con las funciones requeridas, debido a que no supera el paso máximo que estipulado en la cadena del paso ramal.

z1 = 32 dientes

n1 = 60 rpm

z2 = 19 dientes

n2 = ?

$$n2 = \frac{60 \text{ rpm} \times 32 \text{ dientes}}{19 \text{ dientes}} \quad (4)$$

$$n2 = 101 \text{ rpm} \quad (4)$$

$$\text{Velocidad angular} = w \times \frac{D1}{2} \quad (5)$$

$$w = \frac{\theta}{t}$$

$\theta = \text{rpm} - \text{angulo}$

$$\theta = 101.05 \times 2\pi \text{ rad}$$

$$\theta = 202 \pi \text{ rad}$$

$$w = \frac{101 \pi \text{ rad}}{30 \text{ segundos}} \quad (5)$$

$$w = \frac{101}{30} \pi \frac{\text{rad}}{\text{seg}} \quad (5)$$

$$\text{Velocidad lineal} = w \times r \quad (6)$$

$$\text{Velocidad lineal} = \frac{101}{30} \pi \frac{\text{rad}}{\text{seg}} \times 31.35 \text{ mm} \quad (6)$$

$$\text{Velocidad lineal} = \frac{3166.35}{30} \times \frac{3.1416}{\text{seg}} = 331.57 \frac{\text{cm}}{\text{seg}} \quad (6)$$

Teniendo en cuenta los datos hallados anteriormente se hace el respectivo despeje de la velocidad angular y lineal, para así mismo poder tener los valores teóricos y prácticos de este sistema de transmisión.

2.2.3. Transmisión por correas y Poleas

Son utilizadas para transmitir potencia entre dos ejes cuando la misma está formada por una alta velocidad tangencial, esta transmisión no es sincronizada es decir que puede producirse patinamiento.

- **Correas planas:** Transmitir movimiento entre dos ejes paralelos o cruzados hasta 90°.
- **Correas trapeciales:** Se caracterizan por tener un corte transversal en su figura. La denominación de estas correas esta dado por letras que indican el tipo de sección y el número que indica el desarrollo de esta.
- **Correas múltiples en V:** Están obligadas a transmitir torques elevados con el fin de montar varias de ellas en poleas con más de una acanaladura (Surco o Hendidura en una superficie), además se utilizan cuando es necesario cambiar la velocidad sin interrumpir el movimiento.
- **Correas dentadas:** Es la única capaz de transmitir movimiento de manera sincronizada, ya que presenta un dentado transversal en su cara interna que se acoplen a ranuras similares en las poleas.

Se selecciono las correas trapeciales, ya que este tipo de correas no permite que se produzca patinamiento. (Alcides J. Gutierrez, 2010)

Fórmulas de sistema de transmisión por polea

$$n1 \times d1 = n2 \times d2$$

$$1700 \text{ rpm} \times 100 \text{ mm} = n2 \times 100 \text{ mm}$$

$$n2 = \frac{1700 \text{ rpm} \times 100 \text{ mm}}{100 \text{ mm}} \quad (7)$$

$$n2 = 1700 \text{ rpm} \quad (7)$$

El motor gira 1700 rpm

$i = \text{Relacion de transmision}$

$$i = \frac{d1}{d2} \quad (8)$$

$$i = \frac{100 \text{ mm}}{100 \text{ mm}} \quad (8)$$

$$i = 1 \quad (8)$$

Por medio de la relación de transmisión se obtuvo que cuando la polea es conducida con respecto a la polea motriz dará una vuelta, es por esto por lo que no hay aumento de velocidad ya que el diámetro de la polea es el mismo.

Se selecciono el sistema de transmisión por polea, con el fin de lograr obtener una buena ubicación para el motor dentro de la estructura de la máquina.

2.2.4. Reductor de velocidad

Los reductores de velocidad generalmente son utilizados para disminuir las revoluciones por minuto y multiplicar el par de torsión de una fuente de alimentación y lograr que se adapte a cada necesidad concreta, ya que la mayoría de los procesos industriales tiene una velocidad de motores demasiado altas.

- **Reductor de ejes paralelos:**

el eje de entrada y el eje de salida están posicionados en una dirección, lo que permite que la potencia sea transmitida en línea recta. Son reductores para motor eléctrico, de diseño compacto y con una alta resistencia a las fuerzas radiales.

- **Reductores de grupo cónico:**

el eje de entrada y el eje de salida están perpendiculares el uno al otro. Una de las mayores ventajas de este tipo de reductor es que ofrece un alto índice de reducción con pocas etapas.

- **Reductores planetarios:**

La transmisión de la potencia es coaxial, es decir, la velocidad del eje de entrada sol, la cual se transmite a un engranaje anular, anillo exterior y es transformada por tres o más ruedas planetarias.

- **Reductor Estándar:**

los motorreductores estándar vienen en una gran variedad de tipos y diversidad de diseños. Son los más indicados para la producción y logística, ya que son robustos y fiables. Pueden alcanzar pares de hasta 50,000 Nm dependiendo de la unidad de graduación.

Revisando las anteriores características de los tipos de reductores de velocidad se toma la decisión de implementar el reductor estándar para un motor de un caballo de fuerza, debido a que este motorreductor se acopla a nuestro diseño por su variedad, tamaños y versatilidad.

2.2.5. Tornillo sin fin

- **Sistema de transmisión por husillo**

La tuerca de tornillo de potencia es un elemento de máquina, el cual está conformado por una tuerca junto a un tornillo de potencia mecanizado y genera un movimiento de avance. El tornillo de potencia pasa a través de la tuerca que rosca en el husillo y cuando el husillo. Cuando el husillo gira avanza en una proporción del paso de la rosca por vuelta de husillo. Del mismo modo si el husillo se fija longitudinalmente, su rotación da lugar al desplazamiento de la tuerca. (Contreras, 2020)

- **Sistema de transmisión piñón- cremallera**

Es un mecanismo compuesto por una rueda dentada de dientes rectos que engrana con una barra dentada buscando que cuando el piñón gire la barra se desplace longitudinalmente, para que el engrane sea reversible y el piñón pueda deslizarse sobre la cremallera, estos dos componentes deben compartir un mismo modulo (Lozano, 2018)

Se selecciono el sistema de transmisión por husillo ya que utilizando el sistema de transmisión por cadena se logrará tener la velocidad del paso requerido para obtener un tiempo óptimo de corte, puesto que este tornillo genera un movimiento de avance lineal.

adicionalmente la empresa brindo esta herramienta como parte de los requerimientos de usuario para el desarrollo de la maquina y se realizaron las pruebas pertinentes entre ellas las tomas de medidas.

Tabla 11
Constantes de valor de presión cinemático

TABLA n° 1: CONSTANTES DE VALOR DE PRESION CINEMATICO (V _{pc}) Y COEFICIENTE μ PARA LOS MATERIALES EMPLEADOS EN TUERCAS			
Material	Valor V _{pc} [N/mm ² m/min.]	Coefficiente μ fricción en seco	Coefficiente μ fricción lubricado
Bronce 88/12	400	0,10	0,05
Bronce Rg7	300	0,10	0,05
Fundición GG25	200	0,18	0,1

Nota. Elaboración Propia

El material utilizado en el tornillo sin fin es la función GG25 por su coeficiente μ de fricción en seco y fricción lubricado.

Tabla 12
Medidas tornillo sin fin tomadas en proyecto de perfiles

Medidas tornillo sin fin tomadas en proyector de perfiles	
Tipo de medida	Medida
Altura de la cresta	2.82 mm
Paso	2.43 mm
Diámetro medio cresta-Raíz opuesta	26.71 mm
Diámetro mayor cresta-cresta	30 mm
Diámetro menor Raíz-Raíz	23.92 mm
Diámetro nominal varilla	20 mm

Nota. Elaboración Propia, 2022

$$VTm = \frac{VPC}{PSm} = \frac{\text{Valor de presión cinemática}}{\text{Presión superficial máxima}} \quad (9)$$

$$VTm = \frac{200}{5} = 40 \text{ m/min} \quad (9)$$

$$VGm = \frac{VTm \times 1000}{\pi \left(0 - \frac{P}{2}\right)} = \frac{40 \times 1000}{\pi \left(30 \text{ mm} - \frac{2.43}{2}\right)} \quad (10)$$

$$VGm = 442.32 \text{ rpm} \quad (10)$$

Avance máximo (Sm)

$$Sm = \frac{VGm \times P}{1000} = \frac{442.32 \text{ rpm} \times 2.43 \text{ mm}}{1000} \quad (11)$$

$$Sm = 1.07 \text{ m/min} \quad (11)$$

Momento de torsor

- Angulo de la rosca

$$\tan \theta = \frac{P}{[\pi \times \left(D - \frac{P}{2}\right)]} \quad (12)$$

$$\beta = \tan^{-1} \left(\frac{2.43}{\pi \times \left(30 \text{ mm} - \frac{2.43}{2}\right)} \right) \quad (12)$$

$$\beta = 1.539 \quad (12)$$

- Eficiencia

μ = Coeficiente de fricción en seco

$$E = \frac{\tan \beta}{(\tan \beta + \mu \times 1.07)} = \frac{\tan(1.539)}{(\tan(1.539) + 0.18 \times 1.07)} \quad (13)$$

$$E = 0.12 \quad (13)$$

Momento de torsor

Newton a soportar = 1000 N

$$Mt = \frac{F \times P}{(2000 \times E \times \pi)} \quad (14)$$

$$Mt = \frac{1000 N \times 2.43 mm}{2000 \times 0.12 \times \pi} \quad (14)$$

$$Mt = 3.22 Nm \quad (14)$$

- Potencia necesaria

$$Potencia = \frac{VGm \times Mt}{9550} = \frac{442.32 rpm \times 3.22 Nm}{9550} \quad (15)$$

$$Potencia = 0.14 Kw \quad (15)$$

- Velocidad critica

$$Df = \text{Diámetro de fondo del husillo} = \text{Diámetro exterior} + 0.5 \quad (16)$$

L = Longitud entre soportes

Fn = Factor de corrección con base al tipo de montaje

$$Df = 30 mm - (2.43 + 0.5) \quad (16)$$

$$Df = 27.07 \quad (16)$$

$$Vc = \frac{Df}{L^2} \times 10^8 \times Fn \times 0.88 \quad (17)$$

$$Vc = 2224.84 rpm \quad (17)$$

Anteriormente se determinó la velocidad de giro máximo (VGM) en 442.32 rpm, esto quiere decir que no hay riesgo de resonancia y vibraciones.



Figura 15. Toma de medidas tornillo sin fin (Elaboración propia)-



Figura 16. Toma de medidas tornillo sin fin (Elaboración propia).



Figura 17. Toma de medidas tornillo sin fin (Elaboración propia).

Como se muestran en las figuras 15, 16 y 17 se realizó la toma de medidas de forma experimental en un proyector de medidas de perfiles de marca NIKON profile Project V12 en la empresa TORNILLOS Y GRAPAS INDUSTRIALES TGI S.A.S, con el fin de conocer los valores y medidas reales del tornillo, recalando que este elemento fue proporcionado por la empresa Distribuidora AWE S.A.S para la implementación del diseño de la máquina.

2.2.6. Casa de la calidad

El QFD o CASA DE LA CALIDAD relaciona las demandas de los clientes con las especificaciones técnicas de los productos o servicios. A continuación, se presenta la tabla de relaciones entre cada una de las características que se evalúan dentro del QFD.

Legend		
⊙	Strong Relationship	9
○	Moderate Relationship	3
△	Weak Relationship	1
++	Strong Positive Correlation	
+	Positive Correlation	
-	Negative Correlation	
▼	Strong Negative Correlation	
▼	Objective Is To Minimize	
▲	Objective Is To Maximize	
X	Objective Is To Hit Target	

Figura 18. Relación QFD (Elaboración propia).

2.2.6.1. Matriz de interrelación de los COMOs

Se considera que en esta sección se tienen en cuenta las características evaluadas por el equipo de diseño, características utilizadas como base funcional de requerimientos, donde se evalúa de manera simbólica con: ++ una correlación positiva alta, + correlación positiva media, - correlación negativa, ▼ correlación negativa alta.

Realizando un análisis de los datos obtenidos se obtiene la relación entre cada una de las características técnicas determinadas, se tiene en cuenta diseño, materia prima, y reducción de tiempo del proceso de tajado del queso. Según los resultados se puede inferir que el ítem 3 y 5 son los más fundamentales en esta sección de la casa de la calidad, debido a que son el punto de partida para interrelacionar los demás ítems.

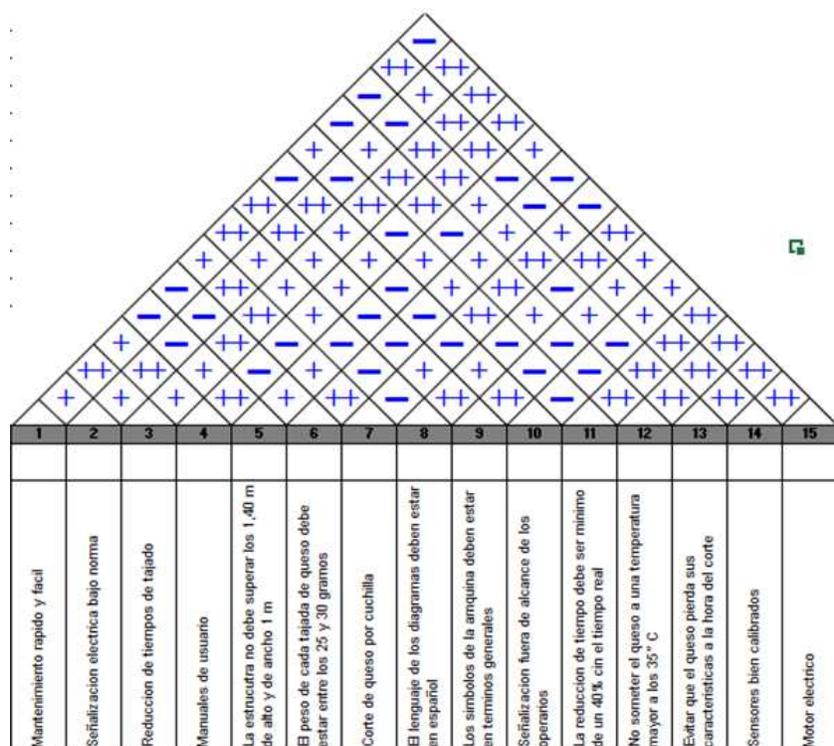


Figura 19. Correlación QFD (Elaboración propia).

2.2.6.2. Matriz de relación entre los QUEs y COMOs

Seguidamente el equipo de trabajo establece los parámetros de evaluación de los QUEs con respecto a los COMOs en donde el valor más alto es nueve (9) que es considerado una relación fuerte, tres (3) una relación moderada y uno (1) es considerado una relación baja, si la casilla está en blanco significa que no existe una relación. Esta matriz determina la importancia de cada uno de los requerimientos de usuario y definir los parámetros de diseño más importantes.

Column #	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Direction of Improvement: Minimize (▼), Maximize (▲), or Target (○)															
Quality Characteristics (i.e., "Functional Requirements" or "Hows")	Mantenimiento rápido y fácil	Señalización eléctrica bajo norma	Reducción de tiempos de lijado	Manuales de usuario	La estructura no debe superar los 1,40 m de alto y de ancho 1 m	El peso de cada lijada de queso debe estar entre los 25 y 30 gramos	Corte de queso por hilo	El lenguaje de los diagramas deben estar en español	Los símbolos de la máquina deben estar en términos generales	Señalización fuera de alcance de los operarios	La reducción de tiempo debe ser mínimo de un 40% con el tiempo real	No someter el queso a una temperatura mayor a los 35° C	Evitar que el queso pierda sus características a la hora del corte	Sensores bien calibrados	Motor eléctrico
Demanded Quality (i.e., "Customer Requirements" or "Whats")															
Vida Útil	○	○		○				○							○
Proceso Automático		○	○			○	○			○			○		○
Seguridad del operario	○	○	○	○	○		○	○	○			○		○	○
Mejora del tiempo de producción	○	○	○		○	○	○				○	○	○	○	○
Dimensiones	○	▲	○		○	○	○				○		○		○
Aumento de clientes	○		○		○	○	○				○	○	○		
Buena calidad el producto	○		○		○	○	○				○	○	○		
Seguridad industrial de equipos	○	○	○	○	○		○	○	○	○				○	○
Mejores condiciones de trabajo	○	○	○	○	○		○	○	○	○	○	○	○	○	○
Fácil uso	○	○	○	○	○	▲	○	○	○	○	▲	▲	○	▲	▲

Figura 20. Matriz de relación entre QUEs y COMOs (Elaboración propia).

2.2.6.3. Cálculo de dificultad e importancia entre QUEs y COMOs

Se establece el valor de dificultad de cada uno de los COMOs donde cero (0) es el límite inferior e indica una baja dificultad y diez (10) una alta dificultad, aparte de esto determina el factor de importancia de cada uno de los requerimientos de usuario.

Target or Limit Value	estructura	norma norma y rele	sistema de husillo	mantenimiento correctivo	accesibilidad	hilos de corte	PLC	capacitación	norma rele y seguridad en el trabajo	seguridad en el trabajo	transmisión de potencia	temperatura	refrigeración	sensor inductivo	motor de 1 Hp
Difficulty (0=Easy to Accomplish, 10=Extremely Difficult)	0	3	5	3	0	10	7	6	4	4	8	9	0	5	1
Max Relationship Value in Column	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Weight / Importance	723,9	338,0	684,6	440,2	339,1	351,1	632,6	440,2	472,8	254,3	585,9	475,0	450,0	566,3	592,4
Relative Weight	9,9	4,6	9,3	6,0	4,6	4,8	8,6	6,0	6,4	3,5	8,0	6,5	6,1	7,7	8,1

Figura 21. Matriz final (Elaboración propia).

2.2.6.4 Calculo de análisis competitivo

El equipo de diseño realiza una comparación entre la actual propuesta y otros tipos de diseño, en donde se evalúan los puntos fuertes y débiles del proyecto para así mismo mejorar con respecto a los demás diseños.

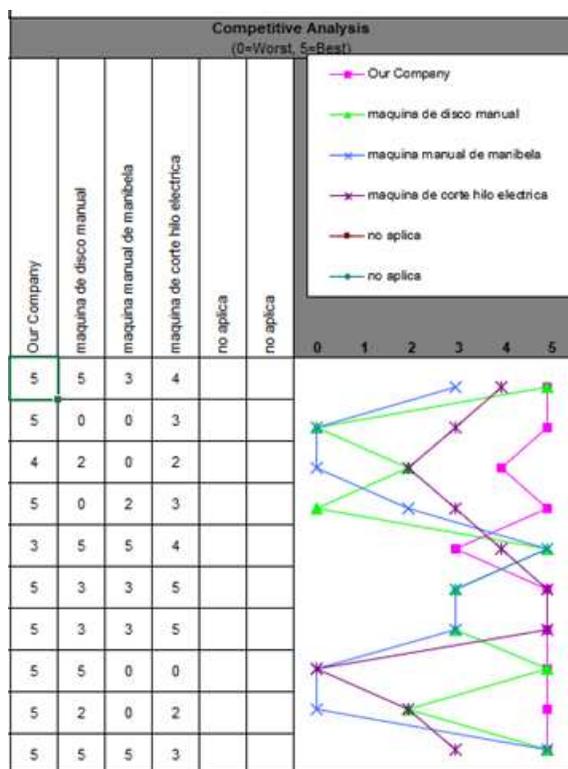


Figura 22. Análisis competitivo (Elaboración propia).

2.2.6.5. Casa de la calidad completa

De acuerdo con los resultados entregados por el equipo de diseño se establece los puntos de gran importancia donde se enfatiza los siguientes aspectos:

- Desarrollar un diseño exequible para el personal que está en contacto con este producto, mejorado de esta forma sus condiciones de trabajo y seguridad.
- Realizar el corte de queso de manera correcta, de una manera eficiente en relación con los tiempos y perdidas de materia prima.
- Escoger los sensores y actuadores de forma adecuada y calibrarlos con la mejor precisión para disminuir los factores de riesgo y daños mecánicos con el fin de dar cumplimiento a los objetivos
- Establecer un sistema de seguridad redundante en la máquina, para evitar accidentes en los operarios o daños estructurales y eléctricos en la máquina.
- Definir un manual de usuario con el fin de capacitar y proteger la integridad física del operario y la estructura de la máquina.
- Integrar un sistema el cual permita automatizar el proceso de tajado de queso, el cual

incluya un controlador lógico programable (PLC) y una interfaz gráfica máquina-humano (HMI), la finalidad del sistema es lograr recolectar información para realizar un análisis estadístico del proceso y programar los mantenimientos preventivos, asegurando el correcto funcionamiento de los equipos.

- Capacitar en el correcto manejo de alimentos teniendo en cuenta la refrigeración y el aseo de los instrumentos de trabajo en la planta, sin comprometer las características físicas del producto final.

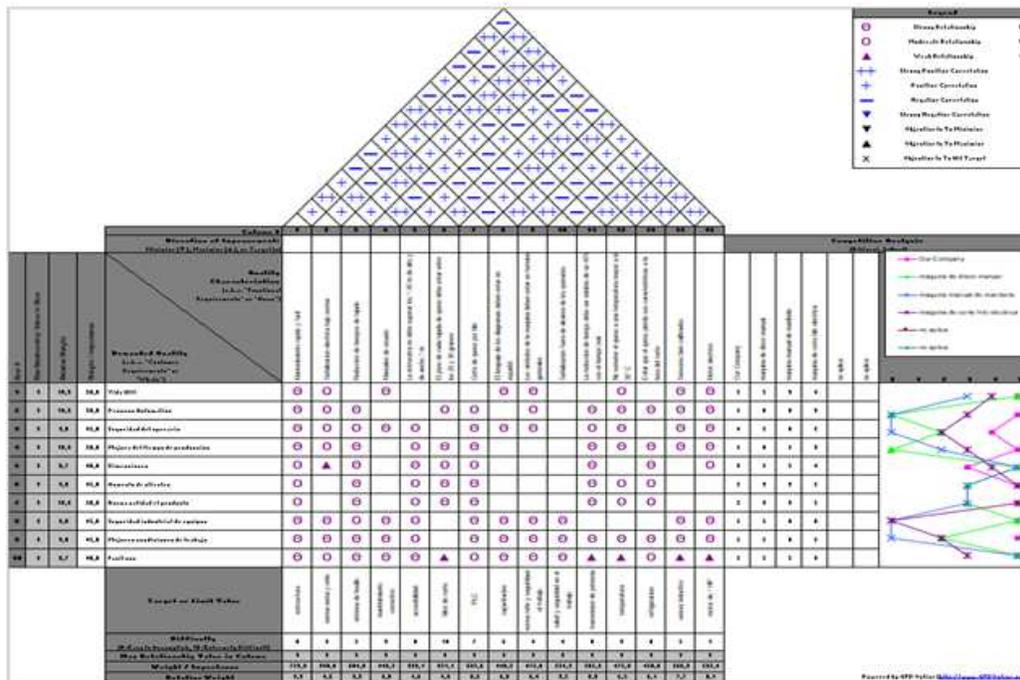


Figura 23. Casa de la calidad. (Elaboración propia).

2.2.7. Diseño 3D

Se utilizó el Software Autodesk Inventor 2022 para el diseño, en el cual se realiza la estructura, teniendo en cuenta las medidas deseadas por la empresa AWE S.A.S El material que se utilizó es acero inoxidable y sus características del material que se utilizó son ANSI 304 la cual contiene 8% de Ni y 18 % de Cr, es decir que es ideal para la manipulación y contacto con los alimentos.

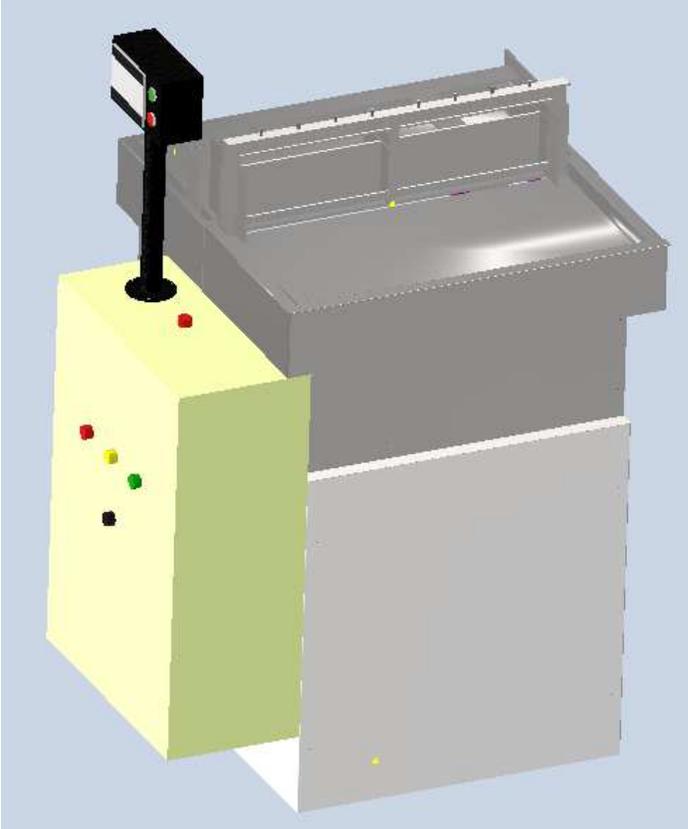


Figura 24. Diseño 3D maquina (Elaboración Propia).

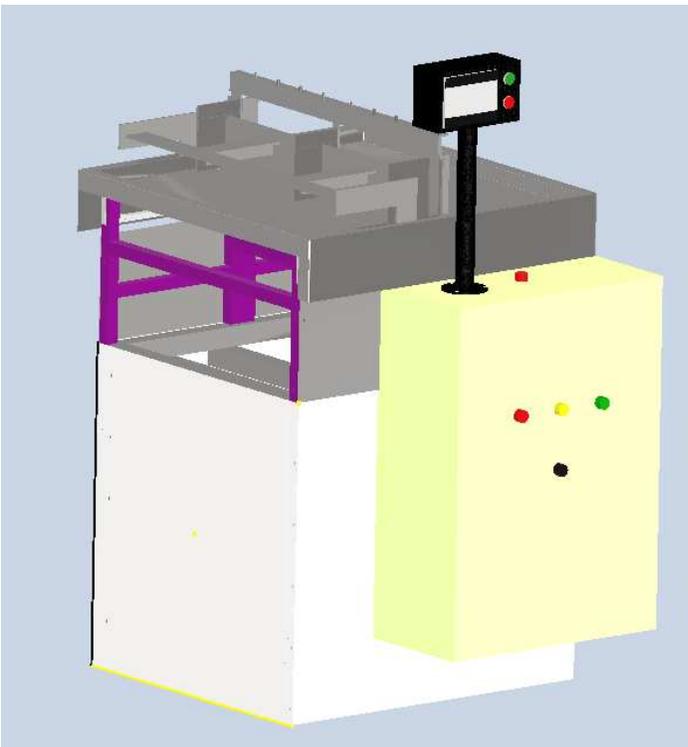


Figura 25. Diseño 3D maquina (Elaboración Propia)

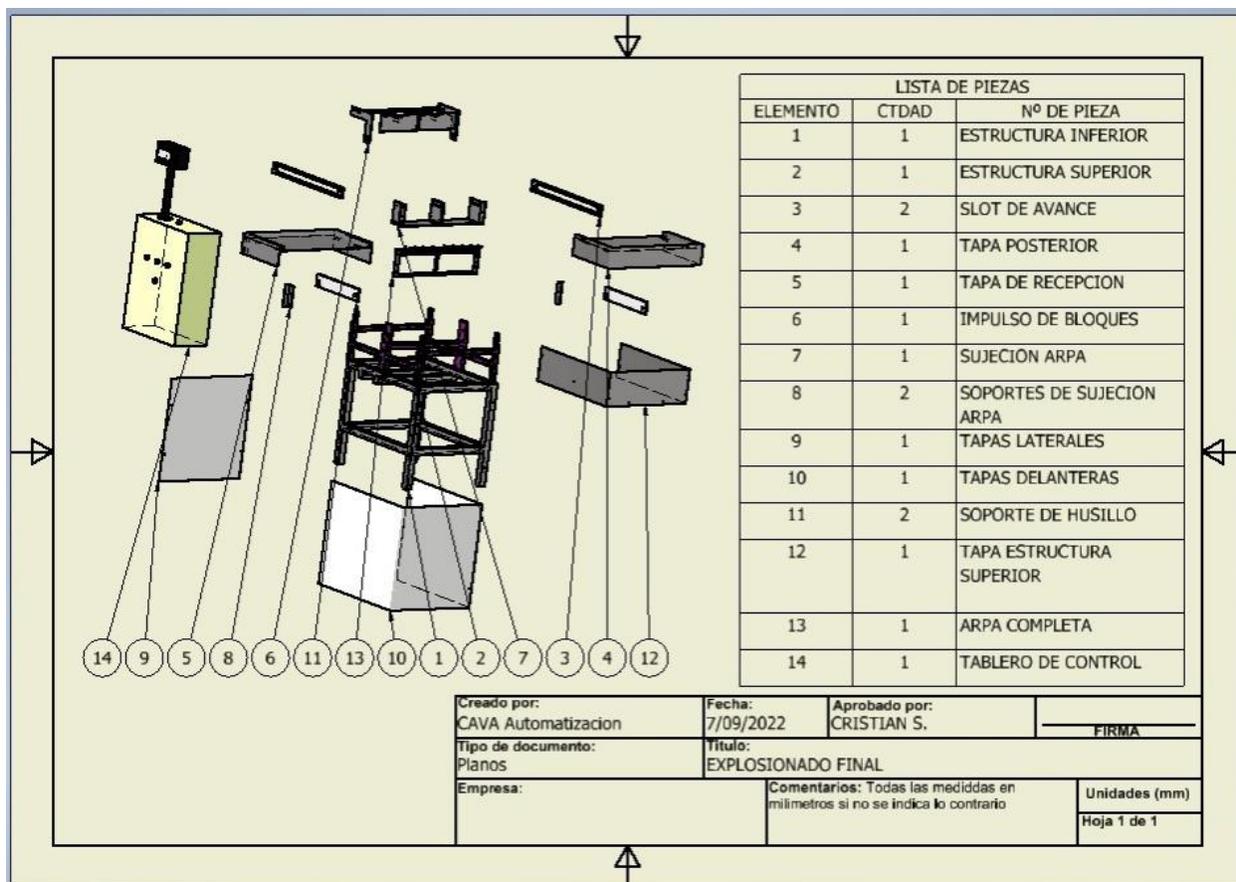


Figura 26. Diseño 3D maquina (Elaboración Propia).

En la figura 26 se muestra el Render de la máquina, resaltando el listado de piezas mas relevantes, con el fin de mencionar el uso de cada una de estas partes.

1. Estructura inferior: Es el soporte principal del motor y reductor de velocidad, aparte de esto van sujetadas los rodachines con freno.

2. Estructura superior: Es el complemento de la estructura inferior en donde va sujeto los finales de carrera, sensores inductivos

3. Slot de avance: Estas piezas son fijadas a la estructura superior y son las encargadas de guiar los soportes de avance del husillo.

4. Tapa posterior: Es la pieza encargada de recibir el queso y pasar por el arpa de corte, además de tener la función de cubrir la estructura superior para evitar contaminación en el producto.

5. Tapa de recepción: Esta tapa tiene como fin recibir el queso por primera vez antes de ser pasado por el arpa de corte.

6. **Impulso de bloques:** Es la pieza encargada de transportar el queso y pasarlo por el arpa de corte hasta ser tajado en su totalidad.

7. **Sujeción arpa:** Es la parte encargada de separar los bloques de queso y además de esto tiene sujetos los sensores, la cual detecta el queso y se realice su conteo adecuado.

8. **Soportes de sujeción arpa:** Son los encargados de centrar y sujetar el arpa de corte, con el fin de evitar deformación a la hora de ejercer presión.

9. **Tapas laterales:** Son las encargadas de tapar la estructura inferior de la máquina.

10. **Tapas delanteras:** Son las encargadas de tapar la estructura inferior de la máquina.

11. **Soporte de husillo:** Es la pieza encargada de transportar el husillo hacia adelante y atrás.

12. **Tapa estructura superior:** Son las encargadas de tapar la estructura superior de la máquina.

13. **Arpa completa:** Es la pieza encargada de llevar los hilos de corte para el tajado del queso.

14. **Tablero de control:** Este cofre contiene todos los elementos de control electrónicos y de potencia que permiten correcto funcionamiento del proceso automático.

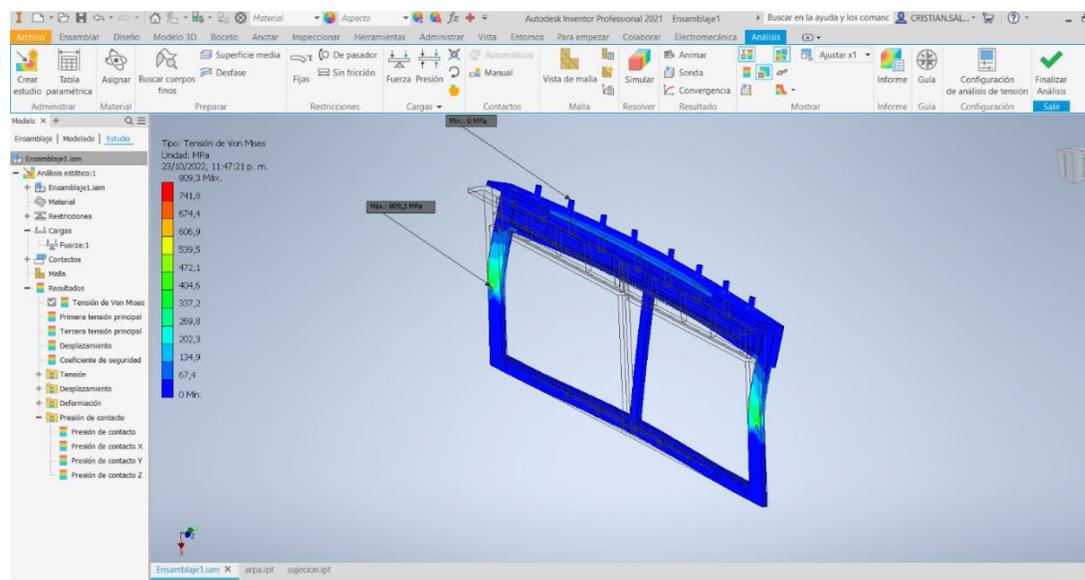


Figura 27. Análisis de fuerza del arpa (Elaboración propia).

Como se puede observar en la figura 27 se realizó el análisis de fuerza del arpa, debido a que es la pieza que recibe la fuerza impuesta al queso, fuerza que se genera a través del sistema propulsor permitiendo el tejado del queso, este análisis se hizo con el fin de corroborar la resistencia a dicha fuerza de este elemento fundamental para el proceso, imprimiendo en ella

10000N de fuerza. Podemos concluir que este elemento además de tener el material correcto es completamente resistente a este proceso en un rango razonable.

2.3. Selección de instrumentación

2.3.1. Diseño del programa de la maquina

Dentro de la estructuración del diseño de la maquina se realizó la aplicación de la guía GEMMA (Guía para el estudio de marchas y paradas), con el fin de formular la programación lógica que llevaría el proceso de tajado del queso doble crema y mozzarella, programa que será ejecutado por el PLC. La guía GEMMA se trata de un enfoque de un diseño estructurado, teniendo en cuenta los factores que intervienen en la automatización de procesos, donde es conveniente utilizar un diseño estructurado para modelar los procesos a ejecutar en la programación de la máquina. En el diseño estructurado de un sistema automatizado, aparecen tres módulos:

- Módulo de seguridad
- Módulo de modos de marcha
- Módulo de producción

En la representación de la guía GEMMA se tienen en cuenta la presencia de los módulos mencionados anteriormente, las cuales las enlaza con el proceso de tajado de queso, aparte de esto, es importante resaltar la intervención del operario como parte integral del sistema, debido a que aporta la experiencia en el cambio automático a modo manual. (Aspectos basicos de la guia gemma, 2022).

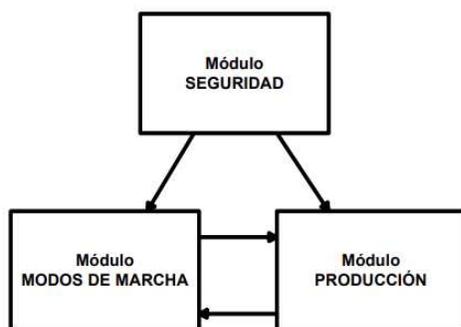


Figura 28. Estructura modular del diseño estructurado de sistemas (Aspectos basicos de la guia gemma, 2022)

Tomando como principal factor de atención el módulo de seguridad donde se destacan los factores de emergencia, tanto del operario como de los equipos durante el proceso de tajado

haciendo de este ítem de interés apremiante.

Según la jerarquía en segundo lugar se tiene en cuenta las funciones del usuario dentro del módulo de modos de marcha teniendo en cuenta que estos deben ser intermitentes entre control de forma manual y automática. Para concluir se debe tener en cuenta que el módulo de producción es directamente proporcional y se basa en los dos anteriores, destacando el proceso paso a paso de forma secuencial mediante la lógica de las transiciones dentro de la producción (Descripción de la guía Gemma, 2022).



Figura 29. Diagrama de guía GEMMA (Descripción de la guía Gemma, 2022).

El diagrama de la guía GEMMA cuenta con varios estados, los cuales son:

- **Control sin alimentación:** La máquina está apagada.
- **A-Proceso en parada:** Cuando la máquina está energizada, pero no ha empezado el proceso, se encuentran en general los procesos que están en espera de comando, puesto que se encuentra el proceso de reinicio o reajusto, teniendo en cuenta que es necesario un tiempo de preparación para dicho proceso.
- **F-Proceso en funcionamiento:** La máquina se encuentra en funcionamiento y se deben mencionar los diferentes modos de funcionamiento que tiene la máquina.
- **D-Proceso en efecto:** Es donde se encuentran fallas que pueden tener la máquina en el modo de operación y también las vías de avance o retroceso de la máquina (Descripción de la guía Gemma, 2022).

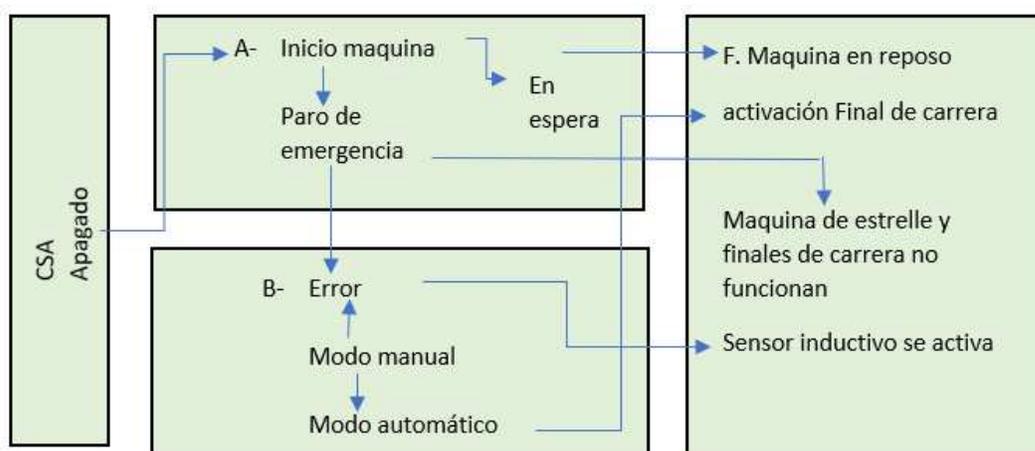


Figura 30. Diagrama guía Gemma tajadora de quesos (Autoría propia)

La máquina funcionara dentro de las siguientes condiciones:

- CSA 1: El sistema de control esta sin alimentación, por lo que no se realiza ningún tipo de acción.
- A1-Inicio maquina: En esta etapa la maquina pone los actuadores en su posición inicial, verificando que los sensores estén indicando la medida que sea especificado, esto es llamado como modo de inicio para después accionar el sistema automático desde el start.
- A2- En espera: Mientras que ningún sensor sea activado, la maquina continuara en modo espera, el indicador de esta etapa es el piloto verde.
- A3- Paro de emergencia: Cuando el botón de paro de emergencia es accionado y activado, la maquina hace su proceso de retornar todos los sensores y actuadores a su posición inicial y así mismo esperar a que el operario desactive el paro de emergencia.
- F1- Maquina en reposo: Se toma en cuenta las razones por las que la maquina podría entrar en estado de fallo, donde por lo general esta máquina puede estrellarse y realizar un consumo de corriente en el motor muy amplio, factor que es minimizado través de los finales de carrera aplicado en el debido proceso de la máquina.
- F2- Activación final de carrera: Teniendo en cuenta que el proceso falle, el operario deberá hacer uso del par de emergencia, el cual se encarga de evitar que los equipos se dañen, además este será aplicado en caso de que la maquina en su trayecto tenga un paro inesperado y-o corte de avance.

- F3- Sensor inductivo activo: La ausencia de este sensor es el error común de la maquina a la hora de hacer el proceso de tajado de queso.

2.3.2. Selección de sensores y actuadores

Para realizar la selección de sensores y actuadores se evaluó según la siguiente escala, donde cero (0) es insuficiente y cinco (5) es suficiente, según lo anterior se realizará la suma por ítem con el fin de determinar la calificación más alta en cada uno de los instrumentos a elegir.

2.3.2.1. Criterios de selección sensor capacitivo

A continuación, se presenta los criterios de selección base para la elección de sensores capacitivos a implementar en el diseño de la maquina tajadora, con el fin detectar presencia del bloque de queso y utilizarlo como condición del inicio del proceso de tajado.

Tabla 13

Criterios de selección de sensores capacitivos

Criterios de selección sensor capacitivo
Grado de protección ≥ 65
rango (0-10mm)
alimentación de 12 - 24VDC
salidas digitales NPN

Nota. Elaboración Propia, 2022

Teniendo en cuenta los criterios mencionados en la tabla 12, se evalúan tres tipos de sensores que son afines con estos criterios, con la finalidad de seleccionar el más idóneo para el proceso.

Tabla 14

Sensor capacitivo N°1

Criterios de selección		Importancia
Marca:	Autonics	
Referencia	CR18	
tecnología:	capacitivo	5
Forma:	cilíndrica	5
Nivel de protección:	IP 66	5
Rango:	2-8 mm	4
Temperatura de operación:	- 25 a + 70°C	3

conexión:	cable	4
Alimentación:	12 - 24 VCD	5
Salidas Digitales:	NPN	5
Total		36

Nota. Elaboración Propia, 2022

Tabla 15
Sensor capacitivo N°2

Criterios de selección		Importancia
Marca:	SCHNEIDER ELECTRIC	
Referencia	XT1 M30	
tecnología:	capacitivo	5
Forma:	cilíndrica plástica	5
Nivel de protección:	IP 67	5
Rango:	0-11 mm	3
Temperatura de operación:	- 25 a + 70°C	3
conexión:	cable de 4 hilos	3
alimentación:	12 - 24 V cc	4
Salidas Digitales:	PNP	2
Total		30

Nota. Elaboración Propia, 2022

Tabla 16
Sensor capacitivo N°3

Criterios de selección		Importancia
Marca:	RIKO	
Referencia	KTC1810	
tecnología:	capacitivo	5
Forma:	cilíndrica plástica	5
Nivel de protección:	IP 66	5
Rango:	1-10 mm	4
Temperatura de operación:	- 20 a + 60°C	3
conexión:	cable de 4 hilos	3

Tabla 17
Crterios de seleccin sensor final de carrera

Crterios de seleccin sensor final de carrera
Grado de proteccin ≥ 65
rango (0,1-1,5mm)
alimentacin de 110 VAC
NC / NA
Bidireccional
accin rpida
palanca de resorte de rodillo termoplstico

Nota. Elaboracin Propia, 2022

Tabla 18
Sensor final de carrera N° 1

Crterios de seleccin		Importancia
Marca:	SCHNEIDER ELECTRIC	
Referencia	XCKD2118P16	
tecnologa:	Final de carrera	5
Forma:	rectangular	5
Nivel de proteccin:	IP 67	5
Rango:	0,1 -1,5 m/s	3
Temperatura de operacin:	- 25 a + 70°C	3
conexin:	cable	4
Corriente nominal	3 amp	5
alimentacin:	110 VAC - 240 VAC	5
Funcionamiento de Contacto	accin rpida	5
Tipó de operador	palanca de rodillo de resorte termoplstico	5
Tipos de aproximacin	bidireccional	5
Numero de polos	2	5

total	55
--------------	----

Nota. Elaboración Propia, 2022

Tabla 19

Sensor final de carrera N°2

Criterios de selección		Grado de protección
Marca:	CNSY	
Referencia	AZ7166	
tecnología:	Final de carrera	5
Forma:	Rectangular	5
Nivel de protección:	IP 64	4
Rango:	0,1 -1,5 m/s	3
Temperatura de operación:	- 20 a + 60°C	2
conexión:	cable con bornas	3
Corriente nominal	10 AMP	4
alimentación:	110 VAC - 240 VAC	5
Funcionamiento de Contacto	acción rápida	5
Tipó de operador	palanca de rodillo de resorte termoplástico	5
Tipos de aproximación	una sola dirección	2
Numero de polos	1	2
Total		45

Nota. Elaboración Propia, 2022

Tabla 20

Sensor final de carrera N°3

Criterios de selección		Importancia
Marca:	SKU	
Referencia	XZ8111	
tecnología:	Final de carrera	5

Desde lo anteriormente visto en la figura 32 se evidencia un excelente nivel de confianza de parte de este sensor lo cual genera una clara aplicabilidad en esta parte del sistema siendo la división de seguridad de la máquina, minimizando el rango de error y fallo de esta sección del sistema a un 3,3% de exactitud.

2.3.2.3. Criterios de selección de sensores inductivos

Teniendo en cuenta las características y necesidades del proceso se hará el uso de estos sensores inductivos como primer paso del sistema de seguridad redundante de la maquina el cual es de accionamiento eléctrico y se utiliza como condición en la programación del sistema automático.

Tabla 21

Criterios de selección sensor inductivo

Criterios de selección sensor inductivo
Grado de protección ≥ 65
rango (1,5-15mm)
alimentación de 12 - 24VDC
salidas digitales NPN

Nota. Elaboración Propia, 2022

Tabla 22

Sensor inductivo N°1

Criterios de selección		Importancia
Marca:	Siemens	
Referencia	M30	
Tecnología:	Inductivo	5
Forma:	cilíndrica - roscado	5
Nivel de protección:	IP 67	5
Rango:	0 -15 mm	3
Temperatura de operación:	- 25 a + 85°c	3
conexión:	cable	4
Alimentación:	20VAC - 265 VAC/20 - 320VDC	2

Salidas Digitales:	NPN	5
total		32

Nota. Elaboración Propia, 2022

Tabla 23
Sensor inductivo N°2

Criterios de selección		Importancia
Marca:	Autonics	
Referencia	PR124DN	
Tecnología:	Inductivo	5
Forma:	cilíndrica - roscado	5
Nivel de protección:	IP 67	5
Rango:	1,5-15 mm	5
Temperatura de operación:	- 25 a + 70°C	3
conexión:	cable	4
Alimentación:	12 - 24 VDC	5
Salidas Digitales:	NPN	5
total		37

Nota. Elaboración Propia, 2022

Tabla 24
Sensor inductivo N°3

Criterios de selección		Importancia
Marca:	IME	
Referencia	IME 30-15BPSZCOS	
Tecnología:	Inductivo	5
Forma:	cilíndrica - roscado	5
Nivel de protección:	IP 67	5
Rango:	0-15 mm	4
Temperatura de operación:	- 25 a + 85°C	3
conexión:	cable 3 hilos	4
alimentación:	10 - 30 VDC	4
Salidas Digitales:	PNP	1

Velocidad nominal 1700- 1800
Frecuencia nominal 60 HZ
Numero de polos 4
Arranque de motor por condensador

Nota. Elaboración Propia, 2022

Tabla 26
Motor N°1

Criterios de selección		Importancia
Marca:	Trumper	
Referencia	E47185	
Tecnología:	Motor	5
Tipo de motor	Monofásico	5
Arranque	Sin condensador	2
Potencia nominal	1HP	4
Corriente nominal	14.8 A / 7.4 A	4
Factor de servicio	1,15	5
Factor de potencia	0.75	4
Velocidad nominal	1725 rpm	4
Frecuencia nominal	60 HZ	5
Tensión nominal	115 - 230 V	5
Numero de polos	4	5
Temperatura	- 15 a + 40°C	3
Grado de protección	IP 55	
Total		51

Nota. Elaboración Propia, 2022

Tabla 27
Motor N°2

Criterios de selección		Importancia
Marca:	WEG	
Referencia	SD020183CQA	
Tecnología:	Motor	5

Tipo de motor	Trifásico	3
Arranque	Sin arranque por condensador	2
Potencia nominal	2 HP	4
Corriente nominal	51,6- 25,8 amp	3
Factor de servicio	1,15	5
Factor de potencia	0,7	4
Velocidad nominal	1800 rpm	5
Frecuencia nominal	60 Hz	5
Tensión nominal	230 / 460 V	4
Numero de polos	4	5
Temperatura	- 20 a + 40°C	3
Grado de protección	IP 55	
Total		48

Nota. Elaboración Propia, 2022

Tabla 28
Motor N°3

Criterios de selección		Importancia
Marca:	Siemens	
Referencia	1LF7093-4YD90	
Tecnología:	Motor	5
Tipo de motor	Monofásica	5
Arranque	Arranque por condensador	5
Potencia nominal	1HP	4
Corriente nominal	15/ 7,5 amp	4
Factor de servicio	1,15	5
Factor de potencia	0,75	4
Velocidad nominal	1700 rpm	4
Frecuencia nominal	60 HZ	5
Tensión nominal	115/230 V	5
Numero de polos	4	5

Temperatura	- 15 a + 40°c	3
Grado de protección	IP55	
Total		54

Nota. Elaboración Propia, 2022

Teniendo los criterios de selección de motores se escogió el motor de la tabla 28, tomando como características decisivas que debe ser de alimentación monofásico ya que la empresa no cuenta con suministro de energía bifásico y/o trifásico, además de esto su grado de protección cumple con los requerimientos necesarios para el ambiente de trabajo.

2.3.2.5.criterios de selección del controlador lógico programable (PLC)

Teniendo en cuenta el tipo de sensores y actuadores, el número de entradas y salidas digitales a utilizar se presenta los siguientes criterios de selección

Tabla N°29

Criterios de selección PLC

Criterios de selección	
Entradas	8
Salidas	8
Tipo de salidas	Transistor
Tipo de entradas	NPN
Grado de protección	20
Protocolos de comunicación	Modbus, protocolo libre
Comunicaciones	RS232 , COM2: RS485, puerto RJ45 ETHERNET
Tensión de alimentación	24 VDC o 90 - 265 VAC

Nota. Elaboración Propia, 2022

Tabla N°30

PLC N°1

Criterios de selección		Grado de importancia
Marca	XINJE	
Referencia	XD5E-24R-E	
Precio	\$ 1.266.993	4
Entradas	14	5

Salidas	10	3
Salidas a transistor	No aplica	2
Tipo de salidas	Rele	3
Tipo de entradas	NPN	5
Grado de protección	20	5
Protocolos de comunicación	Modbus, protocolo libre	5
Comunicaciones	COM1: RS232 , COM2: RS485, puerto RJ45 ETHERNET	5
Total		42

Nota. Elaboración Propia, 2022

Tabla 31
PLC N°2

Criterios de selección		Importancia
Marca	XINJE	
Referencia	XD3-16T-C	
Precio	\$ 791.350	5
Entradas	8	4
Salidas	8	5
Salidas a transistor	2	5
Tipo de salidas	Transistor	5
Tipo de entradas	NPN	5
Grado de protección	20	5
Protocolos de comunicación	Modbus, protocolo libre	5
Comunicaciones	COM1: RS232 , COM2: RS232 / RS485 (La programación está disponible por USB tipo B)	5
Tensión de alimentación	24 VDC o 90 - 265 VAC	5

Total	49
--------------	----

Nota. Elaboración Propia, 2022

Tabla 32
PLC N°3

Criterios de selección		Grado de importancia
Marca	ALTUS	
Referencia	XP300	
Precio	\$ 3.070.438	2
Entradas	16	4
Salidas	16	3
Salidas a transistor	1	4
Tipo de salidas	PNP	2
Tipo de entradas	NPN	5
Grado de protección	20	5
Protocolos de comunicación	OPC UA/DA, EtherNet/IP, MODBUS TCP/RTU, MQTT	5
Comunicaciones	CAN, RS485, USB, Ethernet 10/100 Mpbs	5
Tensión de alimentación	24 VDC o 90 - 265 VAC	5
Total		40

Nota. Elaboración Propia, 2022

Se selecciono el PLC de la tabla 31, teniendo en cuenta el número de entradas y de salidas digitales las cuales son NPN, siendo estas compatibles con los sensores que trabajaran junto a este elemento. Adicionalmente las salidas concuerdan con la cantidad de pulsadores y pilotos utilizados en el proyecto y es el más económico en su segmento y de buena calidad.

2.3.2.6.criterios de selección del Módulo de expansión PLC

Teniendo en cuenta la marca y referencia del PLC elegido anteriormente y la necesidad de más entradas al PLC se hizo una selección entre varios módulos de expansión con características muy similares entre si evidenciadas a continuación:

Tabla 33

Criterios de selección módulo de expansión

Criterios de selección	
Entradas	8
Salidas	8
Tipo de salidas	Relé
Tipo de entradas	NPN
Tensión de alimentación	24 VDC o 90 - 265 VAC

Nota. Elaboración Propia, 2022

Tabla 34

Módulo de expansión N°1

Criterios de selección		Grado de importancia
Marca	XINJE	5
Referencia	XD3-E8X8YR	
Precio	\$ 480.000	5
Entradas	8	5
Salidas	8	5
Tipo de salidas	Relé	5
Tipo de entradas	NPN	5
Total		30

Nota. Elaboración Propia, 2022

Tabla 35

Módulo de expansión N°2

Criterios de selección		Grado de importancia
Marca	XINJE	5
Referencia	XD-E8X8YT	
Precio	\$ 466,480	5
Entradas	8	5
Salidas	8	3
Tipo de salidas	Transistor	3
Tipo de entradas	NPN	5
Total		26

Nota. Elaboración Propia, 2022

Tabla 36
Módulo de expansión N°3

Criterios de selección		Grado de importancia
Marca	XINJE	5
Referencia	XD-E8PX8YR	
Precio	\$ 480.000	5
Entradas	8	5
Salidas	8	5
Tipo de entradas	PNP	2
Total		22

Nota. Elaboración Propia, 2022

Se selecciono el módulo de expansión de la tabla 34 teniendo en cuenta las características de salidas a relé, su tipo de entrada y número de entradas y salidas; además de destacar su compatibilidad con el PLC previamente seleccionado, sensores y actuadores.

2.3.2.7.criterios de selección HMI

De acuerdo con las necesidades de los operarios de la maquina y PLC se implementó el HMI que se seleccionó bajo las siguientes características

Tabla 37
Criterios de selección HMI

Criterios de selección	
Grado de protección	65
Precio	\$900000 - \$1200000
Puertos COM	2
Memoria	32 Kbytes
Visualización	Horizontal-Vertical
Comunicaciones	RS232, RS485, ETHERNET

Nota. Elaboración Propia, 2022

Tabla 38
HMI N°1

Criterios de selección		Grado de importancia
Marca:	Delta	
Referencia	DOP-BO3E211	
Tecnología:	HMI	5
Puertos COM	2	5
Grados de protección	65	5

Puertos de comunicación	RS-232/ RS-422/ RS-485/ USB	5
Trasferencia y descarga de datos	RS-232, USB, Ethernet	5
Visualización	Horizontal / Vertical	4
Almacenamiento de temperatura	- 20 a + 60°C	3
Memoria de respaldo	32 Kbytes	5
Sistemas operativos compatibles	Windows Xp, Windows Vista, Windows 7	3
Precio	1.110.000	4
Total		44

Nota. Elaboración Propia, 2022

Tabla 39
HMI N°2

Criterios de selección		Grado de importancia
Marca:	Delta	
Referencia	DOP-107BV	
Tecnología:	HMI	5
Puertos COM	1	1
Grados de protección	65	5
Puestos de comunicación	RS-422 / RS-485	4
Trasferencia y descarga de datos	USB-Ethernet	5
Visualización	Horizontal / Vertical	4
Almacenamiento de temperatura	- 20 a + 60°C	3
Memoria de respaldo	32 Kbytes	5
Sistemas operativos compatibles	Windows Xp, Windows 7, Windows 8	4
Precio	1.389.900	3
Total		39

Nota. Elaboración Propia, 2022

Tabla 40
HMI N°3

Criterios de selección		Grado de importancia
Marca:	Delta	
Referencia	DOP-110WS	
Tecnología:	HMI	5
Puertos COM	2	5
Grados de protección	65	5

Puertos de comunicación	RS-232/485 USB	4
Trasferencia y descarga de datos	USB-Ethernet	4
Visualización	Horizontal / Vertical	4
Almacenamiento de temperatura	- 20 a + 50°C	3
Memoria de respaldo	32 Kbytes	5
Sistemas operativos compatibles	Windows Xp, Windows 7, Windows 8	4
Precio	1.460.000	3
Total		42

Nota. Elaboración Propia, 2022

Se selecciono la pantalla HMI descrita en la tabla 38 teniendo en cuenta el número de puertos de conexión, transferencia de carga de datos, debido a que debe ser por medio Ethernet, su memoria de respaldo y que el precio es accesible.

2.3.2.8. Criterios de selección pulsadores

Teniendo en cuenta que se deben poner dos pulsadores (Start y Stop), se realizaron una selección entre tres marcas distintas con el fin de lograr obtener el mas optimo para la maquina teniendo sus características, como se evidenciara a continuación:

Tabla 41

Criterio de selección Pulsadores

Criterios de selección	
Grado de protección	65
Precio	\$20.000- \$30.000
Material de base	Metálico
Diámetro	20 mm -25 mm
Tensión de alimentación	15 V a 240 V

Nota. Elaboración Propia, 2022

Tabla 42

Pulsador N°1

Criterios de selección		Grado de importancia
Marca	Chint NP2	
Referencia	BE101	
Precio	\$ 24.500	5
Temperatura de trabajo	- 5 a + 40°C	4
Material de base	Metálica	5

Diámetro	22mm	5
Grado de protección	IP65	5
Corriente nominal	10 Amp	5
Tensión de alimentación	15 V a 240 V	5
Total		34

Nota. Elaboración Propia, 2022

Tabla 43
Pulsador N°2

Criterios de selección		Grado de importancia
Marca	Harmony	
Referencia	XB5R	
Precio	\$ 15.500	3
Temperatura de trabajo	- 25 a + 55°c	3
Material de base	Plástico	3
Diámetro	22 mm	5
Grado de protección	IP 65	5
Corriente nominal	10 Amp	5
Tensión de alimentación	15 V a 220 V	5
Total		29

Nota. Elaboración Propia, 2022

Tabla 44
Pulsador N° 3

Criterios de selección		Grado de importancia
Marca	Allen-Bradley	
Referencia	800T/H	
Precio	\$ 30.000	4
Temperatura de trabajo	- 5 a + 40°c	4
Material de base	Metálica	5
Diámetro	30.5 mm	4
Grado de protección	IP 65	5
Corriente nominal	10 Amp	5
Tensión de alimentación	15 V A 240 V	5
Total		32

Nota. Elaboración Propia, 2022

Se selecciono el módulo de expansión de la tabla 42 teniendo en cuenta que sus características son similares a las demás, pero es de gran importancia el diámetro de cada pulsador y su precio es accesible al presupuesto que se tenia para la comprar de dichos elementos.

2.3.2.9. Criterios de selección Contactores

En las siguientes tablas se realiza la evaluación de los criterios de selección de los contactores los cuales tienen como función cerrar o abrir el circuito en carga o en un vacío para que se puedan intervenir las cargas de corriente que pueda hacer un corto y daño en la máquina.

Tabla 45

Criterios de selección contactores

Criterios de selección	
Grado de protección	20
Precio	\$60.000-\$100.000
Corriente	10 Amp
Numero de polos	3
Tensión de alimentación	110 V ac
Frecuencia del circuito	50-60 HZ

Nota. Elaboración Propia, 2022

Tabla 46

Contactador N°1

Criterios de selección		Grado de importancia
Marca	CHINT	
Referencia	D3210	
Tipo de producto	Conector	
Corriente máxima	32 Amp	5
Temperatura ambiente	- 40 a + 60°C	4
Grado de protección	IP 20	4
Numero de polos	3	5
Frecuencia del circuito	50/60 Hz	5
Corriente mínima de conmutación	5 - 10mA	5
Precio	64.000	5
Tensión de alimentación	110V	5
Total		38

Nota. Elaboración Propia, 2022

Tabla 47

Contactador N°2

Criterios de selección		Grado de importancia
Marca	Schneider	
Referencia	LC1D09	
Tipo de producto	Conector	

Corriente máxima	32 Amp	5
Temperatura ambiente	- 40 a + 60°c	4
Grado de protección	IP 20	4
Numero de polos	3	5
Frecuencia del circuito	60 Hz	4
Corriente mínima de conmutación	5 mA	4
Tensión de alimentación	220 V	4
Precio	\$ 80.000	4
Total		34

Nota. Elaboración Propia, 2022

Tabla 48

Contactores N°3

Criterios de selección		Grado de importancia
Marca	Siemens	
Referencia	3RT2516-1AB00	
Tipo de producto	Conector	
Corriente máxima	32 Amp	5
Temperatura ambiente	- 15 a + 50°c	3
Grado de protección	IP 20	4
Numero de polos	4	4
Frecuencia del circuito	50 Hz	4
Corriente mínima de conmutación	5 mA	4
Precio	\$ 200.000	3
Tensión de alimentación	220 V	4
Total		31

Nota. Elaboración Propia, 2022

Se escogió el contactor de la tabla 46, teniendo en cuenta que todas las características de los demás contactores son similares y solo varía en el precio.

2.3.2.10. Criterios de selección Relés

Teniendo en cuenta que los relés tienen una bobina que es conectada a una corriente, por lo que cuando se activa produce un campo electromagnético y provoca que el contacto del relé que se encuentra normalmente abierto se cierra y de esta manera se permita el paso de flujo de corriente por el circuito para que se pueda ejercer el proceso, es por esto que se muestran los criterios de selección a continuación:

Tabla 49
Criterios de selección Relé

Criterios de selección Relevos
Voltaje de bobina: 110 VAC
Capacidad de contactos: 10A
Tipo de salidas: 2 conmutables
Numero de pines: 8
Tipo de pines: Redondo

Nota. Elaboración Propia, 2022

Tabla 50
Relé

Criterios de selección		Importancia
Marca	Relpol	
Voltaje de bobina	110 VAC	5
Capacidad de contactos	10A	5
Tipo de salidas	2 conmutables	5
Numero de pines	8	5
Tipo de pines	Redondo	5
Total		25

Nota. Elaboración Propia, 2022

Los relés eléctricos tienen las mismas especificaciones y no varía el precio en gran medida, por lo que solo se realizó un criterio de evaluación mostrando sus respectivas características, teniendo en cuenta que cumple con las especificaciones necesitadas para el proceso de tajado.

2.3.3. Elementos de control eléctrico

Para el desarrollo y conexiones de los sensores y actuadores es necesario realizar la construcción de un tablero de control el cual está constituido por elementos de control eléctrico que serán usados para el funcionamiento de la máquina.

- Contactores: son dispositivos encargados de abrir y cerrar circuitos eléctricos con un gran consumo de corriente, serán utilizados para dar el arranque al motor y así mismo realizar la inversión de giro de este.
- Guardamotor: son elementos de protección para circuitos electromecánicos utilizados especialmente para encender y apagar motores eléctricos, su función principal es proteger la sobre cargas eléctricas del motor y fallos en alguna de las fases de arranque, cuando el motor no sea suspendido en su debido momento y rompa la ley de la inercia aumenta el consumo de corriente, es allí donde el guarda motor después de un tiempo determinado se encarga de suspender el suministro de energía.

Se selecciono un guarda motor el cual tiene un rango de 8 Amp – 14 Amp ya que el consumo nominal de corriente del motor seleccionado es de 8.45 amperios.

- Disyuntor de voltaje: su función principal es permitir e interrumpir el flujo de corriente eléctrica, cuando se detecta una diferencia entre la corriente entrante y la corriente saliente del mismo suspende el suministro de electricidad, esto con el fin de proteger a los operarios de las descargas eléctricas.

Se escogió un disyuntor de dos polos de 40 Amp cada uno, puesto que la corriente pico (corriente de arranque) del motor es de 42.4 Amp.

4.1. Relevos de 8 pines a 24vdc: Es un elemento eléctrico el cual funciona como un interruptor abriendo y cerrando el paso de corriente, pero siempre este accionado eléctricamente, su funcionamiento es de manera independiente, su uso es elevar el voltaje de salida del PLC de los 24 VDC a 110VAC para activar las bobinas de cada uno del contacto.

2.3.4. Diagrama de flujo

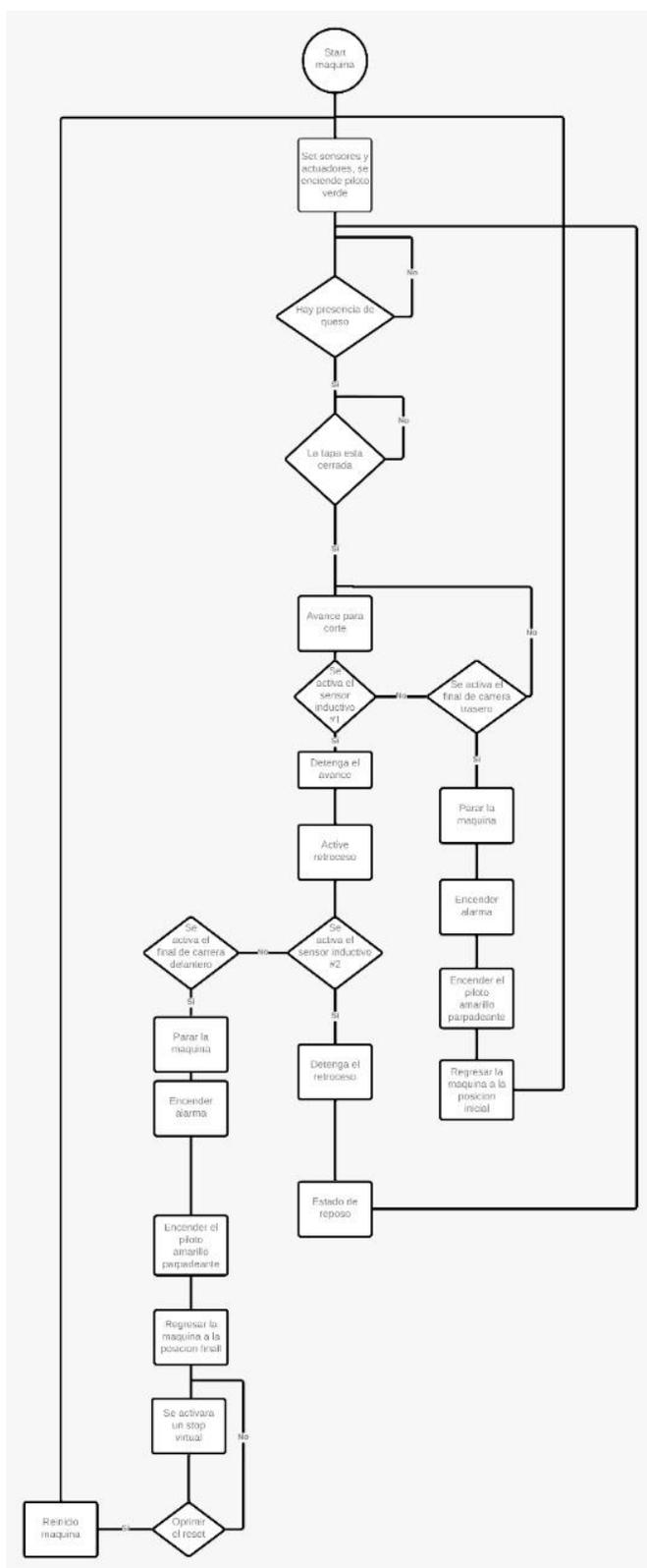


Figura 34. Diagrama de flujo (Elaboración propia).

Para iniciar la maquina el operario debe además de corroborar que la maquina este conectada adecuadamente a la corriente debe iniciar el sistema automático oprimiendo el botón de Start el cual accionara el sistema y encenderá un piloto verde que indicara que la maquina esté en funcionamiento, posterior a esto el operario deberá poner uno o dos bloques de queso en sus respectivas bandejas lo cual ocasionara la activación de uno o ambos sensores capacitivos que detecten su presencia, para iniciar el proceso automático es importante que el operario debe poner correctamente la tapa sino la maquina no se activara. La máquina automáticamente llevara los bloques de queso en dirección a los hilos de corte y se detendrá posterior al corte activando el sensor inductivo trasero que hará que se devuelva a la posición inicial, en espera de un nuevo corte de queso para inicial el sistema nuevamente.

Cabe resaltar que es fundamental el sistema de emergencia, el cual tendrá una alarma visual en la pantalla HMI de la máquina, donde dentro del tablero semafórico parpadeará un piloto de color amarillo, el cual indicará que la maquina se encuentra en fallo; el fallo consta de la activación del final de carrera trasero o delantero, el cual provocara la desactivación de la maquina y que según la dirección en la que se encuentre funcionando regrese a su posición inicial del corte o posición final del corte

2.4.Programación del sistema de control

2.4.1. Esquema de fuerza motor monofásico

Se diseñó un esquema de potencia con un motor monofásico de arranque por condensador, el cual tiene como característica principal realizar el avance y retroceso de un movimiento lineal. Para ello se implementó un guardamotor de protección de sobre cargas de corriente; 3 contactores para realizar el encendido de la bobina de arranque y la inversión del giro de rotor. Se implementó una protección principal, la cual es un disyuntor de dos polos de 40 A

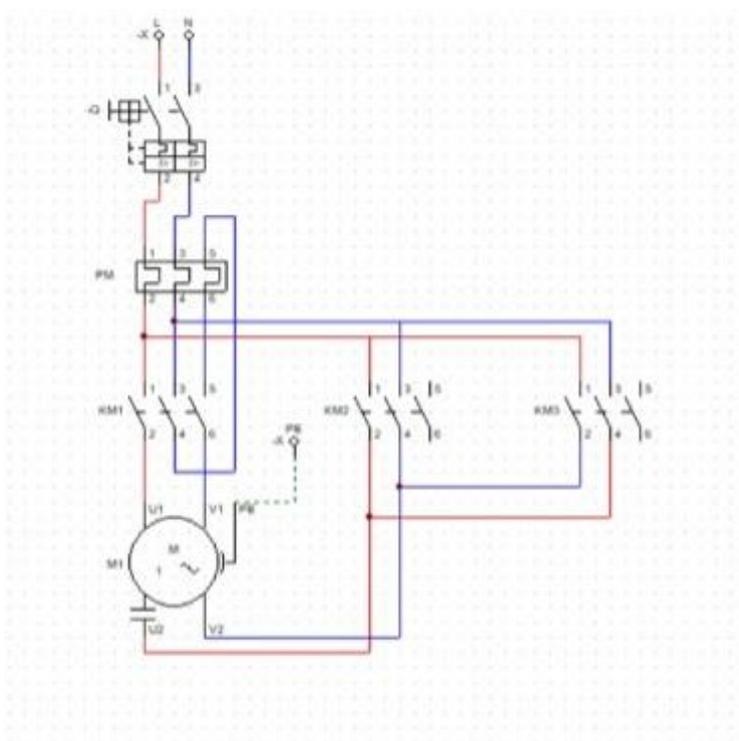


Figura 35. Esquema de potencia motor monofásico (Elaboración propia)

2.4.2. Esquema de control con PLC marca Xinje

En la estructura del sistema de control se encuentra establecida en el PLC, el cual este encargado de garantizar el correcto funcionamiento de los sistemas de seguridad y avance de la máquina, mediante sensores y actuadores.

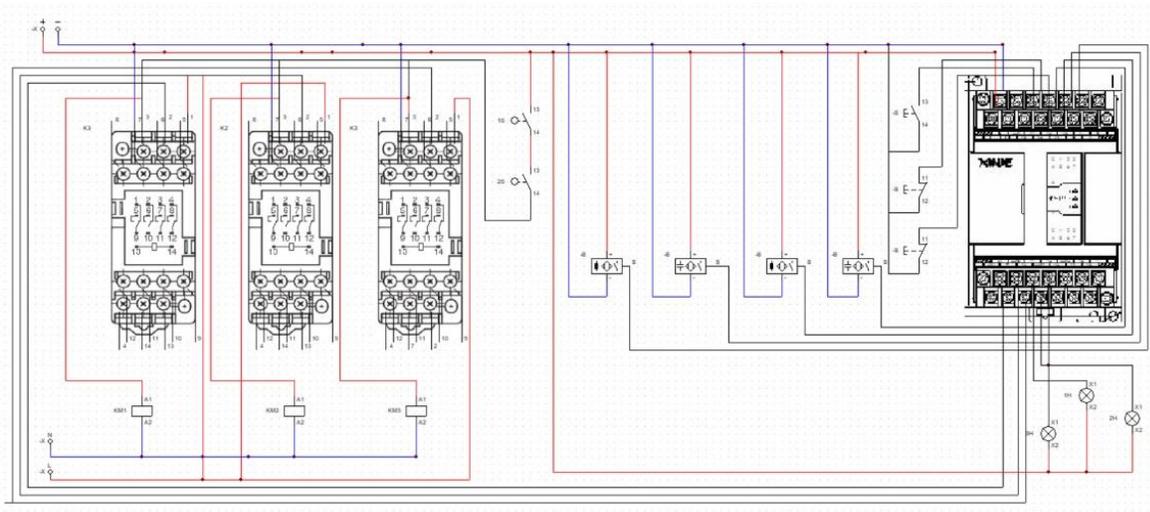


Figura 36. Esquema de control con PLC (Elaboración propia)

2.4.3. Programación del PLC

Procediendo con la ejecución del plan de trabajo se realizó la programación del Controlador Lógico Programable (PLC) a través del software de programación XINJE PLC Program Tool en su versión 3.5.3 donde se programará en lenguaje Ladder (Es un lenguaje de programación basado en lenguaje de relés o de contactos, tiene como principal ventaja es que su simbología está normalizada según el estándar Comisión Electrónica Internacional IEC (Quezada, Medina. 2019). Tomando en cuenta la cantidad de elementos dentro del circuito y la conexión de estos al PLC físicamente, a continuación, se explicará paso a paso la programación que se desarrolló para el proceso de tajo, comenzamos con la caracterización de las variables de entrada, memorias, temporizadores y contactores declarados en las siguientes variables:

1. Entradas
 - X0: Start
 - X1: Stop
 - X2: Paro de emergencia
 - X3: Sensor de presencia de queso #1
 - X4: Sensor inductivo #1 Finalización de sistema

- X5: Sensor de presencia de queso #2
 - X6: Sensor inductivo #2 Inicio de sistema
 - X7: Sensor cierre de tapa
 - X10000: Final de carrera delantero
 - X10001: Final de carrera trasero
2. Memorias
- M1: Memoria de accionamiento del sistema
 - M7: Reset (pulsador virtual)
 - M8: Memoria activación piloto verde
 - M9: Memoria activación piloto rojo
 - M20: Memoria de avance
 - M21: Memoria de retroceso accionamiento Y2
 - M900: Memoria accionamiento emergencia delantero
 - M910: Memoria accionamiento emergencia trasero
 - M901: Memoria activación Y0
 - M902: Memoria activación Y1
 - M911: Memoria activación Y2
3. Temporizadores
- T0: Temporizador de retroceso
 - T1: Temporizador de avance
4. Salidas
- Y5: Bobina de trabajo del motor
 - Y6: Bobina de avance
 - Y7: Bobina de retroceso
 - Y10001: Piloto verde
 - Y10000: Piloto amarillo
 - Y10002: Piloto rojo
5. Contador
- D2: Variable final del contador
 - D0: Variable de multiplicación contador

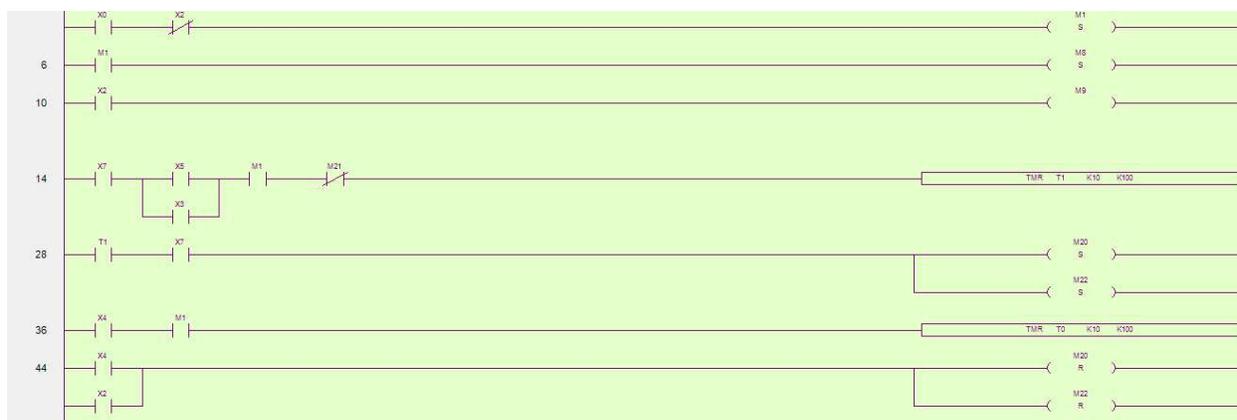


Figura 37. Programación PLC 1 (Elaboración propia).

Según lo observado en la figura anterior tenemos la programación de la sección de inicio del sistema y el enlace al sistema de seguridad donde el Start (X0) al ser accionado enviara corriente a nuestra memoria de accionamiento del sistema (M1) para abrir paso al accionamiento automático de la maquina y del piloto verde desde su memoria (M8), exceptuando que el paro de emergencia y el piloto rojo desde su memoria (M9) se encuentren accionados, lo cual en el momento de hacer uso del reset se hará necesario el pulsar nuevamente el Start para iniciar el proceso.

Posteriormente se requiere que la tapa de la maquina (X7) esté cerrada, que los sensores capacitivos de presencia de los bloques se encuentren accionados puede ser juntos o de forma individual (X3,X5), la memoria de accionamiento del sistema se encuentre activa (M1) y que el accionamiento del retroceso de la maquina se encuentre desactivado (M21), todo esto con el fin de accionar por 10 micro segundos el temporizador (T1) que junto con la confirmación del cierre correcto de la tapa de la maquina (X7) accionaran el avance de la maquina desde su memoria (M22) y el accionamiento de la bobina de trabajo desde su memoria (M20), al llegar el avance a su fin la maquina detectara el sensor inductivo #1 o sensor inductivo final (X4) o el paro de emergencia energizado (X2) des accionara las memorias M20 y M22 causando que la maquina pare y termine el corte del queso, al mismo tiempo activara un temporizador (T0) nuevamente de 10 micro segundos.

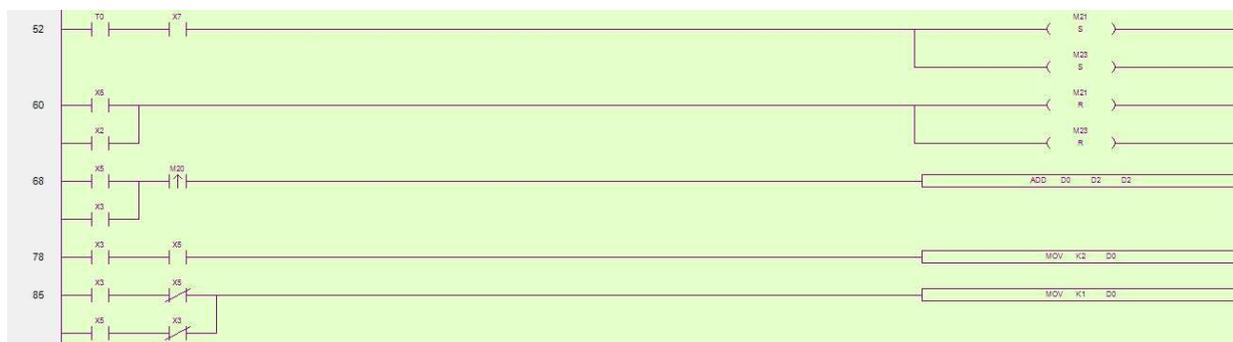


Figura 38. Programación PLC 2 (Elaboración propia).

El temporizador anteriormente mencionado junto con la confirmación del cierre de la tapa (X7) activara el retroceso de la maquina desde la memoria de la bobina de trabajo para el retroceso (M21) y la memoria de accionamiento de la bobina de retroceso (M23), memorias que luego serán desactivadas por el sensor inductivo #2, también llamado sensor inductivo de inicio de maquina (X6) o por el paro de emergencia (X2). El siguiente paso ejecutado en la programación es el contador con su variable (D0) la cual guardara el número de bloques cortados hasta el momento, este solo se accionara cuando alguno o ambos de los sensores capacitivos del queso se accionen (X3, X5) esto sucederá únicamente cuando la maquina este en periodo de avance, condición que también se aplica dentro de la seguridad de la maquina debido a que esta no avanzara sin presencia de algún bloque de queso, dependiendo de la condición de presencia que sea accionada las variables de movimiento (K1, K2) adicionara un bloque en K1 y 2 Bloques en K2 guardando esta variable en D0 para ser adicionada a la variable D2 en la línea 68 del programa.

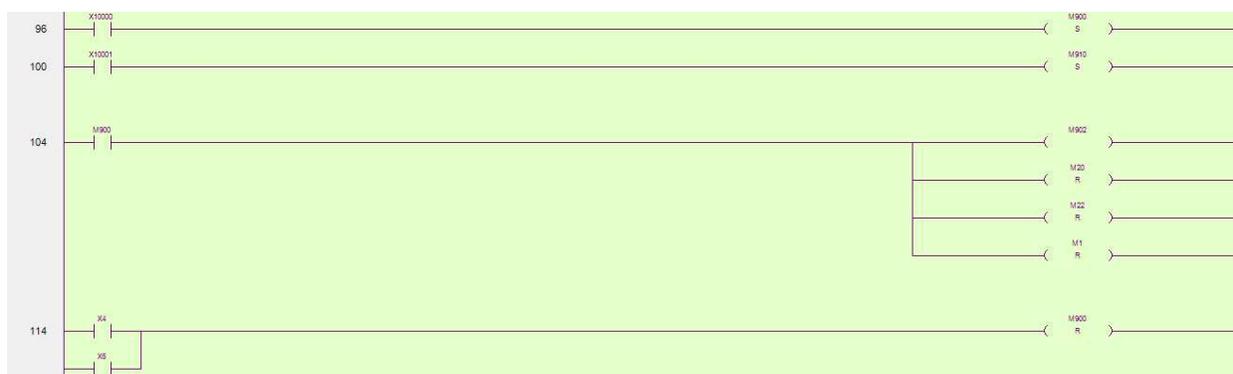


Figura 39. Programación PLC 3 (Elaboración propia).

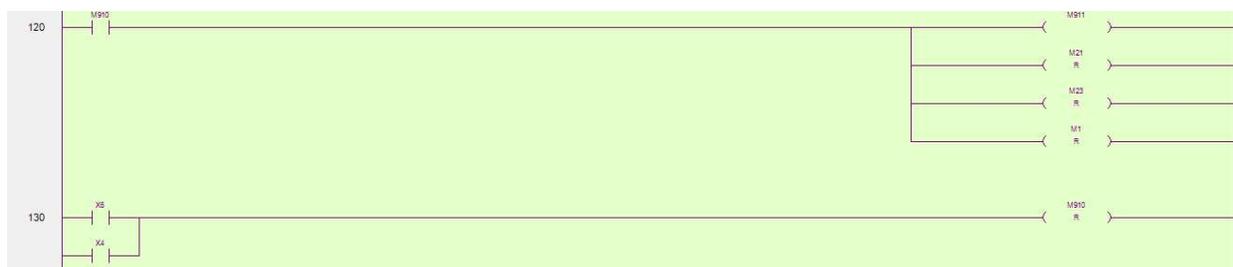


Figura 40. Programación PLC 4 (Elaboración propia).

En las dos figuras anteriores se observa la sección de seguridad industrial de la maquina en caso de un fallo y prevención de que el motor y la maquina se estrellen, todo esto partiendo de los sensores finales de carrera tanto el delantero (X10000), como el trasero (X10001) que activaran sus respectivas memorias al accionarse en caso de que el sensor inductivo tanto delantero como trasero no se accionen, las cuales son la memoria de accionamiento para el final de carrera delantero (M900) y el trasero (M910); en el caso que la maquina vaya en el momento del avance para el corte y no se accione el sensor inductivo trasero (X4), la memoria M910 accionara la memoria de activación de Y2 (M911), desactivara las memorias de avance (M20 y M22) y la memoria del sistema (M1) para volver la maquina a su posición inicial y hacer que esta se detenga para su respectiva revisión, por el contrario si la maquina se encuentra retrocediendo y el sensor inicial de la maquina inductivo (X6) no muestra señal al activarse el sensor final de carrera de esta ubicación (M900) desactivara el retroceso (M21 y M23) y el sistema de accionamiento de la maquina (M1) para accionar el avance (M902) y hacer que la maquina pare en la posición final para su respectiva revisión.

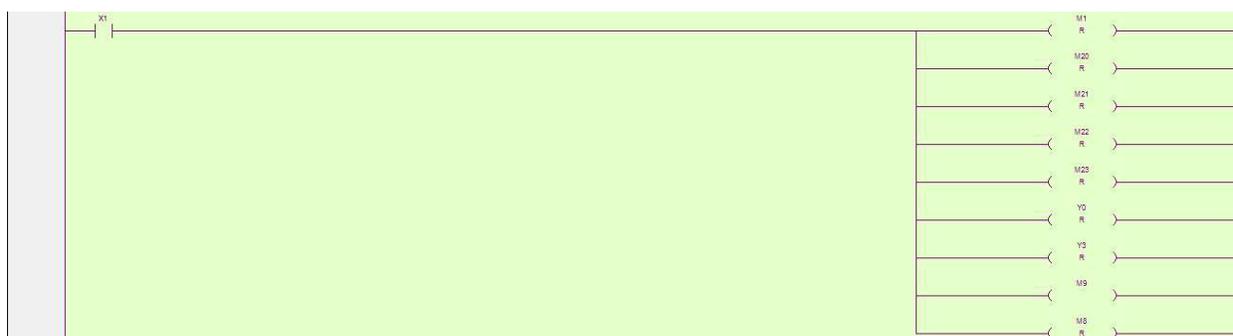


Figura 41. Programación PLC 5 (Elaboración propia).

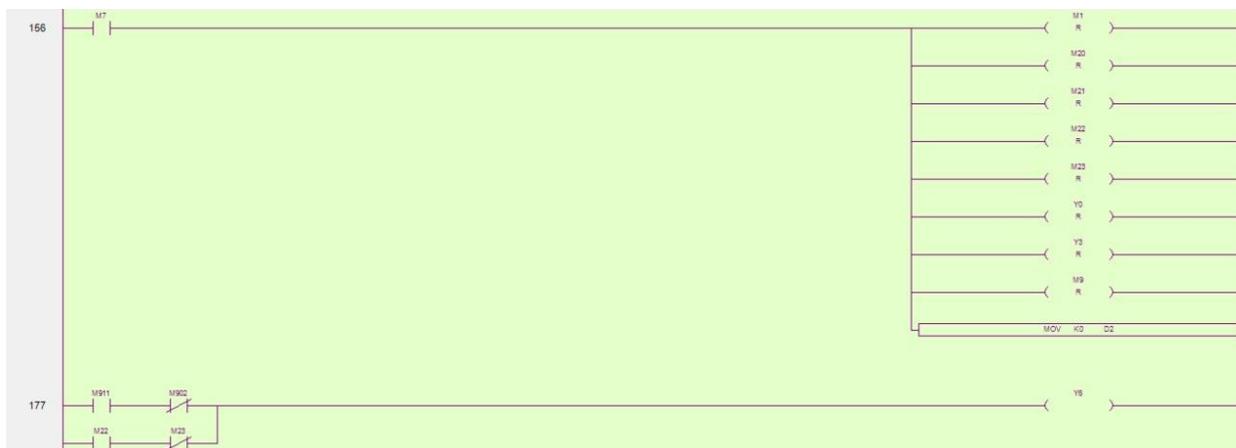


Figura 42. Programación PLC 6 (Elaboración propia).

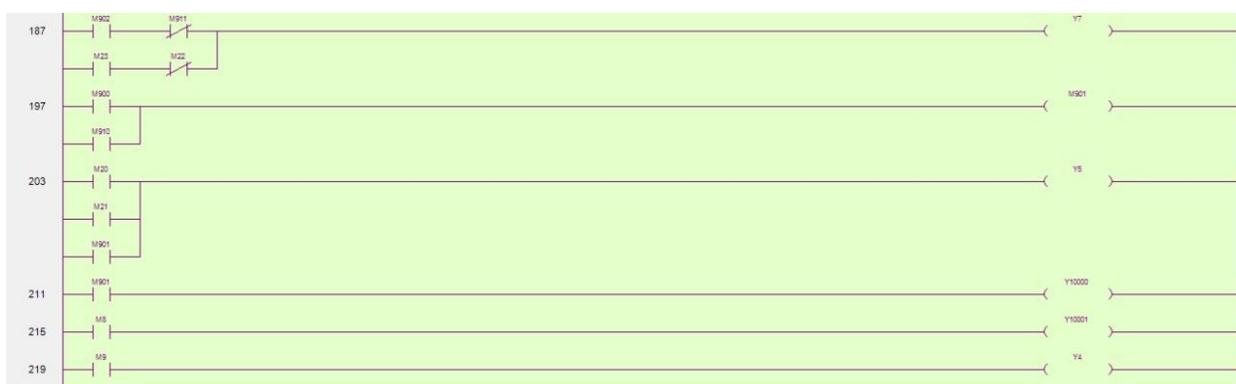


Figura 43. Programación PLC 7 (Elaboración propia).

En la sección de potencia de la programación observamos la relación y accionamiento del stop (X1), el cual desactivara cada memoria del sistema que accione actuadores parando por completo el sistema y encenderá momentáneamente la memoria del piloto rojo (M9) simbolizando que esta ha sido parada, después se observa la relación del accionamiento del reset el cual se encuentra de forma virtual en la HMI la cual reiniciara todo el sistema entre ellos memorias, actuadores y el contador dejándola lista para accionarla desde el Start nuevamente.

Seguido de las memorias de accionamiento de la bobina de avance (Y6), las cuales son desde el funcionamiento del proceso automático M22 y desde la sección de seguridad en caso de fallo M911 e impidiendo que estos se activen en el momento en que su bobina contraria se encuentre en uso (M23 y M902) evitando cortos en el sistema, las memorias de accionamiento de la bobina de retroceso (Y7) solo se activaran en el momento en que las memorias de avance se encuentren desactivadas (M22 y M911), donde la memoria M23 se acciona en el momento del corte y M902 en el momento del fallo en este paso del sistema, para concluir el accionamiento de las bobinas del

motor se encuentra la bobina de trabajo (Y5) la cual se activa desde el sistema automático desde M20 o M21 y desde el sistema de fallo M901, esta última únicamente accionada en la sección de fallo desde M900 y M910.

Para finalizar la programación se observa la programación de potencia de los pilotos semafóricos utilizados en el tablero de control, el piloto amarillo (Y10000) se accionará mientras la memoria de la bobina de trabajo en el fallo se encuentre activa (M901), el piloto verde (Y10001) se accionará desde que la memoria M8 este energizada y el rojo (Y4) en la memoria M9.

2.4.4. Programación HMI

En el diseño de la maquina se implementó el HMI con el fin de que los operarios tengan el conocimiento de su respectivo tiempo de producción y cantidad de quesos tajados, partiendo de la facilidad del funcionamiento de nuevas implementaciones tecnológicas.

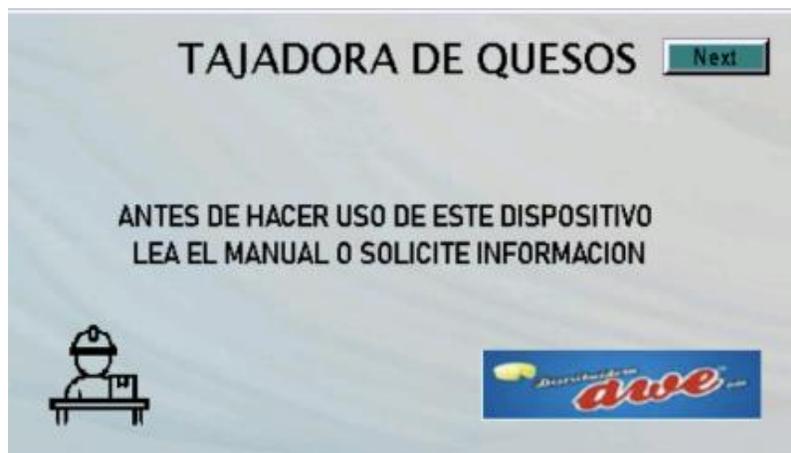


Figura 44. Pantalla principal HMI (Elaboración propia).

Teniendo en cuenta que la pantalla HMI es utilizada por los operarios y dueño de la empresa, se optó por que el diseño fuera de una manera accesible, por lo que se es de gran importancia resaltar la lectura del manual antes de manipular la pantalla y evitar daños en esta.

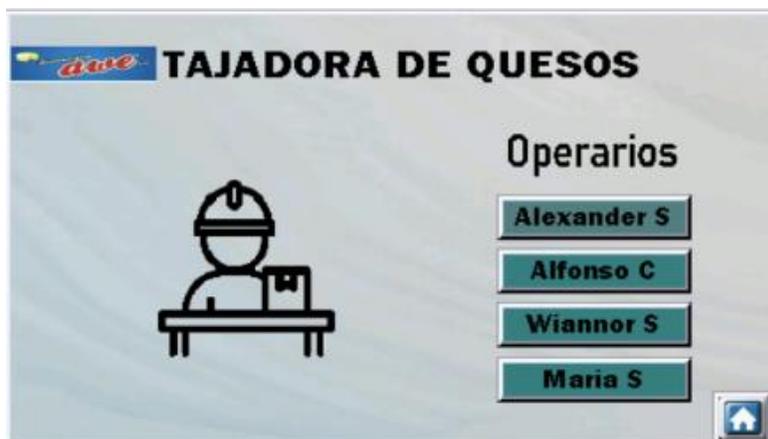


Figura 45. Pantalla Usuarios HMI (Elaboración propia).

A parte de eso, en la segunda pantalla se implementó el acceso de los operarios de la empresa para que logren ver la información de trabajo realizado con el corte de quesos, por lo que es importante resaltar que cada operario debe entrar a su pantalla, para que así mismo se pueda observar su respectivo usuario.

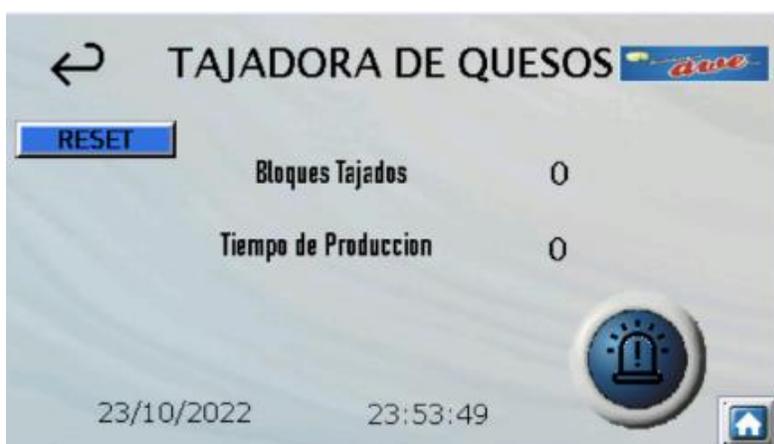


Figura 46. Pantalla proceso HMI (Elaboración propia).

En la figura 46 se implementó el tiempo de producción y bloques tajados de queso, con el fin de que el operario tenga visualización de estos datos y así mismo poder lograr una mejora en el proceso teniendo en cuenta las especificaciones requeridas, aparte de esto se implementó en el diseño una alarma, la cual se activará cuando la maquina tenga algún fallo, teniendo en cuenta que se encenderá un indicador para visualizar dicha falla, variables que serán implementadas desde el PLC.

2.5. Validación del prototipo

2.5.1. Presupuesto

Tabla 51

Presupuesto para automatización de una maquina tajadora de queso.

EQUIPOS				
ITEM	DESCRIPCION	Valor unit	CANTIDAD	SUB TOTAL
CONTROL	PLC MARCA XINJE DE 8 IN /8OUT PNP	\$678.300	1	\$678.300
	PASARELA DE COMUNICACION RS232	\$51.700	1	\$51.700
	HMI MARCA DELTA DOP-B03E211 CON PUERTO ENTERNET	\$1.110.000	1	\$1.110.000
	MODULO DE EXPANSION PLC MARCA XINJE 8IN/8OUT NPN RELE	\$480.000	1	\$480.000
			TOTAL	\$2.320.000
MOTORES	MOTOR 1 HP	\$570.000	1	\$570.000
	REDUCTOR DE VELOCIDAD	\$280.000	1	\$280.000
			0	\$0
			0	\$0
			0	\$0
			TOTAL	\$850.000
METALMECÁNICA	TRANSPORTE	\$150.000	1	\$150.000
	SERVICIOS	\$3.560.000	1	\$3.560.000
	SOLDADURA	\$50.000	1	\$50.000
	RODACHINES	\$135.500	1	\$135.500
	SOPORTE PANTALLA	\$150.000	1	\$150.000
	MECANIZADO HUECOS SENSORES	\$70.000	1	\$70.000
			TOTAL	\$4.115.500
MECANIZADOS Y ACCESORIOS	PIÑONES 35B22	\$32.400	2	\$64.800
	PIÑONES 35B19	\$26.000	2	\$52.000
	HUSILLO CON SOPORTES INCLUIDOS	\$410.000	2	\$820.000
	CADENAS	\$60.000	1	\$60.000
			0	\$0
			TOTAL	\$996.800
ELECTRÓNICA	GUARDA MOTOR DE 1HP DE 8amp-14 amp	\$94.000	1	\$94.000
	FRENOS PARA RIEL DIN	\$800	20	\$16.000
	TERMINAL N° 18	\$2.500	1	\$2.500

	TERMINAL N° 14	\$4.000	1	\$4.000
	CANALETA 40X60	\$33.000	2	\$66.000
	SENSOR PR122DN	\$78.000	2	\$156.000
	SENSOR CR188DN	\$116.000	2	\$232.000
	FUENTE 24V DC 2.5AMP	\$55.000	1	\$55.000
	COFRE 752	\$225.000	0	\$0
	PRENSA ESTOPA PG13.5	\$650	4	\$2.600
	BORNAS	\$1.200	40	\$48.000
	BORNAS PARA TIERRA	\$3.600	10	\$36.000
	RIEL OMEGA	\$6.000	2	\$12.000
	CABLE VEHICULAR TRENZADO CALIBRE 14	\$1.800	30	\$54.000
	CABLE VEHICULAR TRENZADO CALIBRE 18	\$900	20	\$18.000
	CONTACTORES DE MARCA CHINT DE 110V 40AMP	\$68.000	3	\$204.000
	RELE DE 8 PINES 24VDC - 110V	\$15.000	3	\$45.000
	PILOTOS ROJO,VERDE,AMARILLO 24VDC	\$4.000	3	\$12.000
	PULSADOR NA, NC	\$9.000	2	\$18.000
	FINAL DE CARRERA DE 2 POLOS	\$32.200	2	\$64.400
	MULETILLA DE 2 ESTADOS	\$12.000	1	\$12.000
	PARO DE EMERGENCIA	\$12.000	1	\$12.000
			TOTAL	\$1.163.500
HILO Y ACCESIOS DE CORTE	HILO CHIPA	\$124.900	1	\$124.900
	TORNILLERIA	\$20.000	1	\$20.000
	SEÑALIZACION Y ENUMERACION DE CABLES	\$100.000	1	\$100.000
			0	\$0
			TOTAL	\$244.900

Nota. Elaboración Propia, 2022

Tabla 52

Total, de costos, ganancia y total factura

SUB TOTAL		\$9.935.600
IVA	19%	\$1.887.764
FACTOR DE SEGURIDAD	7%	\$695.492
TOTAL COSTOS		\$12.518.856

GANANCIA	50%	\$ 6.259.428
-----------------	------------	---------------------

TOTAL, FACTURA	\$ 18.778.284
-----------------------	----------------------

Nota. Elaboración Propia, 2022

Teniendo en cuenta el presupuesto presentado anteriormente se da a conocer el valor real para la construcción de la maquina tajadora de quesos, incluida la mano de obra de el-los ingenieros a cargo. Esta información fue basada por medio de cotizaciones, las cuales van a ser anexadas al documento.

Según lo explicado anteriormente lo equipos fueron adquiridos cancelando el valor del IVA y adicionalmente la rúbrica definida como factor de seguridad se aplica como margen de error en caso de que se presente algún percance que genere sobre los costos.

2.5.2. Tiempos de corte reales

Tabla 53

Tiempos de corte y cantidad de bloques de queso cortado

TIEMPO DE CORTE (SEGUNDOS)	CANTIDAD DE BLOQUES DE QUESO CORTADO
40	2
3600	90

Nota. Elaboración Propia, 2022

Evaluando los tiempos de tajado de la maquina manual con respecto a la maquina automatizada, tenemos una reducción real de tiempo de 91.33 segundos de cada bloque de queso tajado, ya que esta máquina corta 2 bloques de queso en 40 segundos y refleja la mejora de tiempos de producción en el área de corte.

Un operario normalmente cobra \$ 500 COP por tajar, empapelar y empaacar cada bloque de queso, lo que indica que mensualmente este operario gana \$ 672.000 COP por tajar 1.344 bloques de queso y teniendo en cuenta que el ahorro de la empresa por la compra de queso entero vs queso tajado es de \$ 2.208.000 COP. Como se muestra en la tabla 7 y al ser el valor total de la construcción de la maquina es de \$ 18.778.284 COP , esto significa que la empresa va a recuperar lo invertido en 9 meses, puesto que a el valor de ahorro se le debe descontar el pago del operario, debido a que ya no se necesita un operario de tiempo completo para realizar la labor del corte de queso, sino únicamente para que trabaje en el corte en el horario que requiera la empresa, ya que su pago es por prestación de servicios y no por contrato de termino

fijo.

Este resultado fue comprobado por medio de la formula ROI, donde se obtuvo el siguiente resultado:

$$ROI = \frac{26.496.000 - 18.778.284}{18.778.284}$$

$$ROI = 0.41 * 100$$

$$ROI = 41.09 \% \text{ Anual}$$

Se realizo el cálculo de la formula ROI, donde se puede mostrar que partiendo de esta formula se obtiene una rentabilidad del 41.9 % sobre la inversión realizada.

TIEMPOS DE TAJADO MAQUINA NUEVA	
TIEMPO(s)	CANTIDAD DE BLOQUES
40	2
80	4
120	6
160	8
200	10
240	12
280	14
320	16
360	18
400	20
440	22
480	24
500	26

Figura 47. Tiempos de tajado de la maquina nueva (Elaboracion Propia).

Como se puede observar en la figura xxx la reducción de tiempo de tajado es buena, debido a que cada 40 segundos se cortan 2 bloques de quesos, esto quiere decir que mejora el tiempo de producción como se tenía por alcance en este proyecto.

2.5.3. Validación de construcción de la maquina

2.5.3.1. Estructura de la maquina

Para el desarrollo de la estructura de la maquina y según lo evidenciado a lo largo del presente proyecto se realizó la construcción de la estructura teniendo en cuenta la ubicación del motor, mecanismo, sistema de transmisión y sistema de control, el cual se puede evidenciar en la figura 44.



Figura 48. Estructura maquina (Elaboración propia).

Teniendo en cuenta que la superficie donde se manipula el queso, cuyo material es acero inoxidable full inox 304 , se implemento y destaco debido a su clara relacion con el correcto manejo de alimentos, especificando que para esta aplicación se manejan materiales como acero inoxidable o aluminio. El diseño de esta superficie fue diseñado con la capacidad de tajar dos bloques de queso y se tuvo en cuenta las dimensiones adecuadas del grosor de corte mencionadas en la matriz de requerimientos de usuario. Adicionalmete se realizo su respectivo proceso de pintura para mejor presentacion de la maquina.



Figura 49. Estructura maquina pintada (Elaboración propia).

Para mayor facilidad de transporte, distribución y organización del proceso se realizó la instalación de ruedas, las cuales soportan cada una 50 Kg y poseen un freno para evitar movimientos durante la ejecución del proceso de tajado de quesos.



Figura 50. Estructura maquina con ruedas (Elaboración propia).

2.5.4. Tablero de control

Teniendo en cuenta que se implementó un tablero de control en el diseño de la máquina, se realizaron la respectiva toma de medidas con el fin de que el espacio fuera distribuido de manera adecuada y así poder adicionar los respectivos elementos a la caja (pilotos botones y muletilla)



Figura 51. Medición caja tablero de control (Elaboración propia).

Después de haber realizado la toma de medidas, se procede a perforar el tablero y ubicar en sus respectivos lugares cada uno de los elementos mencionados anteriormente



Figura 52. Caja tablero de control con HMI (Elaboración propia).

Seguido a lo anterior, se realizó la división y estructuración del tablero de control haciendo uso de los siguientes elementos:

- **Canaleta:** Para realizar los montajes de tableros de control de potencia, se debe tener un orden específico, por este motivo existen las canaletas ranuradas, las cuales están diseñadas en materiales aislantes y se pueden cortar a la medida de la caja de control, además permiten derivar el cable mediante sus ranuras laterales.
- **Riel din o riel omega:** Es el encargado de estandarizar un buen montaje de los componentes eléctricos como lo son los contactores, borneras, PLC, base de relevos, guardamontes, etc.



Figura 53. Cableado tablero (Elaboración propia).

La lógica cableada es una forma de realizar controles de un sistema en la que el tratamiento de datos se efectúa en conjunto con contactores o relés auxiliares frecuentemente asociados temporizadores y contactores. La lógica cableada consiste en el diseño de automatismos mediante la utilización de circuitos cableados, utilizando para ello contactos auxiliares de relés electromecánicos, contactores de potencia, relés temporizados, relés contadores, válvulas óleo-hidráulicas y neumáticas, así como demás elementos según las necesidades demandadas por el cliente. Los circuitos cableados incluyen funciones de mando y control, de señalización, de protección y de potencia. Sin olvidar la correspondiente protección (Lógica cableada y lógica programada, 2022).

En el control eléctrico se implementa la normativa sugerida, la cual es IEC 1082-1 (International electrotechnical commission, allí se definen los símbolos y gráficos con las referencias identificativas, fomentan los símbolos gráficos y las reglas numéricas o alfanuméricas que deben utilizarse para

identificar los aparatos, diseñar los esquemas y realizar los equipos electrónicos.



Figura 54. Tablero de control (Elaboración propia).

Se realizó las conexiones de sistema de potencia y sistema de control de la máquina tajadora de quesos doble crema y mozzarella, donde se divide el sistema de potencia, el sistema de alimentación y el sistema de control, haciendo uso de los diferentes calibres y colores de cable para identificar fallas ya sean de señales y fallas eléctricas.



Figura 55. Pantalla HMI funcional (Elaboración propia).

Teniendo en cuenta el diseño de la pantalla HMI mostrada en las figuras 44, 45 y 46 se logra evidenciar el correcto funcionamiento de esta pantalla en la iteración máquina- operario y correcta ejecución del proceso. Como se logra evidenciar en la figura 46 se muestra el funcionamiento del tiempo, tajado de bloques de queso y alarma de manera adecuada, donde el operario puede

visualizar y entender los datos y valores obtenidos a través de la pantalla del HMI y ejecutada a través del PLC.



Figura 56. Maquina tajadora de queso (Elaboración propia).

En la figura 56 se presentó la maquina terminada de manera adecuada, teniendo en cuenta los requerimientos y necesidades presentados por la distribuidora AWE S.A.S, el proceso de diseño y calidad aplicando la correcta ejecución del diseño y sistema de control, con el fin de adecuar los equipos necesarios para el tajado de queso, cumpliendo con la meta propuesta desde un inicio, la cual es la mejora del tiempo de producción y facilidad de este.

3. Conclusiones

Se ejecutó el diseño a cabalidad de la máquina tajadora de quesos doble crema y mozzarella, destacando la seguridad industrial y del operario, a través del mejoramiento de los tiempos de producción. Se aplicó la metodología de diseño en ingeniería de 7 fases con el fin de mejorar, planificar y organizar el proceso de diseño desde la caracterización hasta la construcción de la máquina para su aplicación industrial. Este proceso, generó un proceso distinto al planificado, un pensamiento más estructurado y proporcionó una visión que no se había tenido en cuenta frente a la metodología a utilizar; se aprendió del correcto manejo de equipos y buena práctica de manufactura en el momento del diseño y selección de elementos.

Como resultado de la caracterización del proceso de tajado se obtuvo información relacionada con los costos, insumos y tiempos teniendo en cuenta la planificación del proceso del tajado del queso diario, semanal y mensual dentro de la empresa distribuidora AWE S.A.S, tomando como base de diseño la máquina manual y algunas herramientas que tenía la empresa para la aplicación de este proceso, dentro del mismo se establece la necesidad de un sistema automatizado y seguro tanto para la empresa como para sus trabajadores que mejore las condiciones y el manejo de este tipo de alimentos, teniendo en cuenta el punto de vista y los requerimientos proporcionados por la empresa.

Dentro del diseño mecánico se tuvo en cuenta las características físicas de un bloque de queso tajado doble crema y mozzarella, destacando el grosor de la tajada, el método óptimo para el corte el cual es por hilos de acero quirúrgico, este deja un corte limpio, preciso, un material duradero y asegure cuidar las características del queso; posteriormente se aborda la elección del sistema de transmisión de potencia concluyendo que dentro del proceso se realizara el manejo de altas cargas a bajas velocidades, seguido de la selección del sistema de poleas y correas donde el más óptimo fueron las correas trapeciales tomando como característica principal el evitar el patinamiento durante el proceso.

A modo de cierre del diseño y confirmando la aplicación de un análisis de requerimientos de usuario, partiendo de las necesidades y puntos de mejora observados durante el proceso de tajado de queso se desarrolló el despliegue de la función de calidad, también llamado casa de la calidad (Quality Function Deployment QFD), evaluando lo recopilado en la matriz de requerimientos (Figura xxxx), y lo visto en el análisis del proceso para su caracterización dio como resultado los puntos a trabajar en el desarrollo del diseño de la máquina, corroborando lo aplicado en el método

de diseño que se está aplicando al presente proyecto, además de las necesidades para el correcto manejo de la maquina por los operarios que se debe dejar planteado desde este escrito como lo son el manual de usuario, las características de los equipos y su vida útil, tener en cuenta los mantenimientos y los factores de riesgo que esta representa.

Partiendo de la selección de sensores y actuadores que cumplen con las condiciones requeridas para la correcta estructuración de la máquina, se plantean criterios que aseguren y faciliten la elección de estos equipos, evitando que estos sean sobredimensionados, innecesarios y que proporcionen la calidad que se busca aplicar en este proceso, teniendo en cuenta que el proceso en la marcha crea más necesidades de las evidenciadas en un inicio, se presentó la necesidad de adicionarle al Controlador Lógico Programable un módulo expensor para cubrir todas y cada una de las necesidades del proceso que lo hicieran 100% automático, además de la adquisición de nuevos sensores que requiere la seguridad de la máquina.

Dentro de la selección de sensores se presenta la necesidad de realizar un análisis estadístico práctico de la efectividad de estos elementos con el fin de revisar su exactitud, precisión y nivel de confianza, práctica que beneficia en la elección de sensores y analizar la efectividad del proceso tanto en su accionamiento como en su plan de contingencia al fallo (sistema de seguridad).

La realización de los esquemas de fuerza del motor y de las conexiones ejecutadas en el tablero de control es necesario tenerlas presentes y estructurarlas desde el comienzo de la ejecución física del tablero, señalarlas y realizar las respectivas distenciones entre las diferentes señales que se ejecutan entre entradas, salidas y demás elementos, de potencia y protección dentro del tablero, facilitando el manejo, ejecución y mantenimiento de la maquina posteriormente, dichos diagramas y esquemas son desarrollados a partir de los datasheets de los equipos.

Dentro de la programación se concluyó que no era necesario dejar dentro del desarrollo del proceso la seguridad del sistema, debido a que esta no debe ser condicionada desde el PLC, teniendo en cuenta a que se ocasionara un bloqueo del controlador durante las pruebas y estructuración practica del proceso, se debe buscar una alternativa física generando precisión en el momento de un fallo y/o emergencia en el proceso. Cabe resaltar que en la programación es necesaria la ejecución del proceso mediante memorias de accionamiento de actuadores, evitando confusiones en el programa.

Dentro de la ejecución física del proceso, soldadura, instalación de equipos, cableado y demás procesos llevados a cabo para la culminación del presente proyecto se evidenciaron sobre costos

y procesos inesperados, se evidencio la necesidad de tener presente en cuenta forma de movilización de la máquina, además de tener en cuenta su peso y tamaño por lo que fue necesario incluir ruedas en la estructura de la máquina para su facilidad de acondicionamiento electrónico, mecánico y posicionamiento en su debido lugar de funcionamiento.

Se realizo completamente el proyecto funcional de la maquina llevando a la correcta practica de la teoría presentada en el presente proyecto, haciendo una maquina tajadora de queso doble crema y mozzarella funcional aplicada a la industria de alimentos y que ejecuta el proceso de forma automática, asegurando la seguridad e integridad del operario y de los equipos de la máquina.

Se concluyo evidenciando los resultados obtenidos en la formulación de los antecedentes que en la industria se ha visto poca producción y estructuración de maquinaria específica para este proceso a gran escala, que asegure la precisión, reducción en costos y empleados, aumento en ganancias y producción, además de cuidar el bienestar de los operadores, la maquina se estructuro con un nivel alto de protección tanto al empleado como a los equipos que la componen y con el fin de alargar la vida útil de esta, para también asegurar su facilidad de manejo.

Durante la realización del marco teórico se observó y comprendió la importancia de conservar las características físicas del queso, debido a la temperatura que este soporta, la dureza que posee y las características de los accesorios que deben componer la máquina, teniendo como ejemplo la necesidad de la tapa que conserve la forma del queso y genere presión debido a que en su ausencia el queso será estripado.

Dentro de los costos de producción y las ganancias proyectadas partiendo del aumento de productividad de esta máquina se presentó un beneficio costo se infiere que al tener un retorno de inversión en aproximadamente nueve meses, este sistema muestra ganancias beneficiosas para la empresa distribuidora AWE S.A.S, la cual tendrá una creciente demanda en el servicio de tajado incrementando su productividad.

4. Recomendaciones

- Se hace necesario el crear un enlace a una base de datos de las variables de producción (tiempo de tajado, numero de bloques de queso tajado), que permita el análisis estadístico semanal, mensual y anual, haciendo más evidente y clara la identificación del costo-beneficio, además de las ganancias y estados contables de la empresa.
- Para alargar la vida útil de la maquina y los equipos que la componen se requiere llevar en tiempo real la hoja de vida de estos, registros que preferiblemente deberían llevarse de forma digital y de lenguaje accesible para los técnicos, por lo cual se recomienda dentro de una base de datos acondicionar y recopilar esta información.
- Para el correcto corte de los bloques de queso y manejo de las características físicas de este se puede incluir un variador de velocidad del motor, esto inhabilitara el uso del PLC, lo cual sería una alternativa más práctica de uso y una alternativa relativamente más económica para esta aplicación.
- Puede considerarse hacer una estructura menos robusta lo cual facilite su movimiento y con materiales menos pesados, reconfigurando la organización interna de sensores y actuadores que optimicen su uso.
- Dentro del diseño del arpa debe ser considerada la posibilidad de facilitar y asegurar el hilo de acero quirúrgico, de forma que permita facilidad en su limpieza, instalación y desinstalación de los hilos, debido a que en el diseño actual el realizar estas acciones es demorado y engorroso.

5. Referencias

- Alcides J. Gutierrez. (2010). Transmisión por correas y poleas. Obtenido de <https://sites.google.com/site/358maquinas/transmision-por-correas-y-poleas>
- Aguirre Guisa, W. (2021). Diseño de máquina tajadora y separadora automática de queso doble crema Obtenido de <https://www.contaval.es/que-tipos-de-sensores-fotoelectricos-existen/instrumentacion-industrial/>
- Auticom. (20 de octubre de 2020). Control de motores como solución para equipos de potencia. Obtenido de <https://www.autycom.com/control-de-motores-siemens/>
- Betancourt Toro, E. J., Vásquez Alberto, D. A., & Nieto Pamplona, Á. V. Criterios de implementación ISO 140001: 2015 Caso Estudio Sector Producción de Queso.
- Biblus. (2021). Guía GEMMA. Obtenido de <https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/4553/fichero/08+-+Gu%C3%ADa+GEMMA.pdf>
- CADENS. (4 de 8 de 2021). Diseño mecánico. Obtenido de <https://www.cadems.es/disenio-mecanico-consiste-cuales-las-mejores-herramientas/>
- Carranza Arias, K. Y. (2021). Diseño de prototipo de herramienta para mejorar el corte en el área de tajo de La Cosecha Tropical SAS.
- Contaval. (14 de abril de 2016). ¿Qué tipos de sensores fotoelectricos existen?
- Contreras. (4 de diciembre de 2020). Tuerca de tornillo de potencia. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Tuerca_de_tornillo_de_potencia
- Demetrio Honorato, G. Q. (2019). Optimización de parámetros de hilado y rendimiento de queso mozzarella en una marmita semiautomática.
- Energia Solar. (30 de septiembre de 2021). ¿Qué es un sistema trifasico? Obtenido de <https://solar-energia.net/electricidad/corriente-electrica/sistema-trifasico>
- Google Patents. Patents.google.com. Retrieved 23 February 2022, from <https://patents.google.com/patent/BR202019018580U2/pt?q=tajadora+de+alimentos&before=priority:20220101&after=priority:20190101&page=2>.
- Goyanes. (24 de noviembre de 2013). Neumatica. Obtenido de <http://redis.webs.uvigo.es/CTC/present1/Neumatica.pdf>
- granvertical. (23 de Diciembre de 2020). Sistema de seguridad redundante . Obtenido de <http://www.granvertical.com/principio-de-redundancia-en-sistemas-de-proteccion-contra->

caidas/#Que_es

- Gutiérrez Melo, E. (2016). Especificación y diseño de máquina para adicionar separadores al queso tajado.
- ingemecanica. (2019). Transmision por cadenas . Obtenido de <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn127.html>
- Javar. (2020). Tajadora de Jamon y Queso AF350INGR 110/60/1F.
- JMIndustrial. (2019). Resistencias calefactorias. Obtenido de jmi.com.mx/resistencias-calefactoras
- John Burke. (2019). Ethernet. Obtenido de <https://www.computerweekly.com/es/definicion/Ethernet>
- Lara Cerón, E. M. (2021). Gestión técnica de los factores de riesgo laboral en la planta de producción de la Empresa Lácteos “La Caserita” (Bachelor's thesis).
- Llopis, R. S., & Pérez, J. A. R. (2019). Automatización industrial.
- Logicbus. (17 de Junio de 2019). Protocolos de comunicacion . Obtenido de logicbus.com.mx/blog/protocolos-de-comunicacion-industriales/#:~:text=El%20protocolo%20Modbus%20TCP%20FIP,binaria%20compacta%20de%20los%20datos
- Mecapedia. (28 de Junio de 2006). Husillo de bolas. Obtenido de http://www.mecapedia.uji.es/husillo_de_bolas.htm
- Metzger. (2008). Obtenido de mt.com/int/es/home/library/know-how/lab-analytical-instruments/cheese-softening-point.html
- Moreno, E. G. (2001). Automatización de procesos industriales. Valencia: Alfaomega.
- Motorex. (14 de Marzo de 2019). Los motores trifasicos y sus ventajas. Obtenido de <https://www.motorex.com.pe/blog/motores-trifasicos-ventajas/>
- Novelec. (21 de Septiembre de 2018). Novelec. Obtenido de <https://blog.gruponovelec.com/electricidad/finales-de-carrera-que-son-y-caracteristicas-principales/>
- Omega. (2022). Importancia de la instrumentacion. Obtenido de <https://cl.omega.com/prodinfo/instrumentacion.html#:~:text=La%20instrumentaci%C3%B3n%20industrial%20es%20el,y%20controlarlas%20con%20tales%20fines.>
- Perez Gomez, A. J. (2021). Diseño y construcción de máquina cortadora de queso para

bloques QG15 y GQ20.

- Perez, C. C. (2015). EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL PROCESO DE. Obtenido de <https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/1426/2/TGT-175.pdf>

- Raimundo, S. (2019). BR202019018580U2 - Disposição construtiva de máquina para ralar, cortar e fatiar, queijo, côco, legumes e verduras, para uso em cozinhas industriais

- Recursos. (2022). Descripción de la guía GEMMA. Obtenido de <https://recursos.citcea.upc.edu/grafcet/gemma/descrip.html>

- Reyes Herrera, Á. L., & Vergara Baldovino, E. D. (2016). Automatización del proceso de elaboración de queso.

- RIPISA. (2022). RIPIPSA. Obtenido de Sistemas de automatización: <https://ripipsabots.com/sistemas-de-automatizacion/>

- Román, D. M. (2007). BUENAS PRÁCTICAS DE MANUFACTURA. Planes de higiene y sistema de análisis de peligros y puntos críticos de control para la pequeña y mediana empresa quesera, Instituto Nacional de Tecnología Industrial, Argentina. 68pp.

- Vásquez Salazar, R. D. (2010). Control lógico programable. Textos Académicos.

6. Anexos

6.1. Manual de usuario

PRECAUCIONES DE SEGURIDAD

- Mantener el área de trabajo limpia e iluminada, las áreas sucias y oscuras pueden provocar accidentes
- Mantener alejado a los niños, clientes y personal ajeno a la empresa del funcionamiento eléctrico o mecánico del equipo.
- Las conexiones de la máquina deben adaptarse a las conexiones del tomacorriente
- Usar vestimenta adecuada, en caso de usar cabello largo, usa cofia para mantenerlo recogido.
- Evitar el uso de audífonos, celulares y otros equipos que funcionen como distractores para los operadores.
- No opere la maquina con las manos mojadas.
- Utilizar elementos de protección personal al momento del corte del queso

INSTALACIÓN

- La máquina debe ser instalada en un sitio rígido y estable, libre de movimientos que puedan generar inestabilidad al momento de realizar el corte del queso, además de esto el lugar debe ser suficientemente amplio para lograr una operación óptima y segura de la máquina.
- Debe estar cerca de una fuente de energía que proporcione el voltaje adecuado (110 V) y que sea estable para el óptimo funcionamiento de la máquina.
- Verifique que las tuercas y los elementos de la maquina estén correctamente, de lo contrario debe ajustar lo mejor posible.
- Verifique el correcto encendido del sistema electrónico y eléctrico.

INSTALACIÓN FISICA

- La máquina debe estar instalada y nivelada directamente en el piso, con espacio suficiente para el seguro funcionamiento
- Este equipo es adecuado para la operación en lugares no peligrosos
- La máquina es movilizada por medio ruedas, es por eso no olvidar ponerles los frenos a las ruedas a la hora de empezar a operar la maquina

INSTALACION ELECTRICA

- Seque las manos antes de operar la maquina
- Esta máquina requiere conexión polo a tierra.
- La aplicación incorrecta de corriente eléctrica a la maquina puede resultar en riesgos eléctricos y daños al equipo. La máquina ha sido configurada en fabrica normalmente para el voltaje correcto de alimentación, pero es necesario comprobar la correcta configuración de voltaje.
- Es necesaria una buena protección mediante una conexión a tierra de baja impedancia en el cable de alimentación eléctrica para garantizar la seguridad de la maquina y operarios

FUNCIONES DEL TABLERO DE CONTROL



1. Indicador Stop: Es el encendido cuando la máquina está en reposo
2. Indicador Start: Es el encendido cuando la máquina está en funcionamiento.
3. Indicador fallo: Es encendido cuando el sistema entra en fallo.
4. Muletilla: Es el encendido general de la máquina, es decir que el operario debe accionar para que la máquina empiece a funcionar adecuadamente
5. Paro de emergencia: El sistema de paro de emergencia al ser activado permite desconectar la energía de la máquina. Aplique este seguro eléctrico en caso necesario, presionándolo hasta que haga tope y quede anclado. Para desanclar girar a la derecha.
6. Start: Oprima para que la máquina empiece a funcionar adecuadamente.
7. Stop: oprima cuando quiere que la máquina pare el proceso, es importante que parara cuando esté terminado el corte de queso

GARANTIA

+

La garantía del equipo no será válida en los siguientes casos:

- En las piezas y accesorios eléctricos no hay garantía debido a que el suministro de energía eléctrica no depende de la empresa
- La mala operación de la máquina, es decir la falta de mantenimiento y el daño ocasionado determinadamente
- La modificación de la máquina sin previo aviso
- La instalación haya sido realizada por un técnico que no pertenezca a la empresa.
- La Garantía de los equipos electrónicos y de control (PLC, HMI, contactores, relés) deberá ser solicitada directamente con el distribuidor.

La garantía del equipo será válida en el siguiente caso:

- En un periodo de un mes, por defecto de fabricación de las piezas después de haber sido instalada la máquina, en este caso las piezas serán reemplazadas

El mantenimiento de la máquina será anual, menos el primero que será realizado a los 6 meses de haber instalado la máquina

SEÑALIZACIÓN

A continuación, se muestran las señalizaciones necesarias para tener en cuenta a la hora de utilizar la máquina.



6.2. Datasheets

6.2.1. Sensor capacitivo

Electric capacitive type proximity sensor

■ Features

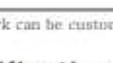
- Able to detect iron, metal, plastic, water, stone, wood etc
- Long life cycle and High reliability
- Reverse power polarity, surge, overcurrent protection
- Easy to adjust of the sensing distance with sensitivity adjuster
- Red LED status indication
- Easy to control of level and position



⚠ Please read "Caution for your safety" in operation manual before using.

■ Type

○ DC 3-wire type

Appearances	Model
M18 	CR18-8DN
	CR18-8DP
	CR18-8DN2 * 
M30 	CR30-15DN
	CR30-15DP
	CR30-15DN2 * 

○ AC 2-wire type

Appearances	Model
M18 	CR18-8AO
	CR18-8AC
M30 	CR30-15AO
	CR30-15AC

▶ * * mark can be customized.

■ Specifications

Model	CR18-8DN CR18-8DP CR18-8DN2	CR30-15DN CR30-15DP CR30-15DN2	CR18-8AO CR18-8AC	CR30-15AO CR30-15AC
Sensing distance	8mm ±10%	15mm ±10%	8mm ±10%	15mm ±10%
Hysteresis	Max. 20% of sensing distance			
Standard sensing target	50 × 50 × 1mm (Iron)			
Setting distance	0 ~ 5.6mm	0 ~ 10.5mm	0 ~ 5.6mm	0 ~ 10.5mm
Power supply (Operating voltage)	12~24VDC (10~30VDC)		100~240VAC (85~264VAC)	
Current consumption	Max. 15mA		—	
Leakage consumption	—		Max. 2.2mA	
Response frequency*(1)	50Hz		20Hz	
Residual voltage	Max. 1.5V		Max. 20V	
Affection by Temp.	±10% Max. for sensing distance at +20°C within temperature range of -25 ~ +70°C			
Control output	Max. 200mA		Max. 5 ~ 200mA	
Insulation resistance	Min. 50MΩ (at 500VDC mega)			
Dielectric strength	1500VAC 50/60Hz for 1 minute			
Vibration	1mm amplitude at frequency of 10 ~ 55Hz in each of X, Y, Z directions for 2 hours			
Shock	500m/s ² (50G) in X, Y, Z direction for 3 times			
Indicator	Operation indicator (Red LED)			
Ambient temperature	-25 ~ +70°C (at non-freezing status)			
Storage temperature	-30 ~ +80°C (at non-freezing status)			
Ambient humidity	35 ~ 95%RH			
Protection circuit	Surge protection circuit, Reverse polarity protection		Surge protection circuit	
Protection	IP66 (IEC standard)	IP65 (IEC standard)	IP66 (IEC standard)	IP65 (IEC standard)
Cable	φ4 × 3P, 2m		φ4 × 2P, 2m	
Unit weight	Approx. 72g	Approx. 212g	Approx. 63g	Approx. 220g

* (1) The response frequency is the average value. The standard sensing target is used and the width is set as 2 times of the standard sensing target, 1/2 of the sensing distance for the distance.

6.2.2. Final de carrera

Main

Range of product	Telemecanique Limit switches XC Standard
Series name	Standard format
Product or component type	Limit switch
Device short name	XCKD
Sensor design	Compact form A conforming to CENELEC EN 50047
Body type	Fixed
Head type	Rotary head
Material	Metal
Body material	Zamak
Head material	Zamak
Fixing mode	By the body
Movement of operating head	Rotary
Type of operator	Spring return roller lever thermoplastic
Type of approach	Lateral approach, 2 directions
Number of poles	2
Contacts type and composition	1 NC + 1 NO
Contact operation	Snap action

Complementary

Tracks	24/40 mm
Switch actuation	By 30° cam
Electrical connection	Screw-clamp terminals, clamping capacity: 1 x 0.34...2 x 1.5 mm ²
Cable entry	1 entry tapped for M16 x 1.5 cable gland, cable outer diameter: 4...8 mm
Contacts insulation form	Zb
Positive opening	With
Positive opening minimum torque	0.25 N.m
Minimum torque for tripping	0.1 N.m
Maximum actuation speed	1.5 m/s

6.2.3. Sensor de proximidad

Model	PRT08-1.5DO PRT08-1.5DC	PRT08-2DO PRT08-2DC	PRT12-2DO PRT12-2DC	PRT12-4DO PRT12-4DC	PRT18-5DO PRT18-5DC	PRT18-8DO PRT18-8DC	PRT30-10DO PRT30-10DC	PRT30-15DO PRT30-15DC	
Sensing distance	1.5mm	2mm	2mm	4mm	5mm	8mm	10mm	15mm	
Hysteresis	Max. 10% of sensing distance								
Standard sensing target	8 × 8 × 1mm (Iron)		12 × 12 × 1mm (Iron)		18 × 18 × 1mm (Iron)		25 × 25 × 1mm (Iron)	30 × 30 × 1mm (Iron)	45 × 45 × 1mm (Iron)
Setting distance	0 to 1.05mm	0 to 1.4mm	0 to 1.4mm	0 to 2.8mm	0 to 3.5mm	0 to 5.6mm	0 to 7mm	0 to 10.5mm	
Power supply (Operation voltage)	12-24VDC (10-30VDC)								
Leakage current	Max. 0.6mA								
Response frequency(•1)	1.5kHz	1kHz	1.5kHz	500Hz		350Hz	400Hz	200Hz	
Residual voltage	Max. 3.5V								
Affection by Temp.	±10% Max. for sensing distance at 20°C (For PRT08 series : ±20% Max.)								
Control output	2 to 100mA								
Insulation resistance	Min. 50MΩ (at 500VDC megger)								
Dielectric strength	1500VAC 50/60Hz for 1minute								
Vibration	1mm amplitude at frequency of 10 to 55Hz in each of X, Y, Z directions for 2 hours								
Shock	500m/s ² (50G) in X, Y, Z direction for 3 times								
Indicator	Output operation indicator (Red LED)								
Ambient temperature	-25 to 70°C (at non-freezing status)								
Storage temperature	-30 to 80°C (at non-freezing status)								
Ambient humidity	35 to 95%RH								
Protection circuit	Surge protection circuit		Surge protection circuit, Overload & Short protection circuit						
Protection	IP67 (IEC standard)								
Cable spec.	φ 3.5 × 2P, 2m		φ 4 × 2P, 2m			φ 5 × 2P, 2m			
Material	Case/Nut: Nikel plated Brass, Washer: Nikel plated Iron, Sensing surface: Heat-resistant ABS, Standard cable (Black): Polyvinyl chloride (PVC), Oil resistant cable (Gray): Oil resistant Polyvinyl chloride (PVC)								
Approval	CE								
Unit weight	Approx. 52g		Approx. 72g		Approx. 110g		Approx. 170g		

6.2.4. Motor

Velocidad 3600 rpm, 2 polos, 60 Hz															
Código	Tipo	Frame IEC Tamaño	Potencia		F.S.	In		Eficiencia η %	Factor de potencia Cos φ	Velocidad nominal rpm	Torque nominal Nm	Torque de arranque Tarr / Tn	Cte. de inercia Iarr / In	Momento de inercia kg m ²	Peso kg
			HP	KW		220V A	440V A								
25000001083	1LA7 070-2YA60	71M	0,75	0,56	1,15	2,40	1,20	79	0,79	3430	1,56	2,7	6	0,00035	4,3
25000001085	1LA7 073-2YA60	71M	1	0,75	1,15	3,50	1,75	65	0,89	3320	2,15	2,5	4,7	0,00045	6
25000001086	1LA7 080-2YC60	80M	1,2	0,90	1,05	4,00	2,00	68	0,90	3400	2,51	2,3	4,9	0,00085	8,4
25000001087	1LA7 080-2YA60	80M	1,5	1,12	1,15	5,30	2,65	69	0,90	3370	3,17	1,8	3,7	0,00085	8,4
25000001089	1LA7 083-2YA60	80M	2	1,49	1,15	6,20	3,10	74	0,86	3410	4,18	3,3	6,3	0,0011	10
25000001090	1LA7 090-2YC60	90S/L	2,4	1,79	1,15	7,00	3,50	79	0,83	3460	4,94	2,4	5,5	0,0015	11,7
25000001091	1LA7 090-2YA60	90S/L	3	2,24	1,15	9,00	4,50	76	0,84	3490	6,12	2,7	5,7	0,0015	13,7
25000001093	1LA7 096-2YA60	90S/L	4	2,98	1,15	12,20	6,10	82	0,88	3440	8,28	2,3	5,9	0,002	15
25000001094	1LA7 112-2YA60	112M	5	3,73	1,15	16,00	8,00	71,1	0,86	3480	10,24	2	5,2	0,0055	28
25000001095	1LA7 113-2YA60	112M	6,6	4,92	1,05	19,00	9,50	79	0,86	3480	13,51	2,6	6,8	0,0055	30,8
25000001096	1LA7 114-2YA60	112M	7,5	5,60	1,15	21,80	10,90	77,4	0,87	3460	15,44	2	5,8	0,0055	33,4
25000001097	1LA7 130-2YA70	132S/M	10	7,46	1,15	28,00	14,00	79	0,90	3500	20,35	2,4	6	0,016	50
25000001098	1LA7 131-2YA70	132S/M	12	8,95	1,05	32,00	16,00	80	0,89	3470	24,64	2,7	6,8	0,021	52,5
25000001099	1LA7 132-2YA70	132S/M	15	11,19	1,15	41,00	20,50	80,5	0,88	3500	30,53	2	6,5	0,021	56,5
25000001100	1LA5 163-2YB70	160MIL	20	14,92	1,15	56,00	28,00	87	0,90	3528	40,38	2	6	0,034	69,5
25000001101	1LA5 164-2YB70	160MIL	25	18,65	1,15	70,00	35,00	88	0,81	3540	50,31	2,1	5	0,04	82,5
25000001102	1LA5 167-2YB70	160MIL	30	22,38	1,05	81,00	40,50	90	0,88	3540	60,37	2,1	4,6	0,052	94
25000001103	1LA4 183-2YC80	180M	35	26,11	1,05	87,00	43,50	89	0,89	3540	70,43	2,5	6,6	0,077	160,5
25000001104	1LA4 184-2YA80	180M	40	29,84	1,05	102,00	51,00	90,5	0,88	3510	81,18	2,3	6,4	0,077	162
25000001105	1LA4 206-2YC80	200L	50	37,30	1,15	124,00	62,00	90	0,88	3530	100,90	2,4	6,6	0,14	235
25000001106 ²⁾	1LA4 207-2YA80	200L	60	44,76	1,15	148,00	74,00	91	0,87	3545	120,57	2,4	6,5	0,16	260
25000001107 ²⁾	1LA6 224-2YC80	225M	75	55,95	1,15	188,00	94,00	93,4	0,92	3540	150,93	1,8	6,8	0,24	320
26690 ¹⁾	1LG4 253-2AB60	250M	100	75,00	1,00		120,00	93,6	0,88	3558	177,00	2,1	6,9	0,41	375
26691 ¹⁾	1LG4 280-2AB60	280S	125	93,00	1,00		143,60	94,3	0,88	3570	241,00	2,4	7,5	0,72	510
26692 ¹⁾	1LG4 283-2AB60	280M	150	112,00	1,00		169,70	94,8	0,89	3570	289,00	2,5	7,6	0,86	555
26693 ¹⁾	1LG4 310-2AB60	315S	185	138,00	1,00		212,30	94,4	0,88	3576	352,00	2	7,4	1,2	700
26694 ¹⁾	1LG4 313-2AB60	315M	225	168,00	1,00		257,40	94,9	0,90	3576	423,00	2,1	7,3	1,4	770
26695 ¹⁾	1LG4 316-2AB90-Z	315L	275	205,00	1,10		309,90	95,4	0,91	3576	512,00	2,3	7,1	1,6	910
26696 ¹⁾	1LG4 317-2AB90-Z	315L	325	242,00	1,10		360,70	95,8	0,92	3580	641,00	2,5	7,5	2,2	1055

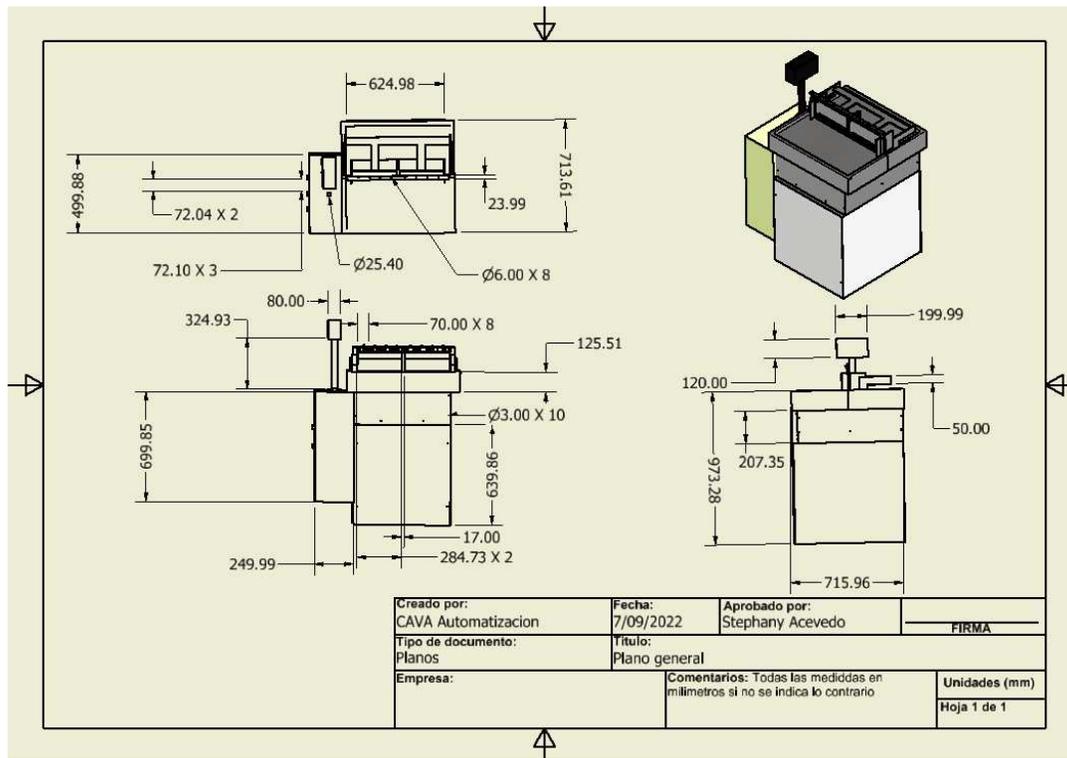
6.2.5. HMI

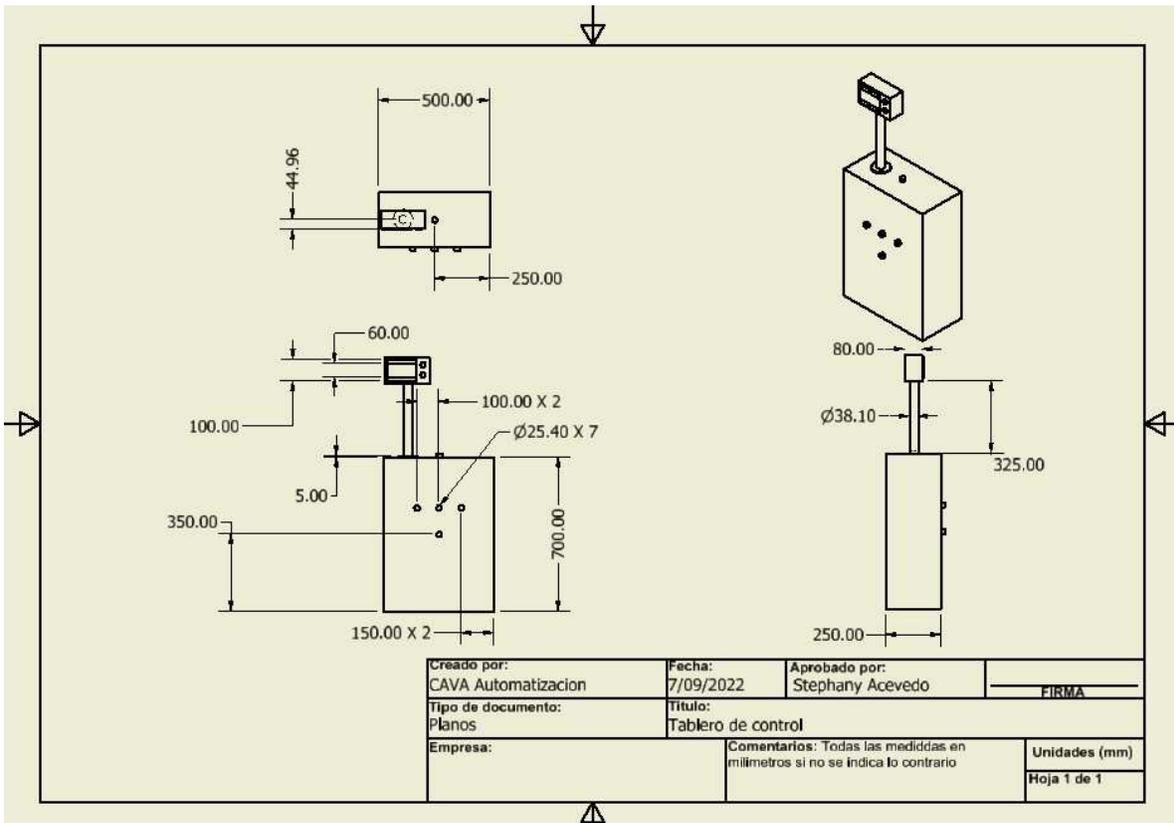
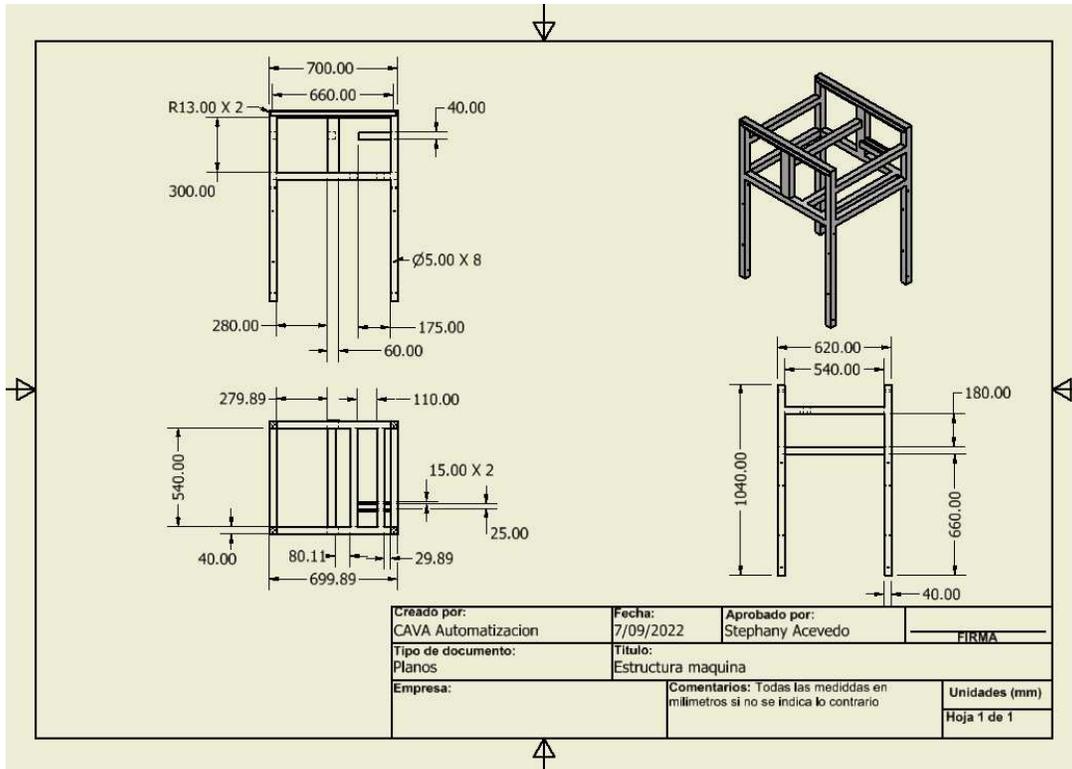
MODEL		DOP-B03S211	DOP-B03E211
LCD MODULE	Display Type	4.3" TFT LCD (65536 colors)	
	Resolution	480 x 272 pixels	
	Backlight	LED Back Light (less than 20,000 hours half-life at 25°C) ^(Note 1)	
	Display Size	95.04 x 53.856mm	
Operation System		Delta Real Time OS	
MCU		32-bit RISC Micro-controller	
NOR Flash ROM		Flash ROM 128 MB (OS System: 30MB / Backup: 16MB / User Application: 82MB)	
SDRAM		64Mbytes	
Backup Memory		32Kbytes	
Buzzer		Multi-Tone Frequency (2K ~ 4K Hz) / 85dB	
USB		1 USB Slave Ver 2.0 1 USB Host Ver 1.1	
Serial COM Port	COM1	RS-232(supports hardware flow control) / RS-485	
	COM2	RS-422/RS-485	
Ethernet Interface		N/A	10M/100M
Perpetual Calendar		Built-in	
Cooling Method		Natural air circulation	
Safety Approval		CE / UL ^(Note 2)	
Waterproof Degree		IP65 / NEMA4 ^(Note 3)	
Operation Voltage ^(Note2)		DC +24V (-10% ~ +15%) (please use isolated power supply)	
Voltage Endurance		AC500V for 1 minute (between charging (DC24V terminal) and FG terminals)	
Power Consumption ^(Note 2)		4.8W	7.2W
Backup Battery		3V lithium battery CR2032 x 1	
Backup Battery Life		It depends on the temperature used and the conditions of usage, about 3 years or more at 25°C.	
Operation Temperature		0°C ~ 50°C	
Storage Temperature		-20°C ~ +60°C	
Ambient Humidity		10% ~ 90% RH (0 ~ 40°C), 10% ~ 55% RH (41 ~ 50°C), Pollution Degree 2	
Vibration		IEC 61131-2 compliant 5Hz≤f < 8.3Hz = Continuous: 3.5mm, 8.3Hz≤f≤150Hz = Continuous: 1.0g	
Shock		IEC 60068-2-27 compliant 15g peak for 11 ms duration, X, Y, Z directions for 6 times	
Dimensions (W) x (H) x (D) mm		129 x103 x 39	
Panel Cutout (W) x (H) mm		118.8 x 92.8	
Weight		Approx. 230g	Approx. 264g

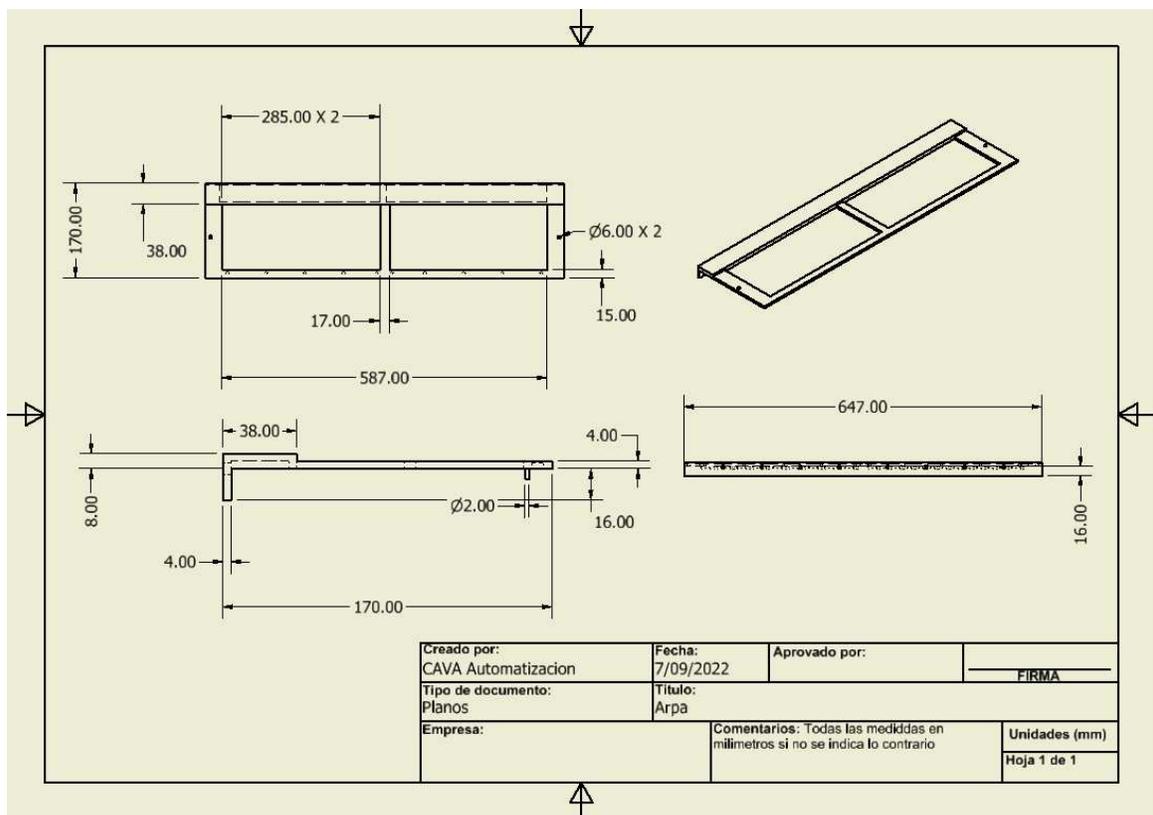
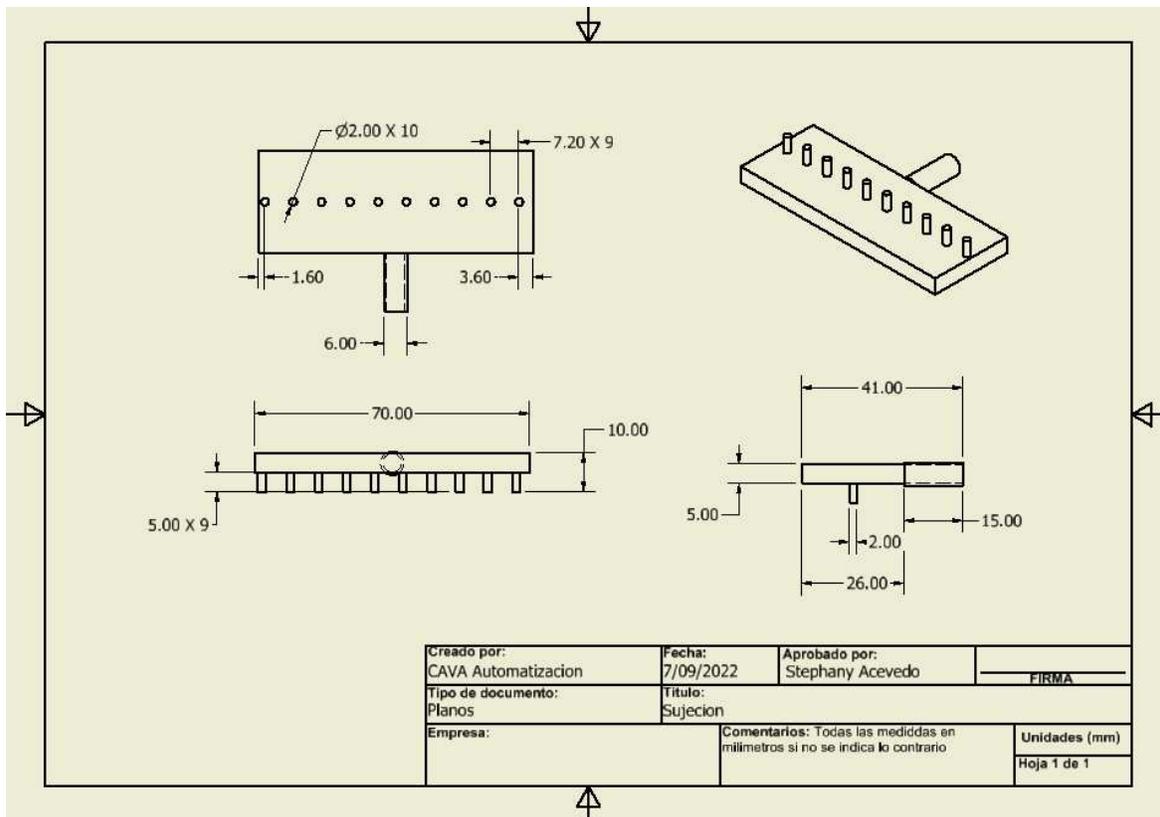
6.2.6. PLC

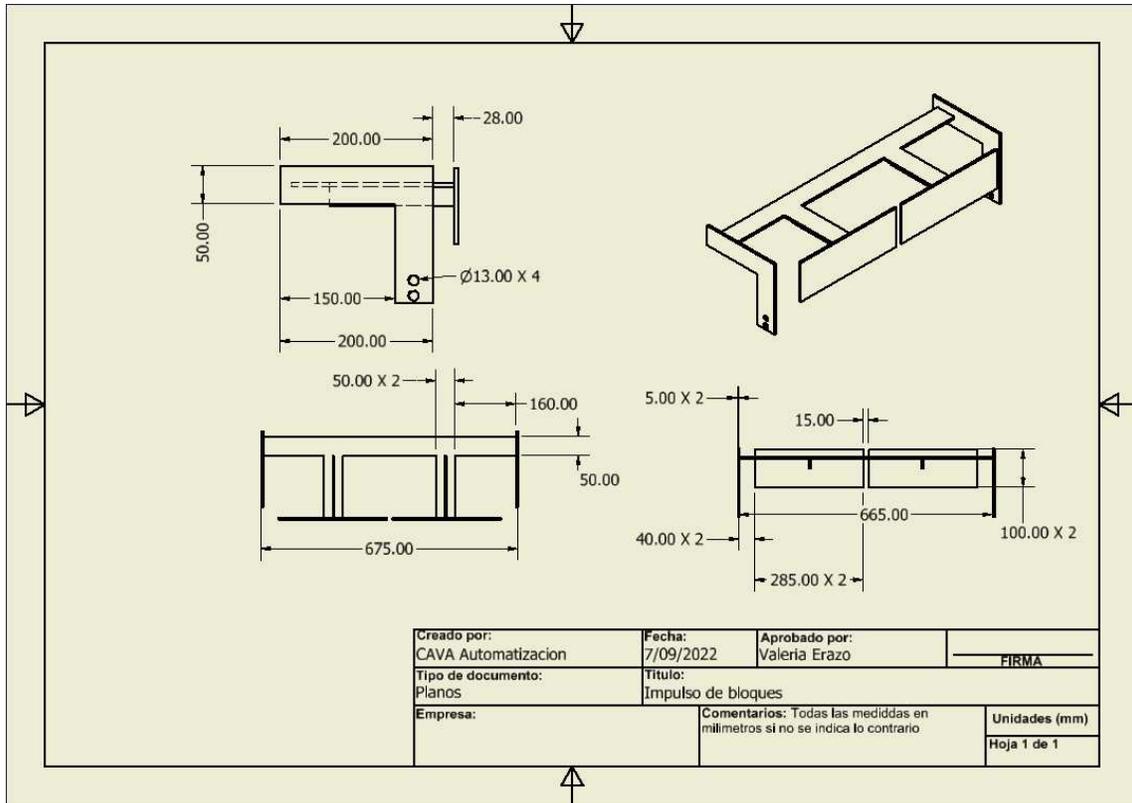
proyecto	especificación
Voltaje de aislamiento	DC 500V 2MΩ o más
Anti-ruido	Voltaje de ruido 1000Vp-p 1us pulso durante 1 minuto
aire	Sin gas corrosivo e inflamable
Temperatura ambiente	0 °C ~ 60 °C
humedad ambiental	5% ~ 95% (sin condensación)
Puerto USB	Puerto de descarga rápida USB, conéctese a la PC para descargar / cargar / monitorear
Puerto PORT1	RS232, conectar a la computadora host, programación o depuración de la interfaz hombre-máquina
Puerto PORT2	RS485, conéctese a medidores inteligentes, inversores, etc.
Puerto PORT3	Puerto de comunicación ED extendido
instalación	Puede fijarse con tornillos M3 o montarse directamente en el riel ※ 2
Tierra (FG)	El tercer tipo de conexión a tierra (conexión a tierra no común con un sistema de corriente fuerte) ※ 3

6.3. Planos









6.4. Análisis de tensión

Informe de análisis de tensión



Archivo analizado:	ARPA COMPLETA.iam
Versión de Autodesk Inventor:	2022 (Build 260153000, 153)
Fecha de creación:	12/11/2022, 10:28 p. m.
Autor del estudio:	AUXILIAR PC
Resumen:	

Análisis estático:1

Objetivo general y configuración:

Objetivo del diseño	Punto único
Tipo de estudio	Análisis estático
Fecha de la última modificación	12/11/2022, 10:26 p. m.
Estado de modelo	Principal
Vista de diseño	Por defecto
Posicional	Principal
Detectar y eliminar modos de cuerpo rígido	No
Separar tensiones en superficies de contacto	No
Análisis de cargas de movimiento	No

iProperties

Resumen

Autor	CRISTIAN DAVID
-------	----------------

Proyecto

Nº de pieza	Ensamblaje1
Diseñador	CRISTIAN DAVID
Coste	\$ 0,00
Fecha de creación	23/10/2022

Estado

Estado del diseño	Trabajo en curso
-------------------	------------------

Propiedades físicas

Masa	2,56076 kg
Área	175911 mm ²
Volumen	320095 mm ³
Centro de gravedad	x=8,1496 mm y=-69,1067 mm z=39,0082 mm

Nota: los valores físicos pueden ser diferentes de los valores físicos utilizados por CEF indicados a continuación.

Configuración de malla:

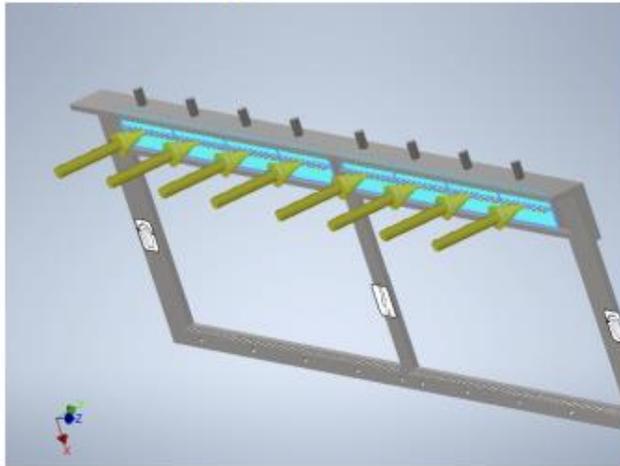
Tamaño medio de elemento (fracción del diámetro del modelo)	0.1
Tamaño mínimo de elemento (fracción del tamaño medio)	0.2
Factor de modificación	1.5
Ángulo máximo de giro	60 gr
Crear elementos de malla curva	No
Usar medida basada en pieza para la malla del ensamblaje	Sí

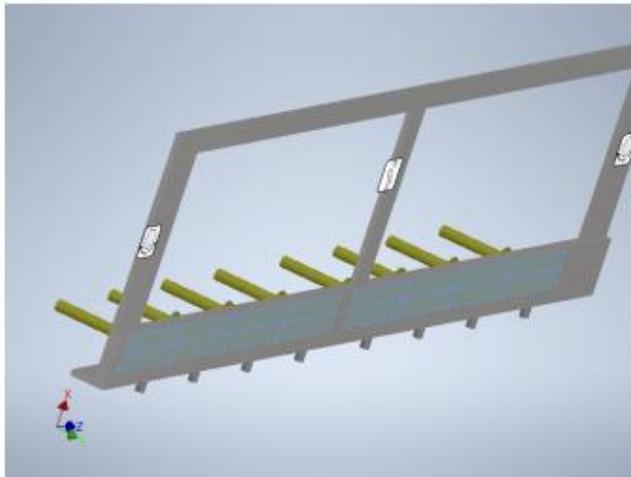
Material(es)

Nombre	Acero inoxidable	
General	Densidad de masa	8 g/cm ³
	Límite de elasticidad	250 MPa
	Resistencia máxima a tracción	540 MPa
Tensión	Módulo de Young	193 GPa
	Coefficiente de Poisson	0,3 su
	Módulo cortante	74,2308 GPa
Nombre(s) de pieza	arpa.ipt sujecion.ipt	

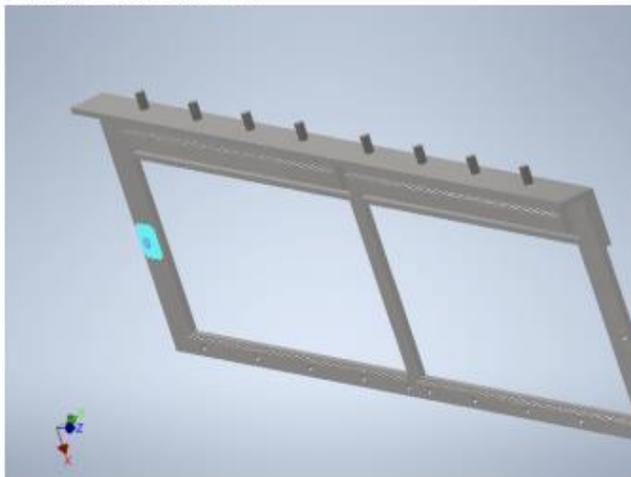
Condiciones de funcionamiento**Fuerza:1**

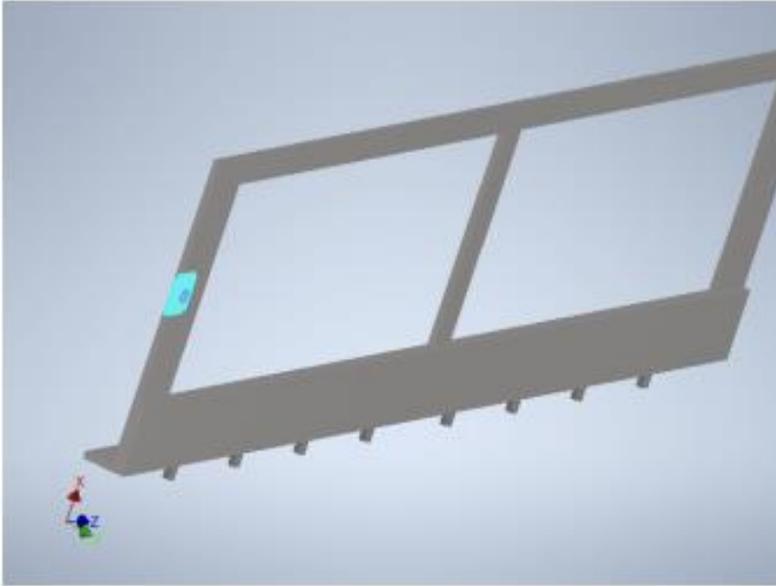
Tipo de carga	Fuerza
Magnitud	1000,000 N
Vector X	0,000 N
Vector Y	974,135 N
Vector Z	225,968 N

Cara(s) seleccionada(s)

**Restricción de pasador:1**

Tipo de restricción	Restricción de pasador
Fijar dirección radial	Sí
Fijar dirección axial	Sí
Fijar dirección tangencial	No

Cara(s) seleccionada(s)



Restricción de pasador:2

Tipo de restricción	Restricción de pasador
Fijar dirección radial	Sí
Fijar dirección axial	Sí
Fijar dirección tangencial	No

Cara(s) seleccionada(s)

