



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA,
AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA,
AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL**

**TEMA: DISEÑO Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA
CORTADORA Y FUSIONADORA DE INSUMOS EN LA
EMPRESA DE CONFECCIÓN TEXTIL “DANNI SPORT”**

**AUTORES: ROBALINO FREIRE KLEVER GIOVANNI
VEGA CASTRO GABRIEL FERNANDO**

DIRECTOR: ING. TIPÁN EDGAR

SANGOLQUÍ

2016



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y
CONTROL

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, “DISEÑO Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA CORTADORA Y FUSIONADORA DE INSUMOS EN LA EMPRESA DE CONFECCIÓN TEXTIL “DANNI SPORT”, realizado por los señores Klever Giovanni Robalino Freire, y Gabriel Fernando Vega Castro ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar a los señores Klever Giovanni Robalino Freire, y Gabriel Fernando Vega Castro, para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, Enero 2017

Atentamente.

Ing. Edgar Fernando Tipán

C.I. 171139131-6



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y
CONTROL

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, Klever Giovanni Robalino Freire, con cédula de identidad N° 180471045-5 y Gabriel Fernando Vega Castro, con cédula de identidad N° 172252367-5, declaramos que este trabajo de titulación “DISEÑO Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA CORTADORA Y FUSIONADORA DE INSUMOS EN LA EMPRESA DE CONFECCIÓN TEXTIL “DANNI SPORT” ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.


Consecuentemente declaro que este trabajo es de mi autoría, en virtud de ello me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Sangolquí, Enero 2017



Klever Giovanni Robalino Freire

C.I. 180471045-5



Gabriel Fernando Vega Castro

C.I. 172252367-5



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA, AUTOMATIZACIÓN Y
CONTROL**

AUTORIZACIÓN

Nosotros, Klever Giovanni Robalino Freire y Gabriel Fernando Vega Castro, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en la biblioteca Virtual de la institución el presente trabajo de titulación “DISEÑO Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA CORTADORA Y FUSIONADORA DE INSUMOS EN LA EMPRESA DE CONFECCIÓN TEXTIL DANNI SPORT” cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra autoría y responsabilidad.

Sangolquí, Enero 2017



Klever Giovanni Robalino Freire

C.I. 180471045-5



Gabriel Fernando Vega Castro

C.I. 172252367-5

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a mi Dios quién supo guiarme, darme la fortaleza y sabiduría para no desmayar en los problemas que se presentaron a lo largo de la carrera, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento. A mi familia por quienes he llegado a cumplir esta meta trazada en mi camino. Para mis padres por sus, consejos, comprensión, amor, paciencia y ayuda en los momentos difíciles, por brindarme siempre su apoyo incondicional. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia, mi coraje para conseguir mis objetivos. A mi hermana por estar siempre presente con su amor. A mis abuelitos que han sabido aconsejarme gracias a su experiencia. A mis amigos y compañeros de universidad ya que gracias al esfuerzo, la dedicación que pusimos se logró superar barreras y conformar grandes equipos de trabajo y grandes amistades que perduraran para toda la vida, además a todas las personas que confiaron en mí y hoy celebran junto a mí este logro.

“La dicha de la vida consiste en tener siempre algo que hacer, alguien a quien amar y alguna cosa que esperar”.

Thomas Chalmers

Klever Giovanni Robalino Freire

Esta tesis se lo dedico a mis padres que gracias a su esfuerzo, consejos y apoyo en todo momento hicieron posible que este culminando mi carrera, por enseñarme a nunca rendirme pese a las dificultades que se presenten en el camino, a mirar siempre para adelante por más difícil que se vea el camino, por nunca dejarme solo en momentos de angustia. A mis compañeros de clases, con quienes día a día aprendimos a compartir y crear grandes equipos de trabajo, a todas las personas que de una u otra forma hicieron posible que este consiguiendo este gran objetivo, y por ultimo a Dios quien me dio toda la sabiduría y fuerza necesaria para jamás decaer ante las adversidades.

“Nunca dejes de soñar en grande, si caes siempre levántate y da el siguiente paso más fuerte que el anterior, persevera y alcanzaras todas tus metas.”

Gabriel Fernando Vega Castro

AGRADECIMIENTO

El presente trabajo de tesis en primer lugar me gustaría agradecer a Dios por bendecirme para llegar hasta donde he llegado, porque juntos hicimos realidad este sueño anhelado.

A la UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE. Por brindarme la oportunidad de estudiar, formando la ética, el profesionalismo, el criterio y el conocimiento necesario para afrontar problemas de índole profesional y personal.

A mi director de proyecto, Ing. Edgar Tipán por su esfuerzo, dedicación y paciencia a lo largo de la formación académica y el proyecto, gracias a sus conocimientos, su experiencia, su paciencia ha logrado en mí que pueda terminar mis estudios con éxito.

Agradecer a mis padres, su trabajo, su esfuerzo por sacar adelante y no hacer que nunca nos falte nada, por su amor, comprensión y apoyo incondicional.

Son muchas las personas que han formado parte de mi a lo largo de mi formación profesional a las que me encantaría agradecerles su amistad, amor, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles y felices de mi vida. Algunas están aquí conmigo y otras en mis recuerdos y en mi corazón, sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte de mí, por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones.

Klever Giovanni Robalino Freire

Por todo el esfuerzo realizado para poder cumplir con esta meta quiero agradecer a mis padres que han sido el motor en mi vida, que gracias a sus consejos y apoyo he podido lograr sacar adelante mi carrera profesional, pese a todas las caídas que se sufre en la carrera siempre estuvieron a mi lado apoyándome y enseñándome que en la vida el que persevera alcanza, que en la vida siempre se van a presentar dificultades y que sólo depende de uno mismo para poder superarlo, a mis profesores que cada día impartieron sus conocimientos y experiencias para que en el momento

de enfrentar la vida profesional pueda solucionar cualquier problema en el campo laboral con responsabilidad y ética profesional. A la empresa Danny sport quien dio la oportunidad de implementar la maquina fusionadora y cortadora, y por último a nuestro tutor de tesis el Ing. Edgar Tipán quien con su vasta experiencia supo guiarnos en este camino y se logró terminar el proyecto de investigación de la mejor forma.

Gabriel Fernando Vega Castro

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN-----	ii
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD-----	iii
AUTORIZACIÓN-----	iv
DEDICATORIA-----	v
AGRADECIMIENTO-----	vii
ÍNDICE DE CONTENIDO-----	ix
ÍNDICE DE TABLAS-----	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS-----	xvii
ÍNDICE DE ECUACIONES-----	xxii
RESUMEN-----	xxiii
ABSTRACT-----	xxiv
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN-----	1
1.1 Antecedentes-----	1
1.2 Justificación e importancia-----	2
1.3 Alcance del proyecto-----	3
1.4 Objetivos-----	4
1.4.1 General-----	4
1.4.2 Específicos-----	4
1.5 Descripción general del proyecto-----	5
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO-----	6
2.1 Insumos para la confección-----	6
2.2 Sistemas de corte.-----	8
2.2.1 Tipos de sistemas de corte-----	8

2.2.2 Ventajas y desventajas de los tipos de sistema de corte-----	9
2.2.3 Mecanismos para efectores finales -----	10
2.2.4 Ventajas y desventajas de los mecanismos -----	11
2.3 Sistemas de fusión -----	12
2.2.2 Parámetros de fusión -----	12
2.2.3 Material utilizado en la fusión-----	13
2.2.4 Técnicas de fusión. -----	14
2.2.5 Métodos de fusión -----	15
2.2.6 Ventajas y desventajas de los métodos de fusión-----	16
2.4 Conceptos generales de elementos de automatización. -----	17
2.4.1 Actuadores -----	17
2.4.2 Sensores -----	27
2.4.3 Controladores-----	32
2.4.4 Protecciones -----	35
2.4.5 Interfaz -----	38
CAPÍTULO 3. DISEÑO SISTEMA ELÉCTRICO, ELECTRÓNICO Y NEUMÁTICO-----	40
3.1 Diseño-----	41
3.1.1 Requerimientos de la máquina -----	41
3.1.2 Levantamiento de planos-----	46
3.2 Selección de los equipos para automatización y control -----	48
3.2.1 Voltaje de alimentación -----	49
3.2.2 Resistencia eléctrica-----	50
3.2.3 Cilindro neumático -----	52

3.2.4 Motor eléctrico para fusión -----	52
3.2.5 Motor eléctrico para corte-----	58
3.2.6 Válvula electro neumática -----	60
3.2.7 Sensor de temperatura -----	62
3.2.8 Sensor de proximidad-----	62
3.2.9 Controladores de temperatura -----	63
3.2.10 Controladores lógico programable (PLC)-----	64
3.2.11 Pantalla HMI-----	65
3.2.12 Contactores-----	66
3.2.13 Disyuntor -----	67
3.2.14 Fusibles -----	67
3.2.15 Unidad de mantenimiento neumático -----	68
CAPÍTULO 4. IMPLEMENTACIÓN Y PROGRAMACIÓN -----	69
4.1 Implementación del tablero de control. -----	69
4.1.1 Lista de variables de conexión -----	69
4.1.2 Armado del tablero. -----	70
4.2 Cálculos de Control-----	78
4.2.1 Teoría de control aplicada en temperatura para fusión -----	78
4.2.2 Parámetros de temperatura en fusionadora -----	80
4.2.3 Teoría de control aplicada en la cortadora -----	83
4.2.4 Parámetros de control de distancia en cortadora-----	83
4.3 Programación del PLC. -----	86
4.3.2 Flujo de programación-----	88
4.4 Comunicación de equipos RS-485-----	89

4.4.1 Teoría de comunicación RS-485-----	89
4.4.2 Diagrama de conexión de equipos.-----	90
4.4.3 Configuración comunicación RS-485 en PLC delta DVP20SX2 -----	91
4.5 Diseño de la interfaz humano- máquina:-----	93
4.5.1 Guía ergonómica de diseño de interfaz de supervisión (GEDIS) -----	93
4.5.2 Interfaz gráfica -----	98
CAPÍTULO 5. CALIBRACIÓN DE EQUIPOS, PRUEBAS Y RESULTADOS	101
5.1 Calibración de equipos-----	101
5.1.1 Pirómetros-----	101
5.1.2 Variador de frecuencia-----	104
5.2 Puesta en marcha. -----	106
5.2.1 Fusionadora -----	106
5.2.2 Cortadora -----	110
5.3 Pruebas y resultados. -----	113
5.3.1 Comunicación pantalla HMI -RS485 -----	113
5.3.2 Fusionadora -----	115
5.3.2 Cortadora -----	120
5.4 Análisis de resultados. -----	124
CAPÍTULO 6. ANÁLISIS DE COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN Y FABRICACIÓN. -----	128
6.1 Materiales-----	128
6.1.1 Materiales directos.-----	128
6.1.2 Materiales indirectos. -----	128
6.1.3 Costo de materiales directos totales-----	132

6.2 Mano de obra-----	132
6.2.1 Mano de obra directa-----	132
6.2.2 Mano de obra indirecta -----	133
6.2.3 Mano de obra total-----	133
6.3 Costos de fabricación-----	133
6.3.1 Costos operativos -----	134
6.3.2 Costo total del proyecto -----	134
6.4 Análisis económico -----	135
CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES -----	135
7.1 CONCLUSIONES -----	135
7.2 RECOMENDACIONES-----	137
7.3 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS -----	138
7.4 ANEXOS -----	141
7.4.1 Planos Eléctricos-----	141
7.4.2 Planos Mecánicos.-----	141
7.4.3 Manual de Usuario.-----	141
7.4.4 Hoja Técnica de Driver A4988.-----	141
7.4.5 Catálogo comercial de motores Siemens. -----	141
7.4.6 Hoja técnica de Pantalla HM -----	141

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Insumos para la confección.....	6
Tabla 2 Ventajas y desventajas de los sistemas de corte.....	9
Tabla 3 Ventajas y desventajas de los mecanismos	11
Tabla 4 Ventajas y desventajas de métodos de fusión	16
Tabla 5 Ventajas y desventajas del motor trifásico jaula de ardilla	20
Tabla 6 Aleaciones de níquel y cromo	26
Tabla 7 Requerimientos de diseño	42
Tabla 8 Lista de Equipos y materiales para automatización	48
Tabla 9 Potencia necesaria para calentar los platos de fusión.....	50
Tabla 10 Características del cilindro neumático	52
Tabla 11 Características del motor reductor.....	56
Tabla 12 Relación de velocidad y frecuencia de acuerdo al sistema de transmisión.	58
Tabla 13 Selección de electroválvula neumática	61
Tabla 14 Selección de sensor de temperatura	62
Tabla 15 Selección del sensor de proximidad	63
Tabla 16 Selección de controladores de temperatura	64
Tabla 17 Selección de PLC	64
Tabla 18 Selección de pantalla HMI	65
Tabla 19 Selección de disyuntor	67
Tabla 20 Variables de conexión	69
Tabla 21 Variables de conexión de equipos	69
Tabla 22 Cableado principal.....	71

Tabla 23 Cableado de 24VDC.....	71
Tabla 24 Cableado de control.....	71
Tabla 25 Descripción de equipos interiores	74
Tabla 26 Descripción de equipos exteriores.....	75
Tabla 27 Parámetros de fusión	82
Tabla 28 Tabla de Variables de Programación	86
Tabla 29 Características de comunicación RS485	89
Tabla 30 Registros internos para comunicación con PLC	92
Tabla 31 Colores de fondo	96
Tabla 32 Colores de estado de equipos	96
Tabla 33 Colores de alarmas	96
Tabla 34 Colores del texto	97
Tabla 35 Parámetros controladores de temperatura	101
Tabla 36 Parámetros de configuración de controlador de temperatura.....	102
Tabla 37 Parámetros de configuración del variador de frecuencia	104
Tabla 38 Configuración de comunicación RS485.....	113
Tabla 39 Calibración de temperatura prueba 1	116
Tabla 40 Resultados de temperatura en prueba 2.....	118
Tabla 41 Resultados obtenidos con la cortadora	122
Tabla 42 Comparación de resultados de producción.....	125
Tabla 43 Materiales directos eléctricos y neumáticos.....	129
Tabla 44 Materiales directos mecánicos	130
Tabla 45 Costos directos totales	132
Tabla 46 Mano de obra directa.....	132

Tabla 47 Mano de obra indirecta.....	133
Tabla 48 Mano de obra total.....	133
Tabla 49 Costos operativos	134
Tabla 50 Costo total del proyecto.....	134
Tabla 51 Precio de máquinas similares	135

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Mecanismo Biela- Manivela-Émbolo	10
Figura 2 Mecanismo Excéntrico-Biela.....	10
Figura 3 Mecanismo Neumático	10
Figura 4 Proceso de fusión	12
Figura 5 Técnicas de fusión (a) Fusión convencional (b) Fusión doble (c) Fusión en pila	14
Figura 6 Fusión domestica a través de plancha común	15
Figura 7 Fusionadora automática Protex TYS-500.....	15
Figura 8 Tipos de actuadores.....	17
Figura 9 Tipos de válvulas para neumática	18
Figura 10 Símbolo de un cilindro de simple efecto.....	19
Figura 11 Símbolo de un cilindro de doble efecto	19
Figura 12 Conexiones de un motor trifásico	21
Figura 13 Relación de torque y velocidad.....	23
Figura 14 Motor a paso NEMA 17.....	24
Figura 15 Características del nicromo.....	27
Figura 16 Clasificación de los sensores	28
Figura 17 Termocupla comercial	29
Figura 18 Pt-100 Comercial	29
Figura 19 Sensor NTC Comercial.....	30
Figura 20 Sensor capacitivo tipo cilíndrico.....	31
Figura 21 Sensor inductivo tipo cilíndrico	31
Figura 22 Sensor fotoeléctrico retro reflectivo comercial.....	32

Figura 23 PLC Delta Serie DVP SV comercial	33
Figura 24 Controladores de temperatura Delta	33
Figura 25 Serie de variadores de frecuencia delta.....	34
Figura 26 Disyuntor para 2 líneas comercial.....	36
Figura 27 Fusible cerámico comercial	37
Figura 28 Unidad de mantenimiento de $\frac{3}{4}$ pulgadas	38
Figura 29 Pantallas Touch HMI	39
Figura 30 Diseño mecánico establecido.....	40
Figura 31 Construcción de la estructura.....	41
Figura 32 Montaje de Bandas y paredes de fusión.....	41
Figura 33 Diagrama de bloques de la máquina	44
Figura 34 Diagrama de flujo	45
Figura 35 Diagrama neumático	46
Figura 36 Diagrama de fuerza	46
Figura 37 Diagrama de control.....	47
Figura 38 Plano de conexión elementos con PLC.....	47
Figura 39 Diseño del plato calefactor.....	51
Figura 40 Modelo de transmisión mecánica	53
Figura 41 Catálogo comercial de motores Siemens Serie LA7	55
Figura 42 Características del moto reductor a 3500 rpm	57
Figura 43 Tabla de verdad de resolución de micro paso con A4988	59
Figura 44 Catálogo de motores a paso nema 17.....	60
Figura 45 Símbolo de la válvula seleccionada	61
Figura 46 Dimensiones en mm del diseño del tablero	73

Figura 47 Vista interior de diseño del tablero	73
Figura 48 Diseño final del tablero de control.....	74
Figura 49 Doble fondo del tablero	76
Figura 50 Distribución de equipos de control	76
Figura 51 Vista interior de tablero implementado.....	76
Figura 52 Vista exterior de tablero implementado.....	77
Figura 53 Cableado del tablero	77
Figura 54 Vista y Cableado exterior del tablero.....	78
Figura 55 Diagrama de Control de Fusionadora	79
Figura 56 Explicación de Histéresis	80
Figura 57 Diseño de la fusionadora.....	80
Figura 58 Vista exterior de termocuplas Implementadas.....	81
Figura 59 Ubicación de Sensores de fusión	81
Figura 60 Diagrama de control lazo abierto de cortadora.....	83
Figura 61 Acople eje rodillo a motor NEMA 17	84
Figura 62 Conexión del Driver A4988 al motor	84
Figura 63 Flujo de programación	88
Figura 64 Diagrama de comunicación RS 485 2 hilos.....	90
Figura 65 Diagrama de conexión de fusionadora con RS485	90
Figura 66 Configuración de la palabra de control de PLC para comunicación RS485.....	91
Figura 67 Código ladder para configurar la comunicación en PLC Delta serie SX292	
Figura 68 Arquitectura y navegación de pantallas	93
Figura 69 Distribución Gráfica de la pantalla	95

Figura 70 Pantalla de inicio.....	98
Figura 71 Pantalla de Menú principal	99
Figura 72 Pantalla de proceso de fusión.....	99
Figura 73 Pantalla de proceso de corte.....	100
Figura 74 Configuración del controlador de temperatura	102
Figura 75 Conexión a bornes del variador de frecuencia - salida análoga.....	105
Figura 76 Conexión de bornes para arranque de motor	106
Figura 77 Calibración de bandas	107
Figura 78 Ajuste de rodillo de presión	108
Figura 79 Calibración de la velocidad de fusión	109
Figura 80 Calibración de la temperatura de fusión.	110
Figura 81 Tensadores de material	111
Figura 82 Ajuste de presión de arrastre del material.....	111
Figura 83 Ajuste de Presión de corte.....	112
Figura 84 Calibración de las cuchillas de corte.....	112
Figura 85 Error de comunicación en HMI	114
Figura 86 Comunicación RS485 exitosa con HMI	115
Figura 87 Primera ubicación de sensores en el heater.....	115
Figura 88 Bajo nivel de fusión en prueba 1.....	117
Figura 89 Medición de temperatura en el área de trabajo	117
Figura 90 Verificación de fusionado en prueba	118
Figura 91 Producción fusionada.....	119
Figura 92 Corte de reata de 20mmde ancho, de longitud 15 cm.....	121
Figura 93 Fusionado manual con plancha industrial.....	124

Figura 94 Fusionado semiautomático 124

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Fórmulas para encontrar el torque de un motor	22
Ecuación 2 Fórmula para encontrar el torque en un eje rotacional	22
Ecuación 3 Relación de transmisión por poleas	23
Ecuación 5 Fórmula para dimensionar un disyuntor	36
Ecuación 6 Fórmula para dimensionar fusibles	37
Ecuación 7 Fórmula de control de pasos en función de la distancia.....	85

RESUMEN

DaniSport es una micro empresa localizada en Ambato dedicada a la confección de ropa casual para niños y adultos, en su afán de mejorar y crecer como empresa, reduciendo los tiempos y costos de producción para ser más competitivos en el mercado, ha decidido mejorar el proceso de fusión y corte, estos procesos actualmente son realizados completamente a mano por un operario lo que tiene como consecuencia tiempos altos, baja precisión, cansancio físico y a veces accidentes laborales tales como quemaduras etc. Es por estas razones y por aumentar el nivel de producción que ha propuesto la realización de una máquina Fusionadora y cortadora de insumos para la elaboración de dichas prendas. En el siguiente documento se analiza, diseña e implementa una máquina que resuelve dicha problemática junto con la ayuda de un Ing. Mecánico quien colabora en el diseño de la parte estructural y mecánica de acuerdo a los requerimientos de la empresa. En dicha solución se selecciona e implementa los equipos eléctricos y electrónicos adecuados y necesarios para realizar la automatización de esta máquina, de tal manera que sea lo más autónoma posible, aplicando los conocimientos adquiridos a lo largo de la formación académica de los autores de este Documento.

Palabras claves

FUSIÓN DE ENTRETELA,

HEATER DE CALOR,

PELLÓN,

ENTRETELA,

REATA,

VELCRO.

ABSTRACT

DaniSport is a micro company located in Ambato dedicated to the production of casual clothes for children and adults, in its desire to improve and grow as a company, reducing production times and costs to be more competitive in the market, has decided to improve the process of fusion and cut, these processes are now done completely by hand by an operator which results in high times, low precision, physical fatigue and sometimes accidents at work stories like burns etc. It is for these reasons and to increase the level of production that has proposed the realization of a machine of fusion and cutting of inputs for the elaboration of the garments. The following document analyzes, designs and implements a machine that meets this problem together with the help of a Mechanical Engineer who collaborates in the design of the structural and mechanical part according to the requirements of the company. This solution selects and implements the electrical and electronic equipment necessary to perform the automation of this machine, so that the sea is as autonomous as possible, applying the knowledge acquired throughout the academic training of the authors of this Document.

Keywords

FUSION OF INTERLACING

PELLÓN

INTERLACING

REATA

VELCRO

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

En el Ecuador existen 7 empresas registradas en la AITE (Asociación de Industrias Textileras del Ecuador) dedicadas a la confección de prendas de vestir, las cuales poseen mano de obra calificada, procesos tecnificados y certificaciones. El resto de empresas que se dedican a la elaboración de prendas de vestir lo realizan de manera manual y empíricamente, es decir no cuentan con mano de obra tecnificada y maquinaria de última tecnología, por lo que su tiempo de producción es elevado y el costo final de su producto se encarecerá.

Este sistema de elaboración consiste en una cadena de valor, donde existen procesos como son: diseño y corte, preparación de insumos, confección, procesos químicos (de ser requerido), control de calidad, empaquetado y despacho. Después de la etapa de diseño y corte, se requiere la preparación de insumos adicionales que complementan la confección de la prenda de vestir como por ejemplo velcro, elástico, cordón.

DaniSport Micro-Empresa se encuentra localizada en la ciudad de Ambato, cuenta con 10 años en el mercado nacional y está dedicada a la confección de prendas de vestir y su objetivo es adquirir nueva maquinaria que reduzca los tiempos de elaboración y mejore cada uno de los procesos para así poder ingresar en el mercado con estrategias en diferenciación de precios que hará a la empresa más competitiva.

El proceso de corte y fusión de materiales en ésta microempresa es realizado completamente a mano por un obrero por lo que la microempresa ha solicitado soluciones que sean efectivas, por citar un ejemplo; si se requieren velcro de 2 cm de ancho una persona se encarga de unir el velcro, medir y cortar con tijera uno por uno, para que sea simétrico los dos lados, y luego separarlos para proceder a colocarlo en la prenda por separado, el mismo caso sucede para proveer elástico, o cordón que son insumos indispensables en la confección. La fusión de materiales es también esencial para la elaboración de prendas como: camisas, pantalones. Para éste proceso es

necesario utilizar una plancha ya que con calor y presión se hará que se fusionen los materiales (Tela y Pelón) para así reforzar la tela en partes necesarias como: puños, cuellos, pretinas, binchas, etc.

Conocidas las condiciones para la elaboración de estas prendas, se afirma que con la automatización de éste proceso mejorará la calidad de la prenda, con la precisión del corte que a su vez proporcionara un mejor tallaje. Este proyecto se basa en el diseño y automatización de una máquina para hacer el proceso de fusión y corte más seguro, eficaz y buscar reducir los tiempos de producción que es el principal requerimiento de la empresa con el fin de dar solución a esta problemática.

1.2 Justificación e importancia

El proceso de corte y fusión actual de la empresa es totalmente manual, en la etapa de corte según los datos proporcionados por la empresa no llegan a ser más de 15 unidades por minuto debido a que el operador tiene que medir y cortar, proceso en el que con el paso de las horas de trabajo la productividad baja, debido a que hay cansancio mental, visual y físico del operador al igual que la precisión de corte se reduce o varía. Debido a esto el factor principal para realizar el diseño y automatización de una cortadora y fusionadora es reducir los tiempos de producción, y aumentar la capacidad productiva asegurando las condiciones necesarias de los insumos para su utilización en el proceso de confección.

El costo es otro factor a considerar ya que para este tipo de microempresa se torna complicado adquirir esta maquinaria debido al alto costo que se encuentran en el mercado. La seguridad, es otro factor por que limita al operario a iniciar el proceso y monitorearlo, mas no a intervenir en cada uno de los subprocesos como lo exigía anteriormente dicha actividad evitando así accidentes laborales como quemaduras y cortes que nunca estuvieron exentos al realizar esta actividad de forma manual.

El cambio de la matriz productiva es otro factor que se considera, ya que en la actualidad el Gobierno Nacional mediante programas de desarrollo y apoyo a microempresas que están impulsando al productor nacional, es de esta manera que se

quiere mostrar que se está en capacidad de desarrollar este tipo de maquinaria en el país.

Las bases del proyecto son “Entender, Simplificar, Automatizar” Entender hace referencia a las fases o subprocesos que involucra el proceso productivo además de la identificación de variables que serán utilizadas para el proceso de control y a partir de éstas se define la técnica de control a utilizarse. Simplificar es el principal objetivo de este proyecto que busca eliminar operaciones innecesarias en dichos procesos y utilizar tecnología adecuada para reducir circuitería en el tablero de control e interfaz con el usuario.

1.3 Alcance del proyecto

El presente proyecto incluye el diseño y automatización de una cortadora y fusionadora de materiales para la industria de confección de prendas de vestir, el proyecto se dividirá en tres partes: (1) Identificación de sensores, actuadores eléctricos, actuadores mecánicos, (2) diseño e implementación de la parte estructural de la máquina, (3) selección del controlador óptimo, programación y pruebas de funcionamiento.

En la primera parte del proyecto se realizará una identificación de requerimientos para el proceso para posteriormente optar por los elementos eléctricos, elementos y material mecánicos de acuerdo a sus especificaciones técnicas y funciones dentro del sistema, para así caracterizar detalladamente el proceso que se desea diseñar. Para apoyar y documentar este proceso de identificación se realizan los respectivos diagramas de mecanización, diagramas de bloques del proceso a automatizarse, etc. Después de dimensionar correctamente los elementos se procede a la segunda parte del proyecto.

La segunda parte del proyecto constituye el diseño de la parte estructural de la máquina, para esto la empresa facilita la asesoría de un Ingeniero Mecánico en el desarrollo de éste, en base a características y dimensiones establecidas en la primera parte del proyecto, se participa en el proceso de diseño, implementación y documentación.

La máquina a diseñar consta de dos partes, la primera se refiere a la fusión de materiales textiles para lo cual se necesita calentar una superficie para que la tela y el pelón al pasar por rodillos a presión y el calor se fusionen. La segunda parte es el corte del material para lo cual se necesita de un efector final para que al momento de cortar este se accione y mediante una cuchilla se corte insumos textiles como velcro, hebilla de nylon, forro, cremalleras de plástico, correas de zapatos, etc.

La Tercera parte del proyecto consiste en el diseño del sistema de automatización. Para esto se realiza un análisis y selección del controlador, además de módulos y elementos necesarios para las conexiones del sistema. Se define la técnica de control que se utilizará, se establece también una interfaz HMI y las normas que se utilizan para este diseño. El programa del controlador se desarrollará en esta parte del proyecto. Al finalizar la tercera etapa se tiene el programa del controlador y las respectivas conexiones eléctricas, electro-neumáticas (de ser requeridas), planificadas para la automatización del sistema. Además se integran las partes electrónicas y mecánicas del sistema automatizado, se realiza las pruebas respectivas el número de veces que sean necesarias para comprobar que la máquina funcione de manera eficaz.

1.4 Objetivos

1.4.1 General

- Diseñar y automatizar una máquina cortadora y fusionadora de insumos para la elaboración de prendas de vestir.

1.4.2 Específicos

- Identificar y seleccionar cada uno de los sensores y actuadores inmersos en el proceso de fusión y corte de insumos textiles.
- Establecer los parámetros de diseño de la parte estructural de la máquina a construirse en base a los equipos seleccionados.

- Cooperar en la implementación de la máquina en base al diseño realizado en conjunto por los colaboradores del Proyecto con un Ingeniero mecánico.
- Desarrollar un tablero de control, donde este inmersa la pantalla HMI para la supervisión y control de la máquina.
- Realizar una programación adecuada de tal forma que pueda precautelar la vida útil de los equipos y la seguridad de los operarios.

1.5 Descripción general del proyecto

La automatización es indispensable para que en la empresa “DaniSport” el proceso de corte y fusión se realice de la forma más independiente posible. La máquina es capaz de controlar temperatura, velocidad y longitud de forma automática y presión de forma manual. Además trabaja los 2 procesos por separado, es una máquina con un costo relativamente bajo y de gran ayuda por su capacidad productiva.

Un operario se limita a preparar los materiales e ingresar en la máquina para fusionar para después recogerlo, y a su vez ingresar el número de unidades requeridas y la longitud a la que deben ser cortadas.

La máquina no solo puede fusionar, también podría a futuro con elementos adicionales moldear bolsillos parte indispensable en la elaboración de varias prendas de vestir.

La automatización y el seguimiento del proceso, además de los indicadores de seguridad en caso de falla y la documentación, permite a la empresa dar un mantenimiento preventivo y correctivo en los elementos del sistema reduciendo así costos de mantenimiento externos.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO


En la industria textil existen diferentes etapas para la confección de prendas de vestir, una de éstas es la preparación de insumos donde se requiere cortar materiales tales como velcro, cintas, cordón, etc. y fusionar entretela para dar rigidez a ciertas partes de la prenda de vestir como cuellos, puños, binchas. El sistema de corte es un conjunto de mecanismos que mediante un efector final realiza el proceso de cortado de insumos, dicho proceso se lo puede realizar de diversas maneras. El sistema de fusión es un proceso donde: mediante calor y presión se aplica a la tela principal un material de almidón llamado entretela o pellón, con la finalidad de darle rigidez.

En este capítulo se estudia las principales características variables y materiales inmersos en los procesos de fusión y corte utilizados en la empresa DaniSport, que permiten tener mayor conocimiento para proceder en el diseño de la máquina, en la tabla 1 se indican los tipos de materiales empleados en la confección textil.

2.1 Insumos para la confección

Tabla 1

Insumos para la confección

MATERIAL	CARACTERÍSTICAS	IMAGEN	COMPOSICIÓN
Velcro	<p>Consiste en dos cintas la una llamada garfio o gancho y la otra lazo que al ponerse en contacto estas cintas se pegan.</p> <p>Resistente al frío y al calor.</p> <p>Se utiliza para diversas aplicaciones como: calzados, guantes, todo tipo de ropa, productos médicos, artículos para bebés, equipos de sonido, artículos plásticos.</p>		<p>NYLON 100%</p> <p>Espesor 4mm</p>

Continúa...

Cordón

Consiste en una cuerda compuesta de varios filamentos torcidos. Se puede utilizar en diversas aplicaciones como sujeción, para la confección de redes etc.



Polyester,
Algodón
Espesor hasta
4mm

Elástico

Es aquel material que tiene la capacidad de recobrar su forma nativa después de haberla sometido a un esfuerzo. Forman parte de las materias primas para la confección de prendas de vestir.



Polyester,
Algodón y
Elastano.
Espesor 2 mm

Cinta

Es una banda textil flexible usualmente elaborada de tela, plástico o metal. El satín es un tipo de cinta utilizada en la confección especialmente en la ropa interior y accesorios como arcos, rosetones entre otros.



Nylon y polyester
Espesor hasta 2
mm

Reata

Son bandas textiles formadas por varios hilos dándole una mayor resistencia. Su principal aplicación está en los cinturones de seguridad, fabricación de arnés, maletas, etc.



Polyester y
Algodón
Espesor de hasta
4mm

2.2 Sistemas de corte.

Esta clase de sistemas se utilizan en varios procesos industriales para realizar el corte de metales, fibras textiles o fibras plásticas, u otras. A continuación se analiza los principales tipos de corte existentes donde se muestra las ventajas y desventajas para de esta manera seleccionar la mejor opción de diseño.

2.2.1 Tipos de sistemas de corte

2.2.1.1 Corte por cuchilla

El corte por cuchilla es uno de los sistemas de corte más utilizados debido al perfeccionamiento técnico que ha alcanzado en los últimos años. Se lo realiza con movimientos de ascenso y descenso, lineal o circular. El tamaño del corte dependerá del ancho de la cuchilla y la fuerza del corte está en función del grosor del tejido y del tipo de composición de la fibra.

2.2.1.2 Corte por laser

Una de las aplicaciones del rayo láser es el corte en empresas de confección. El láser consta de un haz de luz coherente, es decir, no se abre como lo hace un haz luminoso de una bombilla, sino que mantiene el diámetro en toda la longitud del haz, alcanzando temperaturas muy altas, que se utilizan para el corte de diferentes materiales capa por capa. Cabe recalcar que esté tipo de corte se utiliza para el corte de tela más no de insumos.

2.2.1.3 Corte por agua

El corte por chorro de agua es un sistema que utiliza una unidad de chorro de agua, que consta del llamado cabezal de corte, el cual se desplaza transversalmente a lo largo de ese soporte. El chorro tiene un diámetro de 0,15 mm y el caudal es aproximadamente 1,8921 l/m la velocidad de corte es elevada oscila entre 15 a 20 mm/seg siempre en función del material a cortar. Su uso más común es en la industria de metalurgia aunque en la también se usa para curtiembres.

2.2.2 Ventajas y desventajas de los tipos de sistema de corte

Tabla 2
Ventajas y desventajas de los sistemas de corte

TIPO	VENTAJAS	DESVENTAJAS	USO
Por cuchilla	Corte limpio, rápido, económico, corte varias capas.	Necesita calentarse para cortar materiales de mayor rigidez	Textil
Por laser	Diseño complejo, Mayor velocidad de corte. Corta fácilmente materiales de alta rigidez	Deja mal Olor, Deforma el tejido, Alto costo, corte capa por capa.	Textil, Metalurgia
Por chorro de agua	Alta velocidad de corte, corte limpio en metalurgia. Corta fácilmente materiales de alta rigidez	Corte sucio para textil por el uso de agua, Alto costo	Metalurgia

Después de mostrar el cuadro comparativo en la tabla 2 de los tipos de corte, se opta por seleccionar el método por cuchilla para el diseño mecánico debido a que el material a cortar no es de alta rigidez para la industria textil.

2.2.3 Mecanismos para efectores finales

Para desarrollar el sistema de corte se necesita de un mecanismo que transforme un movimiento giratorio en lineal o un efector lineal para obtener el desplazamiento tipo guillotina o cizalla necesaria para cortar el material.

Para esto se tiene 3 sistemas principales: 2 totalmente mecánicos como se observa en la figura 1-2 y un mecanismo neumático como se observa en la figura 3.

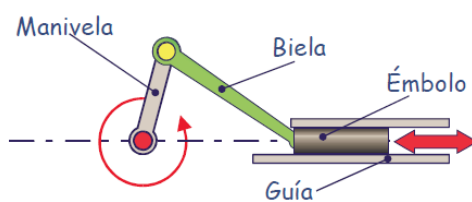


Figura 1 Mecanismo Biela- Manivela-Émbolo

Fuente: (CEJAROSU, 2005)

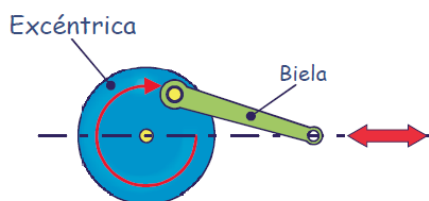


Figura 2 Mecanismo Excéntrico-Biela

Fuente: (CEJAROSU, 2005)



Figura 3 Mecanismo Neumático

Fuente: (CEJAROSU, 2005)

2.2.4 Ventajas y desventajas de los mecanismos

Tabla 3
Ventajas y desventajas de los mecanismos

Tipo	Ventajas	Desventajas
Excéntrica- Biela	Económica Mayor fuerza	Sin control de velocidad No comercial Se requiere construir
Biela- Manivela	Económica Mayor fuerza	Sin control de velocidad
Guillotina neumática	Control de velocidad Limpio Fácil mantenimiento y limpieza	Costosa. Menor fuerza Requiere compresor

Debido a las ventajas mostradas en la tabla 3, al fácil mantenimiento y porque la empresa posee alimentaciones de aire comprimido, además por reuniones con el responsable del proyecto de la empresa se ha optado por corte mediante guillotina neumática.

2.3 Sistemas de fusión

Los sistemas de fusión en la industria textil son utilizados con la finalidad de robustecer la tela usada para la confección, es decir consiste en unir la tela utilizada con un material llamado entretela por medio del calor y la presión sea esta de rodillos, planchas u otros elementos.

Para conseguir este efecto con eficacia se debe entender que este proceso está ligado a tres parámetros importantes que son: tiempo de fusión, temperatura de fusión, y presión de fusión, estos trabajan conjuntamente con la tela para obtener una fusión segura, lo que quiere decir que el proceso se llevó a cabo correctamente, y no se presenta problemas como: una fusión baja o alta donde aparecen problemas como poca adherencia, burbujas, cambio de color o encogimiento excesivo, arrugas, entre otros, en la figura 4 se muestra las etapas del proceso de fusión.

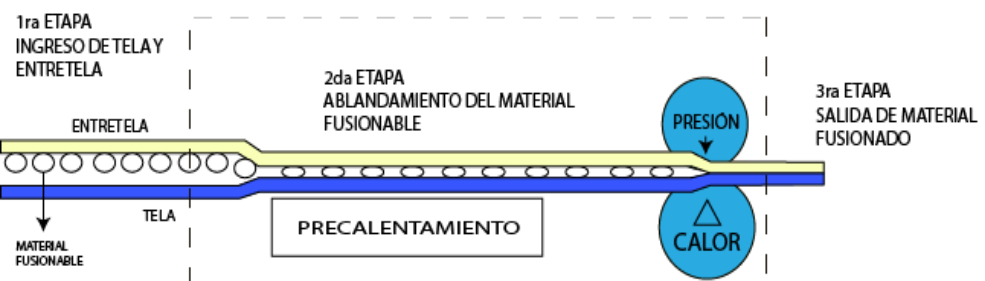


Figura 4 Proceso de fusión

2.2.2 Parámetros de fusión

Condiciones del tiempo y/o tiempo de fusionado

Es el intervalo de tiempo que están la tela y entretela bajo la temperatura y presión en la máquina fusionadora. Este tiempo se mide en segundos o en metros/min.

Presión de fusión

Es la fuerza ejercida en una unidad de área empujando la resina de la entretela hacia la tela durante el fusión y es expresado en kg/cm^2 o PSI (libras por pulgada²).

Temperatura de fusión

Es la medida de calor que emite la máquina esta es seleccionada y ajustada apropiadamente de acuerdo al material para obtener una buena adherencia entre entretela fusionable y la tela.

Temperatura de ablandamiento

La temperatura de ablandamiento es la lectura de temperatura medida entre la tela y la resina de la entretela.

2.2.3 Material utilizado en la fusión

El principal material usado para la fusión es la entretela, el material que utiliza la empresa para la cual es desarrollada la máquina es un material llamado Fliselina o Pellón.

La Fliselina o pellón es una tela no tejida semidireccional de espesor medio, de color blanco con formación uniforme que tiene una capa de polietileno fundido y troquelado que funciona como adhesivo cuando se somete a calor, puede ser esta de una fusionadora o una plancha para que se adhiera a otra tela y la refuerce. (C.V, 2016).

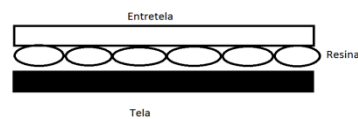
Características de la fliselina

- La temperatura de fusión del pellón de acuerdo a pruebas realizadas es mayor 120° dependiendo el gramaje.
- Varios espesores.
- De fácil manejo y corte al ser un material no tejido.
- Económica

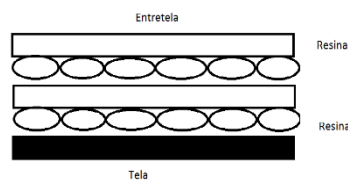
2.2.4 Técnicas de fusión.

Las técnicas de fusión hacen referencia a la disposición de que toma la entretela y tela dentro del proceso de fusión como se observa en la figura 5, dentro de las técnicas más utilizadas se tiene:

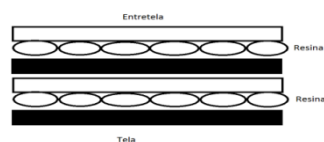
- **Convencional** La técnica convencional consiste en una sola pieza de entretela y tela que se fusionan al mismo tiempo.
- **Doble fusión** Cuando más de un pedazo de entretela se fusiona a la tela al mismo tiempo.
- **Fusión en pila** cuando múltiples pedazos de entretela y tela son fusionados al mismo tiempo, para esta técnica es recomendable hacerla mediante equipo ultrasónico; ya que con equipos de banda convencional no se logra una temperatura consistente dentro de todas las piezas.



(a)



(b)



(c)

Figura 5 Técnicas de fusión (a) Fusión convencional (b) Fusión doble (c) Fusión en pila

2.2.5 Métodos de fusión

Existen dos métodos que realizan el fusionado los cuales son mediante una plancha industrial figura 6 o por medio de una Fusionadora figura 7, en el caso de la plancha su uso está más orientado a lo domestico y en el caso de una fusionadora automática a lo Industrial. Se observa entonces un cuadro comparativo del uso de estos métodos:



Figura 6 Fusión domestica a través de plancha común

Fuente: (Manga, 2011)



Figura 7 Fusionadora automática Protex TYS-500

Fuente: (Costura, 2016)

2.2.6 Ventajas y desventajas de los métodos de fusión

En la Tabla 4 se observa un cuadro comparativo del uso de estos métodos:

Tabla 4
Ventajas y desventajas de métodos de fusión

Tipo	Ventajas	Desventajas
Plancha	<ul style="list-style-type: none"> • Menor Costo • Accesible • Menor consumo de Energía Eléctrica 	<ul style="list-style-type: none"> • Mayor Tiempo • Operación 100% manual • Cansancio Físico • Menor Producción
Fusionadora Automática	<ul style="list-style-type: none"> • Mayor Producción • Menor Tiempo • Operación 30 % manual 	<ul style="list-style-type: none"> • Alto Costo • Mayor consumo de Energía Eléctrica

Como se puede observar en la Tabla 4 las ventajas de una Fusionadora automática respecto al costo son mayores para una empresa de mediana o gran producción.

Luego de haber realizado un estudio de campo, analizando cada una de las características, parámetros y elementos necesarios en los procesos de fusión y corte. Se procede a realizar un diseño mecánico con la ayuda de un Ingeniero Mecánico que la empresa recomendó y cuyos planos se encuentran en el Anexo 1 con la respectiva información.

2.4 Conceptos generales de elementos de automatización.

Para mejor organización se establece el siguiente orden de estudio, selección y diseño de elementos el cual es Mecánico, Neumático, Eléctrico y Electrónico. Se recuerda que la información de la parte mecánica se encuentra en el Anexo 1 y no se realiza un análisis a fondo de este en documento.

2.4.1 Actuadores

Un actuador es un elemento o dispositivo el cual es capaz de generar un movimiento después de haber sido ordenado a través de una señal sea ésta: eléctrica, neumática o hidráulica, con la finalidad de producir un efecto o trabajo en un proceso automatizado, en la figura8 se muestra algunos de los actuadores antes mencionados.



Figura 8 Tipos de actuadores

2.4.1.1 Electroválvula neumática

La electroválvula neumática es una válvula diseñada para controlar el paso de fluidos a través de un conducto, la válvula es accionada por la corriente eléctrica que circula en una bobina interna llamada solenoide. El solenoide transforma la energía eléctrica, mediante la teoría de electromagnetismo, en energía mecánica para accionar la válvula. Las válvulas neumáticas tienen varias posiciones, que son seleccionadas dependiendo de la aplicación y el diseño. La Figura 9 muestra la simbología de algunas válvulas neumáticas de distribución:

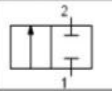
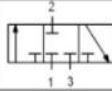
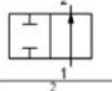
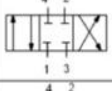
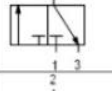
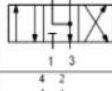
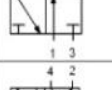
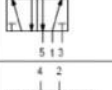
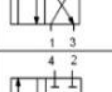
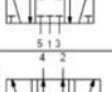
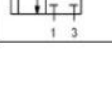
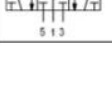
	Válvula 2/2 normalmente cerrada		Válvula 3/3 con posición neutra normalmente cerrada
	Válvula 2/2 normalmente abierta		Válvula 4/3 con posición neutra normalmente cerrada
	Válvula 3/2 normalmente cerrada		Válvula 4/3 con posición neutra a escape
	Válvula 3/2 normalmente abierta		Válvula 5/2
	Válvula 4/2		Válvula 5/3 en posición normalmente cerrada
	Válvula 4/2 normalmente cerrada		Válvula 5/3 en posición normalmente abierta

Figura 9 Tipos de válvulas para neumática

2.4.1.2 Cilindro neumático

Los cilindros neumáticos son los elementos que realizan el trabajo dentro de cualquier aplicación neumática. Su función fundamental está en transformar la potencia del aire comprimido en trabajo mecánico de movimiento rectilíneo. Un cilindro consta principalmente de un Vástago y Embolo los cuales permiten tener una carrera de avance y una carrera de retroceso.

Existen diferentes tipos de cilindros neumáticos. Según la forma en que se realiza el retroceso del vástago, se tiene:

- Cilindros de simple efecto.
- Cilindros de doble efecto.

- **Cilindros de simple efecto**

El cilindro de simple efecto es aquel que puede realizar trabajo en un solo sentido, es decir, el desplazamiento del émbolo por la presión del aire comprimido tiene lugar en un solo sentido, puesto que el retorno a su posición inicial es realizado por un muelle recuperador que lleva el cilindro incorporado, en la figura 10 se muestra la simbología usada para cilindros de simple efecto.

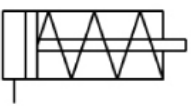

	Cilindro de simple efecto, normalmente replegado
	Cilindro de simple efecto, normalmente extendido

Figura 10 Símbolo de un cilindro de simple efecto

- **Cilindros de doble efecto**

Al decir doble efecto se quiere decir que los dos movimientos tanto el de salida como el de entrada están ligados a la acción del aire comprimido a presión. Es decir, el aire comprimido ejerce su acción en las dos cámaras del cilindro, de esta forma puede realizar trabajo en los dos sentidos del movimiento, en la figura 11 se muestra la simbología usada para cilindros doble efecto.

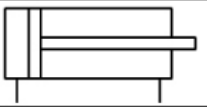
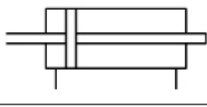
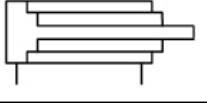
	Cilindro de doble efecto
	Cilindro de doble efecto y de doble vástago
	Cilindro de doble efecto de vástago telescópico

Figura 11 Símbolo de un cilindro de doble efecto

2.4.1.3 Motor AC

Un motor eléctrico es una máquina rotativa, capaz de transformar energía eléctrica alterna suministrada en energía mecánica.

Los motores eléctricos de corriente alterna, se construyen en diversas potencias que van desde una fracción de Hp hasta varios miles de Hp de acuerdo al requerimiento.

La Energía eléctrica alterna genera campos magnéticos en los bobinados del estator que a su vez provocan el arranque de los bobinados del rotor.

Existen varios tipos de motores AC de acuerdo a la construcción, el más utilizado en la industria es el denominado motor trifásico Jaula de Ardilla que está compuesto por dos partes principales que son:

- El estator: está constituido por un blindaje de hierro de forma ranurada donde se ubican los bobinados, el cual es introducido a presión dentro de la carcasa.
- El rotor: es la parte giratoria del motor y está formado por el eje, el blindaje y los bobinados que están en cortocircuito para que el anillo y las barras formen una especie de jaula.

Aplicaciones

Por su capacidad en potencia y tamaño son utilizados en la industria para el accionamiento de máquinas-herramientas, bombas, ventiladores, elevadores, transmisiones, etc, en la tabla 5 se muestran algunas ventajas y desventajas de este tipo de motores.

Tabla 5
Ventajas y desventajas del motor trifásico jaula de ardilla

TIPO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Motor trifásico jaula de Ardilla	<ul style="list-style-type: none"> • Tiene un par de giro elevado y, que depende el tipo de motor puede llegar a ser constante. • Su rendimiento es muy elevado alrededor de un 75%. • Se puede invertir el giro con solo cambiar 2 fases de 	<ul style="list-style-type: none"> • El cambio de velocidad se lo realiza por medio de un variador de frecuencia. • Se alimenta con Red Trifásica no muy común en empresas pequeñas. • Peso y volumen que

Continúa...

alimentación. ocupa.

- No necesita de bobina de arranque o capacitores. Como en monofásicos.
- Necesita menos Mantenimiento

Conexión de motores trifásicos a la red

Los motores trifásicos presentan tres devanados (tres impedancias) y seis bornes donde se pueden realizar 2 tipos de conexiones como son estrella, triángulo o delta. Los fabricantes para facilitar las conexiones sobretodo el triángulo, disponen en la caja de bornes una colocación especial de estos que se puede observar en la Fig 12.

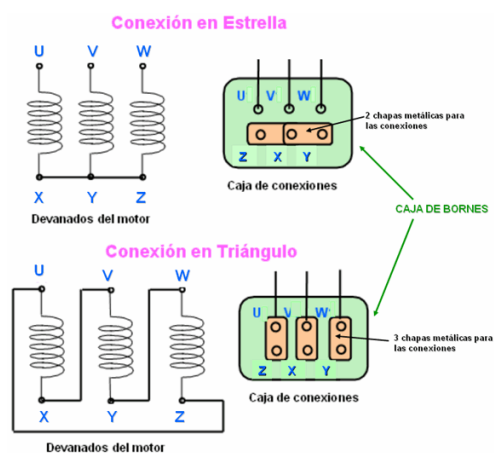


Figura 12 Conexiones de un motor trifásico

Fuente: (CIFP, 2016)

Para la selección de un motor se debe tomar en cuenta algunos parámetros como son la velocidad de giro, el torque a ejercer, la potencia. A continuación se describirán las formulas principales para poder dimensionar un motor AC.

Fórmulas para encontrar el torque de un motor

$$\tau_o = P \text{ (Hp)} \times \frac{5252}{rpm} \left(\frac{lb}{pie} \right)$$

Ecuación 1 Fórmulas para encontrar el torque de un motor

Fuente: (RENAME, 2013)

Dónde:

τ_o = Torque del motor

P = Potencia nominal del motor en Hp

rpm = velocidad de la placa en rpm

La velocidad y par tienen una relación lineal inversa, lo que significa que si se reduce la velocidad, el par se incrementará en el mismo porcentaje en caso de usar reductores de velocidad mecánicos, (RENAME, 2013) cuando se usa un variador de frecuencia controlado por la variación del voltaje en función de la frecuencia no sucede esto, ya que al realizar este tipo de control disminuye de forma directa el torque sin embargo existen variadores de velocidad que usan el Control Vectorial, el cual consiste en separar las componentes vectoriales de la corriente y voltaje, para aumentar el torque en función de la corriente de magnetización del motor.

Fórmula para encontrar el torque en un eje rotacional

$$\tau = F \times r$$

Ecuación 2 Fórmula para encontrar el torque en un eje rotacional

Fuente: (RENAME, 2013)

Dónde:

τ = Torque o par

F = fuerza aplicada

r = radio del punto de fuerza al eje rotacional

Para dimensionar un motor se tiene que realizar un análisis del sistema de transmisión al cual está ligado, uno de los principales sistemas de transmisión es mediante el uso de bandas y poleas, y es exactamente este sistema el utilizado en el diseño mecánico de la máquina fusionadora para el movimiento de las bandas, por lo que a continuación se propone el estudio sus principales relaciones y formulas.

Fórmulas para el cálculo de poleas

La velocidad de la polea de conducción es la velocidad nominal del motor. La velocidad de la polea conducida depende de la velocidad del eje del motor, así como los diámetros de las poleas de ambos. La relación de torque y velocidad es lineal inversa lo que quiere decir que si se reduce la velocidad el par se incrementará en el mismo porcentaje, de acuerdo con esta acotación entonces se tiene:

$$\tau = \frac{1}{V}$$

Figura 13 Relación de torque y velocidad

Fuente: (RENAME, 2013)

Dónde:

$\tau = \text{Torque}$

$V = \text{Velocidad}$

$$D \times \alpha = d \times \alpha_1$$

Ecuación 3 Relación de transmisión por poleas

Fuente: (RENAME, 2013)

Dónde:

$D = \text{Diámetro de la polea de conducción}$

$\alpha = \text{Velocidad de la polea de conducción}$

$d = \text{Diámetro de la polea conducida}$

$\alpha_1 = \text{velocidad de la polea conducida}$

3.1.1.4 Motor a pasos

Los motores Paso a Paso son ideales para la construcción de mecanismos en donde se requieren movimientos de alta precisión. Donde la característica principal de estos motores es que se puede mover un paso a la vez por cada impulso que se le aplique. Estos motores poseen la característica de poder quedar en cualquier posición ya sea esta fija o bien totalmente libre.

Siempre y cuando una o más de sus bobinas estén energizadas el motor estará enclavado en la posición que se encuentre caso contrario quedará completamente libre si no circula corriente por ninguna de sus bobinas. Se muestra un motor a pasos real en la Figura 14.



Figura 14 Motor a paso NEMA 17

Fuente: (Ebay, 2016)

El motor a pasos se elige en base al torque requerido, teniendo en cuenta la configuración de la carga y a las normas de construcción de fabricantes conocidas como normas NEMA

Normas NEMA en los motores a pasos

NEMA son las siglas en Ingles de la Asociación Nacional de Manufactureros Eléctricos que tienen una serie de normas para motores usados en la industria y que aseguran que la sustitución de uno por otro no tenga problemas aun cuando sean de distinto fabricante.

En el caso de motores a paso el número nema significa 10 veces más el diámetro del motor en pulgadas en el caso de motores cilíndricos y en motores cuadrados 10 veces más el tamaño del lado. (Piclist, 2016)

En conclusión la norma NEMA se usa para saber la relación de tamaño que existe entre el diámetro del eje del motor y las dimensiones exteriores del motor, el diseño mecánico estableció un motor NEMA 17 que será seleccionado posteriormente.

3.1.1.5 Resistencia eléctrica industrial

Las resistencias eléctricas son elementos eléctricos capaces de convertir energía eléctrica en calor, las resistencia eléctricas industriales se utilizan para infinidad de aplicaciones térmicas.

Se llaman resistencias directas aquellas donde la corriente eléctrica circula por la pieza a calentar o resistencias indirectas cuando estas calientan una superficie o material sea esto por radiación, convección o combinación de ambas.

La gran mayoría de resistencia de tipo indirecto son fabricadas con alambre de aleación níquel y cromo en proporciones 80% y 20% recubiertas por una silicona especial conductora de calor y varilla metálica la cual toma la forma y dimensiones necesarias de acuerdo al trabajo a desempeñar. Este tipo de Aleaciones pueden llegar a soportar temperaturas muy altas de hasta 1000° C de acuerdo a los porcentajes de composición, se presenta en la tabla 6 una comparación de la aleación de níquel y cromo.

Tabla 6
Aleaciones de níquel y cromo

Aleación Ni-Cr	80-20	70-30	60-15	40-20	30-20	20-25
Ni %	80	70	60	37	30	20
Cr %	20	30	15	18	20	25
Fe %	<1	<1	20	40	45	50
Conductividad térmica W/mk a 20°C	0,45	0,45	0,45	0,46	0,50	0,50
Temperatura máxima de utilización °C	1200	1250	1150	1100	1100	1050

Fuente: (Blanco, 2015)

Alambre de nicromo

El alambre de nicromo es un hilo formado por la aleación de 80 % de níquel y 20% de cromo, cuya característica principal es su elevada resistencia eléctrica y tendencia a calentarse por el paso de la corriente eléctrica, es usada frecuentemente para la elaboración de resistencia eléctrica para calentamiento, a continuación presenta en la figura 15 las características del nicromo

Diámetro en m/m	Sección m/m ²	Ohmios por Metro $\Omega \cdot m = \rho$	Gramos por metro	Intensidad máxima En Amperios a: 800° c
3	7	0,166	36	65,4
2,5	4,88	0,20	29	56,2
2	3,14	0,33	26,7	45,3
1,6	2,10	0,53	16	32,4
1,3	1,31	0,83	10	23,4
1,15	1,04	1,10	8,35	19,8
1	0,78	1,35	6,6	16,8
0,9	0,64	1,67	5,2	14,2
0,8	0,50	2,12	4,23	12
0,72	0,408	2,67	3,34	10,20
0,64	0,32	3,38	2,64	8,65
0,57	0,25	4,24	2,10	7,33
0,51	0,204	5,36	1,67	6,20
0,45	0,159	6,76	1,33	5,27
0,40	0,125	8,57	1,02	4,47
0,36	0,102	10,74	0,84	3,80
0,32	0,08	13,64	0,65	3,23
0,28	0,06	16,95	0,52	2,71
0,25	0,049	21,65	0,141	2,30
0,22	0,038	27,33	0,326	1,95
0,20	0,031	33,82	0,263	1,66
0,16	0,02	54,52	0,164	1,18
0,12	0,011	86,59	0,100	0,85
0,1	0,007	135,26	0,067	0,613
0,08	0,005	240,53	0,037	0,439

Figura 15 Características del nicromo

Fuente: (Llorca, 2014)

2.4.2 Sensores

Un sensor es un elemento eléctrico capaz de percibir los cambios en magnitudes físicas, transformar y emitir valores eléctricos de dicha magnitud de manera que puedan ser cuantificados y manipulados haciendo uso de dicha información, existen diversos tipos de sensores que son utilizados en diversas aplicaciones, estos se muestran a continuación en la figura 16

2.4.2.1 Clasificación de sensores

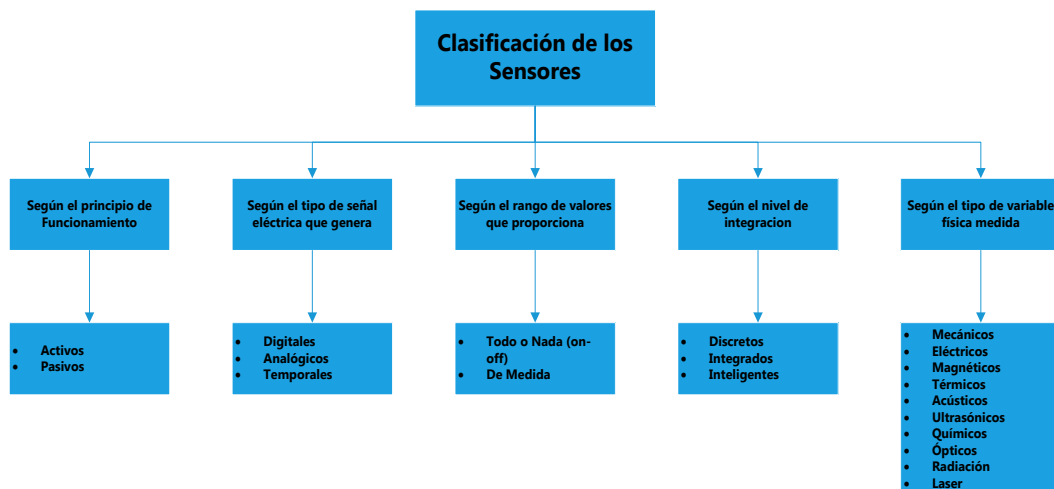


Figura 16 Clasificación de los sensores

- **Sensores de Temperatura o Sensores Térmicos**

Los sensores de temperatura son elementos detectores del cambio de temperatura y se encargan de transformar dichos cambios en señales o datos eléctricos que son procesados por equipo eléctrico o electrónico para el control de un proceso térmico.

Existen tres tipos de sensores de temperatura más utilizados en instrumentación, los termistores o NTC, los RTD y los termopares o termocupla.

- **Termopar**

Es un transductor formado por la unión de dos metales distintos que produce un voltaje con el cambio de temperatura. El Rango de temperatura se encuentra entre -200°C a 2800°C. El más común dentro de este tipo es la termocupla. Existen 2 tipos de Termocupla Tipo J y Tipo K cuya diferencia radica en el tipo de metal que usa para percibir el cambio, en la figura 17 se puede observar una termocupla tipo J



Figura 17 Termocupla comercial

Fuente: (ElectroPro, 2016)

- **Tipo RTD (Detector de Temperatura Resistivo)**

Detector de temperatura que varía su resistencia en función de la temperatura, El Rango de temperatura se encuentra entre -250°C a 850°C , el más común de este tipo PT100 debido su alta precisión y trabajo a bajas temperaturas, aunque su rango solo va de -100°C a 200°C , en la figura 18 se muestra un PT100.

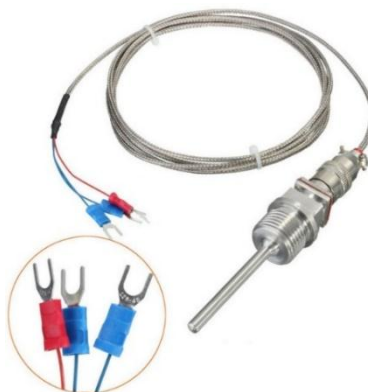


Figura 18 Pt-100 Comercial

Fuente: (ElectroPro, 2016)

- **Termistores tipo NTC (Coeficiente de Temperatura Negativo)**

Al igual que RTD es un detector de temperatura no lineal que varía su resistencia con la diferencia del rango de temperatura que es menor -195°C a 450°C , como se puede observar en la figura 19.



Figura 19 Sensor NTC Comercial

Fuente: (Hawco, 2016)

2.4.2.2 Sensores de Proximidad

Los sensores de proximidad son transductores que detectan objetos o señales que se encuentran a una determinada distancia. Existen varios de sensores de acuerdo al principio físico que usan. Los más comunes son capacitivos, inductivos, fotoeléctricos entre otros.

- **Sensores Capacitivos**

Los sensores capacitivos son aquellos que reaccionan ante materiales pueden ser estos metales y no metales que al aproximarse a la superficie activa sobrepasan una determinada capacidad dependiendo de la constante dieléctrica que posea el material siendo la distancia de conexión directamente proporcional a su constante, se observa en la figura 20 un sensor capacitivo cilíndrico.



Figura 20 Sensor capacitivo tipo cilíndrico

Fuente: (alltronicsperu, 2016)

- **Sensores inductivos**

Los sensores inductivos son transductores que sirve para detectar metales. Son de gran utilización en la industria, tanto para aplicaciones de posicionamiento como para detectar la presencia o ausencia de objetos metálicos en un determinado contexto: detección de paso, de codificación y de conteo, se observa en la figura 21 un sensor inductivo cilíndrico.



Figura 21 Sensor inductivo tipo cilíndrico

Fuente: (alltronicsperu, 2016)

- **Sensores fotoeléctricos**

Un sensor fotoeléctrico es un elemento eléctrico que detecta variaciones o cambios de la intensidad de luz que es lanzada por un componente llamado emisor y percibida

por otro llamado receptor los cuales generalmente se ubican en una posición paralela, en la figura 22 se muestra un sensor fotoeléctrico comúnmente utilizado para detectar presencia de elementos.



Figura 22 Sensor fotoeléctrico retro reflectivo comercial

Fuente: (alltronicsperu, 2016)

2.4.3 Controladores

2.4.3.1 Controlador lógico programable - PLC

Un Controlador Lógico Programable, es una computadora que la Ingeniería de automatización industrial utiliza para automatizar procesos electromecánicos como se observa en la figura 23.

Se diferencia de las computadoras convencionales por su robustez y el número de elementos o equipos que comanda, ya que están diseñados para interactuar con varias señales de entrada y salida, rangos de temperatura muy amplios, además que son inmunes al ruido eléctrico, campo magnético, resistentes a la vibración y al impacto, al polvo y agua. De acuerdo al modelo y aplicación de PLC.



Figura 23 PLC Delta Serie DVP SV comercial

Fuente: (Motor, 2016)

2.4.3.2 Controladores digital de temperatura

Es un instrumento utilizado para el control de temperatura dentro de procesos térmicos el cual posee una entrada para sensor de temperatura RTD, NTC o Termopar que varía de acuerdo al fabricante y una salida tipo relé a un calentador puede ser este una Resistencia eléctrica.

Debido a su fácil aplicación y varios tipos de control que posee actualmente estos elementos son los más usados para regular temperatura en el campo industrial, se puede apreciar un controlador de temperatura Delta en la figura 24.



Figura 24 Controladores de temperatura Delta

Fuente: (Motor, 2016)

2.4.3.3 Variador de frecuencia

Un Variador de Frecuencia, figura 25, es un dispositivo electrónico capaz de regular la frecuencia para controlar la velocidad de giro de un motor de corriente alterna AC. Los variadores de frecuencia son conocidos también como drivers de AC para motores o inversores es capaz de controlar el sentido de giro y la velocidad con varios tipos de control de acuerdo al fabricante entre los más comunes se tiene control Voltaje-Frecuencia y Control vectorial.

El control V/F utiliza la variación del voltaje en función de la frecuencia, el control es lineal lo que significa que al disminuir la frecuencia y el voltaje disminuye directamente la potencia y torque de un motor.

El Control Vectorial utiliza las componentes de corriente para regular el torque de un motor y no solo su velocidad, es el más utilizado para aplicaciones de baja velocidad y alto torque.



Figura 25 Serie de variadores de frecuencia delta

Fuente: (Automatización, 2009)

2.4.4 Protecciones

2.4.4.1 Contactor

Es un dispositivo electromecánico que sirve para interrumpir el paso de la corriente ya sea al circuito de mando o de potencia, funciona como interruptor del circuito de fuerza a altas corrientes, actúa como todo o nada lo que significa que posee dos posiciones de funcionamiento, dentro de circuitos eléctricos se representan con letras KM.

Clasificación de los contactores

- Contactores electromagnéticos
- Contactores electromecánicos
- Contactores neumáticos
- Contactores hidráulicos

Categoría de los contactores

- Las categorías más usadas para Contactores de corriente alterna son:
- AC1 para cargas no inductivas o netamente resistivas
- AC2 para control de motores Jaula de ardilla
- AC3 para arranque y frenado de motores con factores de potencia entre 0,3 o 0,7
- AC4 para arranque y frenado de motores en contracorriente superior a 5 veces la corriente nominal.

2.4.4.2 Disyuntor

El disyuntor, figura 26, es un aparato eléctrico de protección capaz de interrumpir en flujo de corriente eléctrica cuando este excede la corriente nominal con el fin de evitar perjuicios o daños en el circuito eléctrico. Una ventaja frente a otros

dispositivos de protección es que el disyuntor puede volver a rearmarse después de haber reparado el daño que causó su activación.



Figura 26 Disyuntor para 2 líneas comercial

Fuente: (ElectroStock, 2016)

Fórmula para dimensionar un disyuntor

En base a los conocimientos adquiridos en la universidad la fórmula dispuesta para dimensionar un disyuntor es la siguiente:

$$I_n = I_{carga} \times 1,25$$

Ecuación 4 Fórmula para dimensionar un disyuntor

Dónde:

I_n = Corriente Nominal comercial

I_{carga} = Corriente nominal o a plena carga a proteger.

1,25 = Factor de seguridad

2.4.4.2 Fusibles

Los fusibles, figura 27, son elementos eléctricos de protección que sirve para interrumpir el flujo de corriente eléctrica en un circuito o carga a diferencia de los disyuntores tiene una sola vida es decir que una vez que se abren no pueden volver a recolocarse y es eminente el cambio después de haber reparado el daño que causo su disparo o salto.



Figura 27 Fusible cerámico comercial

Fuente: (ElectroPro, 2016)

Fórmula para dimensionar fusibles

$$I_F = K \times I_N$$

Ecuación 5 Fórmula para dimensionar fusibles

Dónde:

I_F = Corriente de protección de los fusibles

K = Constante de protección rango de 1,8 a 2,1

I_N = Corriente nominal o a plena carga.

2.4.4.3 Unidad de mantenimiento neumático

La unidad de mantenimiento neumático, figura 28, es un dispositivo de protección, regulación y filtrado del aire comprimido que se ubica antes de cualquier circuito neumático con el fin de preparar y depurar el aire a ser utilizado.

Consta de 3 partes principales que son el Filtro, Regulador y Lubricador.

El filtro cumple la función de depurar todas las impurezas que traiga consigo el aire proveniente del compresor, el regulador limita y mantiene la presión de trabajo deseada lo más constante posible con el fin de evitar daños en los actuadores, el lubricador tiene la función de lubricar el aire con el fin de reducir el rozamiento interno de actuadores y prevenir el desgaste en piezas móviles.



Figura 28 Unidad de mantenimiento de $\frac{3}{4}$ pulgadas

Fuente: (Silverline, 2015)

2.4.5 Interfaz

2.4.5.1 HMI

La interfaz humano – máquina, figura 29, se define como todas las partes de un sistema interactivo hardware y software que proporcionan la información y el control

necesario para que el usuario lleve a cabo una tarea con la máquina. (COPA-DATA, 2016)

Permite que el operador vaya más allá del simple manejo de la máquina, brindando información sobre el estado de los procesos internos que esta posee. Dicha información es proporcionada a través de paneles de control, señales luminosas, pantallas de visualización, botones etc.



Figura 29 Pantallas Touch HMI

Fuente: (Inc., 2016)

CAPÍTULO 3. DISEÑO SISTEMA ELÉCTRICO, ELECTRÓNICO Y NEUMÁTICO

Para comenzar a desarrollar este capítulo se tiene diseñada y construida la parte mecánica, previamente realizada con la ayuda del Ing. Mecánico que la empresa proporcionó, cuyos planos fueron desarrollados en Solidworks que es un software para diseño mecánico, toda la documentación se encuentra en el Anexo 1. En la Figura 8 se puede observar el diseño final establecido y en las Figuras 30, 31 y 32 las evidencias de la construcción.

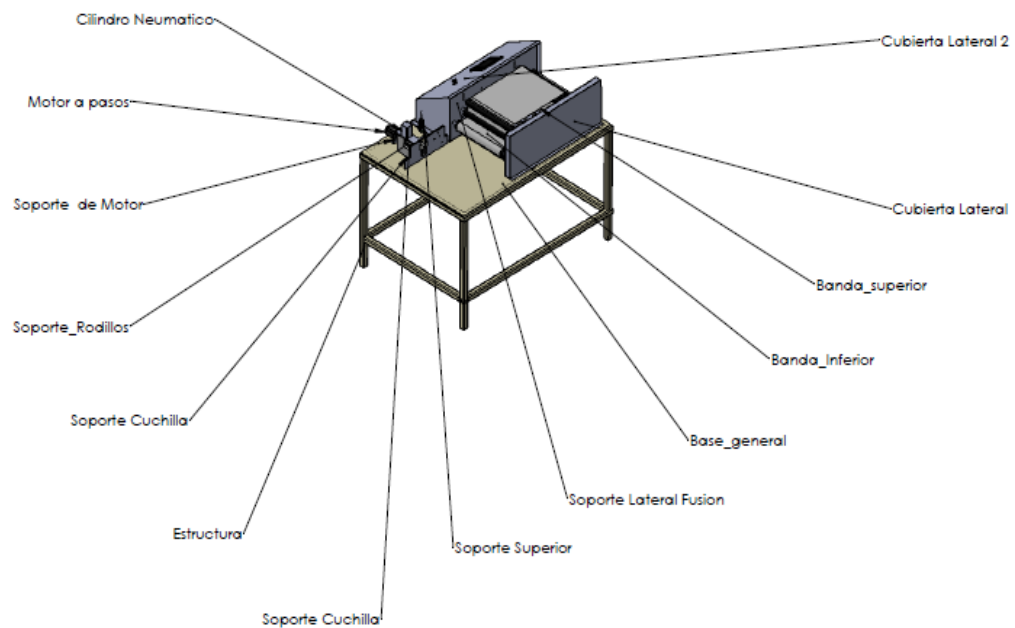


Figura 30 Diseño mecánico establecido



Figura 31 Construcción de la estructura



Figura 32 Montaje de Bandas y paredes de fusión

3.1 Diseño

3.1.1 Requerimientos de la máquina

Después de un análisis e investigación de los parámetros de fusión y corte se ha decidido plantear como requisitos o parámetros de la máquina los detallados en la Tabla 7 con la importancia dentro del proceso al que está inmerso.

Tabla 7
Requerimientos de diseño

N°	CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN	IMPORTANCIA
1	Velocidad de fusión	La velocidad debe ser controlada y oscila entre los 8 a 12 metros por minuto	5
2	Temperatura de fusión	La temperatura de fusión de ser mayor a 100° C	5
3	Ancho de fusión	El ancho de fusión debe ser de al menos 30 cm	3
4	Ancho de corte	El ancho de Corte debe ser de 4 cm mínimo	3
5	Presión de corte	Presión variable del corte	4
6	Precisión de corte	Precisión de 2mm	5

La importancia de estos parámetros se midió en una escala del 1 al 5, donde 1 significa menor importancia y 5 es muy importante.

Como se puede apreciar, los parámetros más importantes para la etapa de fusión son la temperatura de fusión y la velocidad controlada debido a que son esenciales

para lograr la fusión deseada. En cambio para la etapa de corte los parámetros más importantes son la presión y la precisión del corte.

Luego de identificar los requerimientos principales de la máquina se procede a realizar un Diagrama de Bloques que se muestra en la Figura 33 y Diagrama de Flujo que se muestra en la Figura 34 donde se explica la lógica de los procesos de corte y fusión, Esto a su vez sirve para realizar el diseño de la parte neumática, eléctrica, electrónica, y de control. Realizando los planos de acuerdo al siguiente orden:

- Diagrama Neumático figura35
- Diagrama Eléctrico de Fuerza figura 36
- Diagrama Eléctrico de Control figura 37
- Diagrama de conexiones al PLC figura 38

Diagramas de bloques

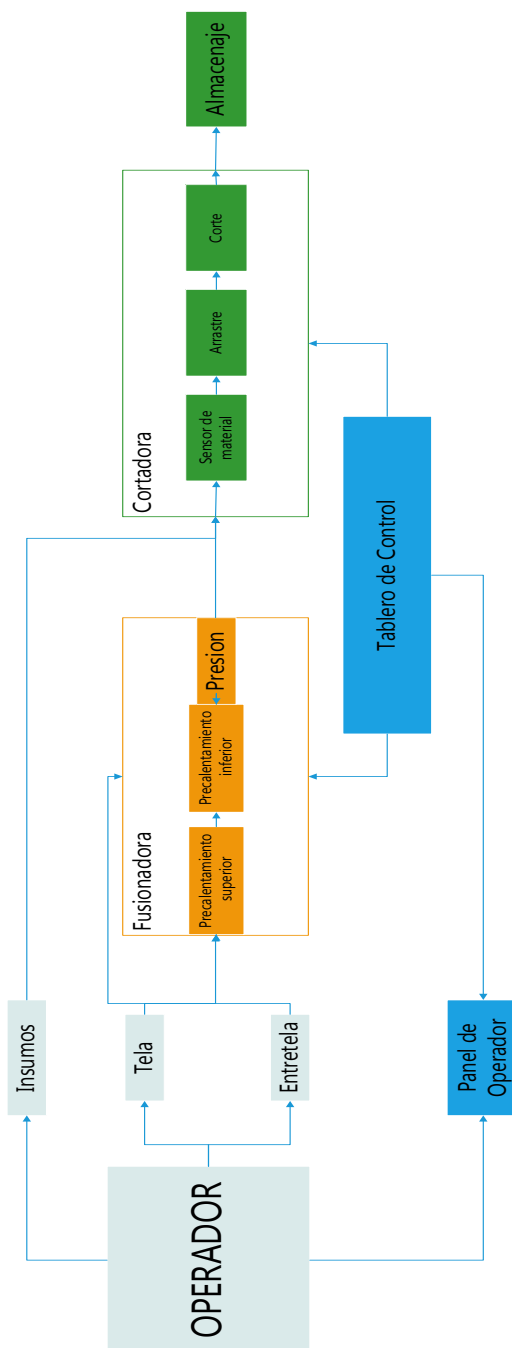


Figura 33 Diagrama de bloques de la máquina

Diagrama de flujo

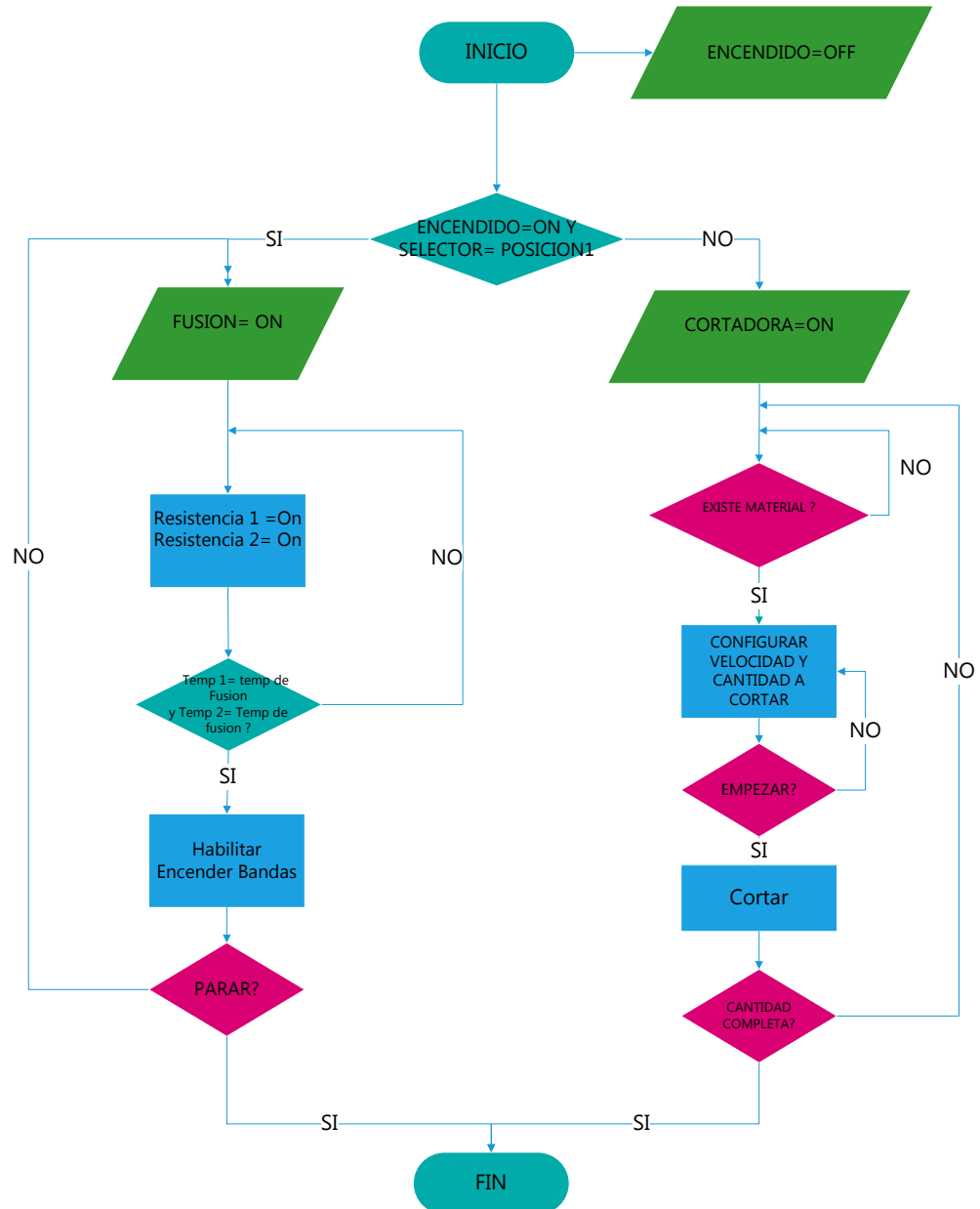


Figura 34 Diagrama de flujo

3.1.2 Levantamiento de planos

3.1.2.1 Diagrama neumáticos

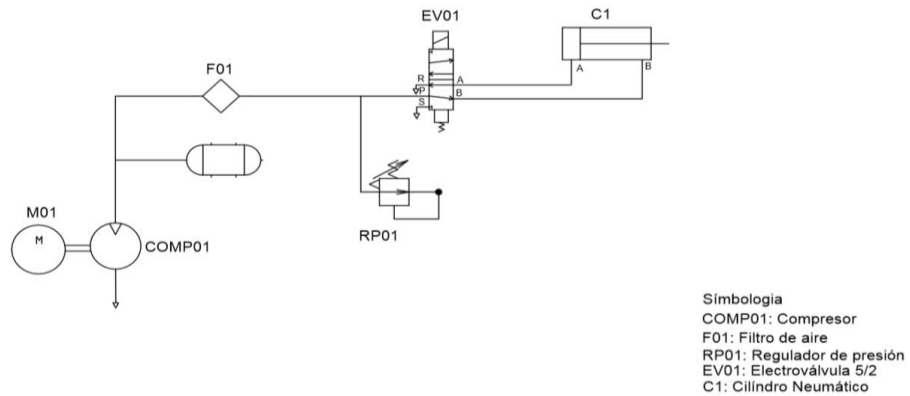


Figura 35 Diagrama neumático

3.1.2.2 Diagrama de fuerza

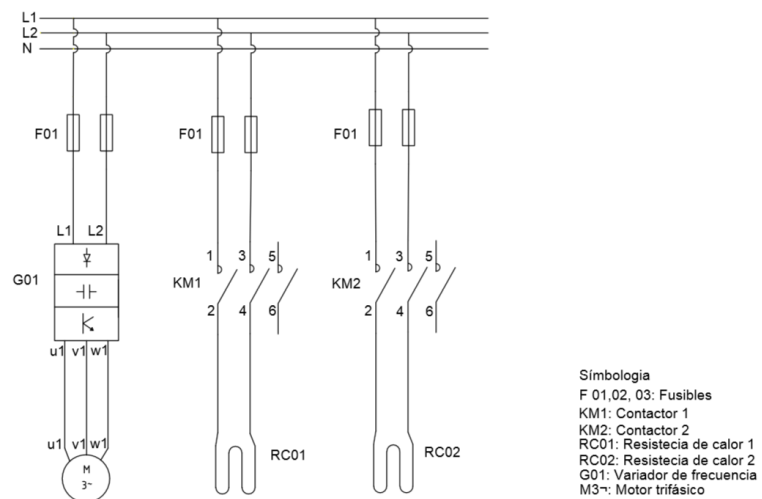


Figura 36 Diagrama de fuerza

3.1.2.3 Diagrama de control

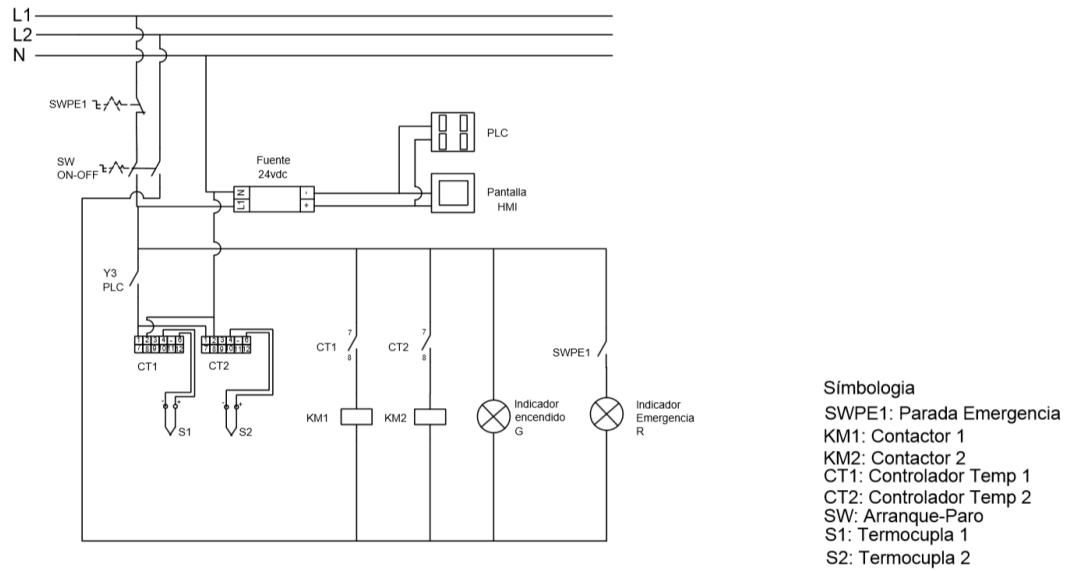


Figura 37 Diagrama de control

3.1.2.1 Planos de conexión eléctrica del PLC

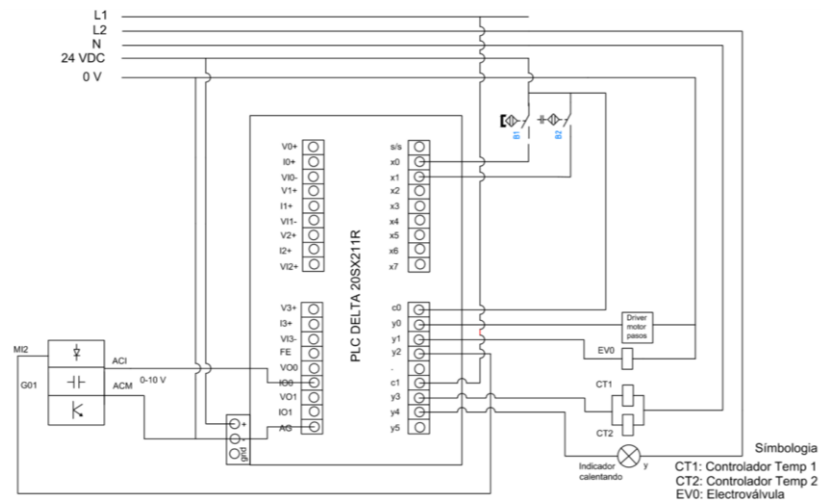


Figura 38 Plano de conexión elementos con PLC

3.2 Selección de los equipos para automatización y control

Después de realizar el diseño Eléctrico y Electrónico en base al diseño mecánico identificando y seleccionando los procesos inmersos en la fusión y corte se procede a realizar una lista de equipos y materiales necesarios para completar la automatización de la misma para posteriormente realizar la selección y dimensionamiento de los equipos, que se muestran en la tabla 8.

Tabla 8
Lista de Equipos y materiales para automatización

LISTADO DE EQUIPOS Y MATERIALES NECESARIOS PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE LA FUSIONADORA Y CORTADORA				
TIPO	DETALLE	FUNCIÓN	CANTIDAD	PROCESO
ACTUADOR	Resistencia eléctrica	Calentar	2	Fusión
ACTUADOR	Cilindro neumático	Guillotina	1	Corte
ACTUADOR	Motor eléctrico	Mover bandas	1	Fusión
ACTUADOR	Motor eléctrico	Arrastre de material	1	Corte
ACTUADOR	Válvula mono solenoide	Controlar cilindro	1	Corte
CONEXIÓN	Cables	Conexión eléctrica	S.N	Fusión y corte
CONEXIÓN	Manguera neumática	Conexión neumática	1	Corte
CONEXIÓN	Canaleta ranurada	Distribución	1	Fusión y corte
CONEXIÓN	Riel dim para montaje	Anclaje	1	Fusión y corte
CONEXIÓN	Tablero de control		1	Fusión y corte
CONTROL	Temperatura	Controlar temperatura	2	Fusión
CONTROL	PLC	Controlador	1	Fusión y corte

Continúa...

		total		
INTERFAZ	Pantalla de HMI	Interfaz de operación	1	Fusión y corte
MANDO	Selectores de 2 posiciones	Selector encendido y apagado	2	Fusión y corte
INTERFAZ	Luz piloto	Guía visual	3	Fusión y corte
PROTECCIÓN	Contactador	Proteger cargas	2	Fusión y corte
PROTECCIÓN	Disyuntor	Proteger circuito	1	Fusión y corte
PROTECCIÓN	Fusibles	Proteger maquina	2	Fusión y corte
PROTECCIÓN	Unidad de mantenimiento neumático	Protección regulación neumática	1	Corte
SENSOR	Temperatura	Detectar temperatura	2	Fusión
SENSOR	Proximidad	Detectar material	1	Corte

3.2.1 Voltaje de alimentación

Para establecer el voltaje de alimentación de la máquina se realizó el análisis del siguiente parámetro. La empresa para la que se ha diseñado la máquina posee 2 tipos de acometidas que son 110 VAC y 220VAC.

Con el fin de reducir la corriente eléctrica circulante por los elementos como son Motor, Resistencia Eléctrica, Elementos de protección, Cable, entre otros se ha establecido un voltaje de 220VAC.

Selección: Alimentación 220VAC

3.2.2 Resistencia eléctrica

Por el diseño mecánico ya establecido se requiere de una resistencia de tipo indirecta que permita calentar una superficie de aluminio por el método de conducción de 42 cm x 28 cm a una temperatura máxima de 190 °C a 200°C. Para la elaboración de la resistencia es necesario conocer la potencia necesaria para disipar el calor óptimo en el punto de fusión, dato que ha sido realizado y entregado por el Ingeniero en Colaboración quien entrega el siguiente cuadro técnico mostrado en la tabla 9.

Tabla 9

Potencia necesaria para calentar los platos de fusión

Potencia Necesaria para alcanzar la temperatura de 190 a 250	679,08 [W]
Pérdidas de Potencia	553,59[W]
Potencia total del Plato	1232,68 [W]
Número de Platos	2
Potencia total	2465,36 [W]

Con el valor de la potencia necesaria que debe tener la resistencia, para transmitir el calor óptimo a través de la plancha se procede a realizar el cálculo del Alambre de Nicromo necesario, donde se tiene:

Datos de diseño

Potencia Requerida =1000 W

Voltaje de Alimentación = 220 VAC

Diámetro de Alambre seleccionado = 1,6 mm

Resistividad del alambre de acuerdo a la Figura 10 =0,53 $\frac{\Omega}{m}$

$$P = V \times I$$

$$I = \frac{P}{V} = \frac{1000 \text{ w}}{220 \text{ v}}$$

$$I = 4,85 A$$

$$V = I \times R$$

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

$$R = \frac{220 V}{4,85 A}$$

$$R = 48,03 \Omega$$

$$L = R \times \rho$$

$$L = 48,03 \Omega \times 0,53 \frac{\Omega}{m}$$

$$L = 25,44 m$$

Por diseño del plato se realiza el dimensionamiento para la Resistencia cuya forma se observa en la Figura 39.

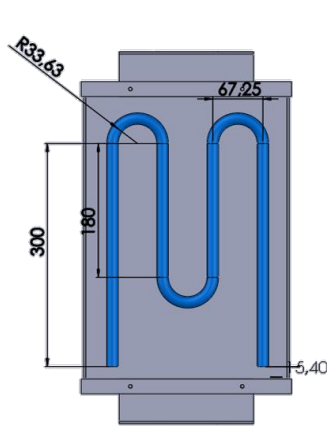


Figura 39 Diseño del plato calefactor

Dónde:

$$L_n = 2L_1 + 2L_2 + 3\pi r$$

$$L_n = (2 \times 30 + 2 \times 18 + 3 \times \pi \times 3,63) cm$$

$$L_n = 1,27 \text{ m}$$

Dando como resultado una longitud de 1,27 m.

3.2.3 Cilindro neumático

La empresa ha proporcionado un cilindro de doble efecto neumático cuyas características están expuestas en la tabla 10.

Tabla 10
Características del cilindro neumático

Criterio	Descripción
Tipo	Compacto
Carrera	50 mm
Marca	Chanto
Diámetro de la vía	¼ pulgada
Presión máxima	1MPa
Diámetro Vástago	20mm

Selección: Cilindro de doble Efecto

3.2.4 Motor eléctrico para fusión

Para realizar el dimensionamiento del motor para mover las bandas de fusión se debe determinar el torque y la velocidad necesaria para realizar el movimiento del material, para eso se debe realizar un diseño del sistema de transmisión aplicado que se muestra en el diagrama de la figura 40.

Diseño de la transmisión

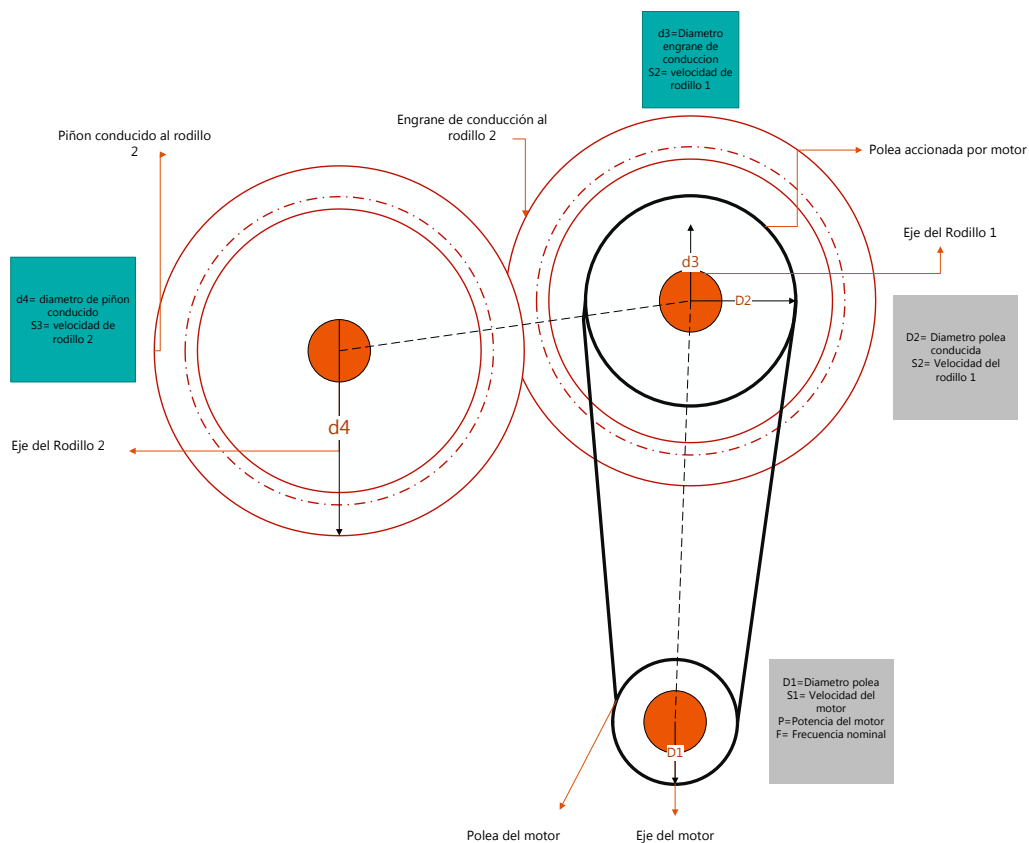


Figura 40 Modelo de transmisión mecánica

Para el diseño de transmisión se aplica el sistema de poleas y bandas por la posición del moto reductor. Para invertir el giro de los rodillos que acciona la banda superior e inferior se aplica una transmisión de Piñon - Engrane donde el diámetro $d3$ y $d4$ deben ser iguales y el paso el mismo para transmitir la misma velocidad y torque, esto se lo ha aplicado de acuerdo al diseño mecánico, bandas y poleas comerciales con el fin de obtener la reducción del velocidad deseada.

Como uno de los principales requerimientos de la maquina es la velocidad de fusión variable esta entre 8 a 12 metros por minuto se debe transformar a rpm para realizar los cálculos.

Si el Diámetro del rodillo es

$$d_{rodillo} = 57,7 \text{ mm}$$

El perímetro será:

$$p_{rodillo} = \pi d$$

$$p_{rodillo} = \pi 0,0577 \text{ [m]}$$

$$p_{rodillo} = 0,18 \text{ [m]}$$

Lo que se entiende que cada revolución del rodillo se tiene que la banda avanza 0,18 m.

Con esto se puede encontrar el número de revoluciones necesarias para estar en la velocidad mínima requerida.

$$\begin{array}{l} 0,18 \text{ m} - - - - - 1 \text{ rev} \\ 8 \text{ m} - - - - - x \end{array}$$

$$x = \frac{8 \text{ m} \times 1 \text{ rev}}{0,18 \text{ m}}$$

$$x = 44 \text{ rpm}$$

Mediante un dinamómetro se ha medido la fuerza que debe ejercer el rodillo a la banda para realizar todo el movimiento obteniendo el siguiente resultado.

$$F_{dinamometro} = 80 \text{ N}$$

A partir de 80 N ya se observa una reacción de movimiento por lo que se establece esta medida de fuerza como mínima a ser aplicada.

Haciendo uso de la siguiente fórmula se encuentra el torque requerido en el rodillo para mover la banda de fusión que es:

$$\tau_{rodillo} = F \times r_{rodillo}$$

$$\tau = 80 \text{ [N]} \times 0.0288 \text{ [m]}$$

$$\tau = 2,30 \text{ [Nm]}$$

Para seleccionar el motor ideal dentro de lo comercial se ha basado en un catálogo de siemens figura 41, encontrando motores con potencias que van desde 0,8 HP de 2 polos y velocidad de 3400 rpm por lo que analizando el Torque que posee el motor mediante la siguiente fórmula se tiene:

$$\tau_{motor} = 0,8 \times \frac{5252}{3400 \text{ rpm}}$$

$$\tau_{motor} = 1,15 \text{ lb. pie}$$

$$1 \text{ [Nm]} \text{ --- --- --- } 0,738 \text{ lb. pie}$$

$$x \text{ --- --- --- } 1,15 \text{ lb. pie}$$

$$\tau_{motor} = 1,55 \text{ [Nm]}$$

ESPECIFICACIONES NOMINALES PARA MOTORES TRIFÁSICOS ESTÁNDAR 1LA7 Y 1LAS 60Hz														
Tipo	Frame IEC	Potencia		Factor de Servicio	Corriente Nominal [A]		Eficiencia η	Factor de Potencia	Velocidad Nominal	Torque Nominal	Torque de Arranque	Corriente de Arranque	Peso Neto [M3]	Rodamientos
		HP	Kw		440V	220V								
MOTORES DE 2 POLOS, 3600 RPM														
1LA7 070-2YA60	71	0.8	0.6	1.15	2.4	1.2	77.4	0.79	3430	1.56	2.7	6	6.0	6202 2Z C3 / 6202 2Z C3
1LA7 073-2YA60	71	1	0.7	1.15	3.5	1.75	62.8	0.89	3320	2.15	2.5	4.7	6.0	6202 2Z C3 / 6202 2Z C3
1LA7 080-2YA60	80	2	1.1	1.15	5.3	2.65	69.2	0.80	3370	3.17	1.8	3.7	8.4	6004 2Z C3 / 6004 2Z C3
1LA7 083-2YA60	80	2	1.5	1.15	6.2	3.1	73.4	0.86	3410	4.18	3.3	6.3	10	6004 2Z C3 / 6004 2Z C3
1LA7 090-2YB60	90 L	2.4	1.8	1.15	3.5	7	81.0	0.82	3460	4.9	2.4	5.5	11.7	6205 2Z C3 / 6004 2Z C3
1LA7 093-2YB60	90 L	3	2.2	1.1	4.5	9	82.3	0.79	3450	6.2	2.7	5.7	14.6	6205 2Z C3 / 6004 2Z C3

Figura 41 Catálogo comercial de motores Siemens Serie LA7

Fuente: (Siemens,2016)

Por el diseño mecánico se tiene poleas de transmisión desde el eje del motor D1= 5 cm, al rodillo 1 D2= 10 cm, tomando en cuenta la relación que existe entre el torque y la velocidad y haciendo uso de la siguiente fórmula determina la velocidad y el torque obtenido en el eje principal.

$$D_1 \times S_1 = D_2 \times S_2$$

$$5 \text{ cm} \times 3400 \text{ rpm} = 10 \text{ cm} \times S_2$$

$$S_2 = \frac{5 \times 3400}{10} = 1700 \text{ rpm}$$

$$3400 \text{ rpm} \text{ --- } 1,55 \text{ Nm}$$

$$1700 \text{ rpm} \text{ --- } x$$

$$\tau_{eje} = 3,1 \text{ Nm}$$

Haciendo el análisis para el uso de un control V-F lineal de velocidad con el variador de frecuencia, se observa que la mínima velocidad obtenida en el eje es mucho mayor que la requerida.

$$1700 \text{ rpm} \text{ --- } 60 \text{ Hz}$$

$$x \text{ --- } 5 \text{ Hz}$$

$$V_{eje} = 141 \text{ rpm}$$

El torque de un motor de 3/4 de Hp está por debajo del valor requerido sin embargo con el sistema de transmisión se logra obtener el torque necesario para mover las bandas, aunque se encuentra con otro problema el cual es: que la velocidad de salida en el eje, por lo que será necesario hacer uso de una caja reductora de velocidad, recordando que al hacer uso de esta se incrementa sustancialmente el torque.

La caja reductora seleccionada para el motor 1LA7 070- 2YA60 seleccionado, tiene las siguientes características mostradas en la tabla 11, obtenidas de la figura 42.

Tabla 11

Características del motor reductor

Marca	Motor vario
Serie	NMRV 050
Potencia	0,5 – 1 HP
Velocidad de entrada Max	3600

Relación de reducción i 7,5

Torque máximo 80 N.m

Worm Gear Reducer Ratings - Input Speed 3500 rpm							
Maximum Torque lbs*in	Output Speed RPM	Exact Ratio i	Maximum Power HP	OHL		Gear Reducer	
				Output Shaft lbs	Input Shaft lbs	Motorized Input	Shaft Input
67	700	5	0,84	73	-	NMRV025	-
67	467	7,5	0,57	83	-	NMRV025	-
76	350	10	0,49	92	-	NMRV025	-
76	233	15	0,34	105	-	NMRV025	-
76	175	20	0,27	115	-	NMRV025	-
76	117	30	0,19	132	-	NMRV025	-
76	88	40	0,15	146	-	NMRV025	-
76	70	50	0,13	157	-	NMRV025	-
67	58	60	0,10	167	-	NMRV025	-
101	700	5	1,26	99	26	NMRV030	NRV030
109	467	7,5	0,93	113	28	NMRV030	NRV030
109	350	10	0,70	125	31	NMRV030	NRV030
109	233	15	0,49	143	31	NMRV030	NRV030
101	175	20	0,36	157	33	NMRV030	NRV030
134	140	25	0,40	169	47	NMRV030	NRV030
126	117	30	0,32	180	47	NMRV030	NRV030
118	88	40	0,24	198	29	NMRV030	NRV030
109	70	50	0,19	213	29	NMRV030	NRV030
101	58	60	0,16	226	28	NMRV030	NRV030
92	44	80	0,12	249	29	NMRV030	NRV030
202	700	5	2,49	190	45	NMRV040	NRV040
235	467	7,5	1,96	218	52	NMRV040	NRV040
244	350	10	1,54	240	61	NMRV040	NRV040
261	233	15	1,14	274	65	NMRV040	NRV040
244	175	20	0,82	302	46	NMRV040	NRV040
235	140	25	0,65	325	53	NMRV040	NRV040
286	117	30	0,69	346	79	NMRV040	NRV040
261	88	40	0,50	381	79	NMRV040	NRV040
252	70	50	0,41	410	79	NMRV040	NRV040
235	58	60	0,33	436	79	NMRV040	NRV040
210	44	80	0,24	479	79	NMRV040	NRV040
193	35	100	0,19	517	79	NMRV040	NRV040
378	700	5	4,61	261	63	NMRV050	NRV050
437	467	7,5	3,60	299	73	NMRV050	NRV050
454	350	10	2,83	329	85	NMRV050	NRV050
479	233	15	2,06	377	90	NMRV050	NRV050

Figura 42 Características del moto reductor a 3500 rpm

Fuente: (Motovario, 2016)

Al disminuir la velocidad del motor con el variador de frecuencia mediante un control V/F se recuerda que la potencia y torque disminuyen, lo que significa que el torque en el eje también disminuye, aun con este análisis el torque generado por el motor reductor está por encima del valor requerido por lo que no se tendrá ningún problema, en la tabla 12 se muestra la relación velocidad/frecuencia.

Tabla 12
Relación de velocidad y frecuencia de acuerdo al sistema de transmisión.

Velocidad motor	Velocidad motor reductor	Velocidad eje	Frecuencia
3400	453	225	60hz
660	88	44	x

$$\begin{aligned}
 3400 \text{ rpm} & \text{ --- } 60 \text{ Hz} \\
 660 \text{ rpm} & \text{ --- } x \\
 F_{\text{Variador}} & = 11,64 \text{ hz}
 \end{aligned}$$

Analizando los cálculos con el sistema de transmisión, motor reductor, motor y variador se observa que se obtiene la velocidad mínima y el torque necesario para el sistema al usar el motor a una frecuencia de 11,64 Hz en Control V-F.

Selección: Motor trifásico Siemens 1LA7 070- 2YA60 y Motor Reductor Motorvario MNRV 050

3.2.5 Motor eléctrico para corte

Para la selección del motor que acciona el rodillo de arrastre para el corte, se analiza el principal requerimiento del corte el cuál es la Precisión, donde se encuentran 2 opciones que cumplen con este requerimiento que son; hacer uso de un servo motor o un motor a pasos. Recordando que la diferencia económica entre un motor a pasos y un servomotor es considerable.

Por el tema presupuesto económico resulta mucho más conveniente hacer uso de un motor a pasos por lo que los cálculos se realizará para seleccionar un motor de este tipo. Para estos motores se necesitan 2 criterios de selección los cuales son el torque y la corriente nominal debido a que es necesario hacer uso de un driver controlador que depende de la corriente del motor. Teniendo en cuenta estos criterios se tiene como datos que el material a arrastrar no tiene mucho peso por lo que se considera una fuerza mínima de 10 N.

$$\tau_{rodillo} = F \times r_{rodillo}$$

$$\tau = 10 \text{ [N]} \times 2,17 \text{ [cm]}$$

$$\tau = 21,7 \text{ [N.cm]}$$

Este valor de Torque es el necesario en el eje de arrastre, y como por diseño mecánico el eje del motor está directamente conectado al eje del rodillo se seleccionará un motor que esté por encima de este torque calculado.

Para lograr el principal requerimiento del corte el cual es la precisión se debe determinar el paso del motor. Para este cálculo se hará uso de Ingeniería inversa es decir partiendo del valor comercial del motor a pasos se establece el más idóneo.

La gran mayoría de motores a pasos comerciales poseen un paso de 1,8 grados es decir 200 pasos por revolución, recordando que esto se puede variar con un driver. El driver seleccionado es el driver Polulu A4988 cuya hoja de datos se encuentra en el Anexo 3.

MS1	MS2	MS3	Microstep Resolution	Excitation Mode
L	L	L	Full Step	2 Phase
H	L	L	Half Step	1-2 Phase
L	H	L	Quarter Step	W1-2 Phase
H	H	L	Eighth Step	2W1-2 Phase
H	H	H	Sixteenth Step	4W1-2 Phase

Figura 43 Tabla de verdad de resolución de micro paso con A4988

Fuente: (Allegro,2016)

De acuerdo a la Figura 43 se puede analizar que al hacer uso de la configuración de $\frac{1}{16}$ paso se obtiene 3200 pasos por revolución o $0,1125^\circ$ que accionado al rodillo de arrastre se obtiene una precisión de:

$$\text{Arrastre}_{\text{rodillo}} = \theta \text{ en rad} \times r_{\text{rodillo}}$$

$$\text{Arrastre}_{\text{rodillo}} = 0,1125^\circ \times 21,7 \text{ [mm]}$$

$$\text{Arrastre}_{\text{rodillo}} = 0,0042 \text{ [mm]}$$

Buscando dentro de lo comercial motores de 1.8° y 200 pasos se han encontrado los siguientes motores donde se analizará sus características principales y se seleccionará el más idóneo.

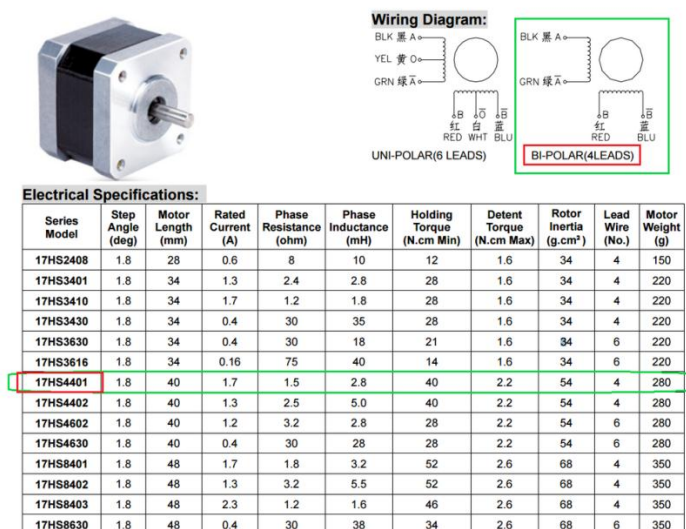


Figura 44 Catálogo de motores a paso nema 17

Fuente: (Ebay, 2016)

En la Figura 44 se observa que el motor que cumple con el torque necesario es el 17HS4401 por lo que se selecciona ese motor como el ideal para arrastrar el material a cortar.

3.2.6 Válvula electro neumática

Para la selección de la válvula electro neumático se ha tomado en cuenta los siguientes criterios de la tabla13:

Tabla 13
Selección de electroválvula neumática

Criterio	Descripción
Posiciones	2 - Abierta y Cerrada
Diámetro de la vía	0,25 pulgada de diámetro del Cilindro
Número de solenoides	1
Vías	5 porque el cilindro proporcionado es de doble efecto
Retorno	Resorte

Luego de analizar los criterios de diseño neumático del sistema de corte se determinó que es necesaria una válvula electro neumática mono solenoide ya que el retorno se lo realiza automáticamente cuando haya finalizado la carrera el cilindro por ende retornará a la posición inicial de la válvula por medio de resorte, entonces su símbolo se muestra en la figura 45:

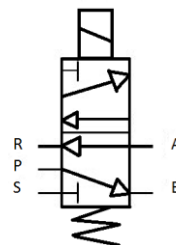


Figura 45 Símbolo de la válvula seleccionada

3.2.7 Sensor de temperatura

Para la selección del sensor de temperatura se ha tenido en cuenta los siguientes criterios mostrados en la tabla 14:

Tabla 14
Selección de sensor de temperatura

Criterio	Opción 1 Termopar	Opción 2 RTD	Opción 3 NTC
Temperatura de 200 °C	Si	Si	Si
Costo	Económico	Económico	Económico
Garantía	Si	Si	Si
Tipo de salida	mV	resistivo	resistivo
Acepta el controlador	Si	Si	Si

Después de analizar los criterios de los sensores térmicos se determinó que se puede usar cualquier tipo de sensor ya que la temperatura de trabajo se encuentra en el rango de los 3 sensores, pero por preferencia, su fácil acondicionamiento y medición, y fácil de encontrar en el mercado nacional se usará dos Termocuplas tipo J.

Sensor Seleccionado: Termopar

3.2.8 Sensor de proximidad

Para determinar el sensor de proximidad para detectar material en el proceso de corte se analizará criterios establecidos en la tabla 15.

Tabla 15
Selección del sensor de proximidad

Criterio de selección	Opción 1 Fotoeléctrico	Opción 2 Inductivo	Opción 3 Capacitivo
Material textil algodón, poliamida, poliéster	Si	No	Si
Varios espesores de material	Si	No	Si
Problemas por brillo o color del material	No	No	No

Después de comparar las opciones con los criterios, se ha determinado que la mejor opción a usar por el tipo de material es hacer uso de un sensor capacitivo.

Selección: Capacitivo.

3.2.9 Controladores de temperatura

Para la selección de un controlador de temperatura es necesario conocer la corriente que consumirá la resistencia, el rango de temperatura a controlar y el tipo de control necesario, para ello se analizará las características mostradas en la tabla 16.

Tabla 16
Selección de controladores de temperatura

Criterio de Selección	Opción 1 Delta DTB4824 CR	Opción 2 Chino S/M
Control PID y On Off	Si	Si
Corriente nominal de resistencia ≥ 5 A	Si	Si
Alarmas	Si	Si
Comunicación RS-485	Si	No
Costo económico	Si	Si

Controladores Seleccionados: Delta

3.2.10 Controladores lógico programable (PLC)

Para seleccionar un controlador lógico programable es necesario la identificación de variables y elementos de mando para contabilizar el número y tipo de entradas – salidas que requerirá el PLC.

En función al diagrama de bloques y diseño se debe considerar los siguientes requerimientos mostrados en la tabla 17:

Tabla 17
Selección de PLC

Variable o elemento	Tipo	Cantidad
Sensor capacitivo	Entrada digital	1
Sensor fin carrera	Entrada digital	1
Selector de fusión- corte	Entrada digital	1
Variador de frecuencia	Salida Análoga	1
Electroválvula	Salida digital	1

Driver a motor a pasos	Salida digital	4
Luces piloto	Salida digital	3
Pulsos del driver	Salida de pulsos	1
Comunicación pantalla HMI	RS485	1
Comunicación controlador de temperatura	RS485	2

Entradas Digitales = 3

Salidas Digitales = 8 tipo Relé

Salidas Análogas = 1

Salida de Pulsos = 1

Tipo de comunicación = RS485

Selección: Realizando la búsqueda comercial de PLC de acuerdo al factor económico se encuentra el PLC **DVP20SX211R** marca delta que cumple con todo los requerimientos de control.

3.2.11 Pantalla HMI

Para la Interfaz Humano Máquina se tomó en cuenta varios factores que se detallan en la Tabla 18 para poder seleccionar la mejor opción.

Tabla 18
Selección de pantalla HMI

Criterio	Opción 1 Delta	Opción 2 Siemens
Tamaño	Desde 4.1 pulgadas	Desde 4 pulgadas

Software	Libre	Licencia
Comunicación	RS485	Profinet, Ethernet
Cable de programación	USB	Ethernet
Costo	Medio	Alto

Analizando los criterios de selección para las 2 opciones encontradas en el mercado se procede a seleccionar la pantalla Delta por el software y la compatibilidad con el PLC anteriormente seleccionado.

Selección: Delta DOP-B03E211

3.2.12 Contactores

Los Contactores se utilizarán para activar y proteger el circuito de fuerza para lo cual se necesitan las características técnicas de las cargas.

- Carga 1= Carga 2= Resistencia de 1Kw
- Corriente nominal = 4,88 A
- Tensión de alimentación= 220 v

Para dimensionar un Contactor en función de la carga se debe analizar el tipo de carga a cuál va a ser conectada, la alimentación de la bobina, el número de contactos auxiliares, y la corriente nominal en este caso se tiene los siguientes parámetros:

- Categoría: AC1 para cargas netamente resistivas
- Alimentación de bobina: 120v
- Contactos auxiliares= ninguno
- Corriente Nominal:

$$I_n = I_{carga} \times 1,25$$

$$I_n = 4,88 \times 1,25$$

$$I_n = 6,1[A]$$

Selección: Contactor categoría AC1 a 120 [V] de 9 [A]

3.2.13 Disyuntor

Para el dimensionamiento del disyuntor es necesario encontrar la corriente nominal de todas las cargas, que están identificados en la tabla 19

Tabla 19
Selección de disyuntor

Carga	Consumo de corriente
Resistencias	10 A
Motor	2,2 A
Control	1 A
TOTAL	13,2 A

Una vez obtenida la corriente total de las cargas se procede a aplicar la Ecuación 6

$$I_n = I_{carga} \times 1,25$$

$$I_n = 13,2 \times 1,25$$

$$I_n = 16,25 A$$

Selección: Disyuntor doble de 16 A Schneider

3.2.14 Fusibles

Para el dimensionamiento de los fusibles es necesario conocer la corriente nominal de línea de la máquina, donde se obtiene:

$$I_F = K \times I_N$$

$$I_f = 1,8 \times 13,2 A$$

$$I_f = 23,76 A$$

Dentro del ámbito comercial se encuentra fusibles de 16 A que sería el adecuado para proteger cada línea de alimentación, además es necesario adquirir un porta fusibles para realizar el montaje del mismo.

Selección de Fusibles: 2 Fusibles tipo Cerámico de 16 A y un porta fusible de 2 líneas Schneider.

3.2.15 Unidad de mantenimiento neumático

Para seleccionar la unidad de mantenimiento óptima que consiste en el regulador de presión y filtro es necesario conocer la presión máxima de regulación la cual se ha propuesto sea de 150 psi con vía de ¼ pulgada.

Selección: Regulador de 150 psi Marca: Chanto.

CAPÍTULO 4. IMPLEMENTACIÓN Y PROGRAMACIÓN

4.1 Implementación del tablero de control.

4.1.1 Lista de variables de conexión

Mediante la siguiente tabla se podrá definir las marquillas a utilizar en el tablero de control, para poder identificar correctamente cada una de las conexiones de los elementos como se muestra en la tabla 20, 21.

Alimentación principal:

Tabla 20

Variables de conexión

Elemento	Variable asignada	Voltaje utilizado
Disyuntor principal	ATPD(L1)	220 VAC
	ATPD(L2)	
	ATPD(N)	
Fusible	F1(L1)	220 VAC
	F1(L2)	
Fuente 24 VDC	A24VDC(L)	110 VAC
	A24VDC(N)	

Alimentaciones equipos y elementos

Tabla 21

Variables de conexión de equipos

Elemento	Variable asignada	Voltaje utilizado
----------	----------------------	----------------------

Continúa...

Resistencia de calor 1	RC1(L1) RC1(L2)	220 VAC
Resistencia de calor 2	RC2(L1) RC2(L2)	220 VAC
Variador frecuencia	VFD(R) VFD(S)	220 VAC
Controlador temperatura 1	CT1(L) CT1(N)	110 VAC
Controlador temperatura 2	CT2(L) CT2(N)	110 VAC
PLC Delta	Vcd (+) 0 Vdc	24 VDC
Pantalla Delta	Vcd (+) 0 Vdc	24 VDC
Driver motor a pasos	Vcd (+) 0 Vdc	24 VDC

4.1.2 Armado del tablero.





Para el montaje del tablero de control se debe seguir normas establecidas para el cableado eléctrico así como la disposición de los elementos en el tablero, en la tablas 22,23y24 se muestran los códigos de colores utilizados para el cableado principal, conexiones 24 VDC y conexiones de control.

Normas para el cableado:

Alimentación principal

Tabla 22



Cableado principal

Identificador	Color	Tipo de Alimentación
L1	 Negro	220 / 110 VAC, 2 fases y Neutro.
L2	 Rojo	
N	 Blanco	
Tierra	 Verde	Conexión a Tierra

Alimentación 24VDC

Tabla 23



Cableado de 24VDC

Identificador	Color	Tipo de Alimentación
Vdc (+)	 Rojo	24 VDC
0 Vdc (-)	 Negro	

Señales de control

Tabla 24

Cableado de Control

Identificador	Color	Tipo de Alimentación
Señales	 Azul	Señales lógicas de control
0 V	 Negro	

Distribución de elementos:

No existe normas que indique de manera concreta como ubicar los elementos dentro del tablero de control, pero existen sugerencias que se deben tomar en cuenta para logra una distribución que sea ergonómica y adecuada.

Ubicación de elementos:

Para los diferentes elementos que intervienen en el tablero se debe considerar lo siguiente:

- Los elementos de protección como fusibles, disyuntores y fuentes deben ubicarse en la parte superior del tablero con la finalidad que se pueda distribuir con mayor facilidad alrededor de este.
- Los equipos de control se los debe ubicar procurando que tengan una distancia adecuada entre elementos para la disipación de calor usualmente se los coloca en la parte superior.
- Los actuadores como Contactores, y equipos como variadores de frecuencia usualmente se los coloca en la parte inferior del tablero ya que de estos salen las conexiones a los elementos finales como las resistencias de calor y motores trifásicos.
- Las canaletas se debe colocar de tal forma que rodee a los elementos para que los conductores eléctricos puedan ser distribuidos a lo largo y ancho del tablero y no sean totalmente visibles.
- Las marquillas deben ser claras y deben indicar de donde viene y hacia dónde va el conductor eléctrico conectado.

Tomando en cuenta las recomendaciones anteriores se procede armar el tablero de control donde el tablero de control tiene las siguientes medidas: 400x400x200 mm, como se observa en la figura 46.

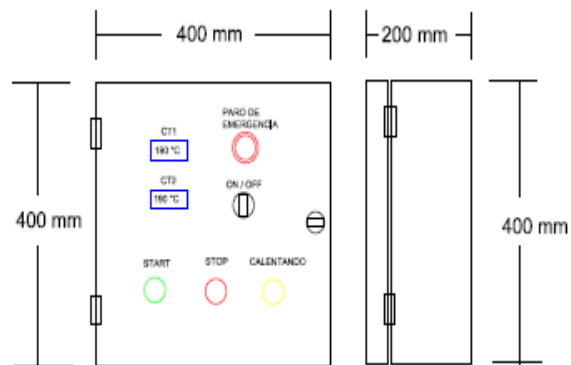


Figura 46 Dimensiones en mm del diseño del tablero

La distribución de los elementos internos del tablero se lo realizó de la siguiente manera, todos estos están sujetos sobre riel Dim, a excepción del variador de frecuencia que su anclaje se lo realizó con tornillos auto perforantes:

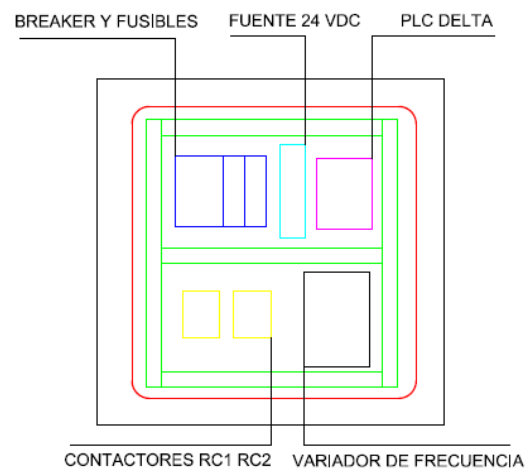


Figura 47 Vista interior de diseño del tablero

Como se puede observar la distribución se la hizo de acuerdo a las recomendaciones establecidas anteriormente, en el esquema de la Figura 47 se observa como recuadros los elementos donde cada color representa un dispositivo o elemento como se indica en la tabla 25:

Tabla 25

Descripción de equipos interiores

Elemento	Color
Canaletas	Verde
Disyuntor y fusibles	Azul
Fuente de 24 Vdc	Celeste
PLC delta	Magenta
Contactores	Amarillo
Variador de frecuencia	Negro

Para los elementos externos de mando y visualización se requiere sujetarlos en la puerta del tablero por lo cual es necesario distribuirlos de la siguiente manera:

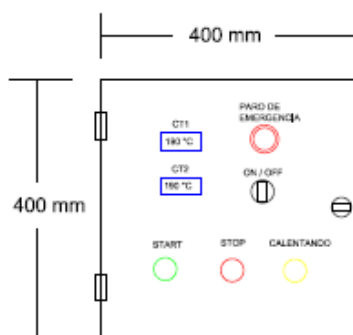


Figura 48 Diseño final del tablero de control

Como se puede observar la distribución se la hizo de acuerdo a las recomendaciones establecidas anteriormente, en el esquema de la Figura 48 se observa los elementos donde cada color representa un indicador o elemento de mando como se muestra en la tabla 26:

Tabla 26
Descripción de equipos exteriores

Elemento	Color
Botón paro de emergencia	Rojo
Controladores de Temperatura	Azul
Switch ON/OFF	Negro
Indicador Start	Verde
Indicador Stop	Rojo
Indicador Calentando	Amarillo

Cableado del tablero

La conexión de los elementos del tablero se realizó en base a los planos desarrollados en el capítulo 3, cumpliendo con las normas establecidas en relación al código de colores tanto en alimentación como en control.

Implementación del Tablero

- En primera instancia se procede a cortar y sujetar las canaletas en el doble fondo del tablero de acuerdo al diseño realizado como se observa en la figura 49.



Figura 49 Doble fondo del tablero

- Se procede a sujetar los elementos mediante la riel Dim, y a la vez el variador de frecuencia mediante tornillos auto perforantes figura 50



Figura 50 Distribución de equipos de control

- Se procede a sujetar los elementos y dispositivos como se observa en la figura 51:



Figura 51 Vista interior de tablero implementado

- Se marca la parte frontal del tablero para realizar las perforaciones pertinentes de cada uno de los elementos que se va a colocar, y se sujeta cada uno de los elementos figura 52.



Figura 52 Vista exterior de tablero implementado

- Se empieza a implementar el cableado de acuerdo a los planos eléctricos previamente realizados empezando por la etapa de fuerza para continuar con la etapa de control figura 53.



Figura 53 Cableado del tablero

- Se realizan pruebas de continuidad para verificar que este bien conectado y evitar posibles cortocircuitos y daños en los elementos. Posterior a las pruebas se debe cerrar canaletas y el tablero quedará listo como se indica en la figura 54.

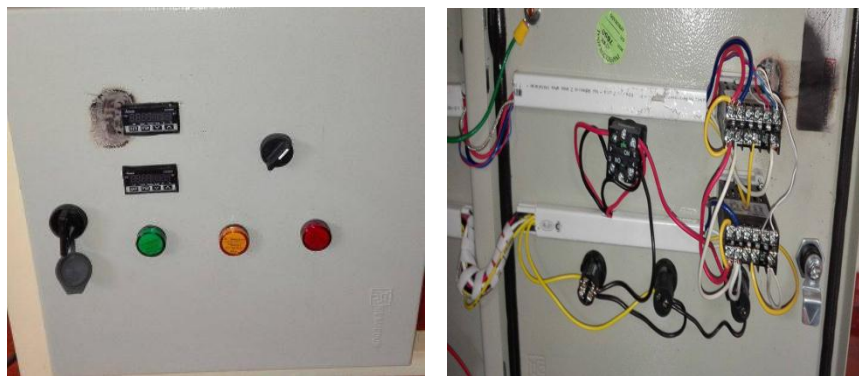


Figura 54 Vista y Cableado exterior del tablero

4.2 Cálculos de Control

4.2.1 Teoría de control aplicada en temperatura para fusión

Para seleccionar el controlador adecuado para la aplicación se han analizado los siguientes criterios:

- La temperatura de fusión no necesariamente es fija, debe mantenerse en un rango de acuerdo al espesor y tipo de material.
- La temperatura y la velocidad de la Banda son directamente proporcionales.

De acuerdo a estos criterios se ha optado por aplicar un controlador on/off con banda de histéresis cuyo diagrama de bloques se expresa en la Figura 55

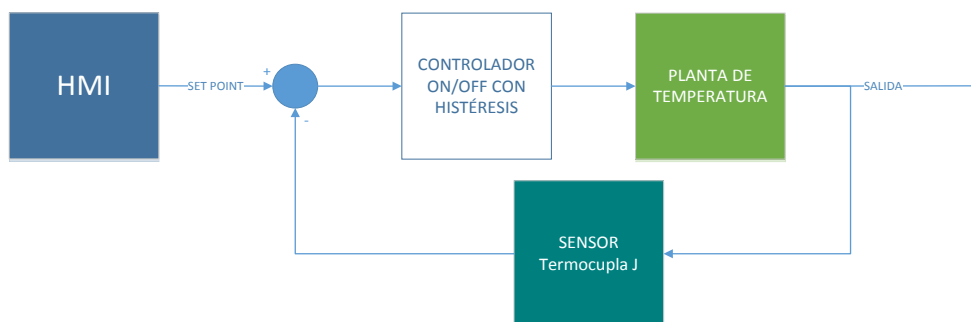


Figura 55 Diagrama de Control de Fusionadora

Control On-Off con histéresis

El proceso de fusión tiene como principal variable la temperatura, ya que mediante calor se podrá lograr la correcta fusión de la tela y el pellón, al ser un proceso lento y además no se requiere tener una gran exactitud se puede utilizar este tipo de controlador, el rango de temperatura de fusión esta entre los 120 y 200 °C.

Como su nombre lo indica este tipo de control puede tomar dos valores encendido o apagado que se lo puede representar con los valores lógicos “1” o “0”, su principal inconveniente es que estará conmutando la salida repetitivamente lo cual podría dañar los actuadores que este controlando. Razón por la cual se debe incluir una banda de histéresis.

Histéresis:

La histéresis está definida por una banda que contiene al set-point definido es decir se tiene un límite superior sobre el set-point donde se desactivará el actuador, y un límite inferior bajo el set-point donde se volverá a activar el actuador esto hace que ya no sea tan seguido la conmutación y dará más tiempo de vida útil a los actuadores.

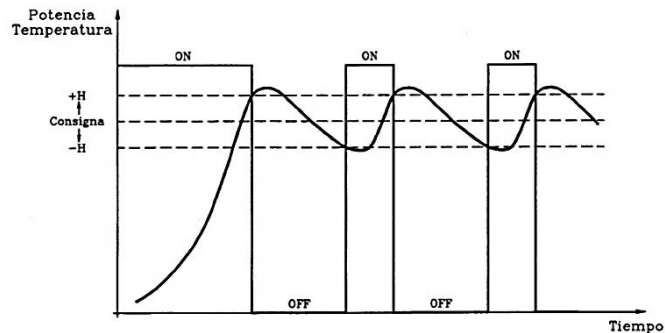


Figura 56 Explicación de Histéresis

Como se puede observar en la Figura 56 la activación y desactivación del actuador se hace cuando está sobre o bajo la banda de histéresis.

4.2.2 Parámetros de temperatura en fusionadora

El proceso de fusión diseñado consta de dos etapas de calentamiento una de entrada que cumple la función de precalentamiento y una de salida la cual realizará la fusión del pellón y la tela, distribuida como muestra Figura 57.

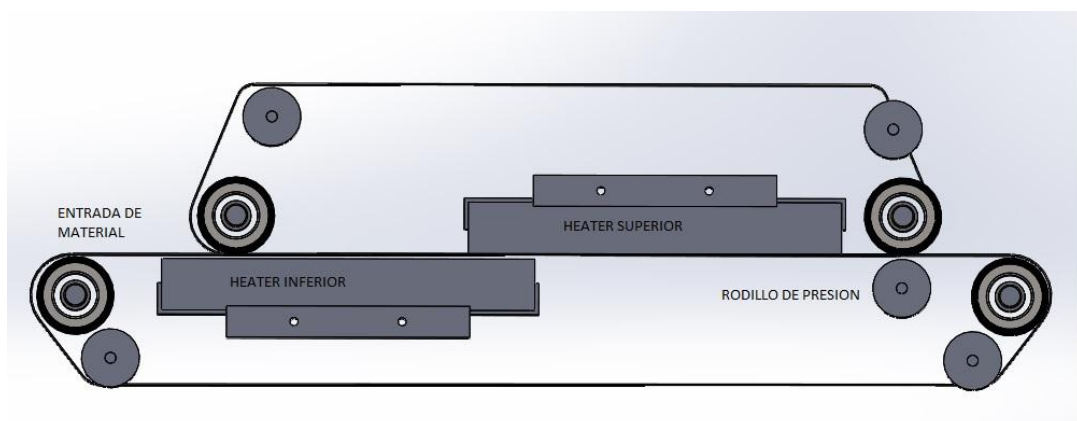


Figura 57 Diseño de la fusionadora

Para realizar el control se necesita medir la temperatura en el área de trabajo, razón por la cual las termocuplas están ubicadas para que sense la temperatura de las

bandas tanto superior e inferior como se observa en la figura 58, 59, ya que de estas dependerá que la temperatura de fusión supere los 110 °C que es el rango mínimo para que el pellón y la tela se peguen correctamente.

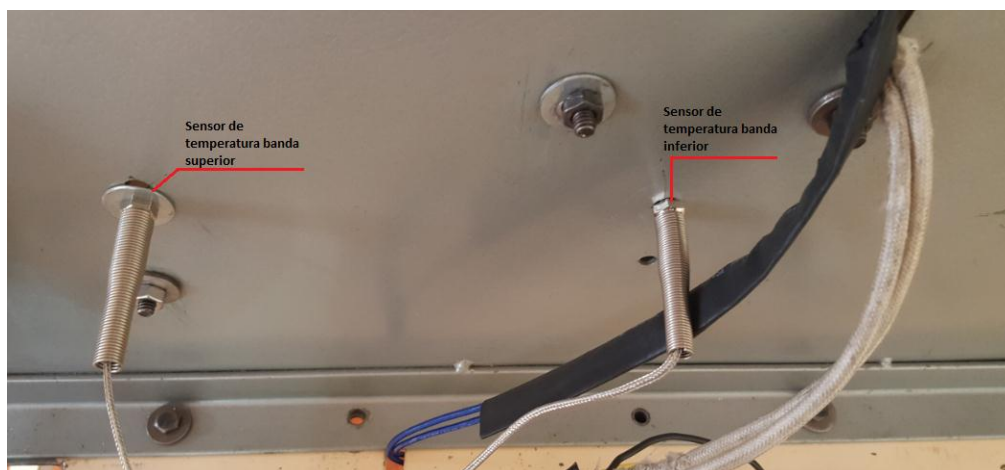


Figura 58 Vista exterior de termocuplas Implementadas



Figura 59 Ubicación de Sensores de fusión

El control utilizado para las dos etapas es el mismo, por lo cual es necesario otorgar una banda de histéresis adecuada, para este fin se va a utilizar controladores

de temperaturas ya descritos y seleccionados en el capítulo 3 la programación de estos equipos se los describirá en el capítulo 5, a continuación se muestran los parámetros de cada etapa que irán programados en los controladores de temperatura como se indica en la tabla 27:

Tabla 27
Parámetros de fusión

Etapa de precalentamiento	
Sensor	Termocupla tipo J
Set-Point	100 °C
Histéresis superior	0 °C
Histéresis inferior	1 °C
Temperatura Máxima	250 °C
Etapa de fusión	
Sensor	Termocupla tipo J
Set-Point	100 °C
Histéresis superior	0 °C
Histéresis inferior	1 °C
Temperatura Máxima	250 °C

Estos parámetros pueden cambiar dependiendo del resultado de las pruebas de funcionamiento.

4.2.3 Teoría de control aplicada en la cortadora

La teoría de control aplicada a la cortadora es un lazo abierto debido a que no se posee retroalimentación del motor y se la hace mediante el uso del driver A4988 el cual posee las características de configurar el número de pasos y dirección que necesitamos que el motor ejecute con lo que se garantiza la precisión de 2mm que se requiere, la figura 60 muestra mediante un diagrama de bloques el lazo de control de la cortadora.

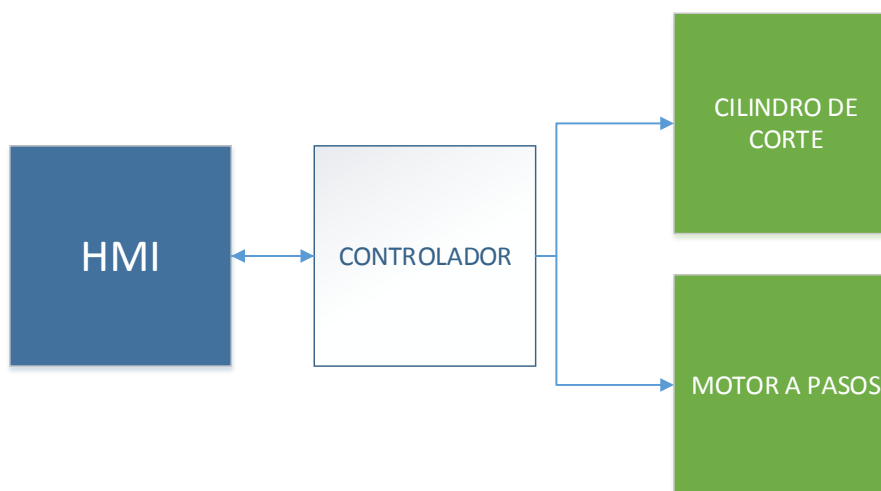


Figura 60 Diagrama de control lazo abierto de cortadora

4.2.4 Parámetros de control de distancia en cortadora

Dentro del proceso de corte los principales parámetros que recibe el controlador a través de la Interfaz HMI son:

- Cantidad de cortes a realizar
- Longitud del corte que desea

La implementación del motor a pasos seleccionado para la cortadora muestra la figura 61 donde se observa que el eje del motor está acoplado directamente al eje del rodillo de arrastre del material.



Figura 61 Acople eje rodillo a motor NEMA 17

La utilización del driver A4988 haciendo uso de la configuración 3 para MS1, MS2, MS3 mostrada en la figura 62 denota la siguiente información.

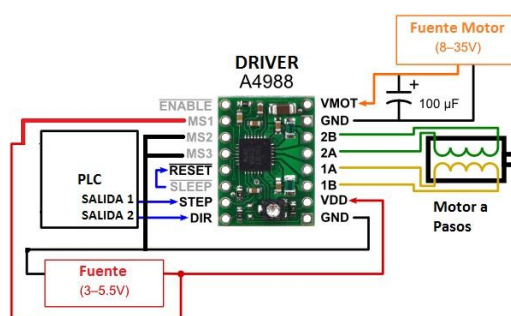


Figura 62 Conexión del Driver A4988 al motor

- La Resolución del motor es de un cuarto de paso, que significa que el motor da 800 pasos por revolución.
- El radio del rodillo de arrastre es igual a 21.25 mm por lo que su perímetro es:

$$L = 2\pi r$$

$$L = 2\pi 21,25 \text{ mm}$$

$$L = 133,35 \text{ mm}$$

Si se divide la longitud para el número de pasos se obtiene la distancia por paso que avanza el rodillo.

$$L_p = \frac{133,35}{800} mm$$

$$L_p = 0,1668 mm$$

De acuerdo a este cálculo se necesita 6,25 pasos para arrastrar 1 mm el material con error de 0 mm.

Como el motor no puede dar 0,25 pasos se realiza el cálculo para 6 pasos obteniendo:

$$L = 6 \times 0,1668 mm$$

$$L = 1,001 mm$$

$$e_1 = 0,001 mm$$

El error en 1 mm es de 0,001mm, a medida que sube la longitud aumenta el error por lo que al establecer 20 cm de corte se obtiene 2 mm de error superior, por lo que para la aplicación es despreciable. De esta manera el control queda establecido por la siguiente fórmula:

$$N_p = L \times k$$

Ecuación 6 Fórmula de control de pasos en función de la distancia

Dónde:

N_p = Número de pasos a ejecutar

L = Longitud a cortar en mm

$$k = 6 \frac{\text{pasos}}{\text{mm}}$$

4.3 Programación del PLC.

La programación del PLC Delta DVP SX2 se la realizó a través del software ISP Soft 2.05 que es de versión libre y se la puede encontrar en la página principal de Delta. El lenguaje de programación utilizado fue Ladder o escalera siguiendo el flujo de programación que describe la figura 63 y las variables descritas en la Tabla 28.

Tabla 28

Tabla de Variables de Programación

Identificador	Tipo	Función
Config_ESA,D1115	D111	Registro configuración entrada y salidas
	5	análogas
SALIDA_CH0	D111	Registro de salida análoga canal 0
	6	
Temp1_HMI	D1	Muestra la temperatura de setpoint de fusión
Temp2_HMI	D3	Muestra la temperatura actual de fusión
Star_stop_fusión_HMI	M1	Inicia o detiene el proceso de fusión
Encender_CT12	Y3	Enciende los controladores de temperatura con la salida y3
Frecuencia_inicial	D30	El proceso de fusión inicia en una frecuencia de 7%
Frecuencia_escalada	D34	Muestra el valor escalado a enviar a la salida

		análoga
Frecuencia_HMI	D20	Ingresar la frecuencia desde la pantalla HMI
Calentando	M15	Indicador cuando las resistencias de calor están activadas
Banda_fusion	M16	Indicador cuando la banda está activada
Temp_optima	M17	Indicador temperatura para empezar a fusionar
Alarma_Temp_Alta	M10	Alarma cuando la temperatura supera los 200 °C
Alarma_falta_material	M11	Alarma cuando no hay material para realizar corte.
Presencia_Material	M20	Indica la presencia de material de corte
Start_stop_corte	M30	Inicia o detiene el proceso de corte
Longitud_corteHM	D22	Ingresar la longitud deseada a cortar
Cantidad_cortesHMI	D24	Ingresar la cantidad de cortes a realizar
Activa_EV	Y1	Activa la cuchilla para realizar corte
Cantidad_cortada	D9	Muestra el valor de cortes realizados
Longitud_HMI	D7	Muestra la longitud que se está cortando actualmente
Activo_motorC	Y0	Activa el motor para el corte

Continúa...

Activa_banda	Y2	Activa el variador de frecuencia
Calentando_indicador	Y4	Activa el indicador situado en el tablero de control

Fuente: Propia

4.3.2 Flujo de programación

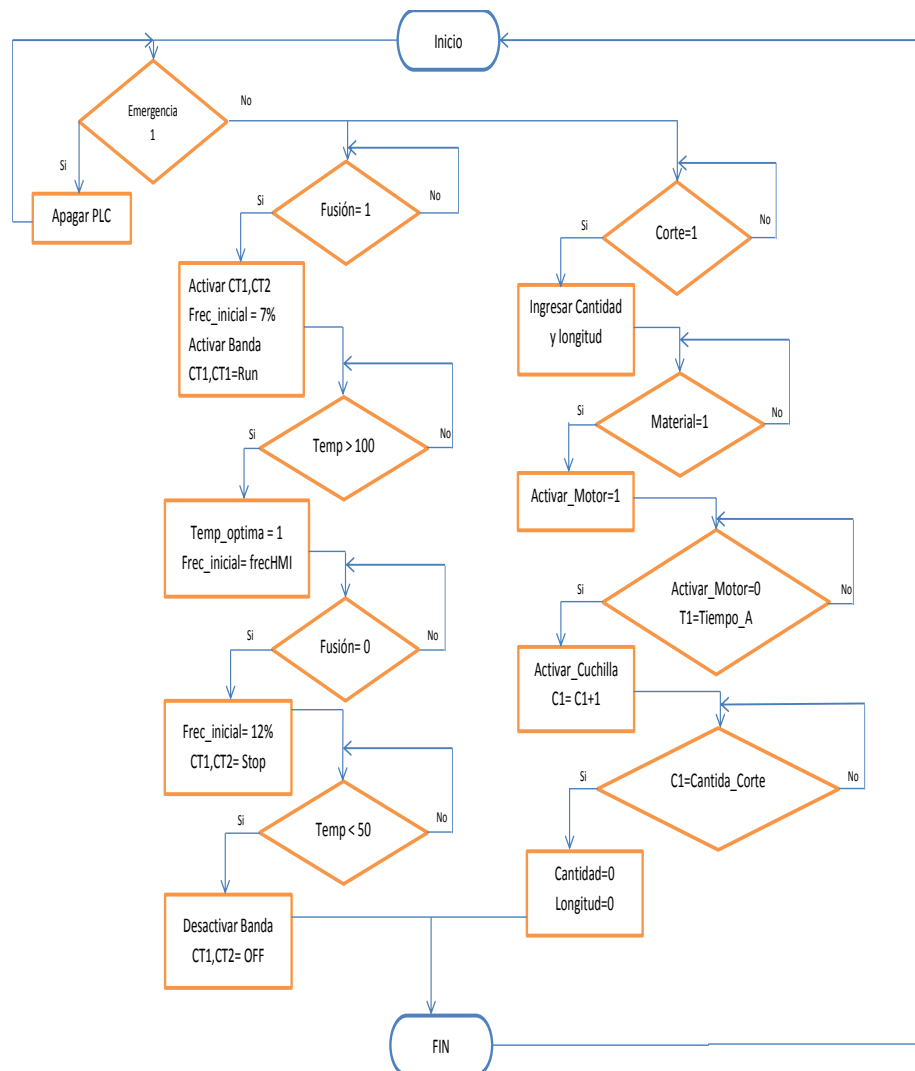


Figura 63 Flujo de programación

4.4 Comunicación de equipos RS-485

4.4.1 Teoría de comunicación RS-485

La interfaz RS485 ha sido desarrollada, de un modo análogo a la interfaz RS422, para la transmisión serial de datos a altas velocidades y a distancias grandes. En el sector de la automatización industrial la interfaz RS485 aún está muy extendida, pero está siendo desplazada lentamente por interfaces basadas en Ethernet, a continuación en la tabla 29 se detallan algunas características:

Tabla 29
Características de comunicación RS485

RS-485	
Cableado	Multipunto
Número de dispositivos	32 emisores 32 receptores
Modo de comunicación	Semiduplex
Longitud máxima	1200m a 100kbps
Velocidad máxima	100Mbps a 15 metros
Tipo de señal	Diferencial balanceada

Para la conexión de los elementos dentro de la red modbus RS-485 se debe tomar en cuenta las siguientes consideraciones las cuales servirán de guía para realizar el cableado y la conexión de los equipos.

Este tipo de comunicación acepta conexión a 2 y a 4 hilos, en este caso se va a utilizar una red de 2 hilos para el conexionado, para lo cual se utilizará como referencia la siguiente forma de conexión.

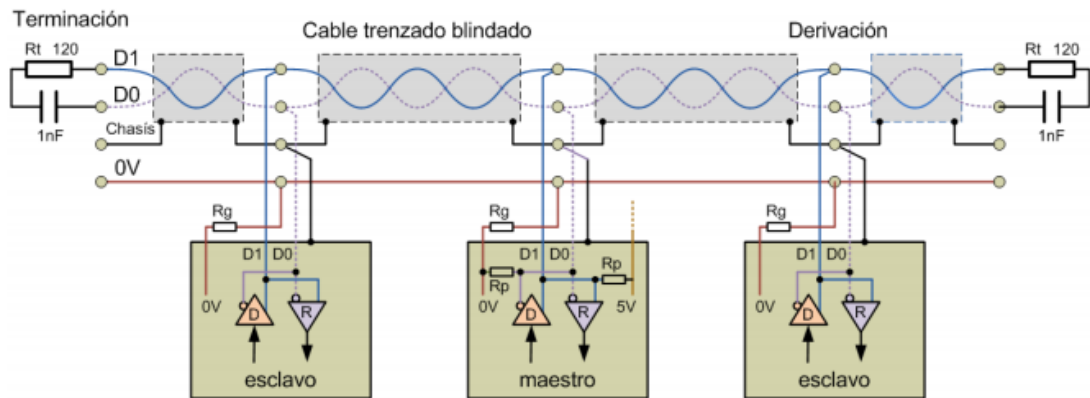


Figura 64 Diagrama de comunicación RS 485 2 hilos

Fuente: (Alincante, 2011)

La Figura 64 muestra la conexión de los dispositivos en la configuración maestro/esclavo en una red Modbus RS485 a 2 hilos, como se observa se utiliza un cable par trenzado en el cual van conectados los cables de transmisión/recepción de datos (D1, D0) con el respectivo D1 y D0 de cada dispositivo, al inicio y final de la red se debe incluir una resistencia de 120 ohmios y un capacitor de 1nF para evitar ruidos dentro de la red.

4.4.2 Diagrama de conexión de equipos.

En la Figura 65 se puede visualizar de manera gráfica como están conectados los diferentes dispositivos:

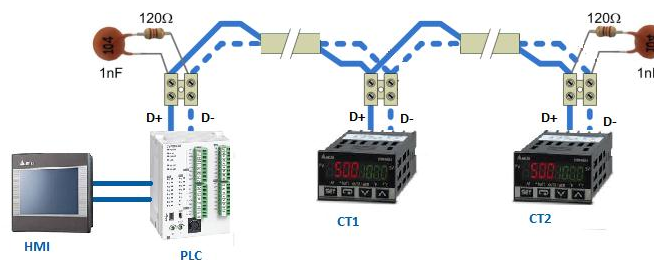


Figura 65 Diagrama de conexión de fusionadora con RS485

Fuente: Propia

- Pantalla HMI: Desde aquí se enviarán órdenes y datos de calibración hacia el PLC, los cuales servirán para controlar de manera adecuada la máquina ya sea en el proceso de fusión o en el de corte.
- PLC: Es el dispositivo master donde se realiza el procesamiento de la información enviada desde la pantalla y leída desde los controladores de temperatura a través de la red Modbus.
- Controlador de temperatura 1,2: Envían los datos de temperatura de precalentamiento y de fusión, actuales del proceso hacia el PLC para que puedan ser mostrados a través de la pantalla HMI.

4.4.3 Configuración comunicación RS-485 en PLC delta DVP20SX2

Para empezar a configurar la comunicación se debe tener en claro las características del puerto de comunicación, en este caso al COM se configurara a 9600 bps, 1 bit de paro, sin bit de paridad y 8 bits de datos, RTU. Mediante la siguiente tabla de configuración mostrada en la figura 66 se obtendrá la palabra a enviar al registro de configuración del PLC.

Content		0	1
b0	Data length	b0 = 0:7	b0 = 1:8
b1 b2	parity bit	b2, b1 = 00 : None b2, b1 = 01 : Odd b2, b1 = 11 : Even	
b3	stop bits	b3 = 0:1 bit	b3 = 1:2 bit
b7 ~ b4	b7 ~ b4 = 0001 (H1) :	110	bps
	b7 ~ b4 = 0010 (H2) :	150	bps
	b7 ~ b4 = 0011 (H3) :	300	bps
	b7 ~ b4 = 0100 (H4) :	600	bps
	b7 ~ b4 = 0101 (H5) :	1,200	bps
	b7 ~ b4 = 0110 (H6) :	2,400	bps
	b7 ~ b4 = 0111 (H7) :	4,800	bps
	b7 ~ b4 = 1000 (H8) :	9,600	bps
	b7 ~ b4 = 1001 (H9) :	19,200	bps
	b7 ~ b4 = 1010 (HA) :	38,400	bps
	b7 ~ b4 = 1011 (HB) :	57,600	bps
b7 ~ b4 = 1100 (HC) :	115,200	bps	
b8	Select start bit	b8 = 0:None	b8 = 1:D1124
b9	Select the 1 st end bit	b9 = 0:None	b9 = 1:D1125
b10	Select the 2 nd end bit	b10 = 0:None	b10 = 1:D1126
b15 ~ b11	Not defined		

Figura 66 Configuración de la palabra de control de PLC para comunicación RS485

Fuente: (Delta, 2016)

De acuerdo al requerimiento se tiene la siguiente palabra de configuración, la cual en valor hexadecimal es: H87

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1

El PLC delta posee registros especiales que se indican en la tabla 30, los cuales se deben utilizar para realizar la comunicación modbus RS-485, estos registros son:

Tabla 30

Registros internos para comunicación con PLC

Registro	Función
D1120	Configuración de la comunicación Modbus
D1129	Tiempo de espera de comunicación
M1143	Modo RTU o ASCII. ON:RTU, OFF: ASCII
M1122	Bandera de confirmación de transmisión.

A continuación se muestra en la figura 67 las líneas de código necesarias para configurar la comunicación RTU Modbus 485 en el PLC como esclavo.

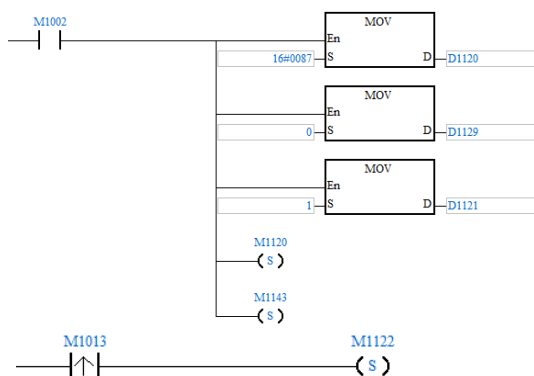


Figura 67 Código ladder para configurar la comunicación en PLC Delta

4.5 Diseño de la interfaz humano– máquina:

4.5.1 Guía ergonómica de diseño de interfaz de supervisión (GEDIS)

Se utilizó los criterios de la Guía GEDIS debido a que ofrece un método de diseño especializado en sistemas de control y supervisión industrial, además la guía GEDIS es un complemento para aquellos ingenieros técnicos que desarrollan interfaces de supervisión mediante los sistemas comerciales denominados de adquisición de datos y control supervisor SCADA.

Para el diseño de las pantallas del HMI se considera lo siguiente:

Arquitectura y navegación de pantallas:

Para iniciar con el proceso de desarrollo el diseñador debe establecer un mapa donde se definirán de manera general las diferentes pantallas con las que contará el operador para interactuar con el sistema de automatización y control.

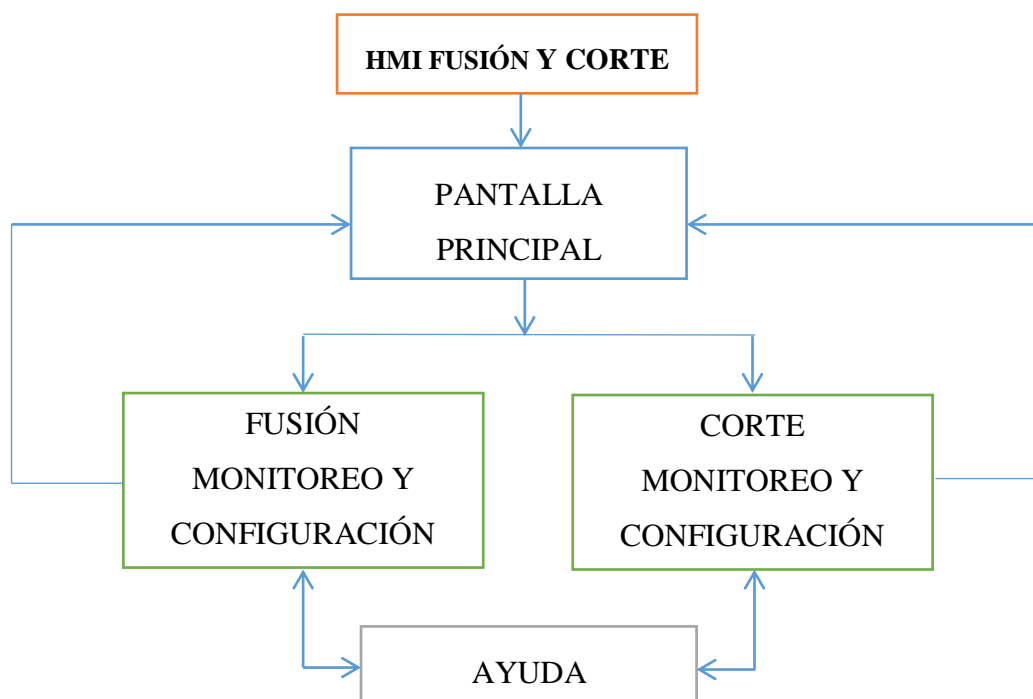


Figura 68 Arquitectura y navegación de pantallas

El diagrama de navegación de la figura 68 se describe a continuación:

- El operador ingresa a la pantalla de inicio, a continuación se dirige a la pantalla principal.
- Pantalla principal del sistema, se dirige al tipo de proceso y procede a elegir si se va a realizar fusión o corte de insumos textiles.
- En las pantallas de fusión y corte se encuentran las configuraciones de cada proceso, en donde el operador podrá ajustar los parámetros necesarios correspondientes a cada tarea a realizar.

Distribución de pantallas:

Se refiere al desarrollo de las plantillas que regirán el desarrollo de la interfaz, se deberá establecer cuantas clases de pantallas serán desarrolladas (mientras menor el número es mejor), en estas plantillas se deberán establecer los siguientes conceptos:

- Ubicación del título de la pantalla, hora, fecha y logotipo de la empresa.
- Si será utilizado, ubicación del menú del sistema
- Ubicación de las alarmas del proceso
- Ubicación del mímico del área o sub área
- Ubicación de funciones genéricas, tales como confirmación de alarmas

Las pantallas de la Interfaz Humano Máquina (HMI) tiene la siguiente distribución como se muestra en la figura 69:

1. Título Principal
2. Alarmas
3. Configuración
4. Navegación
5. Mímico
6. Indicadores
7. Operación.



Figura 69 Distribución Gráfica de la pantalla

Uso de color

El color es uno de los elementos más importantes dentro del contexto de las interfaces humano-máquina, su uso adecuado (conservador, convencional y consistente) es determinante para la generación de una excelente interfaz.

En esta fase se deben definir los siguientes estándares referidos al color:

- Color para representar el estatus de los equipos de la planta (marcha, paro, falla, manual, etc.)
- Color de los principales materiales y fluidos del proceso (agua, aire, gases, materias primas, productos terminados, etc.)
- Color de las alarmas (críticas, advertencias, mensajes, etc.)
- Color del texto en general (Títulos, etiquetas, etc.)
- Colores del fondo de la pantalla (general, de detalle, etc.)
- Color de valores de proceso (Temperaturas, presiones, niveles, etc.)

Tabla de colores utilizados

A continuación en las tablas 31, 32,33 y 34 se muestran los colores utilizados para las diferentes áreas de las pantallas, así como colores de texto e indicadores de proceso y alarmas.

Tabla 31

Colores de fondo




Elemento	Color		Rojo/Verde/Azul (RGB)
Fondo de pantalla		Arena	31/37/188
Sub-secciones		Gris Plata	238/238/238
Sinópticos y menús		Gris Plata	238/238/238

Tabla 32

Colores de estado de equipos



Elemento	Color		Rojo/Verde/Azul (RGB)
Equipo detenido		Gris Plata	238/238/238
Equipo funcionando		Verde	0/113/0

Tabla 33

Colores de alarmas







Elemento	Color		Rojo/Verde/Azul (RGB)
Críticas		Rojo	255/0/0
Leves		Amarillo	255/255/0
No alarma		Gris Plata	238/238/238

Tabla 34
Colores del texto

Elemento	Color	Rojo/Verde/Azul (RGB)
Títulos de pantallas		Azul Marino 0/64/128
Subtítulos, Sub-secciones		Azul Marino 0/64/128
Texto normal		Negro 0/0/0

Uso de Fuentes e información textual

Las características del texto que se deben definir para este fin son las siguientes: el uso de fuentes, el tamaño del texto, la alineación, el espaciamento, los acrónimos y las abreviaturas.

Fuente a utilizar – Texto normal

Fuente de Letra: Arial

Tamaño de letra: 10pt

- Fuente a utilizar – Títulos y Subtítulos

Tamaño de letra: 12pt

- Texto de Tipo Oración Siempre
- Todo el texto en el mismo Idioma

Estatus de los equipos y eventos de los procesos

En esta fase se debe definir el estándar gráfico de símbolos e íconos que representen el estatus de los diversos equipos de la planta tales como ventiladores, bombas, bandas, válvulas, filtros, etc. Así como los cambios de estado digitales (prendido/apagado de eventos que se requieren representar en las pantallas de proceso).

Alarmas:

Alarmas y mensajes se deben clasificar por prioridades en cuanto a su criticidad:

- Críticas: las cuales amenazan la seguridad de la planta y/o que pueden implicar la detención de la producción
- Leves: las cuales se pueden convertir potencialmente en situaciones críticas después de un tiempo si el evento que originó la advertencia continúa empeorando el estado del equipo. Se puede considerar también una advertencia cuando se presenta una situación que afecta negativamente la conducción óptima de la planta.

4.5.2 Interfaz gráfica

Al aplicar las normas GEDIS se tiene como resultado la siguiente interfaz, tratando de que esta sea ergonómica y fácil de usar.

- Ventana de inicial: Al encender la máquina de corte y fusión se muestra la pantalla de presentación, como se puede observar en la imagen, donde se encuentra logo de la universidad y el logo de la empresa, el operador deberá presionar del icono de home para ingresar al menú principal del sistema figura 70.



Figura 70 Pantalla de inicio

- Ventana Principal: En esta ventana se podrá elegir el proceso que se lleve a cabo, ya sea corte o fusión, además siempre se podrá visualizar las alarmas que tienen mayor relevancia en la máquina y mediante indicadores se observa el proceso que se esté ejecutando en ese momento figura 71.



Figura 71 Pantalla de Menú principal

- Ventana de fusión: Esta ventana permitirá ajustar los parámetros de configuración de la fusión, como también monitorear la temperatura de trabajo actual, permite visualizar indicadores relacionados con el proceso, además siempre se podrá visualizar las alarmas que tienen mayor relevancia en la máquina, se puede controlar el arranque y paro del proceso mediante los botones verde y rojo ubicados en la parte inferior de la pantalla, consta de un botón de ayuda mediante el cual el operador tendrá un soporte en caso de alguna duda con la operación de la máquina figura 72.



Figura 72 Pantalla de proceso de fusión

- Ventana de corte: Al igual que en la ventana anterior se puede ajustar los parámetros de configuración del corte, al igual que monitorear el trabajo realizado, permite visualizar indicadores relacionados con el proceso y mediante los botones; verde y rojo se activa o desactiva el proceso de corte, el proceso arranca cuando se han ingresado los valores de longitud y cantidad de corte y sienta presencia del material caso contrario el proceso no iniciara, si la maquina termina de realizar los cortes el proceso se detendrá automáticamente, consta de un botón de ayuda mediante el cual el operador tendrá un soporte en caso de alguna duda con la operación de la máquina, además siempre se podrá visualizar las alarmas que tienen mayor relevancia en la máquina figura 73.



Figura 73 Pantalla de proceso de corte

CAPÍTULO 5. CALIBRACIÓN DE EQUIPOS, PRUEBAS Y RESULTADOS

5.1 Calibración de equipos

5.1.1 Pirómetros

En el capítulo 4 se definió los parámetros de cada uno de los controladores de temperatura, estos serán configurados en cada dispositivo de la siguiente manera como se indica en la tabla 35:

Tabla 35
Parámetros controladores de temperatura

Etapas de precalentamiento	
Sensor	Termocupla tipo J
Set-Point	100 °C
Histéresis superior	0 °C
Histéresis inferior	1 °C
Temperatura máxima	250 °C
Etapas de fusión	
Sensor	Termocupla tipo J
Set-Point	100 °C
Histéresis superior	0 °C
Histéresis inferior	1 °C
Temperatura Max	250 °C

Para proceder a la configuración de cada uno de los controladores de temperatura estos deben estar debidamente energizados.

En primer lugar se configura el tipo de control a utilizar, el tipo de sensor y los rangos máximos de temperatura para ello se deben ingresar a la configuración inicial del controlador de esta manera:

- Mantener pulsado por más 3 segundos el botón set del controlador como se muestra en la figura 74.








Figura 74 Configuración del controlador de temperatura

- Se ingresa los datos en los siguientes registros del controlador, como se indica en la tabla 36:

Tabla 36

Parámetros de configuración de controlador de temperatura

Parámetro	Función	Valor configurado CT1	Valor configurado CT2
	Seleccionar el tipo de sensor.		
	Temperatura máxima		

Continúa...

	Tipo de controlador		
	Configuración de salidas, Heating – Cooling		
	Número de dispositivo de la red rs485		
	Velocidad de transmisión y recepción de datos		
	Longitud		
	Bit de paridad		
	Bit de stop		
	Formato de transmisión RTU o ASCII		
	Histéresis al enfriar.		
	Pone en run o stop al controlador.		

5.1.2 Variador de frecuencia

Para la configuración del variador de frecuencia se debe considerar los siguientes parámetros en base al diseño de la máquina:

- Para la operación del variador de frecuencia, se debe tomar en cuenta aspectos como, el tipo de control que ejercerá, como se ingresará la frecuencia de referencia en este caso será análoga, la señal de arranque y paro del variador se la enviará a través de los bornes de control, las características técnicas del motor utilizado para ello se debe configurar los siguientes parámetros como se indica en la tabla 37:

Tabla 37

Parámetros de configuración del variador de frecuencia

Parámetro	Descripción	Configuraciones	Valor configurado
00.10	Método de control	0: Control V/F 1: Control Vectorial	0
02.00	Frecuencia de referencia	0: Por el teclado digital 1: 0 a 10v por AVI 2: 4 a 20 mA por AVI2 3: Por RS485 4: Potenciómetro teclado digital	1
02.01	Modo de operación	0: Teclado digital 1: Terminales Externos (stop/reset habilitados)	2

		2: Terminales Externos (stop/reset deshabilitados)	
		3: RS485 (stop/reset habilitados)	
		4: RS485 (stop/reset deshabilitados)	
07.00	Corriente nominal del motor	Configuración de fabrica	2.5 A

Fuente: Propia

- La frecuencia de referencia será ingresada a través de la pantalla HMI, este parámetro se escribirá en un registro del PLC y se enviará después de ser escalado por las salidas análogas a los bornes del variador como se observa en la figura 75.

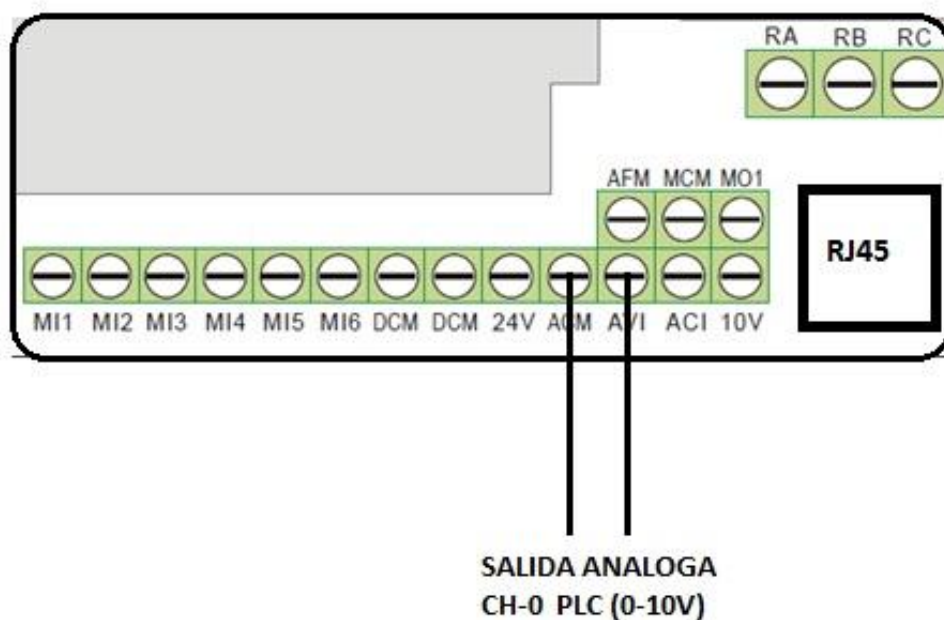


Figura 75 Conexión a bornes del variador de frecuencia - salida analógica

- La señal de activación del variador se lo hará a través de los bornes para lo cual se debe realizar las conexiones necesarias como se muestra en la figura 76, la activación necesita 24V motivo por el cual el selector del tipo de entradas debe posicionarse en PNP.

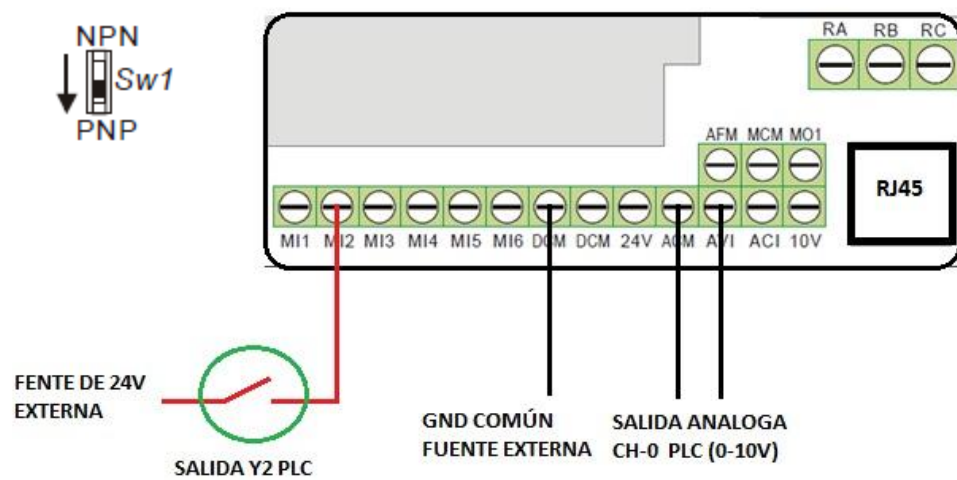


Figura 76 Conexión de bornes para arranque de motor

5.2 Puesta en marcha.

5.2.1 Fusionadora

Para poner en marcha el proceso de fusión se debe tener en cuenta que las bandas deben estar correctamente centradas, el rodillo de presión debe estar en posición, la temperatura de fusión y velocidad de la banda.

5.2.1.1 Ajustes mecánicos

- **Calibración de bandas**

Este requerimiento es muy importante antes de realizar las pruebas de funcionamiento, ya que las bandas al no estar centradas tienden a desplazarse hacia los costados dependiendo el desnivel existente. Para ello se debe centrar las bandas al momento de templar con la ayuda de un nivel, e ir ajustando poco a poco los rodillos templadores, tanto de la banda superior e inferior de la máquina figura 77.

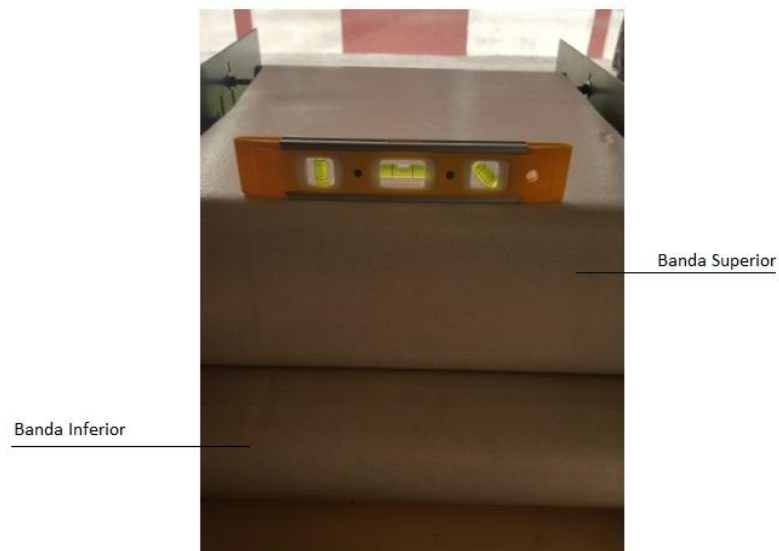


Figura 77 Calibración de bandas

- **Rodillo de presión**

Este rodillo tiene como función principal dar la presión necesaria para que la tela y el pellón queden completamente fusionados, este rodillo no debe estar ejerciendo demasiada presión ya que puede deteriorar el material que se esté fusionando, y si no

está correctamente presionado, simplemente el proceso de fusión no se lleva a cabo correctamente los materiales quedarán mal fusionados.

La forma de ajuste del rodillo es manual, figura 78, cuya calibración se lo realizó de manera experimental hasta tener un rozamiento entre bandas que no interfiera en la fuerza ejercida por el motor para su movimiento. Esta presión quedará fija hasta que de ser necesario sea cambiada.

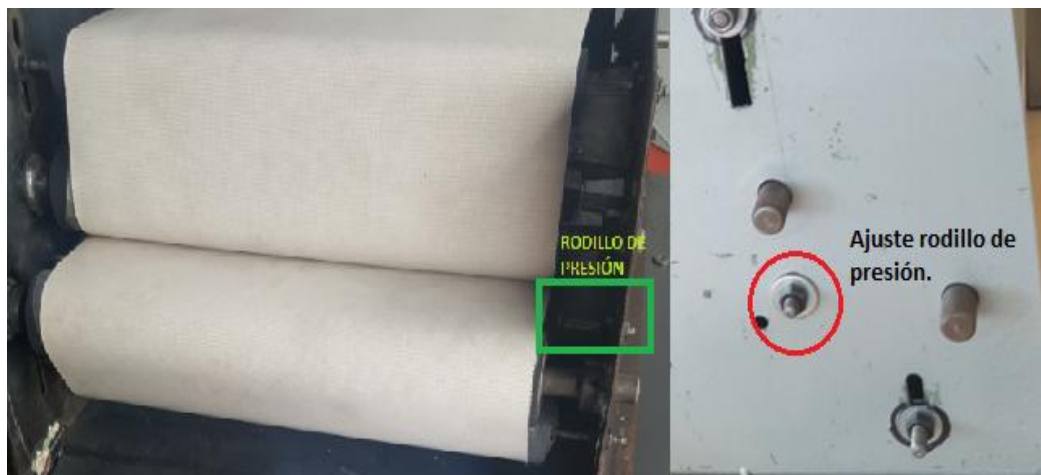


Figura 78 Ajuste de rodillo de presión

5.2.1.2 Ajustes electrónicos

- **Velocidad de fusión**

Para la velocidad de fusión es indispensable ajustarla dentro de un rango de operación, este rango está definido entre los 7 y 12 Hz (28 y 48 rpm respectivamente) en el eje del rodillo de arrastre de la banda que permite avanzar a una velocidad de 8 a 12 mpm, este ajuste se lo realizará a través del HMI de la máquina, la velocidad de fusión debe estar en este rango ya que si la banda gira demasiado rápida el material no tiene el tiempo necesario para fusionarse correctamente, y si es muy lenta el material puede empezar a quemarse, el tiempo promedio de fusión de acuerdo a las dimensiones establecidas es de 3,5 segundos

superior a 8 segundos puede provocar daños en el material como cambio de color por el exceso de tiempo sometido al calor o sobrecalentamiento de la goma del pellón, en la figura 79 se observa el material saliendo después de ser fusionado.



Figura 79 Calibración de la velocidad de fusión

- **Temperatura de fusión**

La temperatura en el área de trabajo de la máquina debe ser superior a los 100 °C e inferior a los 250°C ya que a partir de esta temperatura el pellón tiende a derretirse y mediante la ayuda de la presión se pegará a la tela que se desea fusionar, el área de trabajo de la fusionadora está definida entre las bandas superior e inferior, la máquina tiene dos etapas de calentamiento una preliminar y la de salida mediante platos que transmiten el calor hacia las bandas, la medición de las temperaturas se las está haciendo cerca del área de trabajo mediante termocuplas, mediante el calentamiento de los dos platos se pretende superar la temperatura de fusión y así mantenerla en un rango adecuado durante el tiempo que esté funcionando la

máquina. Para las pruebas de funcionamiento en primera instancia los dos controladores de temperatura tendrán un set-point de 100°C pretendiendo obtener la temperatura deseada entre las bandas, dependiendo del resultado de las pruebas estos valores podrán aumentar o disminuir .



Figura 80 Calibración de la temperatura de fusión.

5.2.2 Cortadora

Para poner en marcha el proceso de corte se debe tener en cuenta los siguientes factores: El material debe estar bien sujeto entre los rodillos de arrastre y los tensadores, el rodillo de presión debe ejercer la presión necesaria de acuerdo al espesor del material esta calibración se la hará manualmente, la presión de la línea neumática, y que las cuchillas de corte se encuentren bien centradas y sin juego mecánico.

Sujeción del material

En el proceso de corte es importante que el insumo que se vaya a cortar pase por los tensadores, para que al momento de bajar la cuchilla pueda cortar sin ningún problema, para ello se ha incluido unos bocines laterales los cuales limita el ancho

del material como se indica en la figura 81. Además si el sensor de presencia del material no se activa el proceso de corte no podrá ejecutarse.



Figura 81 Tensadores de material

Rodillo de presión

Al igual que en el proceso anterior la presión es muy importante, en este caso se utiliza un rodillo para generar el arrastre del material, si este no está correctamente ajustado puede provocar 2 inconvenientes, si se ajusta mucho el rodillo al momento de generar el arrastre del material tiende a remorderse y si no se ajusta lo suficiente al momento del arrastre no se moverá o será intermitente, se puede verificar el ajuste del rodillo de presión en la figura 82.

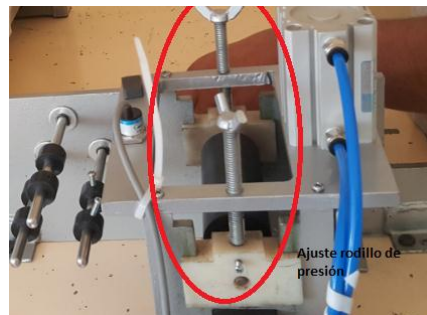


Figura 82 Ajuste de presión de arrastre del material

Presión de corte

Antes de iniciar los trabajos con la máquina de corte, es importante verificar que la línea neumática esté conectada, y el regulador de presión marque sobre los 60 psi, a partir de esta presión mediante las pruebas de funcionamiento se determinará el valor idóneo para realizar el corte de cualquier material textil que se ingrese, si la presión no es la adecuada la cuchilla se remorderá con el material a cortar.



Figura 83 Ajuste de Presión de corte

Centrado de cuchillas

Al tener dos cuchillas una móvil y una fija es imprescindible que éstas se encuentren correctamente calibradas, es decir que no haya juego mecánico ya que la si la cuchilla móvil llega a tocar a la cuchilla fija puede romperse o desafilarse, y a la vez dañar el material o descentrar el vástago del cilindro, se observa las disposición de las cuchillas en la figura 84.



Figura 84 Calibración de las cuchillas de corte

5.3 Pruebas y resultados.

Tomando en cuenta las consideraciones del apartado anterior se puede realizar las diferentes pruebas de funcionamiento, las cuales consistirán en comprobar el comportamiento de la máquina con los parámetros iniciales establecidos, para ello se ha dividido las pruebas en las siguientes etapas, al final se pretende realizar una comparación de los resultados obtenidos.

5.3.1 Comunicación pantalla HMI -RS485

En esta prueba se pretende comprobar la lectura y escritura de datos desde pantalla HMI hacia el PLC y controladores de temperatura a través de la red RS-485, en este caso la interfaz humano-máquina será el Maestro del sistema mientras que el PLC y los controladores de temperatura serán los esclavos, en la tabla 38 se muestra el número de dispositivo de cada dispositivo de la red modbus rs485.

Tabla 38
Configuración de comunicación RS485

Dispositivo	Función	Dirección
Pantalla HMI	Maestro	0
PLC DVP20SX2	Esclavo	1
Controlador de temperatura 1	Esclavo	2
Controlador de temperatura 2	Esclavo	3

Si la comunicación se está realizando correctamente la pantalla HMI permitirá visualizar y escribir valores como se observa en la figura 86, caso contrario la pantalla manda una alerta de error de comunicación dependiendo del esclavo que no permita leer o escribir como se muestra en la figura 85.



Figura 85 Error de comunicación en HMI

Los valores de lectura se mostraran en los campos de texto de la pantalla tales como temperatura Fusión, velocidad de fusión, longitud de corte etc. Además los indicadores de proceso de la pantalla estarán activándose y desactivándose de acuerdo al estado actual del proceso. La escritura se realiza a través de los campos configurados como velocidad de fusión, longitud de corte o cantidad de cortes, en estas pruebas se verifica que los datos de lectura y escritura se estén realizando correctamente de acuerdo a los registros asociados.



Figura 86 Comunicación RS485 exitosa con HMI

5.3.2 Fusionadora

Para la etapa de fusión como se mencionó se debe tomar ciertas consideraciones importantes, después de haber calibrado las bandas se procede hacer pruebas de temperaturas, y velocidad de fusión ya que estos dos parámetros están relacionados entre sí. La prueba de temperatura consiste en lograr obtener un valor superior a los 100 °C en el área de trabajo mediante los dos calentadores de la máquina.

Prueba 1

Para ello en una primera prueba se calibran los controladores a 100°C cada uno y la banda transportadora empieza a girar al 7% de su capacidad, es decir a 5 Hz, los sensores están sujetos en la parte exterior del plato como se muestra en la figura 87.

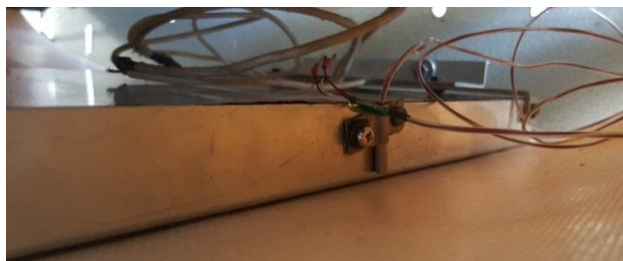


Figura 87 Primera ubicación de sensores en el heater

Con la ayuda de un sensor externo se mide entre la banda superior e inferior, es decir el área de trabajo donde los materiales deben tomar la temperatura suficiente para fusionarse, al estar ubicado los sensores como se muestra en la figura 87 se tiene los siguientes resultados de la tabla 39:

Tabla 39
Calibración de temperatura prueba 1

Temperatura sensor 1	Temperatura sensor 2	Temperatura área trabajo
°C	°C	°C
50	58	25
60	72	36
70	79	58
80	91	65
90	102	73
100	110	84

Como se aprecia en la tabla anterior, al estar ubicado los sensores en la parte lateral de los calentares se tiene una medición errónea ya que los calentadores tiende a subir la temperatura demasiado rápido con relación a las bandas, el tiempo de toma de datos para que la temperatura llegue a esos valores fue aproximadamente 18 min, la velocidad inicial es la correcta después que la temperatura llegue a superar los 100°C se podrá variar la velocidad de la banda.



Figura 88 Bajo nivel de fusión en prueba 1

La figura 88 muestra cómo sale el material al momento que los controladores llegan a 100°C, se observa que falta temperatura para que el material se pegue totalmente, después de que los controladores superan los 170°C se logra fusionar el material.

Prueba 2

Se determina cambiar la posición de los sensores de temperatura de tal forma que mida la temperatura lo más cercano posible el área de trabajo, y se vuelve a realizar la prueba manteniendo como set- point los 100°C para los dos controladores de temperatura, al igual que la prueba anterior se realiza una medición externa como se observa en la figura 89.



Figura 89 Medición de temperatura en el área de trabajo

Tabla 40
Resultados de temperatura en prueba 2

Temperatura sensor 1 °C	Temperatura sensor 2 °C	Temperatura área trabajo °C
50	58	70
60	67	90
70	78	120
80	95	140
90	105	160
100	103	180

Al ubicar los sensores en la nueva disposición se observa que la temperatura de trabajo logra su valor ideal en un set-point de temperatura mucho menor a la impuesta, la velocidad que se le aplica a la banda es la adecuada, el tiempo que demora en llegar a la temperatura de fusión es de 16 min.

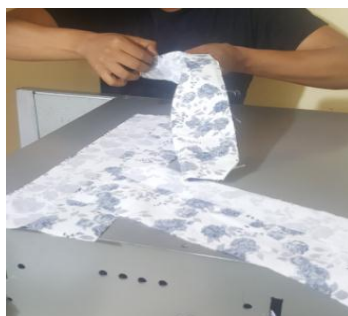


Figura 90 Verificación de fusionado en prueba

La figura 90 muestra cómo sale el material al momento que la fusionadora supera la temperatura ideal, los controladores se encuentran a 70 y 78°C respectivamente. Al observar este resultado se pone en producción por 1h30min a la máquina cambiando el set-point de los controladores a 70°C cada uno de ellos, los resultados que se obtiene son:

- La temperatura de trabajo llega sin ningún problema a su valor ideal.
- Durante el tiempo de trabajo se observa que al momento que los dos controladores se apagan, y estos hasta que recuperen la temperatura se enfría demasiado las bandas debido a la disipación de calor que genera el movimiento de estas y el material utilizado en la construcción del heater que fue aluminio y deja de fusionar alrededor de unos 5 min.
- La velocidad de fusión se la varia tranquilamente hasta un 12% lo cual es equivalente a 7 Hz, valor en el cual la máquina es capaz de fusionar sin ningún inconveniente, si supera ese valor las telas no sale bien fusionadas.
- La producción que se realizó en ese tiempo, usualmente se lo realiza en 1 día de trabajo figura 91.



Figura 91 Producción fusionada

Prueba 3

Se determina cambiar los set-point y ajustarlos de tal forma que los calentadores no se desactiven los dos al mismo tiempo, la tendencia que se presenta en la máquina es que el calentador de la banda inferior sube lentamente, mientras que el superior alcanza más rápido la temperatura deseada razón por la cual se establece para el set-point de calentador superior en 80°C y el inferior en 85°C, la banda de histéresis de cada uno de los controladores es de 0.2 al enfriar para así lograr que actúe más rápido las niquelinas y no se pierda mucho calor.

Con esta configuración nuevamente la máquina entra a producción esta vez lo hará durante 4 horas seguidas de trabajo a una velocidad máxima de fusión dando los siguientes resultados.

- La temperatura de trabajo llega sin ningún problema a su valor ideal.
- Durante el tiempo de trabajo se observa que a ningún momento la máquina deja de fusionar.
- La velocidad de fusión se la varía tranquilamente hasta un 12% lo cual es equivalente a 7Hz, valor en el cual la máquina es capaz de fusionar sin ningún inconveniente.
- La producción de 1500 piezas que se realizó en ese tiempo, usualmente se lo realiza en 2 días y medio.

5.3.2 Cortadora

Para la etapa de corte como se mencionó se debe tomar ciertas consideraciones importantes, después de haber colocado el material en posición y verificar la entrada de aire se encuentre correctamente conectada se procede a realizar las pruebas:

Prueba 1

Para el corte el arrastre del material se lo realiza a través de un motor a pasos lo que permite obtener una mejor resolución al momento de buscar una exactitud, el cliente necesita que tenga un error máximo de 2 mm.

Al realizar la primera prueba de corte la presión se establece en 50 psi, y se manda a cortar una distancia de 30 mm con una cantidad de 10 u. Antes de empezar a cortar se realiza una prueba de arrastre para comprobar que la presión del rodillo sea la adecuada sin activar el cilindro de corte.

- Esta prueba permite darse cuenta que 50 psi no son suficientes para cortar el material o a su vez puede existir un juego en el eje lateral de la base de la cuchilla, para descartar el error se sube la presión a 60 psi.
- En cuanto al arrastre del material se puede verificar que el material se mueve las mismas distancias entre espacio de corte y corte.



Figura 92 Corte de reata de 20mmde ancho, de longitud 15 cm

Prueba 2

La presión de corte se la sube a 80 psi, y se hace pruebas con los valores de corte más comunes requeridos por la empresa que son: 25, 100, 450 mm para la distancia y cantidad de cortes 5 de cada una, al accionar el proceso se verifica que a 80 psi logra

cortar el material sin ningún problema y que los cortes que se tiene un error máximo de 2mm al cortar estas longitudes.

Tabla 41
Resultados obtenidos con la cortadora

25 mm		
Corte	Longitud [mm]	Error [mm]
1	25	0
2	25	0
3	26	1
4	25	0
5	26	1
100 mm		
Corte	Longitud [mm]	Error [mm]
1	101	1
2	100	0
3	100	0
4	100	0
5	101	1

Continúa...

450 mm

Corte	Longitud [mm]	Error [mm]
1	450	0
2	451	1
3	452	2
4	450	0
5	451	1

Como se puede observar en la tabla 41 el máximo error se produce en longitudes grandes debido al error en los pasos del motor acumulado, pero este error es despreciable siempre y cuando el error sea superior a la medida necesaria por lo que se aprueba el error por parte de la empresa.

Prueba 3

En esta prueba se pretende poner al corte en producción para lo cual se requiere realizar 200 cortes de reata utilizada en Bermudas de 60 mm de longitud, esta prueba arroja los siguientes resultados:

- Los cortes requeridos se realizan en 15 min, de la manera habitual este trabajo toma alrededor de 25 min en realizarlo.
- Durante el tiempo de funcionamiento la cortadora no necesito ninguna intervención o ajuste del material.
- Los tensadores de material realizan un función indispensable en el arrastre del material no permite que le material pierda tensión y así pueda ser arrastrado correctamente.

5.4 Análisis de resultados.

Para el análisis de resultados obtenidos con el diseño y automatización de la fusionadora y cortadora de insumos se compara los tiempos de producción y las observaciones dichas por el operario que realizaban el trabajo en la empresa.



Figura 93 Fusonado manual con plancha industrial



Figura 94 Fusonado semiautomático

Tabla 42
Comparación de resultados de producción

Comparación del Proceso de Fusión				
Cantidad de piezas:	1500 Piezas			
Antes	Forma manual con plancha de 1500 watts			
Después	Forma Semiautomática con fusionadora de 3000 watts			
Criterio	Antes	Después	Porcentaje	Tipo
			%	
Tiempo implementado en horas	24	4	83	Reduce
Número de personas que intervienen	1	2	100	Aumenta
Sueldo Operario por hora \$1,50	36	12	67	Reduce
Costo De Energía Eléctrica a \$0,12 Kw/h	4,32	1,44	67	Reduce
Comparación del Proceso de Corte				
Cantidad de piezas:	200 Piezas			
Antes	Forma manual			
Después	Forma Semiautomática con cortadora de 200 watts			
Criterio	Antes	Después	Porcentaje	Tipo
			%	
Tiempo implementado en minutos	25	15	40	Reduce
Número de personas que intervienen	1	0	100	Reduce
Sueldo Operario por minuto \$0,025	0,63	0	100	Reduce
Costo De Energía Eléctrica a \$0,12 Kw/h	0	0,36	-	Aumenta

Con las pruebas y resultados mostrados a lo largo de este capítulo y especialmente en la tabla 42 se puede ver la comparación de producción realizada con la máquina y el método anterior. Como se puede observar en la Figura 93 antes de usar la máquina se utilizaba un proceso totalmente manual donde la fusión se realizaba con una plancha y la persona tardaba alrededor de 24 horas en fusionar una producción de 1500 piezas obteniendo como resultados dolores de muñeca y pequeñas quemaduras al estar en contacto directo con el calor, incluso por palabras de la operaria ha dicho que pasaba días, hasta semanas planchando y fusionando las producciones de camisas especialmente, ya que es un producto de línea de la empresa, se observa también una comparación del consumo eléctrico, y que el aumento de una persona que ayude a la salida de la máquina no influye en la reducción de costo con la automatización, se concluye entonces que con la máquina se logra obtener como resultados los siguientes :

- 80% Ahorro en tiempo de producción
- 60% Ahorro en el costo del proceso
- 300% Aumento de producción
- 60% Reducción de cansancio físico y accidentes laborales
- 100% Fusión compacta en toda el área de las piezas.

En lo referente al corte se tiene iguales resultados en la forma tradicional el corte se lo realizaba de forma manual cada pieza era medida y cortada lo que le llevaba al operador demasiado tiempo en cortar y a su vez el cansancio visual y físico hacían que este cometa errores de medición.

Con la máquina se logra realizar una producción de 200 cortes en apenas 15 min, el cual antes se lo realizaba en 25 min que representa un 40% de reducción en tiempo y 50% de reducción en costo del proceso, Si bien no se ha logrado reducir considerablemente el tiempo, se logra evitar cansancio físico en el operario además de poderlo usar en otra actividad ya que es totalmente automático. Al comparar la precisión del corte se observa que no existe mayor diferencia ya que al realizar 200 cortes manualmente no se produce cansancio visual ni físico por lo que para tener mejores resultados se debe comparar para mayores producciones. La velocidad de

corte es fija debido a que el driver no puede controlar velocidad, sin embargo es lo suficientemente considerable para demostrar reducción del tiempo en trabajo continuo. De esta manera se puede aseverar que se cumplió con los objetivos propuestos previo al diseño e implementación de la máquina.

CAPÍTULO 6. ANÁLISIS DE COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN Y FABRICACIÓN.

Para este capítulo se consideraran los siguientes aspectos que intervinieron en la implementación de la máquina:

- Materiales
- Mano de Obra
- Costos indirectos de Fabricación.

6.1 Materiales

Los materiales son los principales recursos usados en el desarrollo de un producto, que son transformados en bienes terminados a través de procesos de producción. Se clasifican en materiales directos e indirectos.

6.1.1 Materiales directos.

Aquellos recursos involucrados directamente en el producto, en este caso se explican como ejemplo Planchas de hierro, Variador de Frecuencia etc.

6.1.2 Materiales indirectos.

Aquellos que involucran indirectamente al producto, por ejemplo: servicio de corte plasma, electrodos de soldadura etc.

Estos costos se detallan en:

Materiales Directos Mecánicos, Tabla 44

Materiales y Accesorios eléctricos y Electrónicos, Tabla 43

Tabla 43
Materiales directos eléctricos y neumáticos

LISTA DE MATERIALES DIRECTOS ELÉCTRICOS Y NEUMÁTICOS				
CANT.	DESCRIPCIÓN	P. UNITARIO	SUBTOTAL	PRECIO TOTAL
		\$	\$	\$
2	Resistencias Eléctricas 1000 w 220 v	20,68	41,36	47,15
1	Cilindro neumático	85,00	85,00	96,90
4	Acoples de 1/2 a 1/4	2,00	8,00	9,12
4	Manguera neumático 1/4	2,00	8,00	9,12
1	Unidad de Mantenimiento chanto 150 psi	60,00	60,00	68,40
1	Electroválvula 5/2 Chanto 0.25"	35,00	35,00	39,90
1	Motor trifásico 3/4 Hp Siemens LA7 3500 RPM	138,23	138,23	157,58
1	PLC DELTA DVP 8 E/D 6 S/R 3 E/A 24 V	220,00	220,00	250,80
1	Moto Reductor Vario italy	130,00	130,00	148,20
1	Pantalla HMI Delta 4.1"	280,00	280,00	319,20
2	Controladores de Temperatura Delta	68,00	136,00	155,04
1	Variador de Frecuencia Delta 1HP	190,00	190,00	216,60
1	Motor a pasos nema 17	20,00	20,00	22,80
1	Driver Polulu A4988	12,00	12,00	13,68
1	Sensor Capacitivo	19,00	19,00	21,66
1	Sensor Reed para cilindro chanto	18,00	18,00	20,52
1	Contactador 220v LS	20,00	20,00	22,80
1	Disyuntor 20 A 3 fases	8,00	8,00	9,12

Continúa...

1	Porta fusible Schneider	5,00	5,00	5,70
2	Fusible cerámicos 16 A	0,60	1,20	1,37
2	Temocuplas Tipo j	8,00	16,00	18,24
1	Cable RS485 Pantalla HMI	8,00	8,00	9,12
1	Cable de Programación PLC	10,00	10,00	11,40
1	Gabinete Metálico Beacoup 40 x 40 cm	60,00	60,00	68,40
1	Fuente de alimentación 1AB 24 V DELTA	78,00	78,00	88,92
1	Canaletto Ranurada para tableros	1,80	1,80	2,05
1	Riel dim para montaje 100mm	1,80	1,80	2,05
1	Selector 2 Posiciones	2,00	2,00	2,28
3	Luces pilots 220v	1,50	4,50	5,13
3	Cable THHN AWG 12 para Temperatura	1,15	3,45	3,93
6	Cable Sucre 3 hilos AWG12	1,80	10,80	12,31
10	Cable THHN AWG 18	0,35	3,50	3,99
1	Conector de 220 v	2,50	2,50	2,85
			TOTAL	1866,34

Tabla 44
Materiales directos mecánicos

LISTA DE MATERIALES DIRECTOS MECÁNICOS				
CANT.	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNI \$	SUBTOTAL	PRECIO
			\$	TOTAL
				\$
2	Bandas de Teflon	100,00	200,00	228,00
2	Engranés de 9 cm	25,00	50,00	57,00

Continúa...

3	Tubo Cuadrado de 1.5"	15,00	45,00	51,30
2	Planchas de hierro de 3mm 120	22,00	44,00	50,16
1	Angulo de 3 cm	6,00	6,00	6,84
1	plancha de Hierro de 8 mm 100 x100	25,00	25,00	28,50
1	acero inoxidable 5/16" x 120mm	18,00	18,00	20,52
1	varilla de 5/8 acero de transmisión	30,00	30,00	34,20
8	Rodamientos 6202 CMB	2,50	20,00	22,80
24	Rodamientos 606 CMB	1,00	24,00	27,36
8	Retenedores de 1.5 "	2,50	20,00	22,80
1	Duralon 20 x 20 cm	15,00	15,00	17,10
2	Bocines 1/2"	4,00	8,00	9,12
1	Acople motor 5/16	5,00	5,00	5,70
1	silicon alta Temperatura	9,00	9,00	10,26
2	Cuchillas de acero inoxidable	6,00	12,00	13,68
1	nylon de 5/16"	3,00	3,00	3,42
1	Plancha de aluminio	40,00	40,00	45,60
			TOTAL	654,36

6.1.3 Costo de materiales directos totales

Tabla 45
Costos directos totales

CONCEPTO	VALOR
Materiales directos eléctricos y neumáticos	\$ 1866,34
Materiales directos mecánicos	\$ 654,36
Total	\$ 2520,70

6.2 Mano de obra

La mano de Obra es el esfuerzo físico o mental aplicado a la elaboración de un producto, al igual que los materiales se dividen en Mano de obra Directa e Indirecta estos rubros se indican en las tablas 46,47y 48.

6.2.1 Mano de obra directa

Tabla 46
Mano de obra directa

Actividad	Valor
Servicio de torno y fresado de materiales	\$ 500,00
Reencauchado de rodillos	\$ 600,00
Estructura metálica	\$ 150,00
Servicio de cortes por agua	\$ 340,00
Total	\$ 1590,00

6.2.2 Mano de obra indirecta

Tabla 47

Mano de obra indirecta

Tipo	Tiempo (h)	C. Unitario	Valor
Ingeniería y diseño	200	6	\$ 1200,00
Planos mecánicos	50	8	\$ 400,00
Planos eléctricos	30	8	\$ 240,00
Programación y control	30	6	\$ 180,00
Total			\$ 1600,00

6.2.3 Mano de obra total

Tabla 48

Mano de obra total

Tipo	Valor \$
Mano de obra indirecta	1600,00
Mano de obra directa	1590,00
Total	3190,00

6.3 Costos de fabricación

Este campo se define para acumular o integrar todos los demás costos indirectos no considerados en los campos anteriores y que no pueden identificarse directamente con los productos específicos. Por ejemplo costos de operación energía eléctrica, depreciación de maquinaria etc, estos rubros se indican en la tabla 49

6.3.1 Costos operativos

Tabla 49
Costos operativos

CONCEPTO	VALOR \$
Agua potable	10,00
Energía eléctrica	50,00
Teléfono	21,00
Internet	40,00
Total	121,00

6.3.2 Costo total del proyecto

Para el costo total del proyecto se debe sumar los 3 elementos detallados anteriormente que conforman la elaboración de un producto cuyos montos se detallan en la tabla 50

Tabla 50
Costo total del proyecto

Concepto	Costo USD	Porcentaje
	\$	%
Materiales	2520,70	43%
Mano de obra	3190,00	55%
Costos de fabricación	121,00	2%
TOTAL	5831,70	100%

6.4 Análisis económico

Para el análisis económico se realiza una comparación con las máquinas existentes en el mercado ecuatoriano donde existe una sola empresa que importa estas máquinas cuyo costo se detalla en la tabla 51

Tabla 51
Precio de máquinas similares

Concepto	Costo USD
	\$
Hashima fusionadora	4800,00
Cortadora bunker	2800,00
TOTAL	7600,00

Como se puede observar en la tabla 50 y la tabla 51 el costo total del proyecto es inferior al valor de adquisición de las 2 máquinas, sin embargo se puede concluir que el costo de mano de obra del proyecto es muy elevado porque no se cuenta con un taller de mecanizado propio, aspectos que reducirían considerablemente el costo de la máquina y harían un proyecto más viable a nivel de producción, otro aspecto también fue la adquisición de los materiales al costo al por menor, valores que influyen directamente en el costo de la maquinaria.

CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

- Se logra finalizar con el diseño y automatización de una máquina cortadora y fusionadora de insumos para la elaboración de prendas de vestir, alcanzando a comprobar la eficiencia dentro del proceso de producción de la empresa DaniSport reduciendo los tiempos de producción en 80 % y el

costo del proceso en 60 %, minimizando también el riesgo a sufrir accidentes laborales en sus operarios.

- A través del conocimiento adquirido en la formación académica se logra seleccionar los mejores instrumentos y equipos de automatización para garantizar el funcionamiento, y flexibilidad de la máquina adaptándonos al presupuesto otorgado por la empresa.
- Después del estudio previo de los procesos en los cuales se intervino como son fusión y corte , la selección optima de elementos y materiales con la ayuda de un Ing. Mecánico se logra realizar un diseño estructural ergonómico y práctico, fortaleciendo y abriéndose campo a nuevos conocimientos a través de la cooperación en la implementación mecánica.
- La implementación del tablero de control en base a un diseño ayuda a la identificación de problemas y mantenimiento posterior de la máquina logrando supervisar los procesos a través de una interfaz HMI e indicadores físicos implementados.
- El realizar un estudio previo de los subprocesos inmersos en el sistema a implementar, para elaborar un diagrama de flujo permite realizar una programación adecuada de tal forma que cada etapa logre funcionar independientemente a través de un solo controlador.
- La interfaz HMI se desarrolló de una manera intuitiva que permite operar de forma simple y rápida.
- La reducción del tiempo de trabajo en un 70 % compensa el costo de incluir una persona más al proceso de fusión.
- El uso del driver A4988 para motor a pasos permite obtener una mejor precisión para realizar los cortes ya que deja dividir directamente la resolución de pasos en el motor hasta 1/16.
- En el corte es indispensable tener el sistema mecánico de las cuchillas perfectamente acoplado sin juegos o movimientos que puedan interferir en el trabajo continuo de la máquina para poder garantizar el corte de los insumos.

- Mediante las pruebas de funcionamiento se logró establecer una presión de corte superior a 80 psi de acuerdo al espesor del insumo, presión que puede ser regulada a través de la correcta selección de un regulador de presión implementado a la entrada de la toma neumática.
- La medición de la temperatura en el área de trabajo de la fusionadora se realizó insertando una termocupla plana entre las bandas, de esta manera se garantiza que el pellón se ablande en la distancia y velocidad establecidas en el diseño mecánico.

7.2 RECOMENDACIONES

- En el diseño de la fusionadora implementar un rodillo de limpieza de las bandas para evitar la adherencia de pegamento de la entretela a la banda y así lograr que las piezas fusionadas recirculen por las bandas y se planchen o arruguen dañando la pieza.
- Mejorar la pieza porta cuchillas con el fin de evitar el juego mecánico para así mejorar la eficacia del corte y evitar que se desafilen las cuchillas o desguar el vástago del cilindro de corte.
- Diseñar a futuro un sistema que permita recoger y ordenar las piezas fusionadas con el fin de reducir el manejo a un solo operario.
- Implementar a futuro el control de velocidad del motor a pasos para reducir el tiempo de corte y optimizar el proceso.
- La alimentación de Energía de la máquina se estableció en dos fases y un neutro por lo que se debe tener cuidado en la acometida.
- Por seguridad, el operario no debe usar accesorios que puedan ser atrapados por la máquina ya que estos procesos poseen etapas de arrastre que pueden causar serios daños en el operario.

7.3 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alincante, U. d. (2011). *Universidad de Alincante*. Obtenido de <https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/18990/1/AA-p3.pdf>
- alltronicsperu. (2016). *All Tronics Peru*. Obtenido de <http://www.alltronicsperu.com/catalog/index.php?cPath=106&osCsid=2b87fcc35546000dad97d9d993bb60d9>
- Automatización, S. (2009). *Scada Automatización Colombia*. Obtenido de http://www.scadaautomatizacion.com/sitio_scada_delta/vfd.html
- Blanco, F. (2015). *Uniovi*. Obtenido de <http://www6.uniovi.es/usr/fblanco/Leccion11.HornosResistencia.RESISTENCIAS.CALENTAMIENTO.pdf>
- C.V, E. N. (2016). *Boletin Industrial*. Obtenido de Textiles no Tejidos: <http://www.boletinindustrial.com/producto.aspx?pid=69736&q=pellon>
- CEJAROSU. (2005). *MecanESO*. Obtenido de http://www.iesmarenostrium.com/departamentos/tecnologia/mecaneso/mecanica_basica/mecanismos/mec_biela-maniv-embolo.htm
- CIFP. (2016). *Centro Integrado de formación profesional*. Obtenido de http://www.cifp-mantenimiento.es/e-learning/index.php?id=2&id_sec=7
- COPA-DATA, I. P. (2016). *Copadata*. Obtenido de Copadata: Ing. Punzenberger COPA-DATA GmbH
- Costura, T. (2016). *Todo Costura*. Obtenido de http://www.todocostura.com.py/_upload/products/X35F3ZZ737B_ESX8S7G_53B434913E885_B.jpg
- Delta, C. (2016). *Deltaww.com*. Obtenido de http://www.delta.com.tw/product/em/control/plc/download/manual/DELTA_I_A-PLC_DVP-ES2-EX2-SS2-SA2-SX2-SE-TP_PM_EN_20140704.pdf

- Ebay. (Octubre de 2016). *Ebay*. Obtenido de <http://www.ebay.es/itm/Nema17-Stepper-Motor-42-motor-NEMA-17-motor-1-7A-17HS4401-Motor-Paso-a-paso-/171739248169>
- ElectroPro. (Febrero de 2016). *ElectroPro Perú*. Obtenido de http://electropro.pe/index.php?route=product/product&product_id=242
- ElectroStock. (2016). *ElectroStock Argentina*. Obtenido de http://www.electrostock.com.ar/estructura/secciones/s_producto.php?mIdCategoria=105042248
- Hawco. (Octubre de 2016). *Hawco Uk*. Obtenido de <http://www.hawco.co.uk/en/control/sensors/ntc-ptc.html>
- Inc., O. E. (2016). *Omega*. Obtenido de http://www.omega.com/pptst/HMI_04-10.html
- Llorca, D. A. (2 de 02 de 2014). *metalficion*. Obtenido de foro.metalficion.com/index.php?action=dlattach;topic=15425.0;attach=5560
- Ludeña, I. F. (2015). *Instalaciones Industriales*. Sangolquí: ESPE.
- Manga, L. A. (2 de Julio de 2011). *agujamanga*. Obtenido de <http://agujamanga.blogspot.com.es/>
- Motor, S. S. (Octubre de 2016). *Servo Step Motor*. Obtenido de <http://www.servosteppermotor.com/delta-plc-dvp28sv-1672587.html>
- Motovario. (2016). *Motovario Eng*. Obtenido de <http://www.motovario.com/eng/products/worm-gear-reducers--vsf-series/worm-gear-reducers-combined-and-with-pre-stage-reduction-unit>
- Piclist. (2016). *Piclist*. Obtenido de <http://www.piclist.com/techref/io/stepper/nemasizes.htm>

Productora de No Tejidos Quimibond, S. d. (2016). *Quimibond*. Obtenido de http://www.quimibond.com/files/MANUAL_DE_FUSIONADO.pdf

Quimibond. (s.f.). *Quimibond*. Obtenido de http://www.quimibond.com/files/MANUAL_DE_FUSIONADO.pdf

RENAME. (Mayo de 2013). *Reconstruccion Nacional de Motores eléctricos*. Obtenido de http://www.renamecr.com/pdf/bt_may_2013.pdf

Silverline. (2015). *D'Castro Importadores De Norteamérica, S.A. DE C.V.* Obtenido de http://silverline.us/index.php?route=product/product&product_id=338

7.4 ANEXOS

7.4.1 Planos Eléctricos

7.4.2 Planos Mecánicos.

7.4.3 Manual de Usuário.

7.4.4 Hoja Técnica de Driver A4988.

7.4.5 Catálogo comercial de motores Siemens.

7.4.6 Hoja técnica de Pantalla HMI