



ESPE

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA**

DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

**PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO EN MECATRÓNICA**

**TEMA: REDISEÑO Y REPOTENCIACIÓN DE UNA
TERMOLAMINADORA SEMIAUTOMÁTICA PARA EL ACABADO
DE MUEBLES FINOS EN SAN EDUARDO INDUSTRIAS DEL
MUEBLE DE LA CIUDAD DE LATACUNGA – PARROQUIA DE
MULALÓ.**

**AUTORES: EDWIN IVÁN CHICAIZA REINOSO
CARLOS EDUARDO PILATÁSIG CAPILLA**

**DIRECTOR: ING. EDWIN PRUNA P.
CODIRECTOR: ING. FÉLIX MANJARRÉS A.**

LATACUNGA

2015

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS-ESPE
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA**

CERTIFICADO

ING. EDWIN PRUNA (DIRECTOR)
ING. FÉLIX MANJARRÉS (CODIRECTOR)

CERTIFICAN:

Que el trabajo titulado **“Rediseño y repotenciación de una termolaminadora semiautomática para el acabado de muebles finos en San Eduardo Industrias del Mueble de la ciudad de Latacunga – parroquia de Mulaló.”** Realizado por EDWIN IVÁN CHICAIZA REINOSO Y CARLOS EDUARDO PILATÁSIG CAPILLA, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el reglamento de Estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE.

Debido a que constituye un trabajo con contenido científico, que aportará al desarrollo profesional y educativo si aprobamos su publicación.

Latacunga, mayo del 2015.

ING. EDWIN PRUNA P.
DIRECTOR

ING. FÉLIX MANJARRÉS A.
CODIRECTOR

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS-ESPE
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

NOSOTROS, EDWIN IVÁN CHICAIZA REINOSO Y
CARLOS EDUARDO PILATÁSIG CAPILLA

DECLARAMOS QUE:

El proyecto de grado denominado **“Rediseño y repotenciación de una termolaminadora semiautomática para el acabado de muebles finos en San Eduardo Industrias del Mueble de la ciudad de Latacunga – parroquia de Mulaló.”** ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan el pie de las páginas correspondiente, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Latacunga, mayo del 2015.

EDWIN IVÁN CHICAIZA REINOSO
C.C. 050350156-1

CARLOS E. PILATÁSIG CAPILLA
C.C. 050314614-4

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS-ESPE
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA**

AUTORIZACIÓN

**NOSOTROS, EDWIN IVÁN CHICAIZA REINOSO Y
CARLOS EDUARDO PILATÁSIG CAPILLA**

Autorizamos a la UNIVERSIDAD DE LA FUERZAS ARMADAS-ESPE, la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del trabajo **“Rediseño y repotenciación de una termolaminadora semiautomática para el acabado de muebles finos en San Eduardo Industrias del Mueble de la ciudad de Latacunga – parroquia de Mulaló.”** cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, mayo del 2015.

EDWIN IVÁN CHICAIZA REINOSO
C.C. 050350156-1

CARLOS E. PILATÁSIG CAPILLA
C.C. 050314614-4

DEDICATORIA

A dios por la vida y que me ha regalado unos padres tan responsables que gracias a ellos he podido cumplir uno de mis sueños más anhelados, a mi padre Trajano y a mi madre María Miroslava que siempre estuvieron en los momentos más difíciles apoyándome. A mi novia Ángeles que me motiva a ser mejor cada día. A mis panas y familiares que incondicionalmente estuvieron en todo momento.

Carlos Eduardo Pilatásig Capilla

A dios que me ha regalado la salud y la por haberle dado la fortaleza a mi familia para que me apoyen a conseguir mi objetivo profesional.

A mi padre José Eduardo quien fue mi ejemplo de superación y de lucha siendo el incentivo para estudiar, el que a pesar de mis errores nunca me abandonó y siempre me ayudó a corregir mis errores aunque te fuiste al cielo y no lograste ver que conseguí mi logro profesional siempre llevaré tus consejos y ahora desde el cielo serás un ángel que me cuidarás.

A mi madre Mirian Patricia que siempre fue mi apoyo sentimental, enseñándome grandes valores de lealtad, honestidad y le agradezco por seguir luchando por todos nosotros y que siga siendo el ejemplo para toda mi familia.

A mi esposa Gabriela y a mi hija Guadalupe por brindarme su cariño, su apoyo para continuar con mis estudios y estar conmigo en los momentos más felices y más tristes de mí vida. A toda mi familia y amigos que siempre me incentivaron a seguir luchando.

Edwin Iván Chicaiza Reinoso

AGRADECIMIENTO

Expresamos nuestro más sincero agradecimiento al Sr. Hugo Chango propietario de la maquina por habernos permitido realizar el presente proyecto en su prestigiosa empresa y por la confianza brindada.

A dios por darnos la salud, vida y cuidar de nuestras familias.

A nuestros padres por el esfuerzo para ayudarnos a obtener este logro profesional.

A todo el personal administrativo y operativo de “INDUSTRIAS DEL MUEBLE SAN EDUARDO”, por el apoyo brindado en la realización de este proyecto.

A los docentes de la UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE – LATACUNGA por haber impartido sus conocimientos de manera ardua y efectiva.

Al ingeniero Patricio Pruna e ingeniero Félix Manjarrés por la magnífica dirección del proyecto y los aportes adjuntados.

INDICE

CARÁTULA	I
CERTIFICADO	II
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	III
AUTORIZACIÓN	IV
DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTO	VI
INDICE	VII
INDICE DE FIGURAS	XI
INDICE DE TABLAS	XIV
RESUMEN	XV
ABSTRACT	XVI
PRESENTACIÓN	XVII
CAPÍTULO I	1
1. Fundamentos teóricos	1
1.1 Introducción	1
1.1.1 Planteamiento del problema	1
1.1.2 Justificación	3
1.2 Papel para el termolaminado	3
1.3 Características de la madera.	6
1.4 Proceso de termolaminado.	8
1.5 Partes constitutivas del termolaminado	10
1.5.1 Motor eléctrico	11
1.5.2 Dispositivo reductor de velocidad	13
1.5.3. Bomba de vacío.	16
1.5.4. Sistema de piñón y cremallera.	22
1.5.5. Eje mecánico	24
1.5.6 Dispositivos electrónicos y electromecánicos.	25
1.5.7 PLC (controlador lógico programable)	25
1.5.8 Hmi básico.	26

1.5.9	Fuente 24.vdc	27
1.5.10	Variadores de frecuencia.	27
1.5.11	Contactores	28
1.5.12	Relés	30
1.5.13	Manómetro de vacío (vacuómetro)	30
1.5.14	Finales de carrera.	31
1.5.15	Interruptor automático magnetotérmico.....	32
1.5.16	Selectores e interruptores	33
1.6	Técnicas de control.	34
CAPÍTULO II.....		37
2.	Diseño, selección y reconstrucción.	37
2.1	Rediseño de la estructura metálica	37
2.1.1	Parámetros para realizar el rediseño	38
2.1.2	Cámara de vacío	40
2.1.3	Cámara de temperatura	41
2.1.4	Diseño de la base	42
2.1.5	Selección del motor para el desplazamiento de la cámara de vacío.....	48
2.1.6	Selección de la transmisión mecánica.	49
2.1.7	Selección de la bomba de vacío	52
2.2	Diseño del sistema eléctrico.....	54
2.2.1	Sensor de temperatura.....	54
2.2.2	Selección de niquelinas.....	54
2.2.3	Circuito de fuerza	57
2.2.3.1	Diseño de protecciones.....	57
2.3	Diseño del sistema de control	59
2.3.1	Parámetros de diseño del sistema de control.	60
2.3.2	Diseño del sistema de control	60
2.3.3	Software de diseño.....	61
2.4	Reconstrucción de la estructura de la máquina.	61

2.5	Selección y adquisición de equipos	63
2.5.1	Selección de equipos	63
2.5.1.1	Selección del sensor de temperatura	63
2.5.1.2	Selección de protecciones	63
2.5.1.3	Selección del controlador lógico programable (plc).....	64
2.5.1.4	Selección de la pantalla	66
2.5.2	Adquisición de equipos	67
2.6	Implementación de la estructura mecánica	68
2.7	Implementación del sistema eléctrico.....	69
2.8	Implementación del sistema de control	73
2.9	Programación.....	74
2.9.1	Programación de los variadores de frecuencia	74
2.9.2	Programación del controlador	75
CAPÍTULO III.....		78
3.	Protocolo de pruebas e implementación	78
3.1	Prueba de la estructura mecánica.....	78
3.2	Prueba del sistema térmico.....	82
3.3	Pruebas del sistema de vacío.	88
3.4.	Prueba del sistema eléctrico y electrónico.	94
3.4.1.	Análisis económico del proyecto.	102
3.4.2.	Análisis económico.....	105
3.4.2.1	Cálculo del van y tir	105
3.5	Manual de operación.....	110
3.6	Validación de hipótesis.....	111
CAPÍTULO IV		112
4.	Conclusiones y recomendaciones.....	112
4.1.	Conclusiones.....	112
4.2.	Recomendaciones.....	114

BIBLIOGRAFÍA	116
GLOSARIO	120
ANEXOS	122

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Máquina en sus principios.	2
Figura 1.2	Modelos y colores del PVC.....	4
Figura 1.3	Tipos de chapas de madera.	5
Figura 1.4	Muestra de producto terminado en MDF.	7
Figura 1.5	Partes de un motor trifásico corriente alterna (220V).	11
Figura 1.6	Reductor de Velocidad.....	13
Figura 1.7	Reductor de Velocidad “Tipo de Corona y sin fin”	15
Figura 1.8	Reductor de Velocidad “Tipo de Engranés”	15
Figura 1.9	Reductor de Velocidad “Tipo Planetarios”	16
Figura 1.10	Bomba de Vacío convencional.	18
Figura 1.11	Funcionamiento de bomba de membrana.	18
Figura 1.12	Bomba de vacío de canal lateral.....	19
Figura 1.13	Bomba de Tornillo.....	20
Figura 1.14	Bomba de vacío de anillo líquido.	21
Figura 1.15	Bomba rotatoria Lubricada con aceite.	22
Figura 1.16	Mecanismo Piñón y Cremallera.	23
Figura 1.17	Movimiento de un piñón y cremallera.	24
Figura 1.18	Clases de ejes.	25
Figura 1.19	Diagrama de Bloques del PLC.....	25
Figura 1.20	Diagrama de HMI Básico	26
Figura 1.21	Diagrama de Bloques	28
Figura 1.22	Contactador común.	29
Figura 1.23	Partes de un relé.	30
Figura 1.24	Manómetro de vacío de reloj.	31
Figura 1.25	Finales de carrera.....	32
Figura 1.26	Interruptor magnetotérmico.....	33
Figura 1.27	Tipos de Selectores y Pulsadores	34
Figura 1.28	Bucle de control.	36
Figura 2. 1	Termolaminadora a rediseñar.....	37

Figura 2. 2	Termolaminadora de 1 bandeja semi-automática.....	38
Figura 2. 3	Cámara de vacío	39
Figura 2. 4	Cámara de temperatura recortada.....	39
Figura 2. 5	Rediseño de la máquina Termolaminadora	39
Figura 2. 6	Medidas de la cámara de vacío	40
Figura 2. 7	Medidas de la cámara de temperatura	42
Figura 2. 8	Parte delantera de la Termolaminadora.....	44
Figura 2. 9	Parte posterior de la Termolaminadora.....	45
Figura 2. 10	Factor de seguridad.....	46
Figura 2. 11	Deformación	47
Figura 2. 12	Análisis de efectos de la temperatura	47
Figura 2. 13	Desplazamiento de la cámara de vacío	48
Figura 2. 14	Gráfico para determinar el módulo de la cremallera y piñón.....	50
Figura 2. 15	Piñón.....	51
Figura 2. 16	Cremallera	52
Figura 2. 17	Máquina recortada	61
Figura 2. 18	Flautas de gas extraídas de la cámara de temperatura	62
Figura 2. 19	Termolaminadora reconstruida	62
Figura 2. 20	Termocupla tipo K.....	63
Figura 2. 21	Interruptor termo magnético.....	64
Figura 2.22	PLC SIEMENS SIMATIC S7-1200.....	65
Figura 2. 23	Módulo de salidas Analógicas.	65
Figura 2. 24	SB1221 Signal board 1 AI para Termocupla tipo J ó K.....	66
Figura 2. 25	Pantalla SIEMENS KP300 Basic mono PN.....	66
Figura 2. 26	Fuente de voltaje de salida de 24V marca SIEMENS	67
Figura 2. 27	Instalación de cámara de vacío y cámara de temperatura.	68
Figura 2. 28	Transmisión mecánica	68
Figura 2. 29	Bomba de Vacío.....	69
Figura 2. 30	Moto reductor.....	69
Figura 2. 31	Tablero de potencia	70

Figura 2. 32	Motor para el desplazamiento de la cámara de vacío.....	71
Figura 2. 33	Bomba de vacío	71
Figura 2. 34	Diagrama eléctrico	72
Figura 2. 35	Tablero de control	73
Figura 2. 36	Interfaz del software TIA PORTAL	76
Figura 2. 37	Diagrama de flujo de la lógica de programación	77
Figura 3.1	Mecanismo piñón y cremallera	78
Figura 3.2	Motor trifásico y reductor.	79
Figura 3.3	Lana de vidrio en la máquina.....	82
Figura 3.4	Cámara de Temperatura.....	83
Figura 3.5	Medición de la temperatura uniforme en toda la cámara. ...	84
Figura 3.6	Medición de la temperatura uniforme en toda la cámara. ...	86
Figura 3.7	Partes del Sistema de Vacío.....	89
Figura 3.8	Manómetro de vacío.	90
Figura 3.9	Primera prueba realizada.....	91
Figura 3.10	Valor de presión en la primera prueba.....	92
Figura 3.11	Valor de presión en la segunda prueba.	92
Figura 3.12	Segunda prueba realizada.....	93
Figura 3.13	Presión adecuada de funcionamiento.....	93
Figura 3.14	Producto terminado satisfactoriamente.....	94
Figura 3.15	Tablero de Mando.....	95
Figura 3.16	Partes del HMI KP-300.	96
Figura 3.17	HMI funcionando.....	97
Figura 3.18	Dispositivos electrónicos del tablero de potencia.	98
Figura 3.19	Dispositivos electromecánicos del tablero de potencia.....	99
Figura 3.20	Final de Carrera.....	100
Figura 3.21	Diseño anterior de la termolaminadora.	102
Figura 3.22	Nuevo diseño de la termolaminadora.	102

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1	Características de operación.	6
Tabla 2.1	Dato de placa del motor a utilizar	49
Tabla 2.2	Parámetros del piñón.....	51
Tabla 2.3	Dato de placa del motor de la bomba de vacío.....	53
Tabla 2.4	Potencia requerida.....	55
Tabla 2.5	Requerimientos mínimos del controlador lógico programable.....	61
Tabla 2.6	Características de la termocupla	63
Tabla 2.7	Equipos a adquirir	67
Tabla 2.8	Parámetros de programación del variador de frecuencia SIEMENS G 110	74
Tabla 2.9	Parámetros de programación del variador LENZE	75
Tabla 3.1	Valores de voltaje para el motor.	80
Tabla 3.2	Mediciones de termocuplas.	84
Tabla 3.3	Equivalente de °C de mili voltios.....	85
Tabla 3.4	Valor PLC vs Intr. Patrón	87
Tabla 3.5	Valores nominales.	91
Tabla 3.6	Elementos utilizados en la reconstrucción.	103
Tabla 3.7	Inversión de producción.....	106
Tabla 3.8	Flujo de caja proyectado.....	108
Tabla 3.9	Flujo de caja real.	109

RESUMEN

El proceso de termolaminado es una técnica que ha venido a revolucionar las industrias madereras, permitiendo dar mejores acabados a los muebles prefabricados en MDF, de acuerdo al modelo y color que el cliente desea, reduciendo mano de obra, costos, optimizando tiempos y sobre todo la protección ambiental. La presente tesis consiste en el **“Rediseño y repotenciación de una termolaminadora semiautomática para el acabado de muebles finos en San Eduardo Industrias del Mueble de la ciudad de Latacunga – parroquia de Mulaló.”** Dicho proyecto con fines industriales permitirá al grupo empresarial entregar muebles de alta calidad y de muy buen acabado al mercado en la provincia con expectativas de cubrir el mercado nacional. Así como también el desarrollo tecnológico en la empresa con maquinaria automatizada. La máquina está constituida por tres partes principales: la cámara de temperatura, cámara de vacío y la base estructural. Todo esto controlado por un PLC (Controlador Lógico Programable). La temperatura del proceso esta visualizada por un KTP-300 Mono Basic que muestra al operario valores estándar; por otro lado la máquina está configurada para trabajar de forma manual y automática. Una vez culminado el proyecto se obtuvo como resultado una termolaminadora en vacío, que está en la capacidad de unir láminas de PVC a maderas de cualquier forma y tamaño.

Palabras clave:

- **TERMOLAMINADO DE MADERA**
- **AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES**
- **CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE**

ABSTRACT

Termolaminado process is a technique that has revolutionized the logging industry, allowing give better finishes prefabricated MDF furniture, according to the model and color that the customer wants, reducing labor costs, optimizing time and especially environmental protection. The present research is the **“Redesign and upgrading of a semiautomatic termolaminadora for finishing fine furniture in San Eduardo Industries Furniture City Latacunga. - Parish Mulaló”** This project for industrial purposes will enable the business group deliver furniture high quality and very good finish to the market in the province to meet the expectations of the national market. As well as technology development company with automated machinery. The machine consists of three main parts: the temperature chamber, vacuum chamber and the structural basis, chamber temperature. All controlled by a PLC (Programmable Logic Controller). The process temperature is displayed by a KTP-300 Mono Basic showing standard values operator. The start signal is sent by a button from the control panel until it finishes the process with set times; on the other hand the machine is configured to work manually and automatically. Once completed the project will result in a termolaminadora obtained in vacuum, which is in the ability to bind sheets of PVC to wood of any shape and size.

Keywords:

- **WOOD TERMOLAMINADO.**
- **PROCESS AUTOMATION.**
- **PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER.**

PRESENTACIÓN

En el presente proyecto se desarrolla el rediseño y repotenciación de una termolaminadora semiautomática para el acabado de muebles finos en San Eduardo Industrias del Mueble de la ciudad de Latacunga – Parroquia de Mulaló.

En el Capítulo I se adquiere información acerca de los sistemas y tipos de termolaminadoras que existen en el mercado, materiales a trabajar, temperaturas adecuadas y todo lo necesario para que se dé cita el proyecto.

En el Capítulo II describe el rediseño y repotenciación de la parte mecánica, eléctrica, potencia y control de la máquina, igualmente la información referente a la selección de materiales para los elementos mecánicos y electromecánicos que posteriormente se realizara la implementación de cada uno de los sistemas, llevando consigo la forma completa de la máquina.

En el Capítulo III está establecido el protocolo de pruebas tanto de la parte mecánica, sistema térmico, sistema de vacío, eléctrico, electrónico y electromecánico los cuales estarán ligados a un manual de operación. Con todas las pruebas realizadas se procede a la validación de la hipótesis.

En el Capítulo IV se presentará las conclusiones una vez finalizado el proyecto, conjuntamente con las recomendaciones que se debe tomar en cuenta el uso del mismo.

Finalmente, se mostrara las referencias bibliográficas de toda lo adquirido como: tablas, gráficos, anexos.

CAPÍTULO I

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

1.1 INTRODUCCIÓN

Las industrias que manejan maderas como su principal producto de fabricación se han caracterizado por realizar trabajos con mano de obra, utilizando la pintura como material principal para dar sus acabados esto, ha causado un daño tanto a trabajadores como al medio ambiente por la mezcla de tiñer con catalizadores para acelerar su secado.

Data en el año 1500 Leonardo D`vinci elaboró la prensa de balancín. Dos siglos después, exactamente en el año 1770, Joseph Bramah patentó la primera prensa hidráulica; y luego de adquirir esa patente, los hermanos Perier construyeron una prensa que aplicaba 70 kg de presión por centímetro cuadrado.

Actualmente, las tecnologías que manejan las prensas tienen diversas variaciones que son determinadas por la necesidad de la empresa, el producto que trabajan y los recursos disponibles. En el mercado es posible encontrar desde prensas básicas para sujeción hasta complejas máquinas que pueden realizar el curvado de madera, ruteado u otras que realizan el enchapado de diferentes piezas producidas en la industria.

1.1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

De acuerdo con la necesidad planteada por el propietario y de los trabajadores de San Eduardo Industrias del mueble de la parroquia de Mulaló que se referiré al sistema de termolaminado del centro de producción, nace la necesidad de rediseñar y repotenciar una termolaminadora que ayudará a realizar acabados de mayor calidad,

evitando el contacto con químicos fuertes, cuidando su salud y de las demás personas, ya que la existente se dificulta en el manejo, como se puede observar en la Figura 1.1.



Figura 1.1 Máquina en sus principios.

La máquina muestra un sistema totalmente manual en la cual todo su funcionamiento es a base de pulsadores para cada acción, el operario tenía que ingresar por debajo de la cámara de calor para poder colocar el producto a procesar, así mismo para sacar el producto terminado poniendo en riesgo algún tipo de quemadura. Hoy en día máquinas de este tamaño se caracterizan por ser automatizadas, ya que constan de una secuencia de proceso en el cual el operario no tiene contacto sobre la máquina, de acuerdo a lo descrito nace la necesidad de fomentar la siguiente interrogante. ¿El rediseño y repotenciación de una termolaminadora semiautomática para el acabado de muebles finos fortalecerá la maquinaria y tecnología en San Eduardo Industrias del Mueble de la ciudad de Latacunga –Parroquia de Mulaló?

1.1.2 JUSTIFICACIÓN

De acuerdo con las industrias madereras del sector y aledañas, la utilización del método tradicional para dar acabados a muebles sigue siendo la utilización de pinturas, lacas, y demás materiales que afectan tanto al trabajador y al medio ambiente, causando a largo tiempo daños perjudiciales al organismo, el termolaminado viene a revolucionar el mercado de las maderas en sus terminados. El presente proyecto permitirá tanto al dueño y operarios familiarizarse con tecnología más avanzada que la existente, este proceso ayudará también a evitar los desechos que comúnmente quedan después de un proceso de lacado, previniendo una contaminación masiva.

En otro aspecto la máquina termolaminadora semiautomática, ayudara a desarrollar innovación en el sector, ya que no existen máquinas similares.

Finalmente, algo que cabe recalcar es la poca existencia de estas máquinas en el Ecuador, las procedencias son de otros países, el diseñar y construir nuevas tendencias aumentará el nivel tecnológico de nuestro país.

1.2 PAPEL PARA EL TERMOLAMINADO

En el mercado existen varios tipos de láminas que se pueden utilizar en este proceso, dependiendo de varios aspectos como es el modelo a elegir del cliente, el espesor, la temperatura etc. La mayoría de industrias está relacionada con dos tipos de láminas que son: el PVC y chapilla de madera.

El PVC es el producto de la polimerización del monómero de cloruro de vinilo a poli cloruro de vinilo y es el derivado del plástico más versátil, se

caracteriza por ser dúctil y tenaz que presenta estabilidad dimensional y resistencia ambiental y además, es reciclable por varios métodos.

Los principales tipos de PVC son el PVC rígido, el PVC flexible y el Plastisol, en el cual nos enfocaremos al PVC flexible.

El PVC flexible también llamado plastificado, tiene una gran variedad de compuestos para moldeado, con una gran diversidad de propiedades y aplicaciones que se procesan con casi todas las técnicas de transformación. Las propiedades del producto flexible dependen de los aditivos, cuando estos se dispersan adecuadamente el PVC no altera su estructura molecular, pero si se modifican sus propiedades el comportamiento en el proceso. La ventaja principal de estos plásticos es que están formulados y se los puede adaptar cualquier tipo de pigmentación, modelo etc. Es el único plástico que se puede procesar por cualquiera de las técnicas conocidas. A continuación se muestra una variedad de modelos en la Figura 1.2



Figura 1.2. Modelos y colores del PVC.

Fuente: Catalogo de colores del PVC, 2005

De acuerdo con sus características el PVC flexible es el material más utilizado para estos procesos, ya que es el que mejor se adhiere a las maderas con sus respectivos ruteados y formas.

Las chapillas de madera son láminas finas de madera que oscilan entre de 0,6mm y 1,5mm de espesor aproximadamente, lo que permite contar con una amplia gama de especies de modelos de madera, cuyo uso en madera maciza no sería posible. Este tipo de material es originado en 1926 y hoy en día se considera como un elemento fundamental en trabajos de decoración, dando una calidad especial a cualquier trabajo, especialmente en madera maciza. Las chapillas de madera se las puede adquirir en tamaños normalizados que son apropiados para cubrir piezas de pequeño tamaño y en hojas sueltas que vienen por metro cuadrado.

Existen varios tipos de chapas en madera: Naturales, teñidas, chapas de raíz y chapas pre compuestas como se observa en la Figura 1.3.



Figura 1.3 Tipos de chapas de madera.

Fuente: Catalogo de colores del PVC, 2005

El tipo de papel para termolaminar, juega un papel muy importante en el proceso, ya que cada papel viene dado con sus características, especificando sus temperaturas para obtener su adhesión adecuada.

Para los dos tipos de papeles se detallan las características de operación en la Tabla 1.1.

Tabla 1.1
Características de operación.

CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN		
TIPO DE PAPEL	TEMPERATURA (°C)	ESPESOR (mm)
PVC	95	0.8
CHAPILLA DE MADERA	50	0,6 - 1,5

1.3 CARACTERÍSTICAS DE LA MADERA.

La madera es un conjunto de células que forman una masa celulosa, lignina, resina, almidón y azúcares que se desarrollan en los árboles dando lugar a la forma cilíndrica que tienen los troncos de estos.

Es una de las materias primas de origen vegetal más explotado por el hombre. Se utilizan para fabricar productos de gran utilidad como mesas, sillas, camas, muebles y en tecnología se pueden realizar muchos proyectos. La madera es un recurso renovable, abundante, orgánico y económico.

De la gran variedad de madera existente entre otras existen maderas blandas, maderas duras, maderas resinosas, maderas finas, y maderas prefabricadas y en esta última nos enfocaremos.

La mayoría de ellas se elaboran con restos de madera, como virutas del resto de corte etc. De este tipo son el aglomerado, el contrachapado, los tableros de fibra y el MDF.

El MDF es el principal tipo de madera que es utilizado para llevar a cabo el termolaminado, se podría utilizar con diferentes tipos de madera lo cual llevaría a cabo otro proceso. El MDF significa “Fibra de Densidad Media” que es una madera compuesta de pedazos de fibra de madera unidos con pegamento, resina, presión y calor, es la más utilizada porque consta con una superficie suave en la cual se puede pintar, termolaminar y dar varios acabados a la misma.

Uno de los beneficios de utilizar MDF es que se puede cortar en cualquier dirección además no posee nudos en los cuales se le puede dar formas, ruteados, chaflanes, curvas como se muestra en la Figura 1.4.



Figura 1.4 Muestra de producto terminado en MDF.

La madera MDF tiene una superficie suave. Las personas pueden pintar armarios o depósitos de MDF con pinturas al aceite o con base de agua. El tamaño común de la madera MDF tiene un grosor de 0.25 a 1.125 pulgadas

(0,625 cm a 3,2 cm), 48 a 61 pulgadas (122 cm a 155 cm) de ancho y 73 a 121 pulgadas (185 a 310 cm) de largo.

1.4 PROCESO DE TERMOLAMINADO.

El termolaminado es un proceso por el cual una parte o pieza de un mueble fabricada en MDF es recubierta con PVC o chapilla de madera en 3 dimensiones a través de una prensa de membrana o vacío, la cual brinda gran libertad para diseñar. El principio de este tipo de máquinas es trabajar a base de vacío parcial de aire, producido a través de una bomba que regularmente funciona extrayendo moléculas de gas (aire) de una cámara sellada de forma hermética.

Este método sucede debajo de una lámina la cual se amolda perfectamente a la forma de la pieza y produce una alta presión sobre la misma por la succión y la lámina ejerce presión sobre toda el área de la pieza, evitando un mal plegue en algún punto de esta.

Dicha presión está ligada directamente con la potencia de la bomba, mientras más potente sea la bomba más presión ejerce sobre la pieza. Todo este proceso trabaja conjuntamente con una cámara de temperatura, que está formado por niquelinas industriales conectadas en paralelo con su respectivo control y es el que proporciona al operario tiempos y valores a trabajar, esto mediante el tipo de papel con el que se vaya a trabajar.

Para empezar con el proceso de termolaminado son necesarios los siguientes datos:

- ✓ Descripción de la pieza.- Esto va relacionado de la forma de la pieza, como por ejemplo una puerta, frente, cenefa, lateral.
- ✓ Alto de la pieza.- Dado en mm.

- ✓ Ancho de la pieza.- Dado en mm.

Una vez realizado el análisis de las piezas se procede a la selección del PVC a laminar, esto varía de acuerdo al cliente, cabe recalcar que de acuerdo al tipo de PVC es la temperatura, ya que cada papel tiene sus características de proceso. En mencionada empresa se trabajará con un solo tipo de papel, que es el PVC cuyas características de operación en temperatura es de 90°C.

Respecto a los adhesivos, en el caso de las prensas de membrana o vacío, se recomienda utilizar adhesivos reticulables (con alta adherencia muy resistentes a la temperatura y humedad) para obtener una mejor calidad de adherencia. Hay que tomar en cuenta que la viscosidad de los diversos adhesivos que existen en el mercado, varía a medida que pasa el tiempo, por lo que resulta importante conocer las pautas impartidas por cada proveedor. Dicho pegamento se aplica con una pistola - spray o una pistola de gravedad, ya que la mezcla uniforme de los componentes es fundamental a la hora del secado, activación y adherencia del pegante. En el proceso de secado juega un papel muy importante la temperatura, puesto que la reacción del pegante usado frente a esto, es lo que determina el tiempo que tarda el proceso completo.

El operario debe tener en cuenta que una alta humedad residual en el adhesivo puede originar burbujas en el material que recubre la pieza, además de causar la reducción de la fuerza de adhesión entre el material (MDF) y el material que recubre (PVC, chapilla de madera). Así mismo, es muy importante que el área que reciba el adhesivo esté limpia, con el fin de evitar que se acumulen partículas, la cual pueden provocar una apariencia granulosa en la pieza terminada. El material, su tipo y calidad, también es importante en el proceso; mientras mayor densidad tenga este, la calidad del producto terminado y la apariencia de las zonas ruteadas o curvadas

en el material serán mejores, puesto que las partículas internas no se separarán, y lucirá más pareja la superficie. Uno de los materiales usados preferencialmente, en este tipo de procesos, es el MDF, cuya densidad oscila entre 700 y 900 Kg/m³.

Una vez tomado en cuenta todo lo mencionado se procede a colocar el material a ser laminado en el área de trabajo, posteriormente encima de la madera se ubica el tipo de lámina con la que se va a trabajar.

Siguiendo el proceso, se da pulso al botón de inicio y la máquina automáticamente empieza el proceso, esto puede durar entre 20 y 25 minutos al inicio, ya que después las niquelinas toman calor y al segundo proceso será menor el tiempo.

Una vez que el producto terminado sale del proceso, un operario empieza a recortar el papel de acuerdo a las formas de las piezas, y nuevamente coloca el producto y el papel a procesar.

1.5 PARTES CONSTITUTIVAS DEL TERMOLAMINADO

El proceso de termolaminado lleva a cabo una serie de materiales, elementos mecánicos, elementos electrónicos, elementos electromecánicos.

Dispositivos mecánicos:

- ✓ Motor eléctrico trifásico.
- ✓ Dispositivo reductor de velocidad.
- ✓ Bomba de vacío.
- ✓ Sistema de piñón y cremallera.
- ✓ Eje mecánico.

1.5.1 MOTOR ELÉCTRICO

El motor eléctrico es un dispositivo que transforma la energía eléctrica en energía mecánica por medio de la acción de los campos magnéticos generados en sus bobinas. Son máquinas eléctricas rotatorias compuestas por un motor y un estator.

Son utilizados en infinidad de sectores tales como instalaciones industriales, comerciales y particulares. Su uso está generalizado en ventiladores, vibradores para teléfonos móviles, bombas, medios de transporte eléctricos, electrodomésticos, esmeriles angulares y otras herramientas eléctricas, unidades de disco, etc. Los motores eléctricos pueden ser impulsados por fuentes de corriente continua (DC), y por fuentes de corriente alterna (AC).

Las partes constitutivas de un motor eléctrico se detallan en la Figura 1.5.

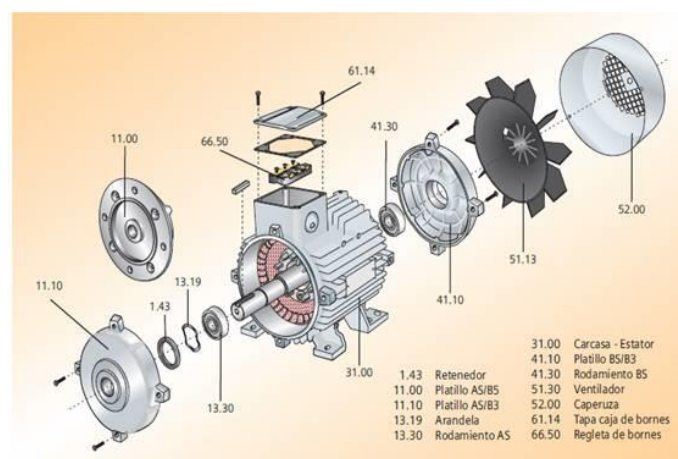


Figura 1.5 Partes de un motor trifásico.

Fuente: Wikipedia, 2004

Los motores eléctricos trifásicos, se fabrican en las más diversas potencias, desde una fracción de caballo hasta varios miles de caballos de

fuerza (HP), se los construye para prácticamente, todas las tensiones y frecuencias (50 y 60 Hz) normalizadas y muy a menudo, están equipados para trabajar a dos tensiones nominales distintas. Se emplean para accionar máquinas-herramienta, bombas, montacargas, ventiladores, grúas, maquinaria elevada, sopladores. El principio de funcionamiento es cuando la corriente atraviesa los arrollamientos de las tres fases del motor, en el estator se originan un campo magnético que induce corriente en las barras del rotor. Dicha corriente da origen a un flujo que al reaccionar con el flujo del campo magnético del estator, originará un par de motor que pondrá en movimiento al rotor.

Si el rotor tiene la misma velocidad de giro que la del campo magnético rotativo, se dice que el motor es síncrono. Si por el contrario, el rotor tiene una velocidad de giro mayor o menor que dicho campo magnético rotativo, el motor es asíncrono de inducción.

Los motores eléctricos trifásicos están conformados por dos grandes grupos:

- ✓ Motores Síncronos.
- ✓ Motores Asíncronos.

Los motores síncronos, tiene la característica de que su velocidad de giro es directamente proporcional a la frecuencia de la red de corriente alterna que lo alimenta. Es utilizado en aquellos casos en donde se desea una velocidad constante, las máquinas síncronas funcionan tanto como generadores y como motores.

Los motores asíncronos o motores de inducción, son las máquinas de impulsión eléctrica más utilizadas, pues son sencillas, seguras y baratas. Los motores asíncronos se clasifican según el tipo de rotor, en motores de

rotor en jaula de ardilla (o motores con inducido en cortocircuito) y en motores de rotor bobinado o de anillos rozantes.

1.5.2 DISPOSITIVO REDUCTOR DE VELOCIDAD.

Toda máquina cuyo movimiento sea generado por un motor necesita que la velocidad de dicho motor se adapte a la velocidad necesaria para el buen funcionamiento de la máquina, esta adaptación se realiza generalmente con uno o varios pares de engranajes que adaptan la velocidad y potencia mecánica montados en un cuerpo compacto denominado reductor de velocidad aunque en algunos países hispano parlantes también se le denomina caja reductora y se muestra en la Figura 1.6



Figura 1.6 Reductor de Velocidad.

Fuente: Wikipedia, 2015

Los reductores de velocidad se suministran normalmente acoplado a la unidad reductora un motor eléctrico normalizado asíncrono tipo jaula de ardilla, totalmente cerrado y refrigerado por ventilador para conectar a redes trifásicas de 220/440 voltios y 60 Hz.

Existe una amplia gama de reductores de velocidad. Los cuales se diferencian entre sí, principalmente por su forma constructiva, disposición de montaje y resistencia estos pueden ser: Engranajes Helicoidales, Corona y sin fin, Ortogonales, Ejes Paralelos, Perpendiculares y Planetarios.

A diferencia de los mecanismos que algunas industrias aún utilizan para reducir la velocidad como las transmisiones de fuerza por correa, cadena o trenes de engranajes, los reductores de velocidad traen consigo una serie de beneficios, entre los cuales destacan:

- ✓ Una regularidad perfecta tanto en la velocidad como en la potencia transmitida.
- ✓ Una mayor eficiencia en la transmisión de la potencia suministrada por el motor.
- ✓ Mayor seguridad en la transmisión, reduciendo los costos en mantenimiento.
- ✓ Menor espacio requerido y mayor rigidez en el montaje.
- ✓ Menor tiempo requerido para su instalación.

Como características de operación se destaca la potencia (Hp o KW), Velocidad (rpm), Torque ($N \cdot m$ – $Kg \cdot m$) y la relación de reducción (I).

Los reductores se pueden clasificar por la tipología de sus engranajes, las clasificaciones más usuales son: Sin fin-Corona, engranajes y planetarios.

Los reductores de Corona y sin fin, es quizás el tipo de reductor de velocidad más sencillo, se compone de una corona dentada, normalmente de bronce en cuyo centro se ha embutido un eje de acero (eje lento), esta corona está en contacto permanente con un husillo de acero en forma de

tornillo sin-fin. Una vuelta del tornillo sin fin provoca el avance de un diente de la corona y en consecuencia la reducción de velocidad.

La reducción de velocidad de una corona sin fin se calcula con el producto del número de dientes de la corona por el número de entradas del tornillo sin fin, se muestra un tipo de estos en la Figura 1.7.



Figura 1.7 Reductor de Velocidad “Tipo de Corona y sin fin”

Fuente: Wikipedia, 2015

Otros de los tipos de reductores son los que están diseñados por engranes, son aquellos en que toda la transmisión mecánica se realiza por pares de engranajes de cualquier tipo excepto los basados en tornillo sin fin. Sus ventajas son el mayor rendimiento energético, menor mantenimiento y menor tamaño como se muestra en la Figura 1.8.



Figura 1.8 Reductor de Velocidad “Tipo de Engranes”

Fuente: Wikipedia, 2015

Los reductores planetarios, tiene 5 etapas de reducción, la eficiencia de este reductor sería 0,904 o 90,4%. Debido a que tienen más dientes en contacto que los otros tipos de reductores, son capaces de transferir o soportar más torque; por lo que su uso en la industria cada vez es más difundido, ya que generalmente un reductor convencional de flechas paralelas en aplicaciones de alto torque debe recurrir a arreglos de corona o cadenas lo cual vuelve no solo requiere de más tamaño sino que también implicara el uso de lubricantes para el arreglo corona o cadena. En la Figura 1.9 se muestra este tipo de reductor.



Figura 1.9 Reductor de Velocidad “Tipo Planetarios”

Fuente: Wikipedia, 2015

1.5.3. BOMBA DE VACÍO.

En 1650 Otto Von Guericke inventó las bombas de vacío y hasta la actualidad sigue siendo uno de los equipos más utilizados en los laboratorios tanto de investigación como de industria en numerosas y variadas aplicaciones. El método de trabajo de las bombas de vacío es extraer moléculas de gas de un volumen sellado para generar un vacío parcial. Dado que el rango de trabajo es de una presión limitada, la evacuación de los sistemas de vacío se realiza en varias etapas, usando en cada una de ellas una clase de bomba distinta. Las bombas de vacío se caracterizan por tres aspectos fundamentales:

1. La presión límite o presión mínima de entrada.
2. La cantidad de gas evacuado por unidad de tiempo.
3. El tiempo necesario para alcanzarla.

Estos factores no dependen sólo de la bomba utilizada, sino también del recipiente a evacuar (presión de vapor de sus partes constitutivas, fugas, etc.). El tiempo necesario para obtener la presión límite depende esencialmente de la velocidad de evacuación de la bomba, es decir, del caudal medido a la presión de funcionamiento.

Las bombas de vacío tienen una presión mínima de entrada, que es la presión más baja que puede obtenerse, y también, un límite superior a la salida o presión previa.

Si la presión previa aumenta por encima de este valor, el bombeo se para. Las bombas previas, son capaces de bombear a partir de la presión atmosférica, hasta una presión a la cual empiezan a funcionar las bombas de alto vacío. El tipo de bomba previa más corriente es la rotativa con paletas deslizantes con sistema de lubricación.

La bomba de vacío debe estar protegida de la humedad ambiental durante el proceso de vacío, esto impide que se oxide el interior de la cámara de vacío del equipo y que deje de funcionar.

El funcionamiento se define por la velocidad de bombeo y la cantidad de gas evacuado por una unidad de tiempo de las bombas de vacío.

La presión límite y el tiempo necesario para alcanzar dicha presión, son factores que no dependen necesariamente del tipo de bomba, sino del recipiente a evacuar.

En la Figura 1.10 se muestra una bomba convencional.



Figura 1.10 Bomba de Vacío convencional.

Fuente: PCE. Institute, 2014

Las bombas de vacío pueden aplicarse en dosificación, liofilización, destilación y cámaras de secado. El puesto de bomba PC3 es la elección perfecta para aplicaciones que requieren protección especial de la bomba y el medio ambiente.

Un tipo de bomba es la de membrana o de diafragma, es una bomba de desplazamiento positivo que, para bombear líquido, combina la acción recíproca de un diafragma de teflón o caucho y de válvulas que abren y cierran de acuerdo al movimiento del diafragma. A veces a este tipo de bomba también se llama bomba de membrana, y su funcionamiento se muestra Figura 1.11.

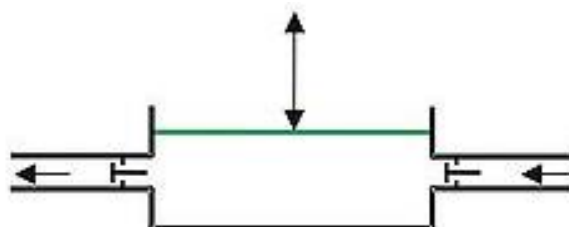


Figura 1.11 Funcionamiento de bomba de membrana.

Fuente: Wikipedia, 2015.

Cuando el volumen de un compartimiento de cualquier tipo se aumenta el diafragma baja, la presión disminuye y el líquido entra dentro del compartimiento. Cuando la presión del compartimiento aumenta (ya que el volumen disminuye), el diafragma sube y el líquido guardado previamente adentro es forzado a salir. Finalmente, el diafragma baja impulsando de nuevo más líquido dentro del compartimiento, terminando el ciclo. Esta acción es similar a la del cilindro de un motor de combustión interna y se puede utilizar para hacer corazones artificiales.

Las bombas de vacío con canal lateral aspiran aire o gas y lo fuerzan a ingresar en el interior del canal lateral. Al girar el rotor que se encuentra acoplado directamente al eje del motor, los alabes empujan el gas hacia adelante y también hacia el exterior debido a la fuerza centrífuga, formando una serie de remolinos. El aire aspirado está obligado a seguir un recorrido en espiral y asimismo sometido a reiteradas aceleraciones incrementando así la presión diferencial del fluido transportado a través del soplante como se ve en la Figura 1.12.

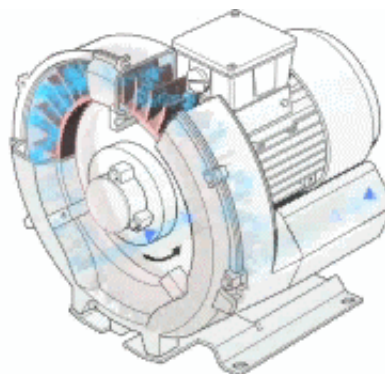


Figura 1.12 Bomba de vacío de canal lateral.

Fuente: Industria Brasileira de Máquinas, 2015

Otras bombas de vacío son las de tornillo, que se utilizan para desplazar el aire a altas presiones, y que utilizan la física de un tornillo de la bomba para hacerlo. Dentro de la bomba se encuentra un sistema similar a un

tornillo de Arquímedes, que bombea el líquido y desplaza el aire como resultado, creando un vacío que puede ser usado para muchos propósitos diferentes.

También hay bombas de vacío de tornillo en seco que hacen lo mismo sin el líquido interior. Estas bombas tienen diferentes usos, incluyendo la humedad y la eliminación de gases de un espacio cerrado, creando un vacío dentro de diversos objetos, tales como las luces de neón, y también puede ser usado para proveer la succión necesaria para una máquina barrena neumática, tales como los taladros, puede ser construida como una variante de la bomba de tornillo.

Estos dispositivos se utilizan para desplazar la suciedad en lugar del líquido y se utilizan para cavar agujeros cilíndricos con precisión en el suelo. El movimiento del dispositivo hace que sea fácil de cavar en el suelo con la simple rotación.

En la Figura 1.13 se muestra la parte interna de la bomba.

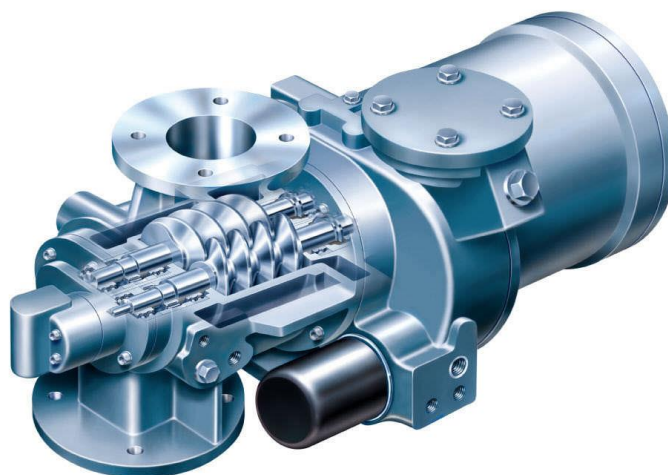


Figura 1.13 Bomba de Tornillo.

Fuente: Mecánica Prim S.A, 2010

Otro tipo es la bomba de vacío de anillo líquido, que es la resultante de la combinación de compresión isotérmica de los gases y de la condensación de los mismos al contacto del líquido sellante, extracción de vapores en procesos de polimerización, eliminación de alcoholes o solventes y otros gases, son aplicaciones comunes.

La gran ventaja de las bombas de anillo líquido radica en que el fluido sellante de la bomba puede ser afín al gas bombeado. El aire o gas atraviesa un paso interno en la lateral hasta llegar a la ventana de admisión del cono, donde es succionado hasta las cámaras del rotor por el movimiento del anillo líquido, semejante al movimiento de succión de un pistón en un cilindro. Mientras gira el rotor, sus cámaras, al pasar por la ventana de admisión del cono, se llenan de aire o gas. El aire o gas comprimido a la medida que el anillo líquido se aproxima a la venta de descarga del cono.

Este movimiento esquematiza la compresión del aire hasta la presión atmosférica como se muestra en la Figura 1.14.

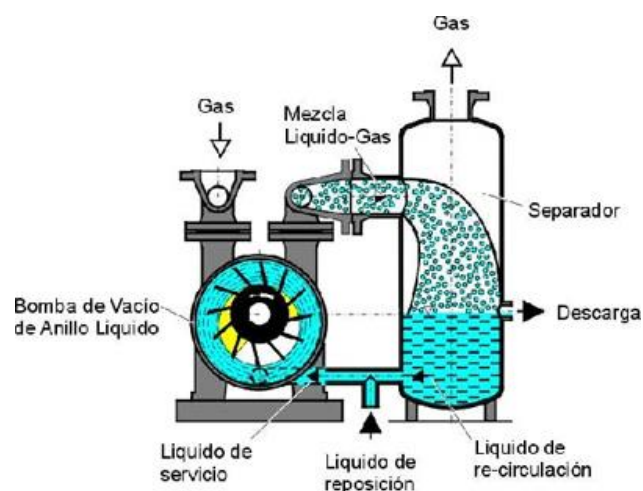


Figura 1.14 Bomba de vacío de anillo líquido.

Fuente: Biblioteca digital ILCE, 1982.

Cabe mencionar que el vacío absoluto no existe por esta razón, se muestran las clases de vacío.

- ✓ Vacío grueso o bajo Vacío 760 – 1 torr.
- ✓ Vacío medio $1 - 10^{-3}$ torr.
- ✓ Alto Vacío $10^{-3} - 10^{-7}$ torr.
- ✓ Ultra Vacío $< 10^{-7}$ torr.

Por último se tiene, un tipo de bomba llamada rotativas con lubricación, el principio de funcionamiento de estas bombas, es similar al de las bombas en seco, este tipo de bombas dispone de lubricación con aceite que permite lubricar las partes en movimiento y alcanzar mejores presiones absolutas. La presencia del lubricante determina la necesidad de filtrar el aire en la descarga para recuperar el lubricante y descargar en la atmósfera aire más limpio. Al contrario, cuando el lubricante no se recupera, la bomba se define como “aceite a perder”. Se muestra en la Figura 1.15 una bomba lubricada.



Figura 1.15 Bomba rotatoria Lubricada con aceite.

Fuente: Instalaciones y Equipos Industriales, 2015

1.5.4. SISTEMA DE PIÑÓN Y CREMALLERA.

El mecanismo piñón-cremallera tiene por finalidad la transformación de un movimiento de rotación o circular (piñón) en un movimiento rectilíneo (cremallera) o viceversa. Este mecanismo como su mismo nombre indica

está formado por dos elementos componentes que son el piñón y la cremallera como se muestra en la Figura 1.16.

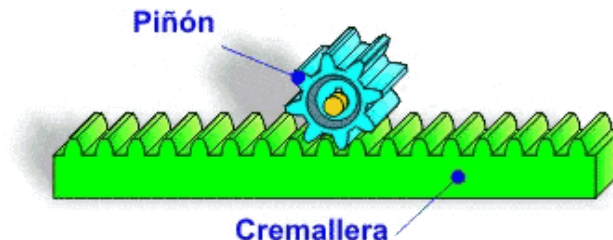


Figura 1.16 Mecanismo Piñón y Cremallera.

Fuente: CEJAROSU, 2005

Cuando el piñón gira, sus dientes empujan los de la cremallera, provocando el desplazamiento lineal de esta. Si lo que se mueve es la cremallera, sus dientes empujan a los del piñón consiguiendo que este gire y obteniendo en su eje un movimiento giratorio. La relación entre la velocidad de giro del piñón (N) y la velocidad lineal de la cremallera (V) depende de dos factores: el número de dientes del piñón (Z) y el número de dientes por centímetro de la cremallera (n). Por cada vuelta completa del piñón la cremallera se desplazará avanzando tantos dientes como tenga el piñón. Por tanto se desplazará una distancia que viene dado por la Ecuación 1.1.

$$d = \frac{Z}{n} \quad \text{Ecuación 1.1}$$

Y la velocidad del desplazamiento será:

$$V = N \cdot \frac{Z}{n} \quad \text{Ecuación 1.2}$$

Si la velocidad de giro del piñón (N) se da en revoluciones por minuto (r.p.m.), la velocidad lineal de la cremallera (V) resultará en centímetros por minuto (cm/minuto). La cremallera es asimilable a una

rueda dentada de diámetro primitivo infinito. Para que el engrane sea posible y el piñón pueda deslizarse sobre la cremallera es preciso que tanto piñón como cremallera posean el mismo módulo.

Este tipo de mecanismo es reversible, es decir puede funcionar aplicando un movimiento de giro al piñón que es transmitido a la cremallera desplazándolos de forma lineal, o viceversa como se muestra en la Figura 1.17.

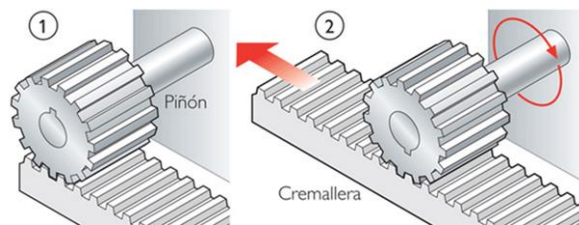


Figura 1.17 Movimiento de un piñón y cremallera.

Fuente: Educativa.catedu, 2006

1.5.5. EJE MECÁNICO.

Un eje es un elemento constructivo destinado a guiar el movimiento de rotación a una pieza o de un conjunto de piezas, como una rueda o un engranaje. Se puede definir también como elementos de máquinas en donde se montan partes giratorias, siendo los verdaderos ejes geométricos de las partes en movimiento.

Son dos tipos de ejes: Ejes fijos y Ejes giratorios.

Los ejes giratorios (árboles), además de cargar con los elementos giratorios también transmiten momentos torsores, donde existen esfuerzos normales y esfuerzos tangenciales. Los materiales empleados para la construcción de los árboles deben distinguirse por las características de: resistencia suficientemente alta, pequeña sensibilidad a la concentración

de tensiones, capacidad de poder ser tratados térmica y químico – térmicamente y poseer buena maquinabilidad.

En la Figura 1.18 se indica las clases de ejes.



Figura 1.18 Clases de ejes.

Fuente: López José, 2013.

Los materiales que se usan para la construcción de un eje pueden variar de acuerdo con la aplicación, pero los más comunes son:

- ✓ AISI 1010 Y AISI 1020 (poco peso).
- ✓ AISI 1045 (medio peso).
- ✓ AISI 4140 (mucho peso).
- ✓ AISI 4340 (alto peso).

1.5.6 DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS Y ELECTROMECAÓNICOS.

- | | |
|--|--|
| ✓ PLC (Controlador Lógico Programable) | ✓ Relés. |
| ✓ Hmi básico. | ✓ Finales de carrera. |
| ✓ Fuente 24v. | ✓ Interruptor automático magnetotérmico. |
| ✓ Variador de Frecuencia. | ✓ Selectores. |
| ✓ Contactores. | ✓ Interruptores. |

1.5.7 PLC (Controlador lógico programable)

Según lo define la Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos de los Estados Unidos un PLC – Programmable Logic Controller (Controlador Lógico Programable) es un dispositivo digital electrónico con una memoria programable para el almacenamiento de instrucciones, permitiendo la implementación de funciones específicas como ser: lógicas, secuenciales, temporizadas, de conteo y aritméticas; con el objeto de controlar máquinas y procesos. Estos controladores son utilizados en ambientes industriales donde la decisión y la acción deben ser tomadas en forma muy rápida, para responder en tiempo real.

La estructura básica de un PLC está compuesta por: La CPU, las interfaces de entradas y las interfaces de salidas.

Las cuales se pueden observar en la Figura 1.19.

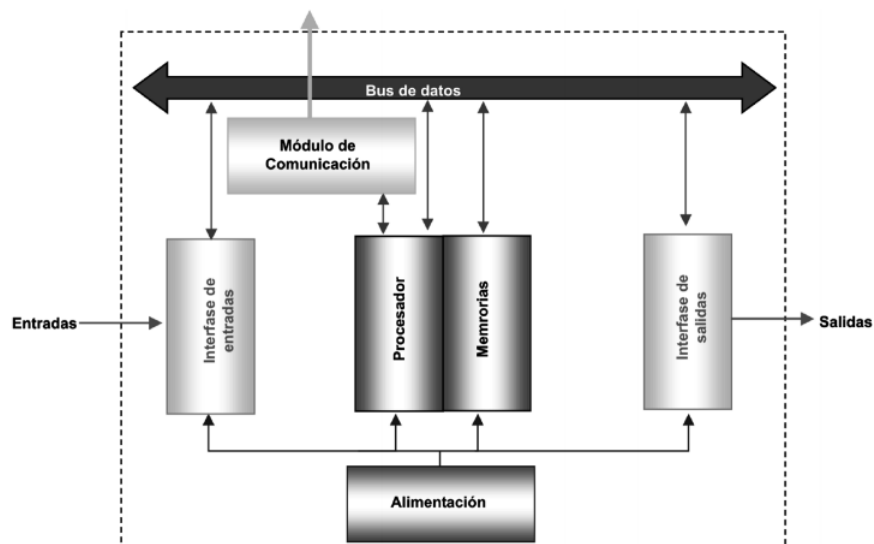


Figura 1.19 Diagrama de Bloques del PLC.

Fuente: Micro automatización, 2010.

1.5.8 HMI BÁSICO.

HMI significa “Human Machine Interface”, es decir es el dispositivo o sistema que permite el interfaz entre la persona y la máquina. Tradicionalmente estos sistemas consistían en paneles compuestos por indicadores y comandos, tales como luces pilotos, indicadores digitales y análogos, registradores, pulsadores, selectores y otros que se interconectaban con la máquina o proceso. Como se muestra en la Figura 1.20.



Figura 1.20 Diagrama de HMI Básico
Fuente: Laboratorios e Instrumentos, 2003

Entre las funciones principales de un Hmi están:

- ✓ Monitoreo, que es la habilidad de obtener y mostrar datos de la planta en tiempo real, estos datos se muestran como números, textos y gráficos que permiten una lectura más fácil de interpretar.
- ✓ Supervisión, esta función junto con el monitoreo brinda ajustes a las condiciones de trabajo directamente desde la computadora.
- ✓ Alarmas, es la capacidad de reconocer eventos excepcionales dentro del proceso y reportar estos eventos.
- ✓ Control, es la capacidad de ajustar algoritmos que ajustan valores del proceso y así mantener estos valores dentro de ciertos límites.

- ✓ Históricos, es la capacidad de muestrear y almacenar en archivos, datos del proceso a una determinada frecuencia. Este almacenamiento de datos es una poderosa herramienta para la optimización y corrección de procesos.

1.5.9. FUENTE 24.VDC

En electrónica, la fuente de alimentación es el dispositivo que convierte la corriente alterna (CA), en una o varias corrientes continuas(CC), que alimentan los distintos circuitos del aparato electrónico al que se conecta. Las fuentes de alimentación para dispositivos electrónicos, pueden clasificarse básicamente como fuentes de alimentación lineal y conmutada. Las lineales tienen un diseño relativamente simple, que puede llegar a ser más complejo cuanto mayor es la corriente que deben suministrar, sin embargo su regulación de tensión es poco eficiente. Una fuente conmutada, de la misma potencia que una lineal, será más pequeña y normalmente más eficiente pero será más complejo y por tanto más susceptible a averías.

1.5.10 VARIADORES DE FRECUENCIA.

Los variadores de frecuencia o velocidad (drivers) son dispositivos que permiten variar la velocidad en un motor controlando electrónicamente el voltaje y la frecuencia entregada al motor, manteniendo el torque constante.

El controlador de dispositivo de variación de frecuencia está formado por dispositivos de conversión electrónicos de estado sólido. El diseño habitual primero convierte la energía de entrada CA en CC usando un puente rectificador.

La energía intermedia CC es convertida en una señal senoidal de CA usando un circuito inversor conmutado. El rectificador es usualmente un puente trifásico de diodos, pero también se usan rectificadores controlados. A continuación se muestra en la Figura 1.21 un diagrama de bloques de un variador de frecuencia.

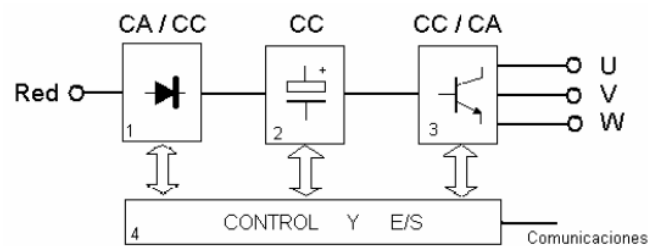


Figura 1.21 Diagrama de Bloques

Fuente: Wikipedia, 2014.

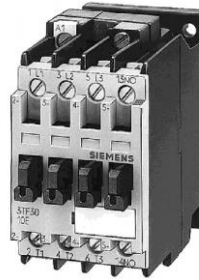
Debido a que la energía es convertida en continua, muchas unidades aceptan entradas tanto monofásicas como trifásicas (actuando como un convertidor de fase, un variador de velocidad). En el mercado existen una gran variedad de variadores de frecuencia, la elección de cada uno dependerá de la aplicación en la que se vaya a utilizar, la marca, el tamaño etc.

1.5.11 CONTACTORES

El contactor es un mecanismo cuya misión es la de cerrar unos contactos, para permitir el paso de la corriente a través de ellos, esto sucede cuando la bobina del contactor recibe corriente eléctrica, comportándose como electroimán y atrayendo dichos contactos.

El contactor está compuesto por: contactos principales (1-2,3-4,5-6) que tienen por finalidad abrir o cerrar el circuito de fuerza o potencia, los contactos auxiliares (13-14 (NO)) que se emplean en el circuito de mando

o maniobras, por este motivo soportaran menos intensidad que los principales y finalmente el circuito electromagnético que consta de dos partes: el núcleo (parte fija), la bobina (A1 – A2) y su armadura (parte móvil). En la Figura 1.22 se muestra un contactor común, su símbolo y terminales.



Símbolo:

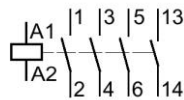


Figura 1.22 Contactor común.

Fuente: Enrique Vilches, 2005.

Cuando se va a elegir un contactor hay que tener en cuenta, entre otros factores, lo siguiente:

- ✓ Tensión de alimentación de la bobina: Esta puede ser continua o alterna, siendo esta última la más habitual, y con tensiones de 12 V, 24 V o 220 V.
- ✓ Número de veces que el circuito electromagnético va a abrir y cerrar. Se puede necesitar un Contactor que cierre una o dos veces al día, o quizás otro que este continuamente abriendo y cerrando sus contactos. Hay que tener en cuenta el arco eléctrico que se produce cada vez que esto ocurre y el consiguiente deterioro.
- ✓ Corriente que consume el motor de forma permanente (corriente de servicio).

1.5.12 RELÉS

El relé es un dispositivo electromecánico que funciona como un interruptor accionado por un electroimán, dicho imán está formado por una barra de hierro dulce, llamado núcleo, rodeada por una bobina de hilo de cobre que al pasar corriente eléctrica por la bobina el núcleo de hierro se magnetiza por efecto del campo magnético producido por la bobina, convirtiéndose en un imán tanto más potente cuanto mayor sea la intensidad de la corriente y el número de vueltas de la bobina. En la Figura 1.23 se muestra las partes constitutivas de un relé.

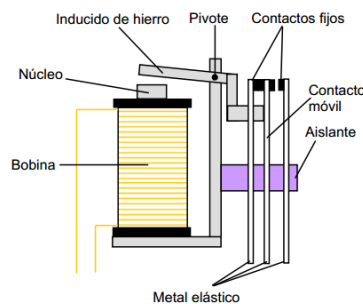


Figura 1.23 Partes de un relé.

Fuente: Enrique Vilches, 2005.

1.5.13 MANÓMETRO DE VACÍO (VACUÓMETRO)

Se denomina vacuómetro a un instrumento que permite realizar la medición de la presión cuando ésta resulta menor a la presión de la atmósfera. Por eso se dice que los vacuómetros miden el vacío. Recordemos que la presión atmosférica o presión de la atmósfera refleja la fuerza por unidad de superficie ejercida por el aire sobre la superficie planetaria. Se trata de una magnitud física que señala cómo se proyecta la fuerza de forma perpendicular por cada unidad de superficie. En diversos sectores industriales y en el ámbito de la investigación, se suele trabajar en condiciones de vacío. Para esto se necesita un vacuómetro que contribuya

a medir y controlar los valores. Los vacuómetros disponen de sensores que pueden medir la presión con gran exactitud más allá de la clase de gas. Estos dispositivos también se destacan por su estabilidad y por tener una dependencia reducida de la temperatura. En concreto, lo que hace un vacuómetro es medir cómo cae la presión en un determinado entorno, cuya presión se muestra en un reloj que a continuación se muestra en la Figura 1.24. Las medidas de presión que se utilizan comúnmente son: bares, in.Hg, pascales, mega pascales etc. Es importante mencionar que existen distintas clases de vacuómetros. Hay vacuómetros que se conectan a un manómetro para sincronizar las mariposas cuando el motor dispone de varios carburadores.



Figura 1.24 Manómetro de vacío de reloj.

Fuente: Direct Industry, 2015

1.5.14 FINALES DE CARRERA.

Dentro de los componentes electrónicos, se encuentra el final de carrera o sensor de contacto también conocido como "interruptor de límite", son dispositivos eléctricos, neumáticos o mecánicos situados al final del recorrido o de un elemento móvil, como por ejemplo una cinta transportadora, con el objetivo de enviar señales que puedan modificar el estado de un circuito. Internamente pueden contener interruptores normalmente abiertos (NA), cerrados (NC) o conmutadores dependiendo de la operación que cumplan al ser accionados, de ahí la gran variedad de

finales de carrera que existen en mercado. Estos sensores tienen dos tipos de funcionamiento: modo positivo y modo negativo.

En el modo positivo el sensor se activa cuando el elemento a controlar tiene una tarea que hace al eje elevarse y conecte el objeto móvil con el contacto NC. Cuando el muelle (resorte de presión) se rompe el sensor se queda desconectado.

El modo negativo es la inversa del modo anterior, cuando el objeto controlado tiene un saliente que empuje el eje hacia abajo, forzando el resorte de copa y haciendo que se cierre el circuito. En este modo cuando el muelle falla y se rompe permanece activado, en la Figura 1.25 se muestra un final de carrera.



Figura 1.25 Finales de carrera.

Fuente: Wikipedia, 2015.

1.5.15 INTERRUPTOR AUTOMÁTICO MAGNETOTÉRMICO

Su misión es la de proteger a la instalación y a los actuadores. Abriendo el circuito en algunos casos que pueden ser:

- ✓ Cortocircuito, en cualquier punto de la instalación.
- ✓ Sobrecarga, sucede cuando la intensidad consumida en un instante, supera la intensidad a la que esta calibrada el magnetotérmico.

Al momento de elegir uno de estos interruptores, se debe considerar dos aspectos: el tipo de curva de disparo y el calibre o intensidad nominal.

En la Figura 1.26 se muestra su símbolo y el aspecto físico de un interruptor magnetotérmico. Su utilización es de mucha importancia, ya que en tableros de potencia evita que se provoque posibles incendios tras un cortocircuito, estos dispositivos vienen a sustituir a los fusibles.



Símbolo:

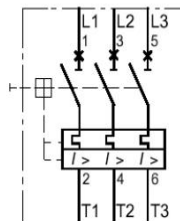


Figura 1.26 Interruptor magnetotérmico.

Fuente: Enrique Vilches, 2005.

1.5.16 SELECTORES E INTERRUPTORES

Los selectores e interruptores son elementos de accionamiento que sirven para cerrar o abrir un circuito permitiendo el paso o no de la corriente a través de ellos, dependiendo de la aplicación en la que se esté utilizando. La diferencia existente entre ambos es la forma de accionar, el uno es por medio de un selector y el otro por medio de pulsador respectivamente, estos pueden accionar un paro de emergencia, una puesta en marcha de un proceso.

Se muestran algunos de estos en la Figura 1.27.



Figura 1.27 Tipos de Selectores y Pulsadores.

Fuente: Wikipedia, 2014.

1.6 TÉCNICAS DE CONTROL.

El término proceso utilizado en “control de procesos” o “procesos industriales”, se refiere a cambiar o refinar materias primas para lograr un producto final. El controlar un proceso, se refiere a como se controlan variables inherentes al mismo para:

- ✓ Reducir la variabilidad del producto final.
- ✓ Incrementar la eficiencia.
- ✓ Reducir impacto ambiental.
- ✓ Mantener el proceso dentro de sus límites de seguridad que corresponda.

De acuerdo con los dos principales tipos de control está el control en lazo abierto y el control en lazo cerrado, lazo cerrado existe cuando la variable de proceso es medida, comparada con el set point y se genera una acción tendiente a corregir cualquier desviación respecto del mismo.

Por otro lado, A lazo abierto, la variable de proceso no es comparada y se genera una acción independientemente de las condiciones de la misma.

Los componentes de un lazo de control son:

- ✓ Elemento primario o sensor, es el primer elemento en un lazo de control el cual mide la variable de proceso.
- ✓ Transductor, es el que convierte una señal física en una eléctrica.
- ✓ Convertidor, convierte una señal de un dominio en otro.
- ✓ Transmisor Convierte la lectura de un sensor en una señal estándar que pueda ser transmitida.

Los controladores son dispositivos que reciben los datos del instrumento de medida, lo compara con el dato de set point programado, y si es necesario ordena al elemento de control que genere una acción correctiva.

Las principales características que se deben buscar en un sistema de control serán:

1. Mantener el sistema estable, independiente de perturbaciones y desajustes.
2. Conseguir las condiciones de operación objetivo de forma rápida y continua.
3. Trabajar correctamente bajo un amplio abanico de condiciones operativas.
4. Manejar las restricciones de equipo y proceso de forma precisa.

En los tipos de control se puede hacer una clasificación de los sistemas de control atendiendo al procedimiento lógico usado por el controlador del sistema para regular la evolución del proceso, y se aplica de acuerdo a las características de cada proceso que se realice, las variables a utilizar, los elementos de control final, los actuadores.

Los principales tipos de control utilizados en los procesos industriales serán:

Normales:

- ✓ Sistemas de realimentación. (Feed-back).
 - Proporcional
 - Integral
 - Derivativo
- ✓ Sistema anticipativo (Feed-Foward).
- ✓ Sistema en cascada (Cascade).
- ✓ Sistema selectivo (Over-Ride).

Avanzados:

- ✓ Control de restricciones (Constraint Control).
- ✓ Control del modelo de referencia (Model Reference Control).
- ✓ Optimización de unidades.

En la Figura 1.28 se muestra el conjunto de elementos que forman un ejemplo de control, llamado bucle de control (control loop).

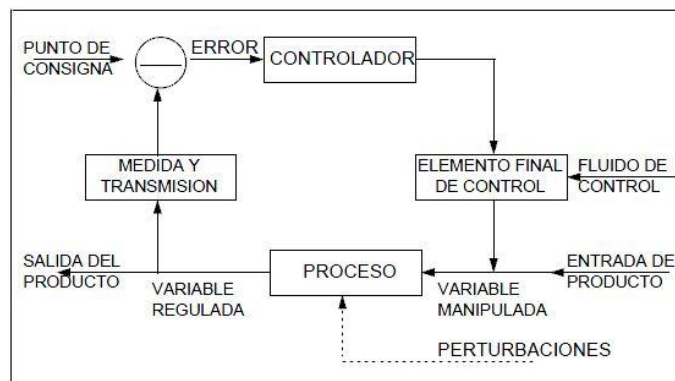


Figura 1.28 Bucle de control.

Fuente: Wikipedia, 2015.

CAPÍTULO II

DISEÑO, SELECCIÓN Y RECONSTRUCCIÓN.

En el presente capítulo se describe el rediseño y la reconstrucción de la termolaminadora capaz de realizar operaciones para el acabado de muebles finos.

En la actualidad la máquina se encuentra en la empresa en desuso y para su funcionamiento está diseñada con flautas de gas las cuales se encuentran dentro de la cámara de temperatura, además la cámara de temperatura se encuentra por encima de la cámara de vacío complicando la colocación de la materia prima dentro de la cámara de vacío para su funcionamiento como se muestra en la Figura 2.1, finalmente la máquina es totalmente manual.



Figura 2. 1 Termolaminadora a rediseñar

2.1 REDISEÑO DE LA ESTRUCTURA METÁLICA

La termolaminadora se reconstruirá basándose en la necesidad de evitar pérdidas de calor, optimizar los tiempos de producción salvaguardando la integridad de los trabajadores del área y proveer de un

mejor servicio a sus clientes con calidad por parte de la empresa.

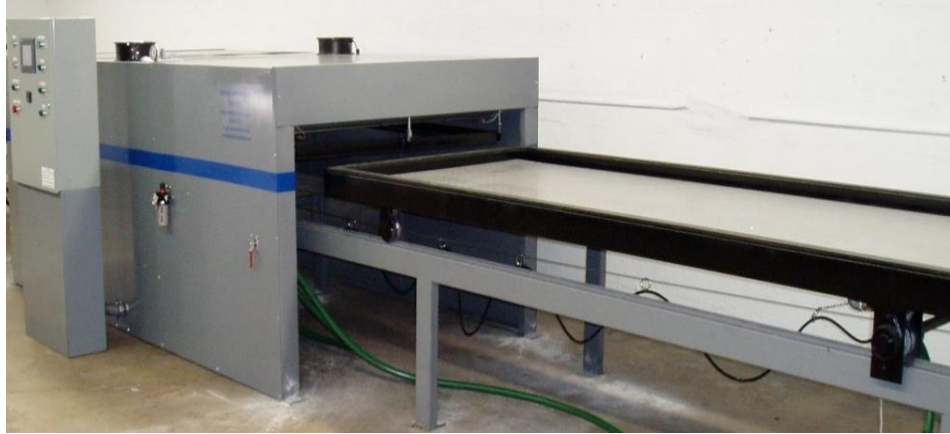


Figura 2. 2 Termolaminadora de 1 bandeja semi-automática.

Fuente: Avantec, 2007

2.1.1 PARÁMETROS PARA REALIZAR EL REDISEÑO

- ✓ Un sistema duradero
- ✓ Fácil de usar
- ✓ La optimización de tiempo y recursos económicos
- ✓ Obtener un producto de alta calidad

Basado en las necesidades planteadas para el rediseño la Figura 2.2 es la referencia más idónea de rediseño. Las características de dicho sistema se detallan en el ANEXO B1.

La cámara de vacío Figura 2.3 y la cámara de temperatura Figura 2.4 se recorta para tenerlas independientes y obtener un diseño final como se muestra en la Figura 2.5, el rediseño planteado se realiza en un software CAD.

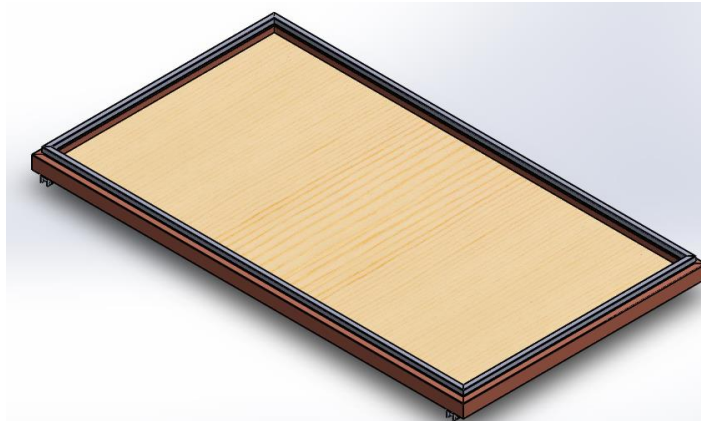


Figura 2. 3 Cámara de vacío

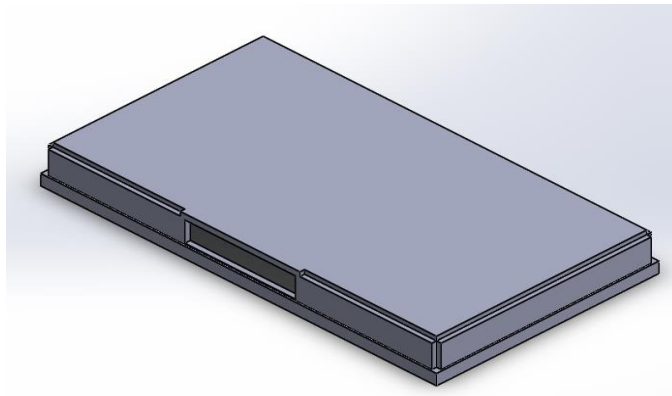


Figura 2. 4 Cámara de temperatura recortada

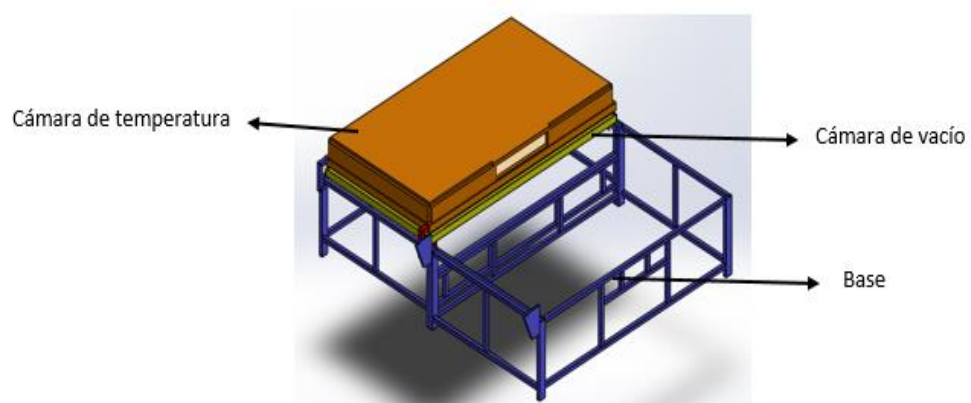


Figura 2. 5 Rediseño de la máquina Termolaminadora

2.1.2 CÁMARA DE VACÍO

La cámara de vacío (Véase Figura 2.3) en el rediseño (Véase Figura 2.5) será móvil desde la parte delantera hasta la parte posterior de la base, las medidas principales del elemento se detallan en la Figura 2.6

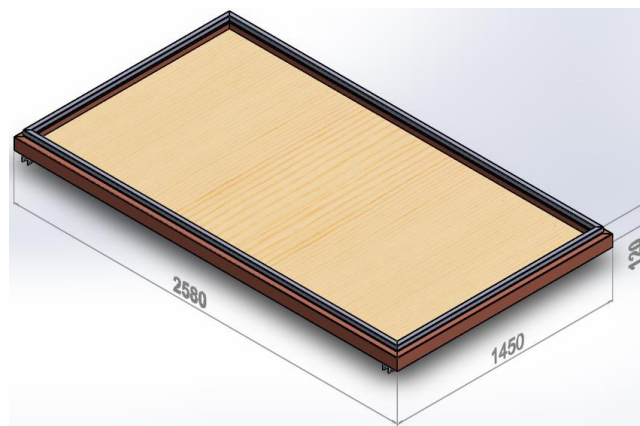


Figura 2. 6 Medidas de la cámara de vacío

También se cuenta con la masa de este elemento el cual es de 162 kg sus características físicas puede verles en el Anexo B2, para determinar su peso usaremos la Ecuación 2.1 además se debe acotar que aquí estará ubicada la materia prima la cual también tendrá una masa máxima de 100 kg, en el Anexo B3 pueden ver las características de este elemento y su peso se obtendrá con la Ecuación 2.1, el peso total será encontrado con la Ecuación 2. 2

$$W = m * g \quad \text{Ecuación 2.1}$$

Dónde:

W= peso [N]

m= masa [kg]

g= gravedad [m/s²]

Peso de la cámara de vacío

$$W = (162kg) * (9.8m/s^2)$$

$$W = 1587.6 N$$

Peso de la materia prima

$$W = (100kg) * (9.8m/s^2)$$

$$W = 980 N$$

Peso total

$$Wt = Wc + Wmp \quad \text{Ecuación 2.2}$$

Dónde:

Wt = Peso total de la cámara de vacío

Wc = Peso de la cámara de vacío

Wmp = Peso máximo de la materia prima

$$Wt = (1587.6 + 980) N$$

$$Wt = 2567.6 N = 2.5676 KN$$

El peso de 2.5 KN será soportado por la base.

2.1.3 CÁMARA DE TEMPERATURA

La cámara de temperatura (Véase Figura 2.4) en el rediseño (Véase Figura 2.5) será estática en la parte posterior de la base, las medidas principales se puede apreciar en la Figura 2.7.

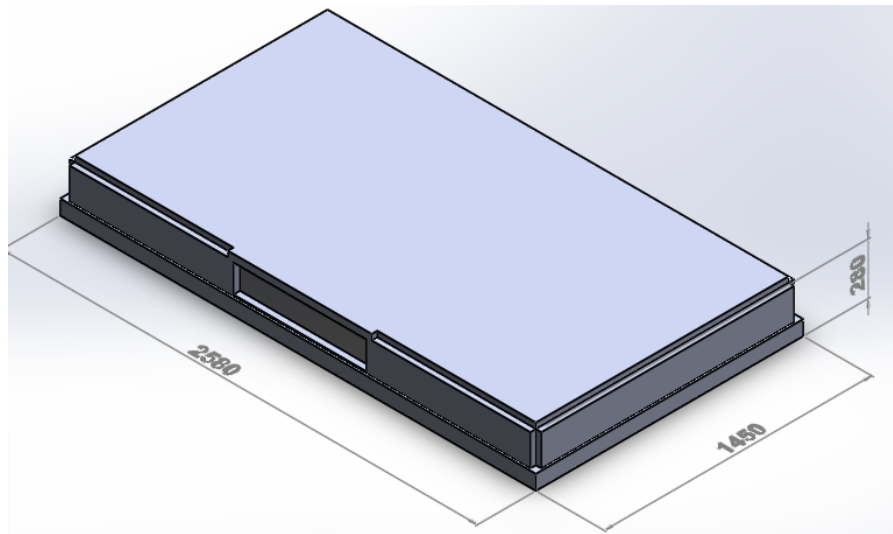


Figura 2. 7 Medidas de la cámara de temperatura

Además se cuenta con la masa de la cámara de temperatura el cual es de 400 kg y su peso se obtiene mediante la Ecuación 2.1

$$W_{ct} = (400kg) * (9.8m/s^2)$$
$$W_{ct} = 3920 N = 3,92 KN$$

El peso de 3.92 KN será soportado por la base en la parte posterior más el peso de la cámara de vacío.

2.1.4 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE SOPORTE

Para el diseño de la estructura se toma en cuenta los diferentes elementos a soportar como son: La cámara de temperatura, la cámara de vacío y un factor de carga.

El factor de carga permite dar mayor seguridad al diseño de la estructura en este caso se usa un factor del 30% y se determinara con el producto del factor y el valor a ser soportado por la base el cual es de 6487.6 N, debido a las siguientes condiciones:

- ✓ Sobrecarga
- ✓ Mantenimiento

El peso máximo a ser soportado por la base se obtiene mediante la Ecuación 2.3

$$W_m = W_t + W_{ct} + F_c \quad \text{Ecuación 2.3}$$

Dónde:

W_m = Peso máximo

W_t = Peso total de la cámara de vacío

W_{ct} = Peso de la cámara de temperatura

F_c = Factor de carga

$$W_m = (2576.6 + 3920 + 2780.4)N$$

$$W_m = 9277 N$$

Para determinar que la base sea capaz de soportar el peso máximo es necesario determinar un factor de seguridad, el cual se determina mediante la Ecuación 2.4 y la Ecuación 2.5.

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad \text{Ecuación 2.4}$$

$$\sigma = \frac{S_y}{N} \quad \text{Ecuación 2.5}$$

Dónde:

σ = Esfuerzo normal

F = Peso máximo

A = Área de la sección transversal del elemento sometido a fuerza

S_y = Resistencia a la cedencia

N = Factor de seguridad.

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

$$\sigma = \frac{9277 \text{ N}}{156 \text{ mm}^2}$$

$$\sigma = 59.47 \text{ Mpa}$$

$$59.47 \text{ Mpa} = \frac{248 \text{ Mpa}}{N}$$

$$N = \frac{248}{59.47}$$

$$N = 4$$

Con el factor de seguridad obtenido se considera que el diseño de la estructura es óptimo.

El factor de seguridad obtenido permite reutilizar la estructura de la Figura 2.1, la cual consta de una geometría que se detalla en la Figura 2.8 y Figura 2.9, con mayor detalle se presenta en el ANEXO E17 y E18.

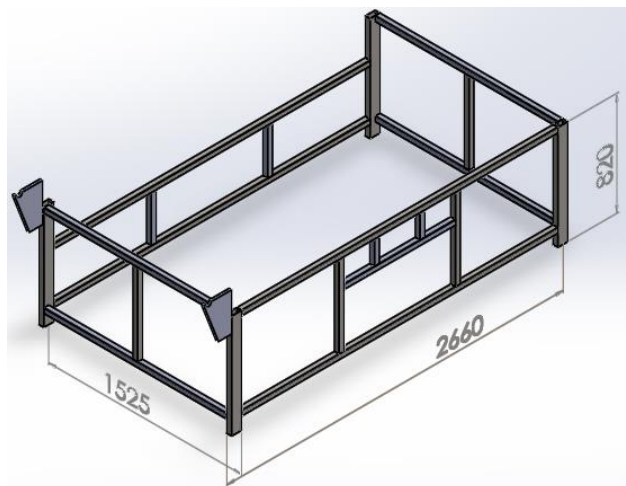


Figura 2. 8 Parte delantera de la Termolaminadora

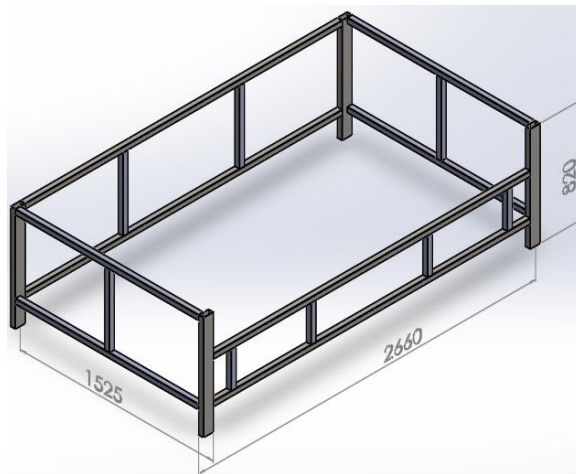


Figura 2. 9 Parte posterior de la Termolaminadora

La base se encuentra constituida de dos partes la parte delantera, la parte posterior y tendrán las dimensiones de 2660mm * 820mm *1525mm que se detallan en la Figura 2.8 (Parte delantera) Y Figura 2.9 (Parte posterior)

La parte posterior estará completamente fija con la cámara de temperatura, la cámara de vacío es completamente móvil desde la parte delantera hacia la parte posterior y viceversa.

En un software CAD con la estructura completa se realiza un análisis para comprobar que la estructura soporta los componentes como son la cámara de vacío, la cámara de temperatura, la materia prima y el factor de carga.

En la Figura 2.10, al realizar el análisis con la carga máxima que será soportada por la base la cual es de 9277 N se obtiene como resultado un factor de seguridad mínimo de 1.4.

De acuerdo a los resultados obtenidos al realizar el análisis de la estructura en forma manual y en forma computacional se comprueba que

la estructura es la adecuada, debido a que en ambos casos el factor de seguridad es superior a 1.

Entonces el diseño de la estructura de la base queda para la altura que es de 820mm tubo estructural rectangular de Acero ASTM A36, para el resto de estructura se usa tubo estructural cuadrado de Acero ASTM A 36, las características de cada uno puede verlas en el ANEXO B4. Las dimensiones de la estructura completa y demás elementos se detallan desde el ANEXO E1 hasta el ANEXO E19.

Nombre de modelo: pieza frontal completa
Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Predeterminado-)
Tipo de resultado: Factor de seguridad Factor de seguridad1
Criterio: Automático
Distribución de factor de seguridad: FDS mín = 1.4

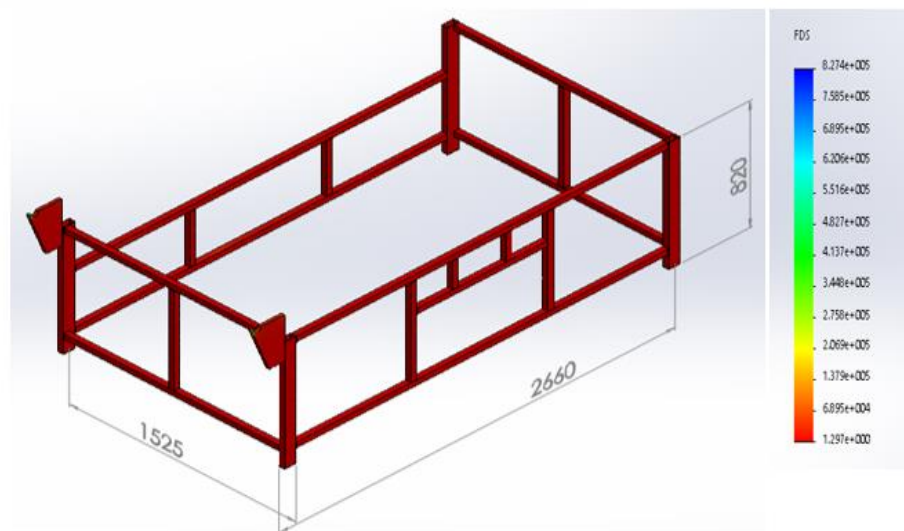


Figura 2. 10: Factor de seguridad

En la Figura 2.11 se muestra el análisis de deformación y en la Figura 2.12 se presenta los efectos externos de temperatura realizado en el software CAD.

Nombre de modelo: pieza frontal completa
Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Predeterminado-)
Tipo de resultado: Deformación unitaria estática Deformaciones unitarias1
Escala de deformación: 125,103

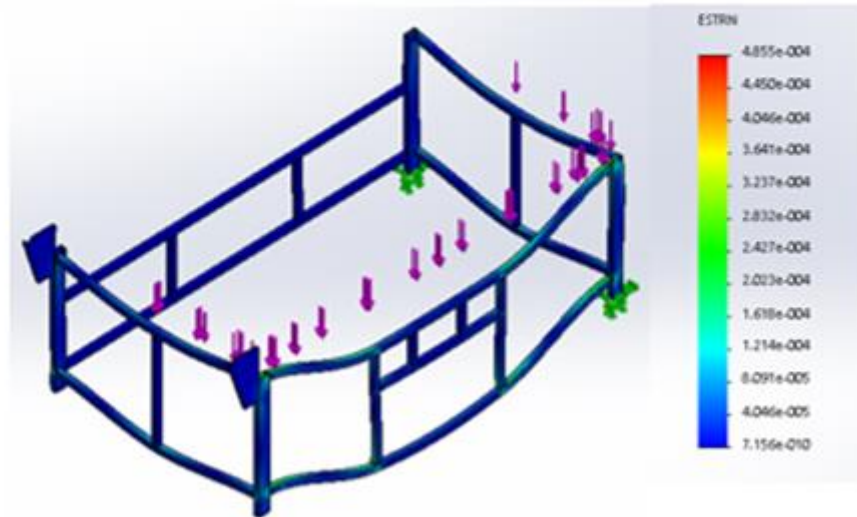


Figura 2. 11 Deformación

Nombre de modelo: pieza frontal completa
Nombre de estudio: Térmico 1(-Predeterminado-)
Tipo de resultado: Térmico Térmico1

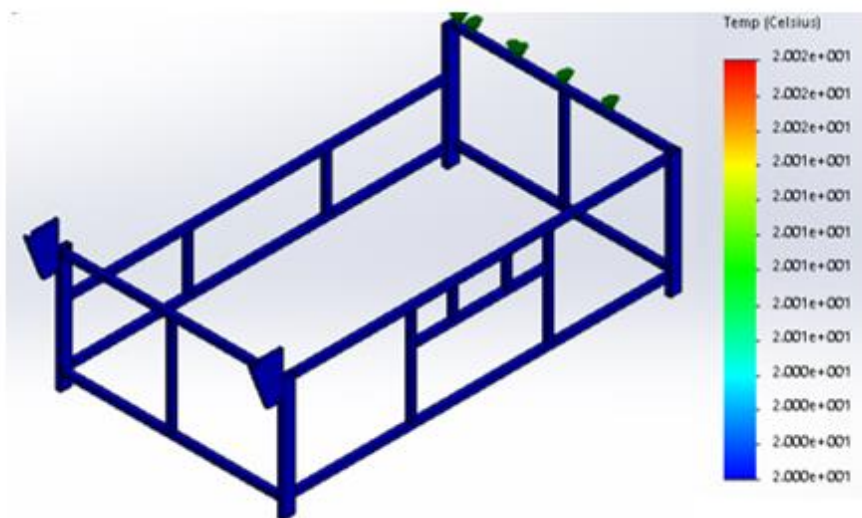


Figura 2. 12 Análisis de efectos de la temperatura

2.1.5 SELECCIÓN DEL MOTOR PARA EL DESPLAZAMIENTO DE LA CÁMARA DE VACÍO

Para determinar la potencia del motor se analizarán los ejes X e Y, debido a que en el eje Y debe realizar el movimiento, y el eje X soporta todo el peso de los ejes Y, Z y sus componentes.

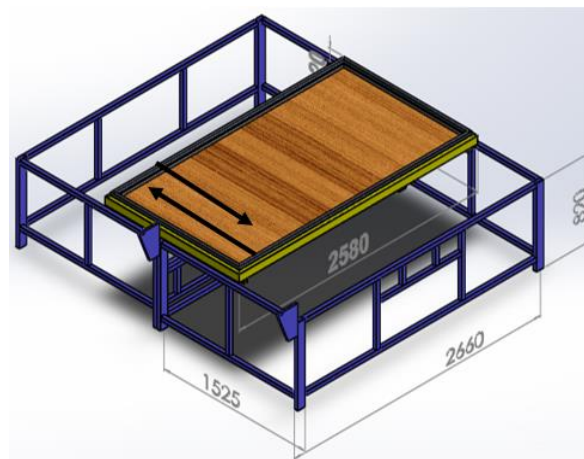


Figura 2. 13 Desplazamiento de la cámara de vacío

Para el análisis del motor en el eje Y se toma la masa del eje Z y todos sus componentes, la cual se puede observar en la sección 2.1.2 el motor debe ser capaz de mover el peso de 3668 N a una velocidad máxima de 200 mm/s de la parte delantera hacia la parte de atrás y viceversa, esto se aprecia en la Figura 2.13 Entonces basado en estos datos la potencia se obtiene mediante la Ecuación 2.6.

$$P = F * V \quad \text{Ecuación 2.6}$$

Dónde:

P= Potencia necesaria del motor

F= peso a ser desplazado por el motor + el factor de carga

V= velocidad deseada del movimiento

El factor de carga es el 30% y su valor es de 1100.4

$$P = (3668 \text{ N}) \left(0.2 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right) = 0.74 \text{ KW}$$

Como se observa en la Figura 2.1 la máquina termolaminadora a rediseñar está compuesta de un motor, se reutiliza el motor teniendo en cuenta el dato de placa, sus características en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1

Dato de placa del motor a utilizar

Potencia	0.8 KW
Velocidad	690 gir/min
Alimentación	220 V
Corriente	3.35 A
Frecuencia	50 Hz

2.1.6 SELECCIÓN DE LA TRANSMISIÓN MECÁNICA.

El motor seleccionado da un movimiento circular el cual se necesita convertir a movimiento lineal por tal razón se ha optado por utilizar un piñón y cremallera.

Para realizar el diseño de la cremallera y piñón se usa como fuente de diseño al fabricante KOOM, indica algunas ecuaciones y grafica para obtener el modulo.

$$F_{ht} = P(9.81u + a) = 442 \text{ kg}(9.81(0.18) + 4) \text{ m/s}^2$$

$$F_{hc} = F_{ht} * K = 2882.9 \text{ N} * 2.25 = 6486.525 \text{ N}$$

Dónde:

Fht = Fuerza horizontal tangencial

u = Coeficiente de rozamiento

P = Peso a desplazar

a = aceleración

Fhc = Fuerza horizontal tangencial corregida

K = Coeficiente de seguridad obtenido de acuerdo a la Tabla de KOMM.

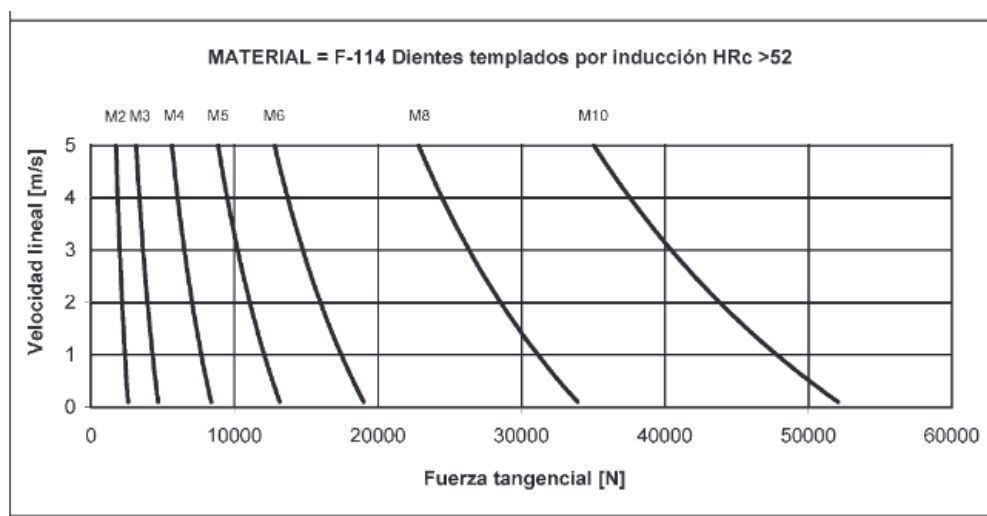


Figura 2. 14 Gráfico para determinar el módulo de la cremallera y piñón.

Fuente: Koom, 2009

En la Figura 2.14 nos permite obtener el módulo necesario para que el sistema de transmisión sea capaz de desplazar la cámara de vacío el cual es de 4.

El módulo seleccionado tiene que ser el mismo tanto en el piñón y en la cremallera para su óptimo funcionamiento.

El piñón tiene la cantidad de 16 dientes y en la tabla 2.2 se muestra los parámetros complementarios para su diseño.

Tabla 2.2

Parámetros del piñón

Parámetros	Fórmula	Valor(mm)
Paso circular(Pc)	$\pi*m$	12.56
Diámetro primitivo(dp)	$m*Z$	64
Diámetro exterior(de)	$dp*2m$	72
Altura del diente(h)	$2.25*m$	9
Diámetro interior(di)	$dp-2.5m$	54
Espesor del diente	$Pc/2$	6.28

En la Figura 2.15 se muestra el piñón implementado en el sistema de transmisión y en la Figura 2.16 se indica la cremallera del sistema, estos dos elementos se diseñan en un software CAD.

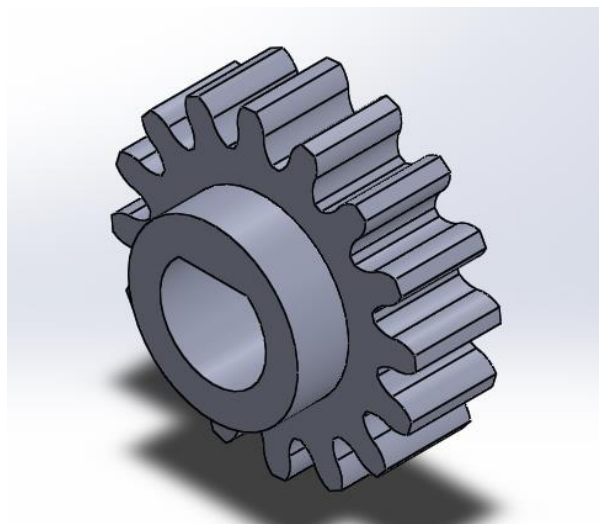


Figura 2. 15 Piñón

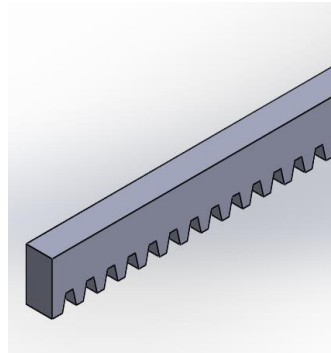


Figura 2. 16 Cremallera

2.1.7 SELECCIÓN DE LA BOMBA DE VACÍO

Para la selección de la bomba de vacío es necesario encontrar la velocidad de la bomba de vacío usando la Ecuación 2.7

$$S = \frac{V}{t_2 - t_1} \left(\ln \frac{P_1}{P_2} \right) \quad \text{Ecuación 2.7}$$

Dónde:

S= Velocidad de bomba de vacío

V= Volumen a desplazar

t1= tiempo inicial

t2= tiempo final

P1= Presión absoluta inicial

P2= Presión absoluta final

Para el uso de esta ecuación es necesario tener en cuenta que el volumen a desplazar es el de la cámara de vacío (Véase ANEXO B4 más el volumen de las manguera para esto se usa la Ecuación 2.8

$$V = V_{\text{mesa}} + V_{\text{manguera}} \quad \text{Ecuación 2.8}$$

$$V_{\text{mesa}} = 0.15 \text{ m}^3$$

El volumen de la manguera se calcula mediante la Ecuación 2.9

$$Vmanguera = \pi * r^2 * L \quad \text{Ecuación 2.9}$$

Dónde:

r= Radio de la manguera

L= Longitud de la manguera

$$Vmanguera = \pi * (0.03 \text{ m})^2 * 4 \text{ m}$$

$$Vmanguera = 0.011309733 \text{ m}^3$$

El tiempo necesario para retirar toda la cantidad de volumen es de 10 segundos.

$$S = \frac{0.16}{10 \text{ s}} (0.405) = 6.48 * 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 23.328 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} = 13.7 \text{ CFM}$$

Es necesario acotar que en la empresa también ha dotado de una bomba de vacío, su dato de placa del motor se puede ver en la Tabla 2.3 y las características de la bomba se pueden apreciar en el Anexo B5, y de acuerdo a eso manifiesta que está sobredimensionada porque desaloja 63 CFM. Para limitar su funcionamiento se lo realiza desde el sistema de control.

Tabla 2.3

Dato de placa bomba de vacío

Potencia	2.2 KW
Frecuencia	50 Hz
Voltaje	220/440 V
Corriente	9.4 A

2.2 DISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO.

Para el diseño del sistema eléctrico se tomará en cuenta el dato de placa del motor (véase sección 2.1.5) y de la bomba de vacío (Véase sección 2.1.7) para la selección del voltaje a trabajar el cual es de 220V

También es necesario obtener el valor de temperatura a la que se encuentra la cámara de temperatura, para esto es necesario un sensor para adquirir este valor.

El sistema eléctrico consta del tablero de control el cual se lo analiza en la sección 2.3 de control y el tablero de potencia el cual se lo analizará en la sección 2.2.3

2.2.1 SENSOR DE TEMPERATURA

Existen diferentes sensores para adquirir el valor de temperatura, a continuación se detalla las necesidades del sensor.

- ✓ Se necesita que mida una temperatura no mayor a los 200 grados centígrados.
- ✓ Debe tener un circuito de acondicionamiento sencillo
- ✓ Debe ser de aplicación industrial.
- ✓ Debe ser de fácil adquisición y no muy costoso
- ✓ Un error en la lectura de temperatura no mayor a los 0.5 grados centígrados.

2.2.2 SELECCIÓN DE NIQUELINAS

Para la elevación de temperatura en la cámara de temperatura se optó por usar niquelinas.

Tabla 2.4**Potencia requerida**

POTENCIA ELECTRICA REQUERIDA				
			UNIDAD	DATOS
PA	POTENCIA NECESARIA DEBIDO AL CALOR SENSIBLE		W	8000,93
PB	POTENCIA NECESARIA DEBIDO AL CALOR LATENTE		W	39,28
PC	PÉRDIDAS DE POTENCIA DEBIDO AL AISLANTE TÉRMICO		W	1876,08
Fs	FACTOR DE SEGURIDAD ENTRE 10% Y 30%	20%		1,2
PT	POTENCIA TOTAL	PT = PA+PB+PC)*Fs	W	11899,5

Con el resultado obtenido en la tabla 2.4 se determina que es necesaria una potencia de 12000 W, por la amplitud de la cámara de temperatura se decide usar 6 niquelinas de 2000 W cada una.

También es necesario determinar el diámetro de la niquelina para lo cual es necesario saber la potencia necesaria en este caso es de 2000 W y el voltaje para el funcionamiento de la niquelina el cual es de 220 voltios, mediante la Ecuación 2.10 se determina la resistencia y la Ecuación 2.11 permite hallar la resistividad necesaria.

$$P = \frac{V^2}{R} \quad \text{Ecuación 2.10}$$

Dónde:

P = Potencia

V = Voltaje

R = Resistencia

$$R = \frac{V^2}{P}$$

$$R = \frac{(220)(220)}{2000}$$

$$R = 24.2 \Omega$$

$$\rho - \rho_0 = \alpha\rho_0(T - T_0) \quad \text{Ecuación 2.11}$$

Dónde:

ρ = Resistividad necesaria

ρ_0 = Resistividad de la niquelina

α = Coeficiente de resistividad a temperatura

T = Temperatura de trabajo

T_0 = Temperatura ambiente

$$\rho - \frac{0.44\Omega mm^2}{m} = (174.14 * 10^{-3}K^{-1})\left(\frac{0.44\Omega mm^2}{m}\right)(393 - 293)K$$

$$\rho = 8.1024 \Omega m$$

Con el valor de resistividad hallado se determina el área de la sección transversal y el radio de la niquelina, usando la Ecuación 2.12 y la Ecuación 2.13 respectivamente.

$$S = \rho \frac{L}{R} \quad \text{Ecuación 2.12}$$

Dónde:

R = Resistencia

S = Área

L = Longitud de la niquelina

ρ = Resistividad necesaria

$$S = 8.1024 \Omega m \frac{1.5 m}{24 \Omega}$$

$$S = 0.5064 mm^2$$

$$S = \pi * r^2 \quad \text{Ecuación 2.13}$$

Dónde:

r = Radio de la niquelina

$$r = \sqrt{\frac{S}{\pi}}$$

$$r = \sqrt{\frac{0.5064}{\pi}}$$

$$r = 12.1 mm$$

Con el valor de potencia necesaria y el radio calculado se busca en el mercado una niquelina estándar para su adquisición, de tal manera se opta por una niquelina de 2000 W de potencia y con un radio de ½ pulgada.

2.2.3 CIRCUITO DE FUERZA

En esta sección se analizan las protecciones necesarias para el tablero de potencia.

2.2.3.1 DISEÑO DE PROTECCIONES

Para la selección de las protecciones requeridas es necesario conocer la corriente máxima que soportara el tablero de potencia.

Para el cálculo de la corriente en cada niquelina se usa la Ecuación 2.14, y para obtener la corriente total de las niquelinas se usa la Ecuación 2.15

$$P = V * I \quad \text{Ecuación 2.14}$$

Dónde:

P= Potencia [W]

V= Voltaje [V]

I= Corriente [A]

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

$$I = \frac{2000}{220}$$

$$I = 9.09 \text{ A}$$

$$I_n = 6 * I \quad \text{Ecuación 2.15}$$

Dónde

I_n= Corriente total de las niquelinas

$$I_n = 6(9.09)A$$

$$I_n = 54,54 \text{ A}$$

La corriente del motor se ha tomado del dato de placa de la sección 2.1.5 el cual es de 3.5 A.

$$I_m = 3.5 \text{ A}$$

La corriente del motor de la bomba de vacío se obtiene de la sección 2.1.7, la cual es de 9.4 A.

$$I_b = 9.4 \text{ A}$$

La corriente del resto de elementos se tomara como valor de 5 A.

$$I_r = 5 A$$

Se determina la corriente máxima que debe soportar la protección seleccionada, para lo cual se emplea la Ecuación 2.17.

$$I_{max} = I_n + I_b + I_m + I_r \quad \text{Ecuación 2.17}$$

$$I_{max} = (54.54 + 9.4 + 3.5 + 5)A = 72.44 A$$

Dónde:

I_{max} = Corriente máxima

I_n = Corriente de las niquelinas

I_b = Corriente de la bomba de vacío

I_m = Corriente del motor

I_r = Corriente del resto de elementos

2.3 DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL

El sistema de control debe tener 2 modos de trabajo.

Modo Manual: En este modo la máquina termolaminadora es controlada por el usuario, el cual tendrá el acceso al ingreso o salida de la cámara de vacío, el inicio y tiempo de funcionamiento de las niquelinas y bomba de vacío.

Modo Semi-Automático: Este modo responde la máquina termolaminadora cuando el usuario tiene acceso a dar el inicio y el resto de actuadores trabajan de acuerdo al control establecido.

2.3.1 PARÁMETROS DE DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL.

El sistema de control debe ser capaz de cumplir con los siguientes requerimientos:

- ✓ Control de ingreso y salida de la cámara de vacío
- ✓ Realizar la adquisición de temperatura en la cámara de temperatura
- ✓ Paro de emergencia.
- ✓ Control y tiempo de funcionamiento de la bomba de vacío
- ✓ Control y tiempo de funcionamiento de la cámara de temperatura
- ✓ Ver el estado de las entradas/salidas digitales del PLC, así como, el estado de los finales de carrera que delimitan el recorrido de la cámara de vacío.

2.3.2 DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL

De acuerdo a la sección 2.3.1 el tablero de control contará con selectores e indicadores los cuales se encargaran de realizar el control en la máquina termolaminadora.

El sistema contará con un sistema HMI el cual estará dispuesto de pulsador, selectores y un indicador de temperatura los cuales estarán comunicados con un controlador lógico programable que será el encargado de realizar cambios en la velocidad del motor y bomba de vacío, control de entradas/salidas digitales, analógicas y finales de carrera.

El indicador de temperatura es indispensable para que se conozcan los valores a los que se encuentre la cámara de temperatura, por tal razón es indispensable una pantalla. En la Tabla 2.5 se indica los requerimientos mínimos para el controlador lógico programable.

Tabla 2.5

Requerimientos mínimos del PLC

Número de salidas digitales	5
Número de entradas digitales	8
Número de entradas analógicas	0
Número de salidas Analógicas	2
Adquisición de temperatura	1
Voltaje de funcionamiento	220 Voltios

2.3.3 SOFTWARE DE DISEÑO

El software mediante el cual se realiza la programación para controlar la termolaminadora viene conjuntamente con el PLC seleccionado. Este software permite diseñar el algoritmo de control para realizar las diferentes tareas en la termolaminadora.

2.4 RECONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA MÁQUINA.

Para la reconstrucción se busca la manera más óptima de evitar el desperdicio de la estructura de tal manera se procede como se muestra en la Figura 2.17



Figura 2. 17 Máquina recortada.

En esta etapa se obtiene como resultado la cámara de temperatura y la cámara de vacío en una sola estructura, luego se procede a separar la cámara de temperatura y de vacío, para finalmente extraer las flautas que se encuentran dentro de la cámara de temperatura como se muestra en la Figura 2.18.



Figura 2. 18 Flautas de gas extraídas de la cámara de temperatura

Terminada la etapa de recorte sigue la etapa de construcción de la termolaminadora para lo cual como se menciona en la sección 2.2.4 se reutiliza la estructura anteriormente recortada, para obtener una máquina como se muestra en la Figura 2.19.



Figura 2. 19 Termolaminadora reconstruida

2.5 SELECCIÓN Y ADQUISICIÓN DE EQUIPOS

2.5.1 SELECCIÓN DE EQUIPOS

2.5.1.1 SELECCIÓN DEL SENSOR DE TEMPERATURA

De acuerdo a las especificaciones de la sección 2.2.1, se ha decidido usar una termocupla tipo K como se observa en la Figura 2.20.



Figura 2. 20 Termocupla tipo K

Fuente: Wikipedia, 2014

Las características de la termocupla se pueden analizar en la Tabla 2.6.

Tabla 2.6

Características de la termocupla

Termocupla metálica	
Tipo ANSI – ISA	K
Combinación de metales	Hierro/Constatan
Sensibilidad	5,6 mV / 100°C
Composición química	Fe 44Ni; 55 Cu
Rangos de Temperatura	-40 a +750

2.5.1.2 SELECCIÓN DE PROTECCIONES

Con la corriente máxima determinada la cual es de 72.44 A se determina que la mejor selección se debe hacer un interruptor termo magnético solo para las niquelinas, este elemento soportara 60 A.

Para el motor, la bomba de vacío y elementos restantes se ha seleccionado otro interruptor termo magnético el cual soporta 30 A.

Los interruptores son similares lo que cambia es sus características por tal razón el interruptor se lo puede ver en la Figura 2.21.



Figura 2. 21 Interruptor termo magnético

Fuente: Electrotecnicareal, 2011

2.5.1.3 SELECCIÓN DEL CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC)

Para la selección del controlador lógico programable se necesita tener en cuenta la cantidad de entradas y salidas digitales necesarias.

Se elige un PLC de la marca SIEMENS debido a la gran capacidad de control, por ser compacto, su interfaz amigable para la programación, un precio accesible y la facilidad de encontrarlo en el mercado ecuatoriano

De acuerdo a los requerimientos de la tabla 2.4 y a la marca del PLC se ha optado por escoger un SIMATIC S7 1200 como se observa en la Figura 2.22 puesto que es compacto, modular y ofrece gran capacidad de control.

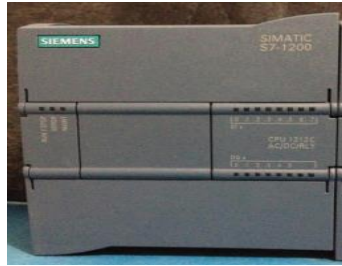


Figura 2.22 Plc siemens simatic s7-1200

Fuente: Catalog Products Industry Siemens, 2014

Esta gama de controladores lógicos programables ofrecen CPU con diferentes capacidades físicas y de acuerdo a los requerimientos planteados se seleccionó el CPU 1212C AC/DC/Relé, las características de este CPU puede observarlas en el ANEXO B6.

Adicionalmente se selecciona un módulo de expansión de salidas analógicas para el control de velocidad del motor y la bomba de vacío el cual es un “SM1232 Módulo de señal de 2 salidas analógicas. Configurables como V/mA.” Y se puede ver en la Figura 2.23, sus características se detallan en el ANEXO B7.



Figura 2. 23 Módulo de salidas Analógicas.

Fuente: Catalog Products Industry Siemens, 2014

También para la adquisición de la señal de temperatura se selecciona una signal board la cual es SB1221 Signal board 1 AI para termocupla tipo J o K y se puede ver en la Figura 2.24, sus características se detallan en el ANEXO B8, esta es la encargada de recibir la señal del sensor y acondicionar dicha señal para que en la pantalla se muestre el valor en grados centígrados.



Figura 2. 24 SB1221 Signal board 1 AI para Termocupla tipo J ó K.

Fuente: Catalog Products Industry Siemens, 2014

2.5.1.4 SELECCIÓN DE LA PANTALLA

Para la selección de la pantalla se debe tener en cuenta que ya se cuenta con un PLC SIEMENS entonces es recomendable una pantalla de la misma marca. Se escoge la pantalla SIEMENS KP 300 Basic mono PN, consta de 10 teclas de función y una pantalla LCD de 3,6 pulgadas con retroiluminación esto se puede observar en la Figura 2.25 y sus características en el ANEXO B9



Figura 2. 25 Pantalla SIEMENS KP300 Basic mono PN

Fuente: Catalog Products Industry Siemens, 2014

En el Anexo B9 se detalla que para el funcionamiento es necesario una alimentación de 24V, entonces se selecciona una fuente de voltaje de salida de 24V de la misma marca. Esto puede ver en la Figura 2.26.



Figura 2. 26 Fuente de voltaje de salida de 24V marca SIEMENS

Fuente: Catalog Products Industry Siemens, 2014

2.5.2 ADQUISICIÓN DE EQUIPOS

Se ha adquirido los equipos detallados en la sección 2.5.1 en la cantidad necesaria de acuerdo a como se detalla en la Tabla 2.7.

Tabla 2.7

Equipos a adquirir

Equipo seleccionado	Cantidad
Sensor de temperatura tipo K	1
Interruptor Termo magnético de 60 A	1
Interruptor Termo magnético de 30 A	1
PLC Siemens Simatic S7 1200	1
CPU 1212C AC/DC/Relé	1
SM1232 Módulo de señal de 2 salidas analógicas	1
Signal board(TERMOPAR)	1
Pantalla KP 300 Basic Mono PN	1
Fuente de voltaje de salida de 24V	1

La adquisición de los equipos se hizo en el mercado ecuatoriano en diferentes centros de automatización dependiendo de los precios y beneficios que ofertaron los distribuidores.

2.6 IMPLEMENTACIÓN DE LA ESTRUCTURA MECÁNICA

Después de la reconstrucción de la base se procede a instalar la cámara de temperatura y cámara de vacío, como se muestra en la Figura 2.27.



Figura 2. 27 Instalación de cámara de vacío y cámara de temperatura

A continuación se instaló la transmisión para el desplazamiento de la cámara de vacío, esto puede ver en la Figura 2.28



Figura 2. 28 Transmisión mecánica

Para finalizar se instaló la bomba de vacío y el motor como se puede observar en la Figura 2.29 y en la Figura 2.30 respectivamente.



Figura 2. 29 Bomba de Vacío.



Figura 2. 30 Moto reductor.

Las pruebas de funcionamiento se las realiza con la carga mayor que soporta la cámara de vacío teniendo como resultado un movimiento libre y sin esfuerzo desde la parte delantera hacia la parte posterior y viceversa

2.7 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO

El sistema eléctrico es el encargado de conectar todos los componentes electrónicos y electromecánicos presentes en el prototipo, para que puedan operar conjuntamente de forma eficiente.

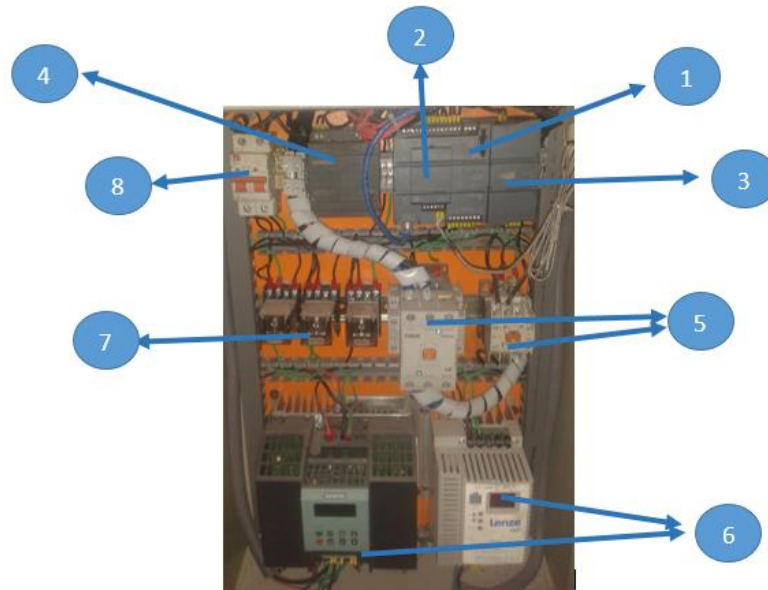


Figura 2. 31 Tablero de potencia

En el interior del tablero de potencia se implementó los siguientes elementos véase Figura 2.31, se tiene:

1. **PLC:** Controla toda la aplicación del sistema.
2. **Signal Board:** Adquiere la señal del sensor de temperatura
3. **Módulo de salidas analógicas:** Señales comunicación con los variadores de frecuencia
4. **Fuente 24 V:** Alimentación para los motores y las tarjetas de control.
5. **Contactor:** Controlan el encendido de diferentes dispositivos
6. **Variador de frecuencia:** Controlan la velocidad del motor y bomba de vacío
7. **Relés de estado sólido:** Encargados de enviar la señal respectiva al variador de frecuencia.

8. **Termo magnético:** Protección contra cortocircuitos.

En la Figura 2.32 se indica el motor para el movimiento de la cámara de vacío y en la Figura 2.33 se indica la bomba de vacío encargado de sustraer las moléculas de aire en la cámara de vacío, por otro lado en la Figura 2.34 se detalla el diagrama eléctrico implementado.



Figura 2. 32 Motor para el desplazamiento de la cámara de vacío.

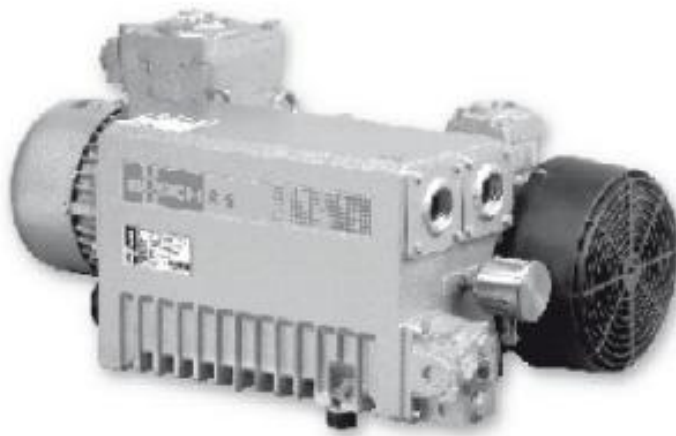


Figura 2. 33 Bomba de vacío

DIAGRAMA ELÉCTRICO

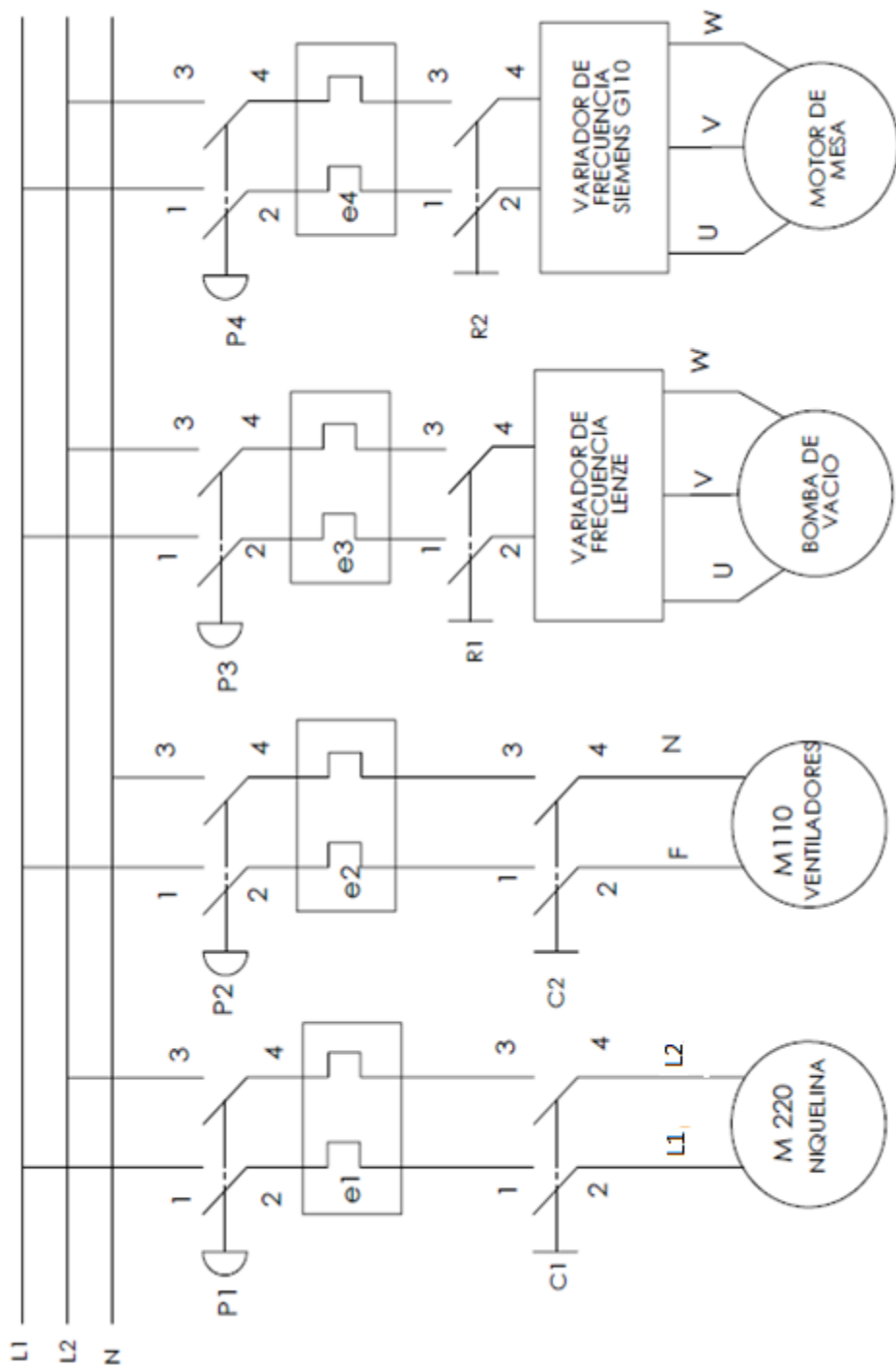


Figura 2. 34 Diagrama eléctrico

2.8 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL

El sistema de control es el encargado de controlar todos los componentes electrónicos y electromecánicos presentes en el tablero de potencia.

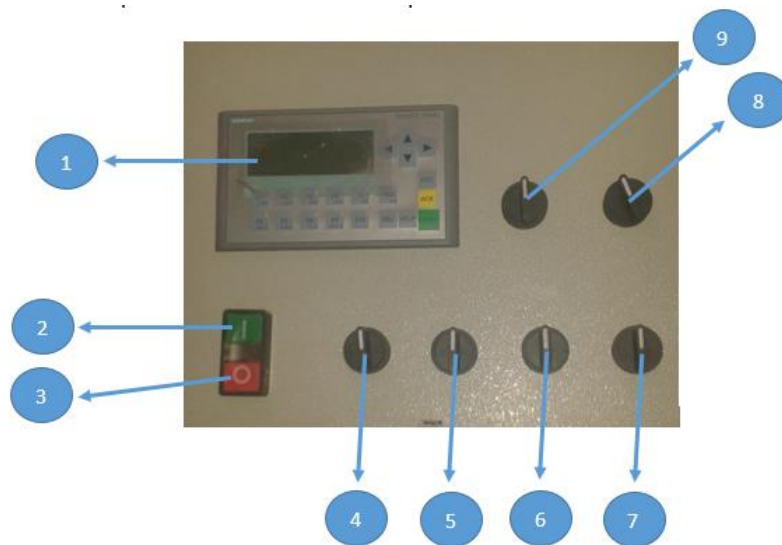


Figura 2. 35 Tablero de control

En la Figura 2.35 se muestra el tablero de control y los componentes instalados como se detalla a continuación:

1. **Pantalla:** Permite la interfaz hombre - máquina.
2. **Pulsador:** On, permite el inicio de la parte automática.
3. **Pulsador:** Off, permite el paro total de la máquina.
4. **Selector de dos posiciones:** Permite el accionamiento para el ingreso y salida de la cámara de vacío cuando está en forma manual
5. **Selector de una posición:** Controla el encendido de las niquelinas cuando se encuentra en forma manual.
6. **Selector de una posición:** Controla el encendido de los ventiladores cuando se encuentra en forma manual.

7. **Selector de una posición:** Controla el encendido de la bomba de vacío cuando se encuentra en forma manual.
8. **Selector de una posición:** Controla el encendido de la iluminación en el interior de la cámara de temperatura.

2.9 PROGRAMACIÓN

2.9.1 PROGRAMACIÓN DE LOS VARIADORES DE FRECUENCIA

Debido a que se necesita controlar la velocidad de los motores se usa un variador de frecuencia SIEMENS G110 para el motor de la cámara de vacío y un variador LENZE para lo cual se detalla en la Tabla 2.8 y la Tabla 2.9 respectivamente.

Tabla 2.8

Parámetros de programación del variador SIEMENS G 110

P0010 Puesta en servicio = 1 1= Puesta en servicio rápido	P0700 Selección de la fuente de orden = 2 2= bornes / terminales
P0100 Europa/Norteamérica = 1 1=Potencia en HP; f por defecto 60 Hz	P1000 Selección de la consigna de frecuencia = 2 2=consigna analógica
P0304 + Tensión nominal Del motor 10-200V = 220 V	P1080 Frecuencia mínima del motor = 0
P0305 * Corriente nominal Del motor = 3.5 A	P1082 Frecuencia máxima del motor = 60Hz
P0307 Potencia nominal Del motor 0-2000KW = 0.45 KW	P1120 Tiempos de aceleración = 5 seg
P0310 Frecuencia nominal del motor 12-650Hz = 60Hz	P1121 Tiempos de deceleración = 5 seg
P0311* Velocidad nominal del motor 0-40000r/min = 690 rpm	P3900 Fin de puesta en servicio =1 Fin puesta en servicio con calculo motor (recomendado)

Tabla 2.9

Parámetros de programación del variador LENZE.

<p>C00 Entrada de contraseña Visible únicamente cuando la contraseña esta activa véase C94</p>	<p>C12 Tiempo de aceleración 1 = 5,0 [s]</p>
<p>C01 Entrada de consigna = 0 0= entrada Analógica</p>	<p>C13 Tiempo de deceleración 1 = 5,0 [s]</p>
<p>C02 Carga de los ajustes de Lenze = 2 2= Cargue los ajustes de Lenze de 60 Hz</p>	<p>C14 Modo de funcionamiento = 2 2=Característica lineal con empuje Vmin constante</p>
<p>CE1 Configuración entrada digital E1 = 1 CE2 Configuración entrada digital E2 = 4 CE3 Configuración entrada digital E3 = 3 1= Activar valor de consigna fijo 1 (JOG1) 3= Freno de CC (DCB) 4=Dirección de rotación</p>	<p>C34 Configuración Entrada Analógica = 0 0= 0 – 10 V</p>
<p>C10 Frecuencia de salida mínima = 0,0 [Hz]</p>	<p>C54= Corriente del motor Permite la visualización de la corriente</p>
<p>C11 Frecuencia de salida máxima = 60 [Hz]</p>	<p>C94 Contraseña de usuario = 0 0= sin contraseña, cualquier otro valor existe contraseña</p>

2.9.2 PROGRAMACIÓN DEL CONTROLADOR

Para la programación se ha utilizado el software adjuntado en la adquisición del PLC y sus implementos el cual es el TIA PORTAL, su interfaz puede apreciar en la Figura 2.36.

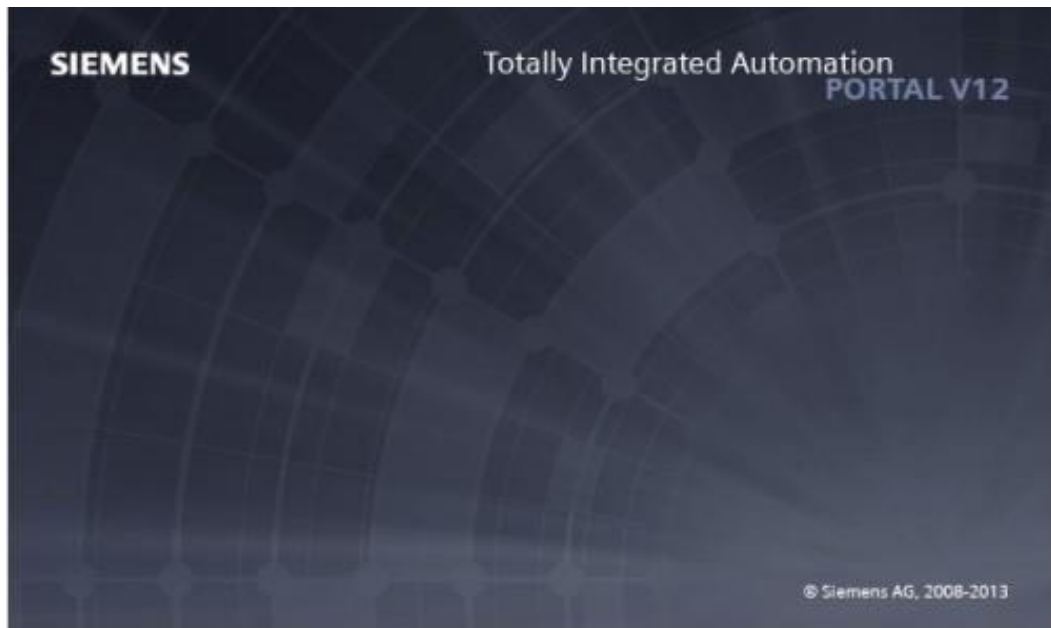


Figura 2. 36 Interfaz del software TIA PORTAL

En la Figura 2.37 se especifica la lógica del programa desarrollado y en el ANEXO B10 se detalla la programación paso a paso.

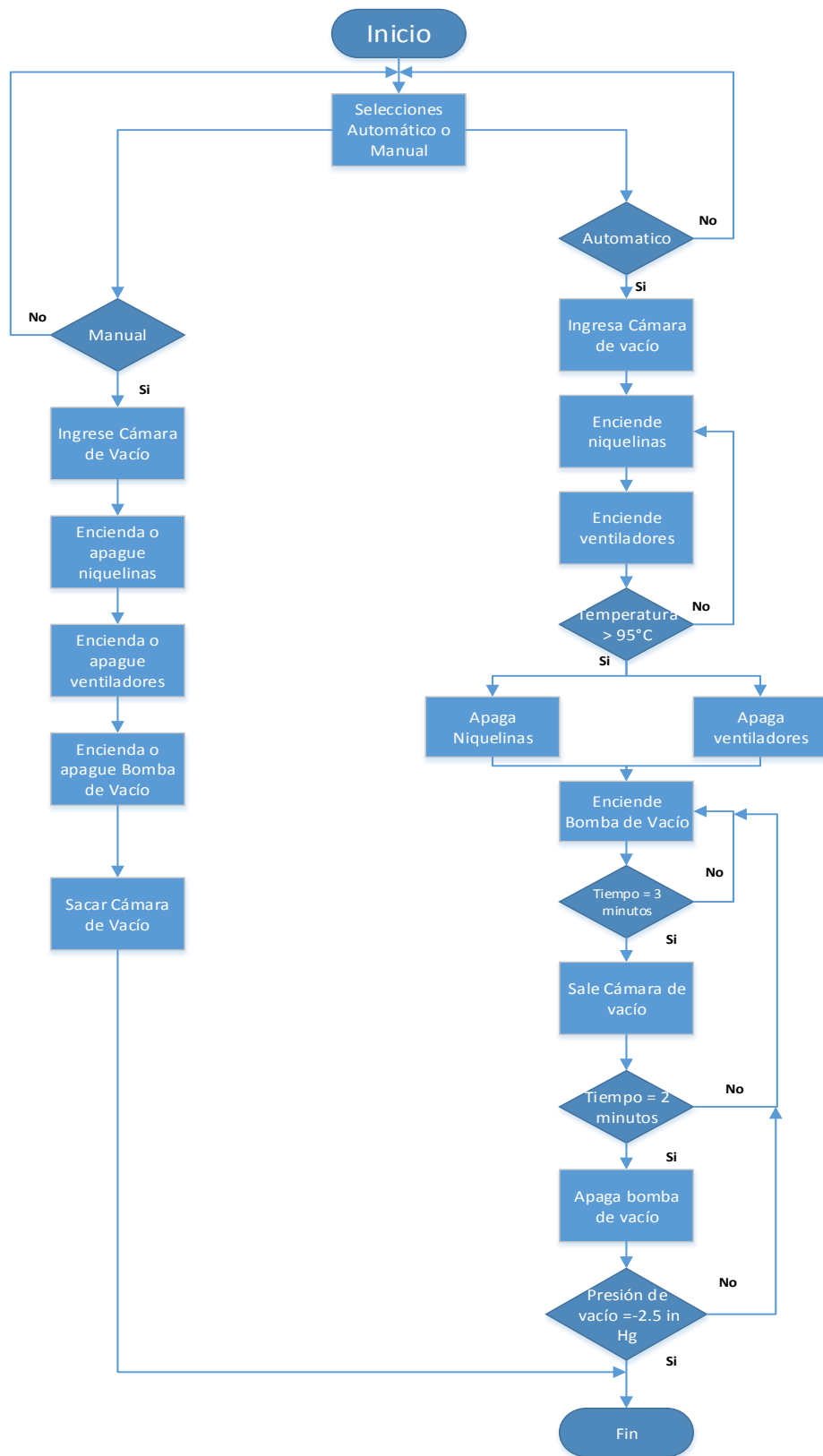


Figura 2. 37 Diagrama de flujo de la lógica de programación

CAPÍTULO III PROTOCOLO DE PRUEBAS E IMPLEMENTACIÓN

3.1 PRUEBA DE LA ESTRUCTURA MECÁNICA.

De acuerdo con las características principales de la máquina y el proceso de termolaminado, se analiza cada una de los sistemas implementados en la máquina, iniciando con la parte mecánica.

Con los diseños ya terminados en el capítulo II, se puede explicar que los mecanismos son los encargados de proveer a la termolaminadora cumplir con su proceso de forma adecuada y cumpliendo con la programación realizada. Uno de los principales sistemas es el mecanismo piñón y cremallera que es el encargado de hacer ingresar y salir la bandeja. La bandeja es el área que genera el espacio de vacío, en el cual se coloca las partes a termolaminar, dicha bandeja ingresa a la cámara de temperatura para que se lleve a cabo el proceso. A continuación se detalla en la Figura 3.1 las partes del sistema que hace este movimiento.

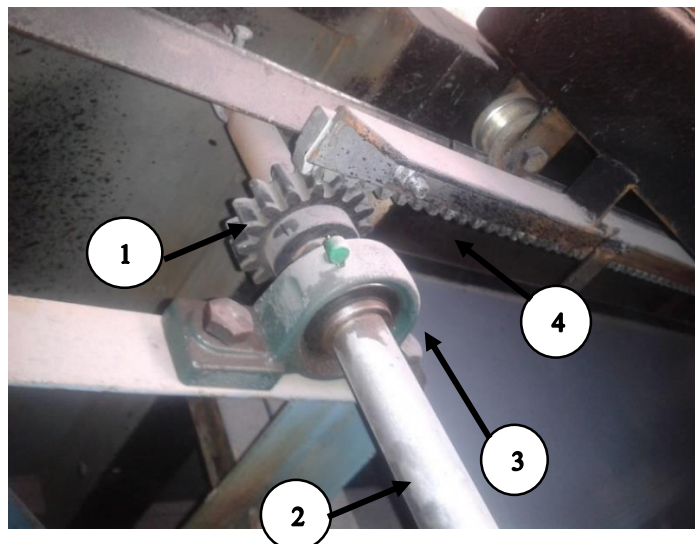


Figura 3.1 Mecanismo piñón y cremallera

Los componentes son los siguientes:

1. **Piñón:** Transmite movimiento a la cremallera.
2. **Eje transmisor:** Sujeta a los dos piñones para moverlos.
3. **Chumacera:** Acople que sujeta al sistema.
4. **Cremallera:** Está sujeta a la cámara de vacío.

El sistema mecánico proporciona movimientos tanto positivos como negativos, hasta cierto límite propuesto por programación. Esto se logra por medio de un motor trifásico y un reductor de velocidad conectado en la parte exterior de la estructura y base de la máquina. Como se muestra en la Figura 3.2.

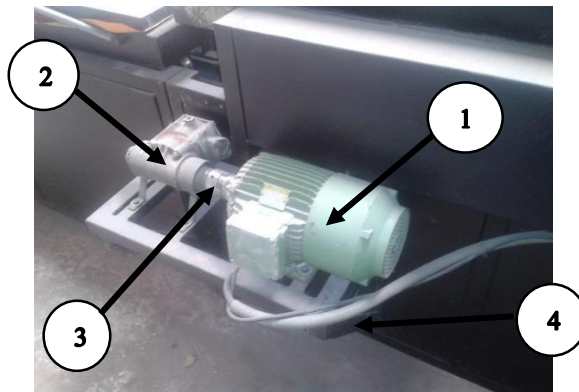


Figura 3.2 Motor trifásico y reductor.

Se enumera cada una de las partes de este sistema:

1. **Motor trifásico:** Proporciona movimiento al sistema.
2. **Reductor de velocidad:** Reduce la velocidad del motor.
3. **Embrague:** Elemento de caucho que conecta al eje del motor con el del reductor para que no exista desgaste.
4. **Soporte metálico:** Base que soporta los elementos.

El principio de funcionamiento del motor, está ligado directamente con un variador de frecuencia ubicado en el tablero de potencia, este variador

de marca Siemens - G110 funciona cuando recibe la señal del PLC con un valor de voltaje que corresponde a la velocidad del motor con que va a funcionar y que está ligado directamente con su frecuencia en Hz. El variador de velocidad para brindar sus beneficios necesita una previa programación.

Las pruebas realizadas con valores distintos se dan de acuerdo, con la velocidad adecuada con la que la bandeja ingresa. Los valores se indican en la Tabla 3.1 con sus respectivos valores de voltaje.

Tabla 3.1
Valores de voltaje para el motor.

VALORES ESTANDARES DE VELOCIDAD DEL MOTOR	
VOLTAJE	VALOR NUMERICO
0	0
1	2764,8
2	5529,6
3	8294,4
4	11059,2
5	13824
6	16588,8
7	19353,6
8	22118,4
9	24883,2
10	27648

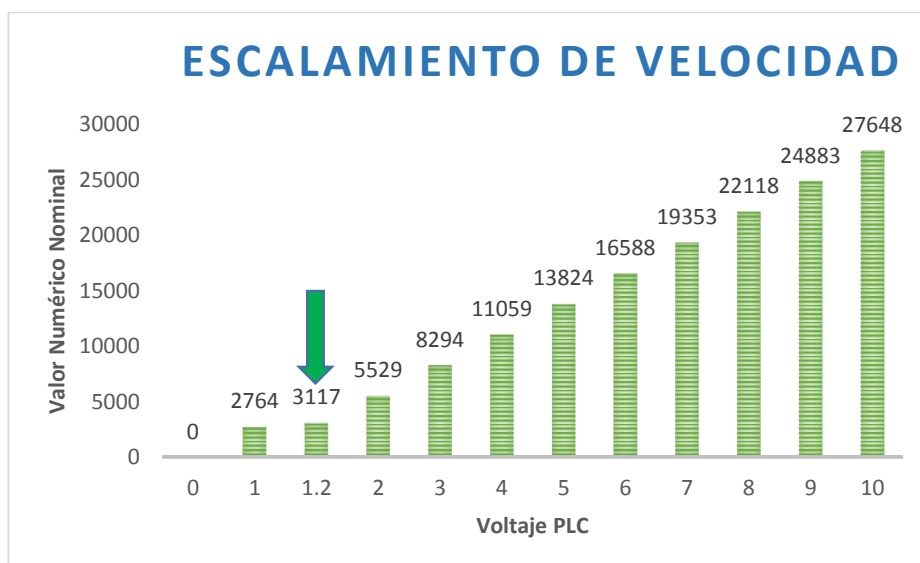
Con cada uno de estos valores, se procede a realizar la prueba real de la velocidad del motor. Con los cálculos realizados se define un valor predeterminado para el funcionamiento, con el cual el motor funciona de

forma correcta y adecuada, el procedimiento para poder hallar el valor preciso se da por una regla de tres simple.

- 10V-----27648
1.1V----- x
$$x = \frac{(1.1)(27648)}{10} = 3041.28$$

- 10V-----27648
1.2V----- x
$$x = \frac{(1.2)(27648)}{10} = 3317.76$$

De acuerdo con estos dos cálculos realizados, con el valor de 1.1 voltios que equivalen a un valor numérico de 3041.28 no es suficiente para mover la bandeja, por lo que se obtiene como resultado final el valor de 1.2 voltios equivalentes a 3117.76 como el indicado. Con este valor el motor adquiere una fuerza y velocidad necesaria para realizar el proceso, con lo cual se realiza un escalamiento de acuerdo a los valores.



En el caso que existiera la posibilidad de un aumento de producción, los valores establecidos en la Tabla 3.1 ayudarían a determinar el aumento de velocidad y fuerza de acuerdo con la necesidad de la empresa.

3.2 PRUEBA DEL SISTEMA TÉRMICO.

El sistema térmico es una de las partes fundamentales del proceso del termolaminado, está formado por diferentes partes que son esenciales para el desarrollo del mismo.

En esta área se da lugar el calentamiento de la lámina, por medio de niquelinas industriales diseñadas y repartidas de forma que el calor sea uniforme en toda el área del papel. Además para poder tener una temperatura alrededor de toda la cámara se colocaron dos ventiladores con aspas metálicas para repartir el calor por las esquinas de la cámara, y para una mayor visualización del proceso se colocó iluminación por medio de focos para altas temperaturas.

La parte exterior se encuentra forrada con lana de vidrio, material que es un aislante de calor y que por medio de este material la cámara es completamente hermética como se puede observar en la Figura 3.3.



Figura 3.3 Lana de vidrio en la máquina.

Se muestra en la Figura 3.4 el área de calentamiento y sus partes.



Figura 3.4 Cámara de Temperatura.

La cámara de temperatura posee las siguientes partes:

1. **Estructura metálica:** Parte metálica rellena de lana de vidrio.
2. **Niquelinas Industriales:** Resistencias eléctricas que proporcionan calor en toda el área.
3. **Ventiladores:** Reparten el calor por el área uniformemente.
4. **Iluminación:** Brindan visibilidad para observar el proceso.
5. **Cable térmico N°10:** Alimentación 220V a las niquelinas, resistente hasta 600°C.

Se comprobó que la temperatura es uniforme en toda el área, por la colocación de 4 sensores de temperatura ubicados en las esquinas de toda la cámara, logrando con éxito la temperatura deseada en los diferentes puntos del área.

La medición se realizó por medio de multímetros conectados en cada una de las termocuplas en la parte interior de la cámara de temperatura, como se muestra en la Figura 3.5.



Figura 3.5 Medición de la temperatura uniforme en toda la cámara.

Comprobando que la temperatura es totalmente uniforme en toda el área de la cámara, esto resulta de la ubicación de los ventiladores que ayudan a que el calor se disperse y el PVC a termolaminar esté completamente en la temperatura correcta para su adhesión.

Cabe recalcar que el papel sufre una transformación de elasticidad conforme la temperatura de la cámara, por esa razón el calor debe ser uniforme. Obteniendo el resultado de los sensores en la Tabla 3.1 y comparando con la Tabla 3.2 de valores estándar de conversión de mili voltios en °C.

Tabla 3.1
Mediciones de termocuplas.

Mediciones de termocuplas		
SENSOR	VALOR (mV)	EQUIVALENTE EN °C
s1	3.3	85
s2	3.4	86
s3	3.4	86
s4	3.4	86

Tabla 3.2

Equivalente de °C de mili voltios.

Termocupla tipo K - Equivalencias: grados celsius - milivoltios													
°C	mV	°C	mV	°C	mV	°C	mV	°C	mV	°C	mV	°C	mV
0	0,00	200	8,13	400	16,40	600	24,91	800	33,30	1000	41,31	1200	48,89
10	0,40	210	8,54	410	16,82	610	25,34	810	33,71	1010	41,70	1210	49,25
20	0,80	220	8,94	420	17,24	620	25,76	820	34,12	1020	42,09	1220	49,62
30	1,20	230	9,34	430	17,67	630	26,19	830	34,53	1030	42,48	1230	49,98
40	1,61	240	9,75	440	18,09	640	26,61	840	34,93	1040	42,87	1240	50,34
50	2,02	250	10,16	450	18,51	650	27,03	850	35,34	1050	43,25	1250	50,69
60	2,43	260	10,57	460	18,94	660	27,45	860	35,75	1060	43,64	1260	51,05
70	2,85	270	10,98	470	19,37	670	27,87	870	36,15	1070	44,02	1270	51,41
80	3,26	280	11,39	480	19,79	680	28,30	880	36,55	1080	44,40	1280	51,76
90	3,68	290	11,80	490	20,22	690	28,72	890	36,96	1090	44,78	1290	52,11
100	4,10	300	12,21	500	20,65	700	29,14	900	37,36	1100	45,16	1300	52,46
110	4,51	310	12,63	510	21,07	710	29,56	910	37,76	1110	45,54	1310	52,81
120	4,93	320	13,04	520	21,50	720	29,98	920	38,16	1120	45,92	1320	53,16
130	5,33	330	13,46	530	21,92	730	30,39	930	38,56	1130	46,29	1330	53,51
140	5,73	340	13,88	540	22,35	740	30,81	940	38,96	1140	46,67	1340	53,85
150	6,14	350	14,29	550	22,78	750	31,23	950	39,35	1150	47,04	1350	54,20
160	6,54	360	14,71	560	23,20	760	31,65	960	39,75	1160	47,41	1360	54,54
170	6,93	370	15,13	570	23,63	770	32,06	970	40,14	1170	47,78	1370	54,88
180	7,33	380	15,55	580	24,06	780	32,48	980	40,53	1180	48,15		
190	7,73	390	15,98	590	24,48	790	32,89	990	40,92	1190	48,52		

Fuente: Wikipedia, 2013

Como se menciona en el capítulo I en la Tabla 1.1 se muestra características de operación del PVC, lámina que se adhiere a la madera por medio del calor, y que muestra 90°C de calor para poder fusionarse con la madera.

Cabe recalcar que, el PVC no puede exceder de la temperatura establecida, ya que podría sufrir trastornos, hasta llegar a romperse por el excedente de calor.

Una vez realizado las pruebas de calor uniforme, se complementó las pruebas por medio de una RTD, con el fin de verificar en tiempo real la temperatura mostrada en el panel de control, adicionando otro instrumento de medición.

Dicho instrumento es un dispositivo resistivo, por tal motivo los valores enviados por la RTD son en valores de ohmios. El dispositivo fue ubicado en la parte interna de la cámara como se aprecia en la Figura 3.6.



Figura 3.6 Medición de la temperatura uniforme en toda la cámara.

Una vez ubicado el sensor se procedió a las pruebas en las cuales obtuvimos resultados favorables. En la Tabla 3.5 muestra los valores de acuerdo a un valor de resistencia y al compararlo con los datos obtenidos de la máquina, conjuntamente con el valor calculado por fórmula cuya expresión se detalla a continuación en la Ecuación 3.1

$$R_t = R_0(1 + \alpha \cdot T) \quad \text{Ecuación 3.1}$$

Dónde

R_t = es la resistencia en ohmios a t °C

R_0 = es la resistencia en ohmios a $0^\circ\text{C} = 100$

α = coeficiente de temperatura = 0.00385

T = Valor de temperatura a comparar.

Al despejar la fórmula se tiene:

$$T = \frac{\left(\frac{R_t}{R_0} - 1\right)}{(\alpha)}$$

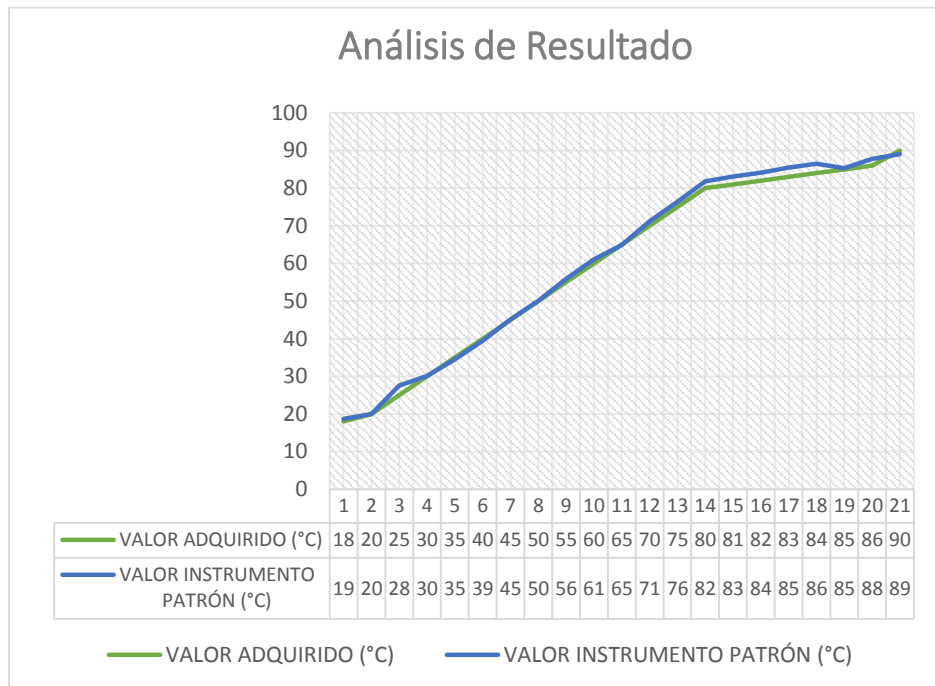
Con la respectiva fórmula despejada se procedió a calcular los valores de temperatura, con los datos obtenidos por el sensor, cabe recalcar que el sensor da valores en ohmios, las cuales por medio de la fórmula se

transforman en temperatura, y que comparados con el valor que muestra el HMI por medio del PLC son cuerdos y totalmente adecuados con un margen de error mínimo. Estos valores son tabulados y graficados para entender la relación de temperatura que existe dentro de la cámara.

Tabla 3.3
Valor PLC vs Intr. Patrón

VALOR ADQUIRIDO (°C)	VALOR INSTRUMENTO PATRÓN (°C)
18	18.72
20	20
25	27.53
30	30.12
35	34.54
40	39.48
45	45.19
50	50.12
55	55.84
60	61.03
65	64.93
70	71.16
75	76.36
80	81.81
81	83.11
82	84.15
83	85.45
84	86.49
85	85.35
86	87.79
90	89.09

Con los datos obtenidos en la Tabla 3.3 se realiza una gráfica de análisis de resultados en los que se verifica los valores de temperaturas medidos y calculados.



Finalizando que existe un margen de error mínimo, los valores adquiridos por el PLC y comparados con los del instrumento patrón se obtiene un porcentaje de error del 0,12%.

3.3 PRUEBAS DEL SISTEMA DE VACÍO.

El vacío se conoce como el lugar en donde la presión atmosférica que se mide es menor que la presión atmosférica normal, esto llega a suceder cuando un dispositivo de vacío lo genera dentro de una área determinada. Este dispositivo es una bomba de vacío rotatoria lubricada por medio de aceite, dicha bomba extrae el aire que se encuentra en la cámara de vacío por medio de una manguera especial para aire. El tiempo en extraer todas las moléculas de aire está determinado por la fuerza con que la bomba absorba todo el aire, en la Figuras 3.7 se detalla cada uno de los componentes del sistema.

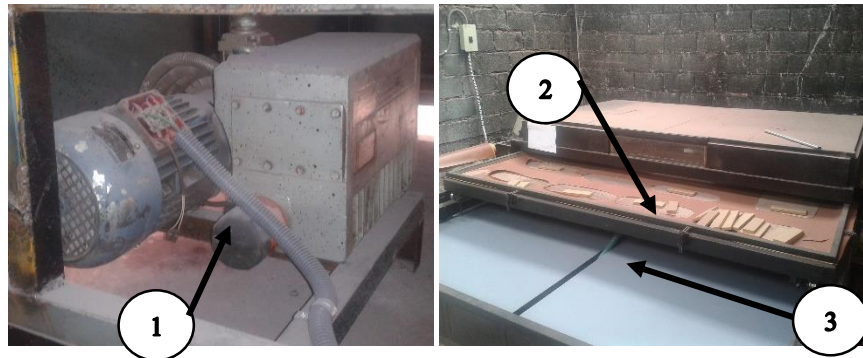


Figura 3.7 Partes del Sistema de Vacío.

La cámara de vacío está conformada por las siguientes partes, que conjuntamente realizan la parte fundamental del proceso.

- 1. Bomba de Vacío:** Elemento que extrae las moléculas de aire de la cámara de vacío.
- 2. Cámara de Vacío:** Espacio donde se adhiere la lámina a la madera por la absorción de aire.
- 3. Manguera de aire:** Ducto por el cual el aire es transportado hacia el exterior de la cámara.

El sistema de vacío, es una de las partes más fundamentales del proceso de termolaminado ya que por medio de la extracción de partículas de aire, el producto terminado tiene el acabado final.

El papel que se adhiere al mueble tiene lugares críticos en donde se tiene el riesgo de un despegue tales como: los filos, formas, relieves, ruteados etc., por esa razón, se tiene que tener un control del sistema de vacío.

Existe la posibilidad de una rotura del PVC (papel adhesivo) ya que la fuerza de absorción de las partículas de aire es demasiado fuerte. De igual

manera cuando la fuerza de absorción de la bomba es demasiado débil, el papel no se adhiere a la madera en los contornos, formas ruteados etc.

Por tal motivo, existe la necesidad de realizar las pruebas para obtener un valor de presión negativa adecuada para el proceso, y se realizó con la ayuda de un vacuómetro.

El vacuómetro es un sensor que mide presión atmosférica, y está ubicado en la cámara de vacío, este sensor nos da una lectura exclusiva de presión negativa. En la Figura 3.8 se muestra el sensor que está ubicado en la parte frontal de la cámara.



Figura 3.8 Manómetro de vacío.

En las diferentes pruebas de termolaminado, el control se aplica directamente a la bomba de vacío, por medio del variador de frecuencia cuyo valor es definido por el valor numérico equivalente en la Tabla 3.1, cabe recalcar que el variador de frecuencia es de marca Lenze cuyas características de programación se describe en el capítulo II, y con los análisis realizados se obtiene la Tabla 3.5 en la que se muestra cada presión acorde la fuerza de absorción de la bomba.

Tabla 3.5

Valores nominales.

VALORES NOMINALES PROPUESTOS		
VALOR DE PRESION (in.Hg)	VALOR EN Hz	VALOR (V)
0	0	0
-1	35	3
-2	45	5
-2.5	50	8.33
-3	60	10

Una vez obtenidos los valores y su equivalencia, se realizó las pruebas de acuerdo a la necesidad y la fuerza con que el PVC (lámina) se adhiera de forma correcta sin fallas ni roturas de la misma. El valor de presión está dado entre 0 y -5 in.Hg medida en la cual el papel no sufre daños.

Con la primera prueba realizada se obtuvo un valor de -1.2 in.Hg con la que se obtuvo un valor equivocado, ya que el papel PVC no se adhirió de forma correcta y adecuada, la cual provoca el despegue del papel PVC de la madera, y con el pasar del tiempo el papel sufre trastornos característicos.

En la Figura 3.9 se muestra piezas realizadas a una presión de -1.2 in.Hg las cuales no salieron de forma favorable para su venta.



Figura 3.9 Primera prueba realizada.

Con su respectiva medición de presión, se muestra en la Figura 3.10 el valor del manómetro que marco en la primera prueba realizada.



Figura 3.10 Valor de presión en la primera prueba.

De igual manera se realizó aumentando el valor numérico para aumentar la fuerza de absorción de la bomba. Por lo que tenemos una presión de -2 in.Hg, presión con la cual el producto terminado tiene características casi adecuadas y se muestra en la Figura 3.11 conjuntamente con la Figura 3.12 del producto culminado.



Figura 3.11 Valor de presión en la segunda prueba.



Figura 3.12 Segunda prueba realizada.

Finalizando las pruebas de vacío, se logra establecer el valor adecuado para que el papel no sufra ningún daño, y es la de -2.5 in.Hg la cual se muestra en la Figura 3.13.



Figura 3.13 Presión adecuada de funcionamiento.

Con el producto terminado que se muestra en la Figura 3.14 definimos la presión a la que se trabaja y se define como valor patrón de trabajo.



Figura 3.14. Producto terminado satisfactoriamente

Como se observa en la Figura 3.14, el papel cubre toda el área deseada incluyendo los ruteados que posee la pieza, los filos y todas las partes críticas que se mencionó anteriormente, sin el riesgo de roturas de papel y mucho menos despegarse de la madera.

Analizando los valores de acuerdo con la tabla 3.6, se establece que:

- Presión de trabajo : -2.5 in.Hg
- Valor de voltaje (V) : $8.33 \text{ V} \approx 23030.74$
- Valor de bomba (Hz) = 50Hz

3.4. PRUEBA DEL SISTEMA ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO.

El sistema de control, está conformado por diferentes etapas que hacen que la termolaminadora funcione de manera eficiente y adecuada en los tiempos predeterminados y programados. Este sistema hace funcionar los elementos mecánicos (actuadores), elementos electromecánicos, electrónicos para complementar el uso adecuado de cada parte de la máquina. El tablero de control tiene la función de mando de toda la

máquina, esta contiene selectores, pulsadores, HMI que ayudará al operario a mostrar cómo se desarrolla el proceso.

En este tablero el operario tiene la opción de seleccionar dos tipos de accionamiento de la máquina, esto quiere decir que puede funcionar de forma manual y automática. En la Figura 3.15 se detallan los componentes del control de mando.

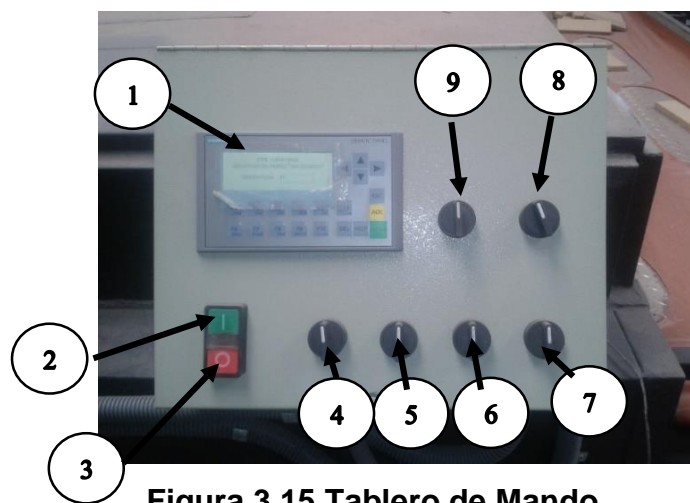


Figura 3.15 Tablero de Mando.

En el tablero de mando, se encuentra todos los pulsadores, selectores los cuales ayudan al operario a realizar todas las acciones de control.

Se detalla a continuación como está realizado:

1. **HMI:** Se observa el transcurso del proceso.
2. **Botón INICIO:** Da inicio al proceso, cumpliendo con condiciones.
3. **Parada de Emergencia:** Para el proceso en cualquier instante.
4. **Manual BANDEJA (↔):** Ingresa y sale la bandeja manualmente.
5. **Manual NIQUELINAS:** On/Off las niquelinas manualmente.
6. **Manual VENTILADORES:** On/Off los ventiladores manualmente.
7. **Manual BOMBA:** On/Off la bomba de vacío.

8. **Iluminación:** On/Off los focos térmicos.
9. **Selector (MANUAL/AUTOMATICO):** Selecciona el método de trabajo para termolaminar.

El HMI KP – 300 se puede visualizar en la Figura 3.16.

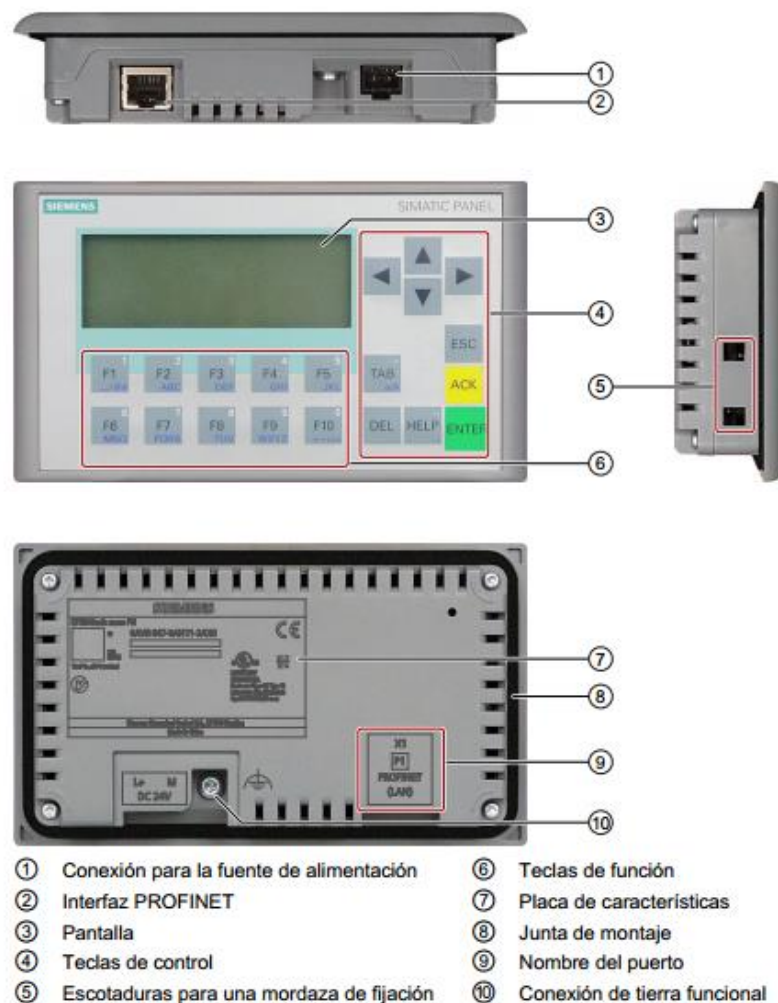


Figura 3.16 Partes del HMI KP-300.

Fuente: Wikipedia, 2014

Este HMI es el más básico, por esa razón en la pantalla de 3 pulgadas se ha colocado por programación el nombre de la empresa, nombre del dueño y el proceso en la cámara de temperatura.

En donde se puede observar el incremento de la temperatura de la cámara, y poder estar al pendiente del proceso.

Esta se encuentra conectada directamente al PLC por medio de red profinet, que conjuntamente con la programación realizada, se indica la temperatura en el panel como se muestra en la Figura 3.17.

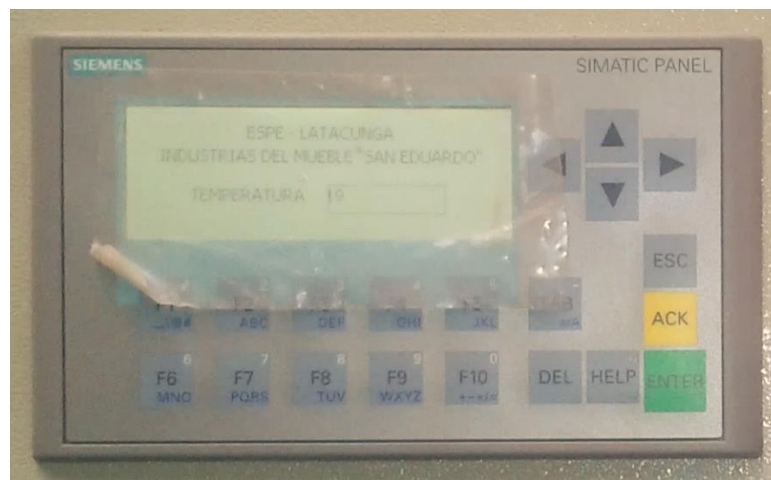


Figura 3.17 HMI funcionando.

Este panel de operador está diseñado para ser utilizado en entornos industriales. Para ello cumple las siguientes normas:

- Requisitos de emisión de perturbaciones **EN 61000-6-4:2007.**
- Requisitos de inmunidad a las interferencias **DIN EN 61000-6-2:2005.**

Los Basic Panels se caracterizan por tener comunicación con los siguientes tipos:

- Funciones básicas PROFINET para la puesta en marcha y el diagnóstico.
- Comunicación Ethernet estándar.

Otra de las partes fundamentales del control, es sin duda es el tablero de potencia.

En el tablero de potencia se encuentran los dispositivos electrónicos, electromecánicos, cables de alta potencia, cables de señal, fuente de alimentación etc.

Primeramente se muestra las pruebas e implementación realizadas con los dispositivos electrónicos, como se muestra en la Figura 3.18.

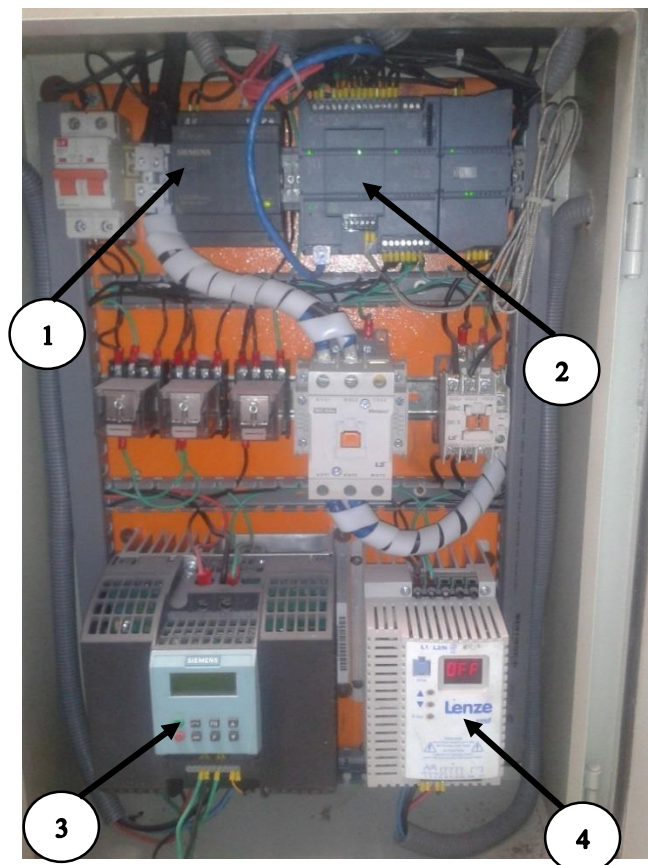


Figura 3.18 Dispositivos electrónicos del tablero de potencia.

Los elementos electrónicos que conforman el sistema de control, son los indispensables para el proceso, se manejan a través de señales tanto analógicas como digitales.

El PLC es el principal controlador, ya que por medio de este, se generan todas las señales para los diferentes ciclos del termolaminado en tiempos exactos de acuerdo con el proceso.

Enumeramos cada uno de las partes en el siguiente listado:

1. **Fuente:** Alimenta tanto al módulo de entradas analógicas del PLC como al HMI KP-300.
2. **PLC:** Controla todo el proceso.
3. **Variador de frecuencia (SIEMENS):** Controla la bandeja.
4. **Variador de frecuencia (LENZE):** Controla la Bomba de Vacío.

Otros de los dispositivos que forman el control, son los electromecánicos que son los que accionan todos los actuadores, conjuntamente con las órdenes del PLC.

En la Figura 3.19 se puede observar los elementos que complementan todo el sistema.

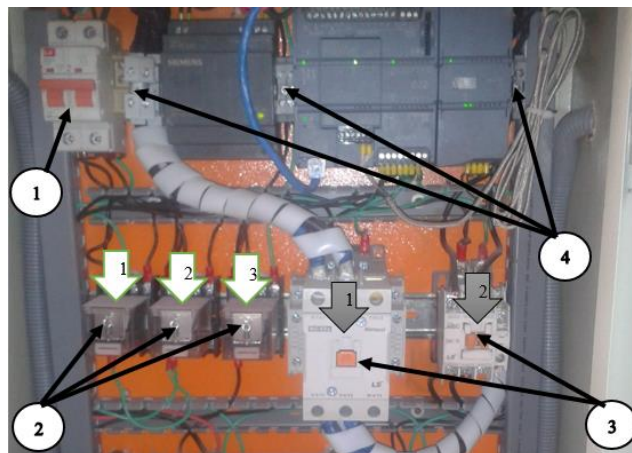


Figura 3.19. Dispositivos electromecánicos del tablero de potencia.

A parte de accionar diferentes elementos en el proceso, tiene la característica de proteger a los mismos elementos que accionan, por medio de interruptores que funcionan con bobinas. Existen tres elementos importantes que se encuentran en el tablero, se definen a continuación.

1. **Disyuntor:** Alimentación y protección de todo el circuito.
2. **Relés:** **Relé1;** Acciona al variador Siemens para que la bandeja ingrese al proceso, **Relé2;** Acciona al variador Siemens para que la bandeja salga. **Relé3;** Acciona la Bomba de Vacío.
3. **Contactores:** **C1;** Este contactor acciona a las niquelinas, su tamaño depende de la capacidad, se adquirió para 54 amperios sobredimensionado por protección, **C2;** Acciona a los ventiladores.
4. **Borneras:** Alimentan con 110 y 220 respectivamente a los ventiladores y niquelinas.

Los finales de carrera se los considera como elementos electromecánicos, ya que su funcionamiento es idéntico a un interruptor, en su interior existe contactos normalmente abiertos y cerrados. Se encuentran ubicados en los extremos de la estructura base de la máquina y su función es sensar la presencia de la cámara de vacío al momento que ingresa o sale. En la Figura 3.20 se muestra la posición del sensor en la parte interna de la máquina.



Figura 3.20 Final de Carrera.

Con la implementación completa del sistema eléctrico y electrónico se comprueba el funcionamiento total de la máquina, y esto se comprueba con la Tabla 3.7 de funcionamiento. Cabe recalcar que la máquina tiene dos formas de trabajo automático y manual y esto va a depender del operario.

Además de esto se cuenta con la ayuda del HMI, que ayuda al operario a verificar si los datos del proceso están transcurriendo o no, esto comúnmente suele suceder cuando, el valor de la temperatura no se muestra en el panel y se procede a realizar un reseteo como se muestra en el manual de usuario.

Para verificar el funcionamiento correcto de la maquina se lo puede realizar por medio del HMI, que se muestra en la Figura 3.17, la cual se encuentra conectado directamente al PLC y nos mostrara el funcionamiento base del sistema eléctrico y electrónico, a su vez en la Figura 3.19 que indica el interior del tablero de potencia se podrá verificar leds verdes que indican el funcionamiento correcto, led naranja que significa stop y led rojo que significa la existencia de un error.

Finalmente, se implementa el rediseño y repotenciación de la máquina, en su parte estructural, como en el capítulo 2 el diseño realizado fue analizado para diferentes tipos de cargas estructurales, así mismo en la elección de cada uno de los materiales, mejores acabados, mejor diseño y sobre todo mucha eficiencia y comodidad al trabajar.

La nueva máquina termolaminadora brinda un confort y sobre todo sus productos se caracterizan por poseer un buen terminado, con modelos innovadores y sobre todo mucha durabilidad.

En la Figura 3.21 se muestra el diseño anterior de la termolaminadora.



Figura 3.21 Diseño anterior de la termolaminadora.

Y en la Figura 3.22 se muestra el nuevo diseño de la termolaminadora.



Figura 3.22 Nuevo diseño de la termolaminadora.

3.4.1. ANÁLISIS ECONÓMICO DEL PROYECTO.

Concluido e implementado todo el sistema del rediseño y repotenciación de la termolaminadora, se realizó un análisis técnico – económico para aplicar su función.

En la Tabla 3.6 se detalla todos los elementos utilizados y reutilizados con sus costos para el diseño.

Tabla 3.6

Elementos utilizados en la reconstrucción.

Descripción	Cantidad	Precio Unit.	Precio Total
Fuente de 24V (Siemens)	1	135,00	135,00
PLC 1212C, ACDC Relé	1	455,00	455,00
Módulo Signal Board	1	187,00	187,00
Módulo Análogo 2AO	1	426,00	426,00
KP300 Basic Panel	1	430,00	430,00
Termocupla Tipo k	4	6,30	25,20
Niquelinas industriales	6	95,00	570,00
Contactador 60 Amp.	1	76,00	76,00
Cable térmico n°10 (15mts)	1	5,45	81,75
Selectores	6	3,75	22,50
Pulsadores	1	10,50	10,50
Rollo de cable AWG 18	1	85,00	85,00
Canaleta Ranurada	1	15,00	15,00
Canaleta	1	10,00	10,00
Tablero Control	1	40,00	40,00
Borneras Riel DIN	4	1,00	4,00
Terminales	4	40,00	40,00
Taipe	10	0,50	5,00

CONTINÚA 

Brakers de protección	1	65,00	65,00
Cable N° 8 20mts	1	85,00	85,00
Eje de 1/2" acero	1	45,00	45,00
Cremalleras (10mts)	1	275,00	275,00
Piñones	2	45,00	90,00
Torneada	1	35,00	35,00
Manguera de Vacío (5mts)	1	7,50	37,50
Angulo ¾	2	7,80	15,60
Planchas de tol	5	38,50	192,50
Bate piedra	3	20,00	60,00
Lijas	20	0,50	10,00
Mantenimiento	1	50,00	50,00
Rediseño (Mecánico)	1	600,00	600,00
Estructura mecánica	1	1.500,00	1.500,00
Motor	1	200,00	200,00
Bomba	1	800,00	800,00
Reductor	1	150,00	150,00
Variador (Siemens)	1	220,00	220,00
Variador (Lenze)	1	180,00	180,00
Finales de Carrera	2	11,77	23,54
Relés	6	5,90	35,40
Rollo de lana de vidrio	3	100,00	300,00
TOTAL			\$ 7.587,00

La termolaminadora tuvo un costo total de \$7.578,00; una máquina extranjera con las mismas características se encuentra alrededor de \$45.500 en la actualidad, con lo que la empresa se benefició con \$37.422.

Las propiedades que brinda este sistema de termolaminado, ayudará a contribuir a la empresa en beneficios tales como tecnología, producción, acabados de muy buena calidad, costo beneficio, cuidar el medio ambiente etc.

3.4.2. ANÁLISIS ECONÓMICO

3.4.2.1 CÁLCULO DEL VAN Y TIR

En la realización del proyecto, se analizó cada uno de los gastos realizados y se concluye que existe la necesidad de realizar un análisis del VAN y el TIR, que son herramientas financieras que permiten evaluar la rentabilidad del proyecto, con la posibilidad de expandir el producto hacia otros países. La empresa se dedica a la fabricación de todo tipo de muebles construidos en su principal elemento que es el MDF, dichos muebles tienen una gran variedad y modelos así mismo como precios, con este nuevo proyecto se desea sobrepasar a los presupuestos en ventas así como la recuperación de la inversión que se desarrolló en la máquina termolaminadora, cuyo fin es incrementar recurso tecnológico, recurso económico y recurso humano.

La producción más resaltante en la que referimos para realizar el análisis es en las puertas y closets de MDF, cuyas inversiones se detalla en la Tabla 3.7.

Tabla 3.7

Inversión de producción.

INVERSION DE PUERTAS Y CLOSETS		
DESCRIPCION	PRECIO PUERTAS (\$)	PRECIO CLOSETS (\$)
Mano de obra	10	4
Termolaminado	5	5
Papel (PVC)	18,75	9,4
Pega	13,75	6,9
Consumo eléctrico	4	2
Madera (MDF)	15	50
Madera (Tablón)	21	S/N
Errajes	10	15
Lijada	2	3
TOTAL	100	95,3

La inversión de puertas y closets varía entre 95.00 y 100.00 dólares americanos, con lo cual el propietario de la empresa cotiza las puertas en un precio inicial de 120.00 dólares incluidos la instalación. De acuerdo al estudio de mercado realizado, se genera la creación de 20 puertas mensualmente bajo pedido, la cual genera una ganancia de \$400.00 cada mes.

De acuerdo con políticas de la empresa se considera un 15% de utilidad neto, cuyo valor se obtiene de la Ecuación 3.2.

$$\left(\frac{\text{Ganancia}}{\text{Porcentaje de Utilidad}} = \text{Ganancia Neta}\right) \quad \text{Ecuación. 3.2}$$

$$G.N = \frac{400.00}{1.15}$$

$$G.N = 347,82$$

Equivalente a una ganancia total de: \$ **347.82** en puertas.

De igual manera se realiza el análisis de closets, con la diferencia que se trabaja con metros cuadrados, esto quiere decir que la utilidad se adquiere por medio de los metros cuadrados realizados. En el mercado se establece bajo pedido la fabricación de 30 metros de closets con el precio de 145.00 dólares americanos por cada metro, teniendo un valor de 4350.00 dólares de ganancia, con su respectivo porcentaje de utilidad tenemos el siguiente valor.

$$G.N = \frac{4350.00}{1.15}$$
$$G.N = 3872.60$$

Con la ganancia neta de \$ 3872.60 se saca la ganancia total que se realiza restando $4350.00 - 3872.60 =$ **\$ 567.40**

Con estos valores se procede a realizar la suma y obtener el valor total de ganancias con su respectiva utilidad, con un valor de: **\$ 915.22** dólares americanos.

Una vez obtenidos los valores de ganancia se procede a realizar el análisis del VAN, que es el Valor Actual Neto que permitirá saber si el proyecto es rentable o no. De acuerdo con la Ecuación 3.3 el VAN se obtiene:

$$VAN = BNA - Inversión$$

Ecuación. 3.3

Siendo BNA: Beneficio Neto Actualizado.

Inversión: Costo Total de la Máquina.

De acuerdo a la Tabla 3.8 se detalla un flujo de caja proyectado de acuerdo con el estudio de mercado realizado y los valores de ganancias mensuales, se analiza de forma anual con la que se genera una ganancia total de \$10.000 dólares anuales.

Tabla 3.8

Flujo de caja proyectado.

FLUJO DE CAJA PROYECTADO					
AÑO	1	2	3	4	5
FLUJO DE CAJA	10.000	10.000	10.000	10.000	11.000

Con lo que el beneficio neto nominal se calcula con la sumatoria de todos los años transcurridos y equivale a:

$$BNA = 51.000$$

Y restando el valor de la inversión se calcula el VAN:

$$VAN = BNA - INVERSION$$

$$VAN = 51.000 - 7587.00$$

$$VAN = \$ 43.413$$

Resultando un beneficio nominal de 43.413 en 5 años.

Este resultado no está calculado con una tasa de interés, esto quiere decir que el valor es nominal, ahora se realiza el cálculo con una tasa de descuento del 15% esto se lo realiza por medio de la Ecuación 3.4 la que permite obtener un valor real de la ganancia anual.

$$BNA = \frac{\text{Ganancia anual}}{((1+0.15)^n)} \quad \text{Ecuación. 3.4}$$

Dónde

n = número de año.

Para el primer año se tiene:

$$BNA = \frac{10.892}{((1 + 0.15)^1)} = \$ 9549.56$$

Y con los valores obtenidos reales de ganancia se genera la Tabla 3.9 cuya ganancia es verás y efectiva.

Tabla 3.9

Flujo de caja real.

FLUJO DE CAJA.					
AÑO	1	2	3	4	5
FLUJO DE CAJA	9549.56	8303.98	7220.84	6278.90	5459.90

De idéntica manera se realiza la sumatoria de cada valor anual y se obtiene el BNA real que es:

$$BNA = \$ 36813.18$$

El Valor Actual Neto se obtiene mediante la Ecuación 3.2.

$$VAN = BNA - INVERSION$$

$$VAN = 36813.18 - 7587.00$$

$$VAN = \$ 29226.18$$

Con el valor del VAN obtenido, se tiene un proyecto rentable y con aspiraciones de cubrir mercado fuera del país, y además la inversión de la máquina se recupera en el lapso de 9 meses tiempo en el cual se recupera la inversión.

Por parte final se realiza el análisis del TIR que es la tasa de descuento que permite que el BNA sea igual a la inversión ($VAN = 0$), así mismo es la máxima tasa de descuento que debe tener un proyecto para que sea rentable. Para hallar el TIR localizamos la Ecuación 3.2 y 3.3 solo que en vez de hallar el VAN (el cual se reemplaza por 0), se calcula la tasa de descuento.

$$VAN = BNA - Inversión$$

$$0 = BNA - Inversión$$

$$0 = \left(\frac{10.892}{(1+i)^1}\right) + \left(\frac{10.892}{(1+i)^2}\right) + \left(\frac{10.892}{(1+i)^3}\right) + \dots + \left(\frac{10.892}{(1+i)^5}\right) (-Inversión)$$

$$i = 23\%$$

Entonces el valor del TIR = 23% valor con el cual el proyecto sigue siendo factible, ya que la tasa de descuento del BNA es del 15% y es menor.

3.5 MANUAL DE OPERACIÓN.

El manual de operación con su respectiva forma de empleo y mantenimiento de detalla en el ANEXO C1

3.6 VALIDACIÓN DE HIPÓTESIS.

La hipótesis planteada:

¿Es posible el rediseño y repotenciación de una termolaminadora semiautomática para el acabado de muebles finos en San Eduardo Industrias del Mueble de la ciudad de Latacunga – parroquia de Mulaló?

De acuerdo con el anterior diseño, las mejoras son visibles en cuanto a tiempos en el que la máquina realiza el proceso, sus mejoras en los acabados, su calidad, optimizando recurso económico, humano. Los resultados obtenidos con la nueva termolaminadora, se encuentran a un nivel muy alto de aceptabilidad tanto en la empresa como con el Sr. propietario, llevando consigo una tecnología hecha en el Ecuador.

CAPÍTULO IV CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES.

- Se rediseñó y repotenció de forma coherente la termolaminadora semiautomática para el acabado de muebles finos, cuya función es procesar piezas de madera, en una área de vacío con diferentes etapas, esto por medio de un control HMI y un tablero de mando, mencionada máquina esta implementada en Industrias del Mueble “San Eduardo” de la Ciudad de Latacunga – Mulaló.
- La termolaminadora permite utilizar material para laminar (PVC, Foil, Chapilla de Madera) de manera adecuada, ya que cuando es aplicado el vacío adopta la forma de la pieza ejerciendo presión en ella, acción que combinada con una temperatura ideal, brinda un proceso de termolaminado rápido y efectivo que da como resultado piezas con características adecuadas para el mercado.
- Los parámetros planteados para el rediseño de la termolaminadora permitieron obtener una máquina semi-automática que optimiza tiempo y recursos, además no es nociva para el medio ambiente, salvaguardando la seguridad del operario.
- La implementación del sistema electrónico, eléctrico y electromecánico se fundamentó en el proceso de termolaminado, ya que sigue una secuencia de tiempos y pausas para cumplir su objetivo en forma semiautomática, todo esto se logra con una programación pertinente y aplicada al proceso, con la ayuda de un Controlador Lógico Programable cuya función es automatizar la máquina.

- Con la ayuda del HMI, se comprobó que la transferencia de datos es correcta y que no existe ningún tipo de error, con lo cual el operario trabaja con normalidad.
- La bomba de vacío, es un elemento mecánico que ayuda a modificar una área de vacío. Su funcionamiento está determinado en la forma en que está construida, caracterizando a todas por extraer moléculas de aire de una área determinada, cumpliendo con un fin, retirando todo el aire para así obtener una presión absoluta bajo cero, y de las cuales se pueden aplicar en: moldeado, empaquetado, encapsulado, impregnación.
- La implementación del vacuómetro en la máquina, determina el valor nominal óptimo de -2.5 in.Hg, presión a la cual el producto terminado es de alta calidad y de gran durabilidad, si el valor es superior la materia prima sufre daños y si el valor es inferior la materia prima no sufre daño alguno.
- En la selección del sensor de temperatura, se determinó una Termocupla tipo k, debido a que es un instrumento de aplicación industrial y su comportamiento es relevante en atmósferas oxidantes, con la protección de atmósferas reductoras, ayudando en sí en el proceso de vacío.
- De acuerdo con las pruebas realizadas en la cámara de temperatura, los datos obtenidos por la termocupla fueron comparados con un instrumento patrón (RTD), dando como resultado un error del 0.12% que es aceptable en los rangos de temperatura.

- Se realizó cada una de las pruebas cumpliendo con las normas de seguridad industriales, implementadas por la empresa. Por otro lado las pruebas se realizaron mensualmente, observando la funcionalidad de cada sistema, para finalmente culminar el proceso con producto de excelente calidad.

4.2. RECOMENDACIONES.

- En la etapa del proceso de colocar la pega, se recomienda dejar secar por lo menos 45 minutos ya que en ese instante dicho pegamento brinda su efectividad al adherirse a la madera.
- De acuerdo con otras termolaminadoras, se recomienda el uso de guantes protectores, ya que el químico utilizado en la pega puede provocar serios daños a la piel.
- Leer muy detenidamente el manual de operación, la vida útil de la maquina dependerá mucho en la forma en que se la utilice, pautas, tiempos y demás consideraciones establecerán el cuidado de la misma.
- Se recomienda dar el mantenimiento necesario para la bomba de vacío, recuerde que la bomba funciona por lubricación (aceite) y se asemeja a un motor de combustión interna, en el cual se cambia el aceite cada en tiempo determinado. El tiempo en cambiar el aceite en la bomba es cada tres meses.
- Se debe verificar el papel a termolaminar, este no puede tener roturas, manchas, imperfecciones, ya que por medio del vacío todo eso causaría una pérdida del papel.

- De igual manera hay que tener un cuidado especial con la madera a procesar, esta debe ser lijada antes de ingresar a la cámara para una eficiente adhesión.

BIBLIOGRAFÍA

MOTT, ROBERT L. (2009). Resistencias de Materiales. Quinta Edición. México. Pearson Educación.

NETGRAFÍA

Anónimo (s.f). (29 de Enero del 2004). *Modelos de piso de PVC*

Obtenido el 22 de Noviembre del 2015.

<http://www.dicasnamoda.com/modelos-de-pisos-de-pvc/>

Blog Anónimo (14 de Diciembre del 2012). *Tipos y clases de PVC en el mercado*

Obtenido el 23 de Noviembre del 2014.

<http://www.eis.uva.es/~macromol/curso07-08/pvc/tiposdepvc.html>

Blog Anónimo. Chapillas (25 de Febrero del 2011). *Conservación amplia de maderas.*

Obtenido el 25 de Noviembre del 2014.

<http://mueblesdomoticos.blogspot.com/2011/02/que-son-las-chapas-de-maderachapilla.html>

Anónimo. (15 de Marzo del 2005). *Tecnología en madera.*

Obtenido el 26 de Noviembre del 2014.

<http://www.areatecnologia.com/materiales/madera.html>

Briconatur Blog, (28 de Noviembre del 2013). *Propiedades y características principales de la madera.*

Obtenido el 26 de Noviembre del 2014.

<http://blog.briconatur.com/propiedades-y-caracteristicas-principales-de-la-madera/>

Guitins, L, (10 de Enero del 2006). *Características del MDF*

Obtenido el 26 de Noviembre del 2014.

http://www.ehowenespanol.com/madera-mdf-hechos_73460/

Foresman, (5 de Abril del 2008), *Muebles, recubrimientos y puertas.*

Obtenido el 26 de Noviembre del 2014.

<http://www.foresman-ec.com/index.php/preguntas-frecuentes>

Prada, M (1 de Diciembre del 2013). *Motor eléctrico Monofásico.*

Obtenido el 26 de Noviembre del 2014.

<http://www.monografias.com/trabajos91/motor-electrico-trifasico/motor-electrico-trifasico.shtml>

Wikipedia, (29 de Mayo del 2012), *Reductores de velocidad.*

Obtenido el 25 de Noviembre del 2014.

http://es.wikipedia.org/wiki/Reductores_de_velocidad

Wikipedia, (30 de Abril del 2012), *Bombas de Vacío.*

Obtenido el 25 de Noviembre del 2014.

http://es.wikipedia.org/wiki/Bomba_de_vac%C3%ADo

PCE. Industrias (24 de Julio del 2003), *Características principales de las bombas de Vacío.*

Obtenido el 26 de Noviembre del 2014.

<http://www.pce-iberica.es/instrumentos-de-medida/instrumentos-laboratorios/equipos-laboratorios/bombas-vacio.htm>

Aaron, H, (3 de Agosto del 2007), *Bombas de Vacío.*

Obtenido el 25 de Noviembre del 2014.

https://es.scribd.com/upload-document?archive_doc=97316506&escape=false&metadata=%7B

[%22context%22%3A%22archive%22%2C%22page%22%3A%22read%22%2C%22action%22%3A%22download_promo%22%2C%22logged_in%22%3Afalse%2C%22platform%22%3A%22web%22%7D](#)

Anónimo, (4 de Septiembre del 2003), *Dispositivos para realizar vacío.*

Obtenido el 26 de Noviembre del 2015.

http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/131/htm/sec_8.htm

Anónimo, (15 de Febrero del 2006), *Características de piñones y cremallera.*

Obtenido el 27 de Noviembre del 2014.

http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material107/mecanismos/mec_cremallera-pinon.htm

Díaz, Vicente, (Octubre del 2011), *Calculo de Ejes y Árboles.*

Obtenido el 27 de Noviembre del 2014.

<http://es.slideshare.net/VicenteDiazUNEFA/clase-ejes>

Manual 061, (7 de Marzo del 2009), *Micro Capacitación Controlador Lógico Programable.*

Obtenido el 30 de Noviembre del 2014.

<http://www.microautomacion.com/capacitacion/Manual061ControladorLgicoProgramablePLC.pdf>

Anónimo, (23 de Mayo del 2001), *Introducción al HMI (Interfaz Hombre - Máquina)*

Obtenido el 2 de Diciembre del 2014.

<http://iaci.unq.edu.ar/materias/laboratorio2/HMI%5CIntroduccion%20HMI.pdf>

Wikipedia, (8 de Septiembre del 2014), *Fuentes de Alimentación*.

Obtenido el 2 de Diciembre del 2014.

http://es.wikipedia.org/wiki/Fuente_de_alimentaci%C3%B3n

Ingenieros. Es (3 de Junio del 2003), *Sistema de control y Regulación Automática*

Obtenidos el 5 de Diciembre del 2014

http://ingenieros.es/files/proyectos/Variadores_de_frecuencia.pdf

Anónimo, (4 de Diciembre del 2012), *Principio de Funcionamiento de un relé*.

Obtenido el 5 de Diciembre del 2014.

<http://platea.pntic.mec.es/~pcastela/tecno/documentos/apuntes/rele.pdf>

KOOM, (11 de Diciembre del 2012), *Transmisión por cremallera piñón*.

Obtenido el 5 de Diciembre del 2014.

<http://www.mecapedia.uji.es/catalogos/engranaje/spitkoom.1.pdf>

GLOSARIO

Termolaminado: Es el proceso mediante el cual se adhiere papel PVC a un producto de madera de diferentes formas y con ruteados.

Termocupla: es un transductor formado por la unión de dos metales distintos que produce un voltaje, que es función de la diferencia de temperatura.

Feed back: Sistema de realimentación en un sistema de control.

Set point: Valor de ajuste de cualquier variable de cualquier sistema de control.

Final de carrera: Elemento electrónico, electromecánico o mecánico ubicados al final del recorrido de un elemento móvil.

Vacuómetro: instrumento que permite realizar la medición de la presión cuando ésta resulta menor a la presión de la atmósfera.

Bomba de vacío: Dispositivo mecánico encargado de succionar moléculas de aire dentro de un área totalmente cerrado.

PVC: Tipo de plástico con características de policloruro de vinilo, resistente en su estructura molecular.

MADERA: La madera es un conjunto de células que forman una masa celulosa, lignina, resina, almidón y azúcares que se desarrollan en los árboles dando lugar a la forma cilíndrica que tienen los troncos de estos.

MDF: Significa “Fibra de Densidad Media” que es una madera compuesta de pedazos de fibra de madera unidos con pegamento, resina, presión y calor, es la más utilizada porque consta con una superficie suave en la cual se puede pintar, termolaminar y dar varios acabados a la misma.

RETICULABLES: Materiales o pegamento con alta adherencia y muy resistentes a la temperatura y humedad.

MONITOREO: Es la habilidad de obtener y mostrar datos de la planta en tiempo real, estos datos se muestran como números, textos y gráficos que permiten una lectura más fácil de interpretar.

CONTROL: Es la capacidad de ajustar algoritmos que ajustan valores del proceso y así mantener estos valores dentro de ciertos límites.

TIA PORTAL: Software de programación que sirve para la conexión directa entre la PC y el Controlador Lógico Programable.

LANA DE VIDRIO: La lana de vidrio es una fibra mineral fabricada con millones de filamentos de vidrio unidos con un aglutinante.

RTD: Es un detector de temperatura resistivo, es decir, un sensor de temperatura basado en la variación de la resistencia de un conductor con la temperatura.

PEGATEX: Pega especial que se utiliza en el proceso del termolaminado, cuyas características son resistentes a la temperatura y humedad.

CATALIZADOR: Secante especial que acompaña a la pega y su funcionamiento es secar a la pega para el termolaminado.