

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO

CARRERA:
INGENIERÍA ELECTRÓNICA

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:
INGENIEROS ELECTRÓNICOS

TEMA:
IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO PARA EL DESBOBINADO Y
CORTE DE ROLLOS DE PLÁSTICO PVC PARA LA EMPRESA
ESTUCHES PLÁSTICOS CEMIRA

AUTORES:
PAREDES RODRÍGUEZ SANTIAGO ANDRÉS
ROMERO CEVALLOS MAURICIO ANDRÉS

DIRECTOR:
ROJAS URBANO JAVIER ARTURO

Quito, julio del 2019

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros, Santiago Andrés Paredes Rodríguez y Mauricio Andrés Romero Cevallos, con documentos de identificación N° 171304587-8 y N° 172580939-4 respectivamente, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación intitulado “IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO PARA EL DESBOBINADO Y CORTE DE ROLLOS DE PLÁSTICO PVC PARA LA EMPRESA ESTUCHES PLÁSTICOS CEMIRA” mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingenieros Electrónicos en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, julio del 2019



Santiago Andrés Paredes Rodríguez

CI: 171304587-8



Mauricio Andrés Romero Cevallos

CI: 172580939-4

DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR

Yo, declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el Proyecto Técnico, “IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO PARA EL DESBOBINADO Y CORTE DE ROLLOS DE PLÁSTICO PVC PARA LA EMPRESA ESTUCHES PLÁSTICOS CEMIRA” realizado por Santiago Andrés Paredes Rodríguez y Mauricio Andrés Romero Cevallos, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, julio del 2019



Javier Arturo Rojas Urbano

CI: 020189802-0

DEDICATORIA

A Dios quien ha sido mi luz y fortaleza, a mis padres por apoyarme y guiarme en todos los aspectos de mi vida y a mi hermosa esposa Jazmín por estar junto a mí y darme ese apoyo que me hizo llegar tan lejos.

Santiago

DEDICATORIA

Agradezco a todos los que me dieron su apoyo, a todos los profesores con los que aprendí, pero sobre todo a mi mamá ya que ella fue la persona que principalmente me sacó adelante.

Mauricio

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a nuestras familias por estar siempre con nosotros y no dejarnos caer ni desmayar un solo instante en nuestro paso por la universidad.

A la empresa estuches plásticos Cemira que nos apoyó desde un inicio con el patrocinio del proyecto y de especial manera a la Sra. Cemira Rodríguez quien muy gustosa nos abrió las puertas de tan distinguida empresa. Sin usted este proyecto no habría sido posible.

Por último, queremos agradecer a la Universidad Politécnica Salesiana por habernos enseñado a ser buenos cristianos y honrados ciudadanos como los somos ahora, y de una manera muy especial a nuestro tutor el Ing. Javier Rojas quien ha sido nuestra guía y consejero en este proyecto.

Gracias por todo el apoyo brindado.

Santiago y Mauricio

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | |
|--|------|
| CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR | i |
| DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR | ii |
| DEDICATORIA | iii |
| DEDICATORIA | iv |
| AGRADECIMIENTO | v |
| ÍNDICE DE FIGURAS | ix |
| ÍNDICE DE TABLAS | xi |
| RESUMEN | xii |
| ABSTRACT | xiii |
| INTRODUCCIÓN | xiv |
| CAPÍTULO 1 | 1 |
| ANTECEDENTES | 1 |
| 1.1. Problema de estudio | 1 |
| 1.2. Justificación..... | 1 |
| 1.3. Planteamiento del problema | 1 |
| 1.4. Propuesta de solución | 2 |
| 1.5. Objetivos | 3 |
| 1.5.1. Objetivo General | 3 |
| 1.5.2. Objetivos específicos | 3 |
| CAPÍTULO 2 | 4 |
| MARCO TEÓRICO | 4 |
| 2.1. Láminas de acetato o PVC rígido..... | 4 |
| 2.1.1. Usos del acetato..... | 4 |
| 2.2. Procesamiento de rollos de acetato..... | 4 |
| 2.3. Máquinas de desbobinado y corte | 5 |
| 2.3.1. Máquinas comerciales de desbobinado y corte de acetato..... | 6 |
| 2.3.2. Máquina de corte modelo ST-1325-100 | 6 |
| 2.3.3. Máquina desbobinadora y cortadora modelo RSW-2200 | 6 |
| 2.3.4. Máquina desbobinadora y cortadora de acetato modelo ECOTRONIC | 7 |
| 2.3.5. Máquina desbobinadora y cortadora semiautomática | 8 |
| 2.3.6. Sistema de soporte y desbobinado de rollos de acetato | 9 |
| 2.3.7. Sistema de corte | 9 |

| | | |
|---|---|-----------|
| 2.3.8. | Sistema de almacenamiento | 10 |
| 2.3.9. | Sistema de control | 10 |
| 2.3.10 | . Proceso de manufactura dentro de la empresa CEMIRA..... | 10 |
| 2.3.11 | . Desbobinado y corte de la materia prima..... | 11 |
| 2.3.12 | . Troquelado de las tiras de acetato | 12 |
| 2.3.13 | . Doblado y pegado de las tiras de acetato | 12 |
| CAPÍTULO 3..... | | 14 |
| DISEÑO DE LA MÁQUINA DESBOBINADORA Y CORTADORA DE ACETATO | | 14 |
| 3.1. | Requerimientos de diseño..... | 14 |
| 3.2. | Diseño del prototipo | 15 |
| 3.3. | Sistema de abastecimiento de rollos..... | 16 |
| 3.3.1. | Soporte | 16 |
| 3.3.2. | Mecanismo de giro..... | 16 |
| 3.3.3. | Rodillos desbobinadores | 17 |
| 3.3.4. | Estructura de guiado del acetato | 18 |
| 3.4. | Sistema de medición y corte..... | 19 |
| 3.4.1. | Medición de la distancia de desbobinado..... | 20 |
| 3.4.2. | Sujeción de la tira desbobinada..... | 20 |
| 3.4.3. | Corte de la tira de acetato..... | 21 |
| 3.4.4. | Sistema de control | 23 |
| 3.4.5. | Elementos de entrada | 23 |
| 3.4.6. | Elementos de salida..... | 26 |
| 3.4.7. | Controlador programable | 31 |
| 3.4.8. | Fuente de alimentación | 32 |
| CAPÍTULO 4..... | | 36 |
| DESARROLLO DEL PROGRAMA DE CONTROL..... | | 36 |
| 4.1. | Programación en el PLC..... | 36 |
| 4.1.1. | Programa general | 36 |
| 4.1.2. | Arrastre inicial del acetato | 38 |
| 4.1.3. | Desbobinado y corte de acetato..... | 38 |
| 4.1.4. | Sistema de ahorro de energía | 40 |
| 4.2. | Programación en la pantalla HMI..... | 41 |
| 4.2.1. | Entorno de programación..... | 42 |
| 4.2.2. | Ventana de funcionamiento..... | 45 |

| | |
|---|----|
| 4.2.3. Botones de mando del HMI | 45 |
| 4.2.4. Ventana de aviso | 46 |
| CAPÍTULO 5 | 48 |
| PRUEBAS Y RESULTADOS | 48 |
| 5.1. Pruebas de desbobinado y corte | 48 |
| 5.2. Prueba de tiempo de corte y costos | 50 |
| CAPÍTULO 6 | 52 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 52 |
| 6.1. Conclusiones | 52 |
| 6.2. Recomendaciones | 54 |
| REFERENCIAS | 55 |
| ANEXOS | 57 |
| Programación en lenguaje ladder en el PLC | 57 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 2.1. Rollo de plástico de PVC..... | 4 |
| Figura 2.2. Clasificación del nivel de automatización de máquinas desbobinadoras y cortadoras | 5 |
| Figura 2.3. Estructura máquina de corte ST-1325-100 | 6 |
| Figura 2.4. Estructura máquina de corte y desbobinado RSW-2200 | 7 |
| Figura 2.5. Máquina desbobinadora y cortadora de acetato ECOTRONIC..... | 8 |
| Figura 2.6. Porta rollos para desbobinado..... | 9 |
| Figura 2.7. Corte y desbobinado del rollo..... | 11 |
| Figura 2.8. Troquel necesario para dar la forma al acetato | 12 |
| Figura 2.9. Doblado y pegado del estuche plástico..... | 13 |
| Figura 2.10. Caja completamente terminada..... | 13 |
| Figura 3.1. Diagrama de bloques del prototipo..... | 15 |
| Figura 3.2. Soporte de rollos | 16 |
| Figura 3.3. Mecanismo de giro | 17 |
| Figura 3.4. Rodillos des bobinadores | 18 |
| Figura 3.5. Estructura de guiado del acetato | 18 |
| Figura 3.6. Estructura para sistema de abastecimiento de rollos de acetato | 19 |
| Figura 3.7. Secuencia del sistema de medición y corte..... | 19 |
| Figura 3.8. Estructura del mecanismo de prensado de acetato | 21 |
| Figura 3.9. Cilindro miniatura utilizado para la prensa | 21 |
| Figura 3.10. Cilindro sin vástago que actúa como cortador..... | 22 |
| Figura 3.11. Mesa de carril de corte..... | 22 |
| Figura 3.12. Estructura prototipo final | 22 |
| Figura 3.13. Diagrama de bloques sistema de control | 23 |
| Figura 3.14. Panel de operador | 24 |
| Figura 3.15. Final de carrera acoplado al extremo del cilindro | 25 |
| Figura 3.16. Sensor de presencia digital | 25 |
| Figura 3.17. Electroválvulas | 26 |
| Figura 3.18. Relé..... | 27 |
| Figura 3.19. Diagrama de cuerpo libre..... | 28 |
| Figura 3.20. Motor a pasos..... | 29 |
| Figura 3.21. Driver motor a pasos..... | 30 |
| Figura 3.22. Controlador lógico programable..... | 32 |

| | |
|---|----|
| Figura 3.23. Fuente de voltaje..... | 33 |
| Figura 3.24. Diagrama de conexión eléctrico | 34 |
| Figura 3.25. Diagrama de conexión neumática..... | 35 |
| Figura 4.1. Diagrama de flujo del programa general | 37 |
| Figura 4.2. Diagrama de flujo del sistema de arrastre inicial..... | 38 |
| Figura 4.3. Diagrama de flujo desbobinado y corte de acetato I..... | 39 |
| Figura 4.4. Diagrama de flujo desbobinado y corte de acetato II | 40 |
| Figura 4.5. Diagrama de flujo sistema de ahorro de energía | 41 |
| Figura 4.6. Interfaz de programación Panel de Operador | 42 |
| Figura 4.7. Panel de programación de atributos de registros numéricos | 43 |
| Figura 4.8. Panel de programación de atributos de botones reprogramables..... | 44 |
| Figura 4.9. Programación ventana de alarmas | 44 |
| Figura 4.10. Pantalla principal | 45 |
| Figura 4.11. Aviso de falta de material | 47 |
| Figura 5.1. Tiempos de producción..... | 50 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 3.1. Características eléctricas panel de operador | 24 |
| Tabla 3.2. Características técnicas electroválvulas MVSC-220M-4E2 y MVSC-220M-4E1 | 26 |
| Tabla 3.3. Características motor a pasos | 29 |
| Tabla 3.4. Características eléctricas del driver motor a pasos | 30 |
| Tabla 3.5. Tipos de entradas y salidas requeridas | 31 |
| Tabla 3.6. Características de las entradas PLC XD3-16RT | 32 |
| Tabla 3.7. Dimensionamiento de la fuente de voltaje | 33 |
| Tabla 3.8. Características eléctricas Fuente de voltaje | 34 |
| Tabla 4.1. Descripción elementos pantalla principal | 45 |
| Tabla 4.2. Descripción de las funciones de los botones | 46 |
| Tabla 5.1: Parámetros para pruebas de funcionamiento | 48 |
| Tabla 5.2. Resultados cantidad de cortes | 49 |
| Tabla 5.3. Cantidad de material desperdiciado | 49 |
| Tabla 5.4. Tabla comparativa tiempos y costos | 51 |
| Tabla 5.5. Tabla de periodo de recuperación de la inversión PRI | 51 |

RESUMEN

La empresa Estuches Plásticos CEMIRA, dedicada a la fabricación y producción de todo tipo de cajas y estuches de acetato, busca mejorar su producción y de esta forma ofrecer una mejor calidad del producto final a sus clientes. Las cajas de acetato, las cuales son producidas a partir de la modificación de la materia prima desde el corte de láminas hasta el pegado manual de las mismas, representan un proceso bastante largo y sistemático. Debido al aumento de la demanda, se evidencia una clara necesidad de aumentar la producción sin sacrificar la calidad del producto final, es por esto que se propone implementar un prototipo de máquina que realice el primero de los procesos de producción y uno de los que más tiempo requieren, como lo es el desbobinado y corte transversal de rollos de acetato. En este trabajo de titulación se implementa un prototipo de máquina para el desbobinado y corte de rollos de plástico, misma que servirá a la empresa y a los trabajadores para agilizar el trabajo y aumentar la producción, además de requerir una menor cantidad de operarios que realicen la misma actividad al mismo tiempo sin necesidad alguna. Se implementa una máquina con un controlador lógico programable (PLC) marca Xinje y mediante una pantalla de operador OP-320 se realiza el ingreso de datos como la cantidad de corte y el respectivo tamaño para controlar un motor a pasos que desbobine el rollo previamente montado y, a través de dos cilindros neumáticos, se ejecute el prensado de la lámina ya desenrollada y que por medio de una cuchilla acoplada a un cilindro sin vástago, se realice el corte en el eje transversal.

ABSTRACT

Estuches Plásticos CEMIRA enterprise, dedicated to develop and production of all kinds of plastic boxes and acetate cases, seeks to improve its production and offer a better quality of the final product to its customers. The acetate boxes, which are produced from the modification of the raw material from the cutting of sheets to the manual gluing of the same, represent a rather long and systematic process. Due to the increase in demand, there is a clear need to increase production without sacrificing the quality of the final product, this is why it is proposed to implement a prototype machine that performs the first of the production processes and one of the most time they require, as is the unwinding and cut of acetate rolls. In this titling work, a prototype machine for the unwinding and cutting of plastic rolls is implemented, which will serve the company and the workers to speed up the work and increase production, as well as requiring a smaller number of workers to carry out the work. same activity at the same time without any need. A machine with a reprogrammable controller is implemented and, through an operator panel, it allows the entry of data such as the amount of cut and the respective size, and in this way control the respective actuators that develop this work. A machine with a Xinje Programmable Logic Controller (PLC) is implemented and an OP-320 operator screen is used to enter data such as the amount of cut and the respective size to control a stepper motor that uncoils the pre-assembled roll and, through two pneumatic cylinders, the pressing of the already unrolled sheet is executed which, by means of a blade coupled to a rodless cylinder, makes the cut on the transverse axis.

INTRODUCCIÓN

En este proyecto se implementa una máquina para desbobinar y cortar rollos de acetato para la empresa de estuches plásticos CEMIRA, el motivo de esta implementación es la necesidad por parte de la empresa de industrializarse y de tener una mayor producción con la menor pérdida posible de tiempo y costos de materia prima.

En el presente trabajo escrito se procederá con el siguiente orden:

Para el capítulo 1 se tratará acerca de los antecedentes que dieron origen al trabajo de titulación, así como también una breve descripción acerca del proceso utilizado para implementar la máquina, justificación para la realización del prototipo y por último una explicación de acerca de la solución implementada.

En el capítulo 2 se desarrolla el marco teórico del trabajo a implementar, el cual servirá como sustento base del proyecto ya que ayudará a estudiar las características posibles de planteamiento del prototipo.

En el capítulo 3 se presentan los primeros detalles del diseño del prototipo, realizando esquemas que permitan tener una visión clara y concisa del mismo, así como también las simulaciones posibles de la máquina.

En el capítulo 4 se procede con las pruebas de manejo y desempeño de la máquina, así como también con los resultados obtenidos de la comparación del tiempo de trabajo manual y automatizado.

En el capítulo 5 se muestran las conclusiones obtenidas al término de la implementación del trabajo realizado en los capítulos 3 y 4, así como algunas recomendaciones que deben tenerse en cuenta para el correcto uso de la máquina.

CAPÍTULO 1

ANTECEDENTES

1.1. Problema de estudio

La empresa Estuches Plásticos CEMIRA fabrica cajas de PVC rígido, para lo cual desbobina rollos de plástico de PVC y realiza el corte en láminas. Este proceso se lo realiza de forma manual, lo que implica posibles errores tanto en la medición como en el corte, así mismo al ser un proceso repetitivo genera agotamiento disminuyendo el rendimiento del personal a lo largo del día, lo que afecta a los tiempos y cantidad de producción.

1.2. Justificación

Automatizar el desbobinado y corte de rollos de acetato en la empresa Estuches Plásticos CEMIRA, permitirá disminuir el porcentaje de error generado por la medición y el corte realizados de forma manual, así mismo se requiere mejorar la calidad de producción y se prevé una reducción en el tiempo de proceso, lo que mejoraría la calidad del producto.

El resultado generado por esta investigación podría ser optimizado, para después replicarlo y establecer una cadena de producción que influya positivamente en el crecimiento económico de la empresa. La implementación de esta máquina ayudaría a evitar que esta labor se vuelva repetitiva y tediosa para los trabajadores, lo que también evitaría lesiones que puedan ser causadas al realizar esta labor por prolongados períodos de tiempo.

1.3. Planteamiento del problema

La empresa Estuches Plásticos CEMIRA está ubicada en Quito, actualmente opera de forma artesanal con alrededor de 6 personas que se dedican a desbobinar los rollos de plástico, midiendo manualmente con una regla las distancias requeridas, para luego realizar el corte utilizando una cuchilla y guía metálicas, lo que requiere que los trabajadores se encuentren concentrados para evitar cortes o lesiones de esta índole.

Este trabajo de corte se realiza en jornadas de aproximadamente 4 horas diarias para lograr producir una cantidad de alrededor de 200 láminas (en el caso de que el pedido sea pequeño) lo que hace que el proceso se vuelva tedioso y repetitivo, por lo cual el personal tiende a agotarse y debido a esto la calidad del producto final se ve disminuida por los errores inherentes a la fatiga del operario, además de generar fuertes retrasos en la producción del producto final, esto sin contar con los errores de medición y corte que conllevan a que los procesos posteriores tengan aún mayores retrasos y el material deba ser reutilizado para otros procesos o, en el peor de los casos, desechado por completo.

1.4. Propuesta de solución

Para lograr el objetivo planteado se usará tanto hardware como software.

Para dar solución al problema descrito, se plantea la construcción de una máquina semi automática que realice el desbobinado y corte transversal de los rollos de plástico PVC, mediante un sistema que permita el agarre y arrastre del plástico que se encuentra enrollado, hasta obtener la medida necesaria que sería ingresada por un operador y se realice el corte transversal.

El diseño se basará en una estructura similar a una máquina CNC, con la diferencia que el eje longitudinal móvil halará la cantidad de acetato especificada por el usuario mediante una prensa que utilizará pistones para asegurar el agarre del plástico y una cuchilla en el eje transversal que realizará el corte.

El prototipo se diseñará y construirá con un controlador programable, el cual permitirá tener un control preciso y automático sobre la máquina.

Además, contará con un pequeño panel de control en donde el usuario podrá ingresar la medida de acetato que requiera, así como también el número de láminas que quiera obtener, panel que funcionará como HMI y de esta manera poder ingresar dichos parámetros.

Un motor será el encargado de realizar el movimiento que permitirá el desplazamiento de la estructura que desbobinará el rollo de plástico, en esta estructura se acoplará la prensa que agarrará el plástico. El movimiento del mecanismo se logrará por medio de

unos rieles que facilitarán dicho desplazamiento y que reducirán la fricción en gran medida por medio de rodamientos.

Un cilindro sin vástago tendrá acoplada una cuchilla y estos serán los encargados de realizar el corte de rollo de plástico.

Unos pistones serán los encargados de tensar el material para facilitar el corte y no permitir que el plástico se deforme en el momento de dicho corte.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

Implementar un prototipo de máquina para el desbobinado y corte de láminas de rollos de plástico PVC para la empresa Estuches Plásticos CEMIRA.

1.5.2. Objetivos específicos

- Investigar las diferentes alternativas para el desbobinado y corte de rollos de plástico PVC para determinar las variables de control y posibilidades de automatización.
- Investigar la existencia y funcionamiento de máquinas que realicen esta tarea o similares, para determinar una estructura y operatividad que se adapte al requerimiento del proceso investigado.
- Diseñar y construir la estructura mecánica del prototipo para que permita el desbobinado y corte transversal de los rollos de plástico PVC.
- Diseñar y construir el sistema de control para el funcionamiento automático del prototipo.
- Realizar pruebas de funcionamiento para verificar y validar el prototipo.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1. Láminas de acetato o PVC rígido

El Policloruro de Vinilo rígido (PVC rígido) o acetato es un tipo de plástico no inflamable, resistente a la intemperie, con una gran versatilidad para la elaboración de productos y además tiene un bajo costo de producción debido a su poco contenido de petróleo. (Gómez, 2017)

El acetato en grandes cantidades siempre se comercializa en rollos que permiten aumentar en gran medida la cantidad de material en pequeños espacios como se muestra en la figura 2.1.

Figura 2.1. Rollo de plástico de PVC



Fuente: (Paredes & Romero, 2019b)

2.1.1. Usos del acetato

El acetato es un material ampliamente utilizado en la industria gráfica para realizar películas fotográficas, también tiene gran utilidad en la fabricación de envases y cajas de diferentes tamaños y formas, para lo cual es necesario desbobinar el rollo y cortarlo en piezas más pequeñas. (Pérez Porto & Gardey, 2012)

2.2. Procesamiento de rollos de acetato

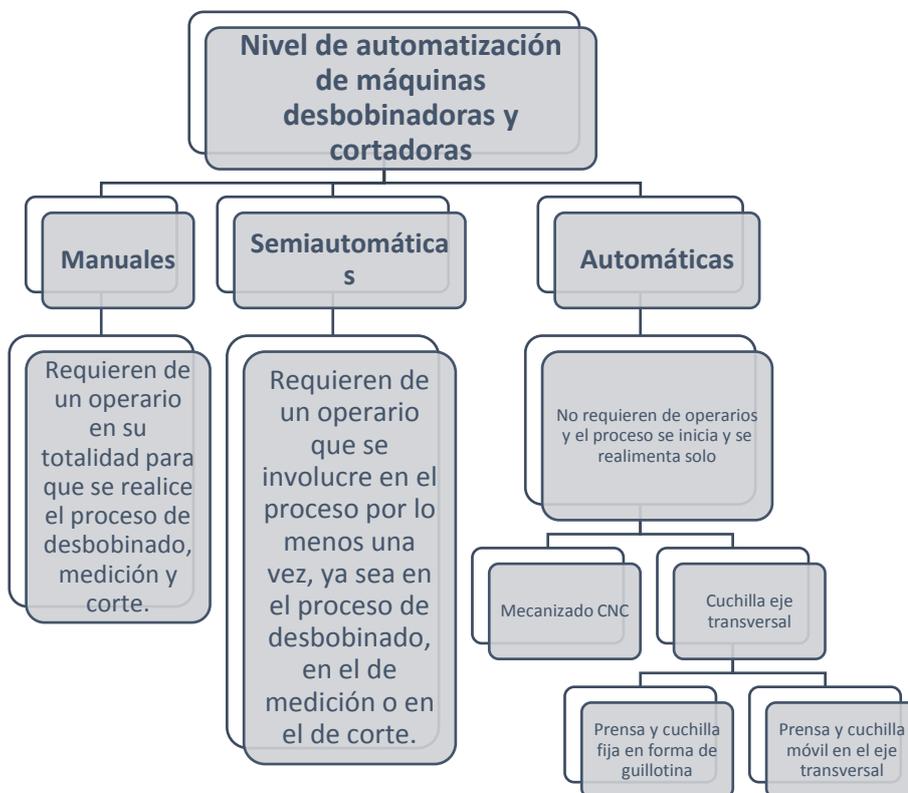
El uso de rollos de acetato de gran longitud y diámetro es muy común ya que facilita su almacenamiento, así como su procesamiento al ocupar espacios pequeños. Para cualquier aplicación, en la industria primero se debe desbobinar el rollo de acetato

manteniéndolo fijo mientras se lo hace girar sobre su propio eje, esta operación se realiza en base a una determinada medida requerida del material, la cual depende del producto a elaborar. Obtenida la medida de acetato desbobinado se realiza un corte que separa la parte útil del resto del rollo, este corte requiere que el acetato sea sujetado en sus extremos para mantener una determinada presión de manera que una cuchilla realice un corte uniforme y en línea recta, evitando que el material se desgarre.

2.3. Máquinas de desbobinado y corte

Existen diversas máquinas que realizan el desbobinado y corte de diferentes tipos de productos que vienen en rollos, es importante tomar en cuenta el nivel de automatización de las mismas, como se muestra en la figura 2.2.

Figura 2.2. Clasificación del nivel de automatización de máquinas desbobinadoras y cortadoras



Fuente: (Paredes & Romero, 2018)

2.3.1. Máquinas comerciales de desbobinado y corte de acetato

Existen diferentes formas y estructuras de este tipo de máquinas, la figura 2-3 muestra una máquina que abarca, en su gran mayoría, la forma que diferentes fabricantes han adoptado para generar su propia solución.

2.3.2. Máquina de corte modelo ST-1325-100

Es una máquina basada en un plotter de corte, dispone de 2 carriles, uno para el eje X y otro para el eje Y, posee 2 motores que desplazan el puntero de corte a velocidad constante por estos carriles que permite el corte a lo largo de los ejes. El corte lo realiza con un láser de CO₂, lo que facilita su operación con materiales como PVC, acrílico, etc. El material a ser cortado se extiende a lo largo de la mesa. Dispone de un Control Numérico Computarizado que permite realizar cortes rectos así como con distintas formas. La máquina se la muestra en la figura 2.3.

Figura 2.3. Estructura máquina de corte ST-1325-100



Fuente: (SUNTOP, 2016)

2.3.3. Máquina desbobinadora y cortadora modelo RSW-2200

La máquina RSW-2200 es un mecanismo cortador provisto de dos tipos diferentes de corte, el primero es con discos de corte y el segundo con sistema de corte a presión. (CEFLA, 2017)

Como se muestra en la figura 2.4, esta máquina dispone del sistema de almacenamiento de rollos colocado en la parte inferior de la misma, realizado el arrastre mediante un sistema de rodillos en la parte media y por último el corte mediante una cuchilla fija rotativa en la parte superior de la misma.

Esta máquina permite efectuar cortes longitudinales de papeles y hojas de PVC y algunos tejidos u hojas de metal. Algunas de sus características son:

- Velocidad de desbobinado constante.
- Estructura de acero estable, no permite vibraciones.
- Aspiración de flejes residuales

Figura 2.4. Estructura máquina de corte y desbobinado RSW-2200



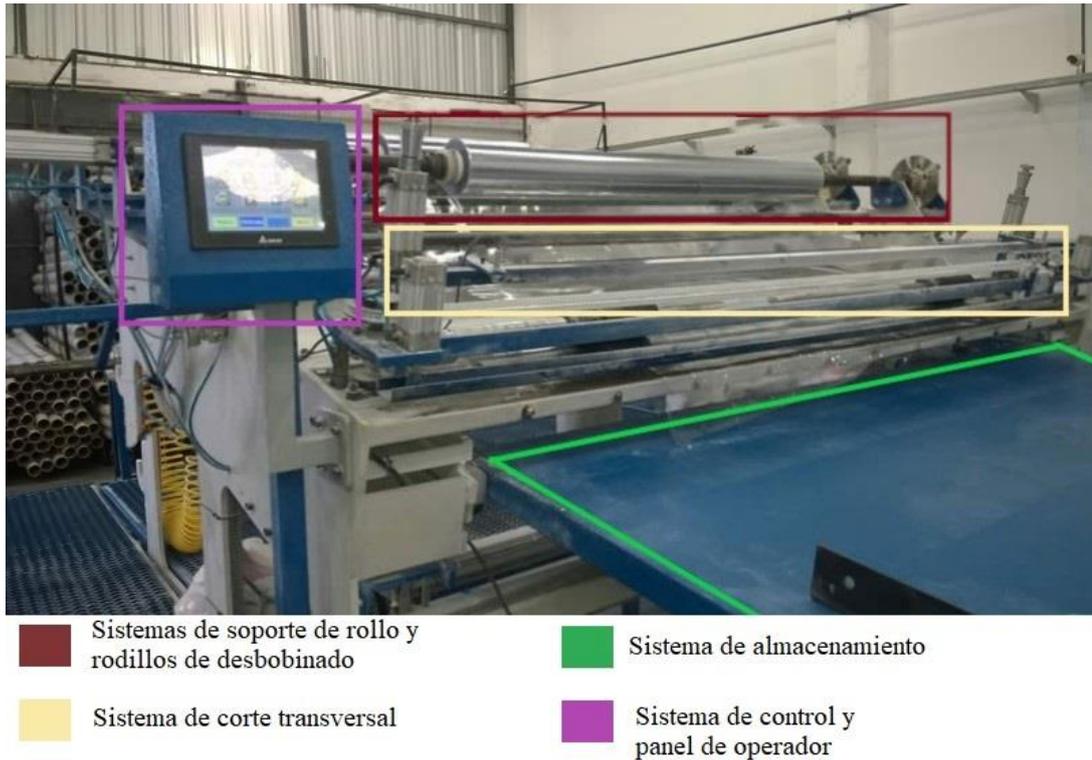
Fuente: (CEFLA, 2017)

2.3.4. Máquina desbobinadora y cortadora de acetato modelo ECOTRONIC

Es una máquina que permite realizar el corte de hojas de PVC de cualquier largo, se ingresa el largo de corte y cantidad a través de una pantalla táctil. Un servomotor y su driver realizan un avance de desbobinado de alta precisión, y toda la automatización de la máquina es controlada por un PLC.

La máquina está conformada por una estructura completa para almacenar el material enrollado, desbobinarlo, realizar el corte a una medida previamente especificada y por último almacenar el material cortado en una mesa dimensionada correctamente para soportar cualquier tamaño necesario, como se muestra en la figura 2.5.

Figura 2.5. Máquina desbobinadora y cortadora de acetato ECOTRONIC



Fuente: (Ecotronic, 2016)

2.3.5. Máquina desbobinadora y cortadora semiautomática

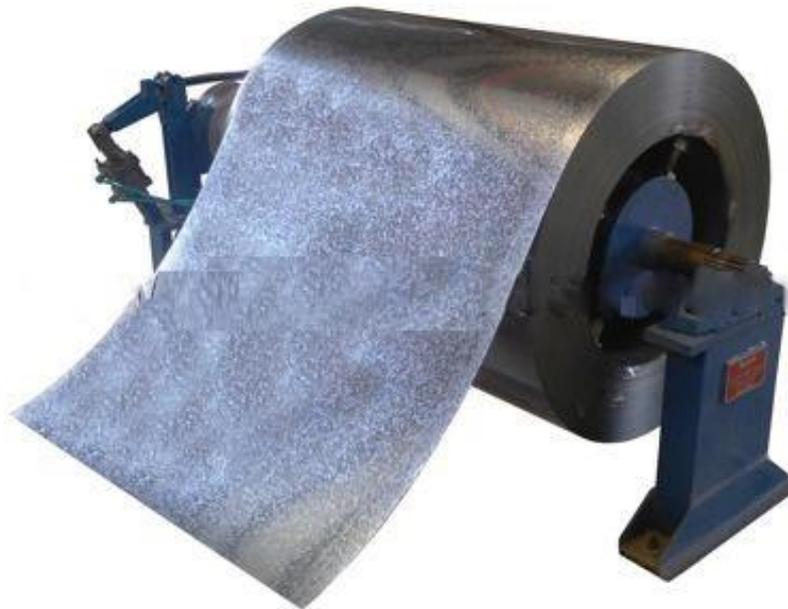
Este tipo de máquinas tienen un sistema de desbobinado y corte implementado sobre la misma estructura con sistemas integrados que controlan cierta parte de la automatización y otras partes que son manipuladas manualmente por el operador. Los sistemas que estas máquinas incluyen son el soporte del rollo, rodillos de desbobinado, sistema de corte, mesa de almacenamiento y sistema de control con un panel de operador, como se observa en la figura 2.5.

2.3.6. Sistema de soporte y desbobinado de rollos de acetato

Es el sistema de alimentación de materia prima para la máquina y su función es mantener el rollo en una posición específica de tal manera que permita que el rollo tenga una rotación sobre su propio eje con la menor fricción posible, y pueda ser desbobinado correctamente.

El desbobinado de los rollos de acetato es el sistema que permite extraer la cantidad de material que se requiere, está compuesta por algún tipo de mecanismo que permita arrastrar el acetato y lo mantenga tensionado, se puede apreciar un dispositivo con algunas de estas características en la figura 2.6.

Figura 2.6. Porta rollos para desbobinado



Fuente: (Double E Company, 2017)

2.3.7. Sistema de corte

Es el sistema encargado de cortar la porción de material requerido, está constituido por una cuchilla lisa para obtener cortes finos sin maltratar el material, y un mecanismo que sostiene la lámina de acetato y guía la cuchilla mientras ésta realiza el corte.

Existen 2 maneras válidas de realizar el corte: con una guillotina, o con una máquina con cuchilla móvil. En la guillotina se requiere de una cuchilla de gran extensión que

atraviesa toda la longitud del material y requiere de un mecanismo que suba y baje la cuchilla con una determinada fuerza, mientras que con la cuchilla móvil se requiere de una pequeña cuchilla y un sistema que lo traslade a lo largo del material siendo un método más práctico por la facilidad de mantenimiento y reemplazo de la cuchilla. Estos métodos de corte generalmente son accionados por elementos neumáticos o hidráulicos, debido a que permiten altos esfuerzos y velocidades de trabajo, prácticamente no se necesita dar mantenimiento a estos equipos porque son limpios, no contaminan, y son incombustibles, a diferencia de los actuadores eléctricos se necesita que los requisitos técnicos del personal de mantenimiento sean relativamente altos debido a que los motores que están constantemente en marcha producen calor y es fácil de crear un sobrecalentamiento, también aumenta el desgaste del engrane de reducción, su estructura es relativamente compleja, y pueden poseer una marcha lenta a menudo mucho más tiempo en comparación con los actuadores neumáticos.

2.3.8. Sistema de almacenamiento

Es el sistema que permite el almacenamiento temporal de las tiras de acetato que se van cortando, generalmente se constituye por una mesa, un cajón, o cualquier superficie que posea las dimensiones adecuadas para que se aloje correctamente el material y no sufra rayones ni dobleces. (NEDCC Staff, 2007)

2.3.9. Sistema de control

Es el sistema encargado de controlar el funcionamiento de cada uno de los actuadores de la máquina de acuerdo a los datos entregados por los sensores y los parámetros de operación ingresados. Se constituye de un controlador capaz de funcionar en ambientes industriales y puede incluir una interfaz hombre-máquina (HMI) para la interacción con el operador.

2.3.10. Proceso de manufactura dentro de la empresa CEMIRA

La empresa Estuches Plásticos CEMIRA es una compañía dedicada a la fabricación de cajas de acetato. Actualmente el proceso de fabricación es completamente manual para las operaciones de desbobinado, corte, troquelado, doblado y pegado.

2.3.11. Desbobinado y corte de la materia prima

La empresa trabaja con rollos de acetato de entre 200 y 250 metros de longitud y 30 centímetros de diámetro, los rollos son montados en un soporte que lo mantiene en posición horizontal y un operador desbobina el acetato halándolo hasta ubicarlo sobre una mesa donde el corte se realiza mediante un carril que lleva la cuchilla, el cual debe ser ubicado por el operador en la posición deseada y luego la cuchilla es movida a lo largo del acetato, el operador debe ejercer presión en la cuchilla mientras sostiene el soporte para evitar que la lámina se arrugue. En la figura 2.7 se observa esta parte del proceso.

Figura 2.7. Corte y desbobinado del rollo



Fuente: (Paredes & Romero, 2018)

Es de gran importancia notar que este proceso denota cuatro factores principales, el primero es el desbobinado del acetato que se realiza girando el rollo hacia la mesa de corte, el segundo es el movimiento del carril de corte hacia la medida deseada que se efectúa mediante la comparación con una regla pegada a la mesa, el tercero es la presión aplicada en el otro extremo de la plancha para evitar que esta se arrugue mientras el corte es realizado y el cuarto es el paso de la cuchilla que realiza el corte a medida que va avanzando por el carril.

2.3.12. Troquelado de las tiras de acetato

Consiste en dar forma a las láminas de acetato mediante un molde que corta el acetato en las formas y dimensiones requeridas para cada caja a formar como se observa en la figura 2.8.

Figura 2.8. Troquel necesario para dar la forma al acetato



Fuente: (Paredes & Romero, 2019b)

2.3.13. Doblado y pegado de las tiras de acetato

Finalmente las piezas de acetato son dobladas y pegadas para formar las cajas. Se utiliza un pegamento denominado sikabond que mantiene el material firme e intacto, como se observa en la figura 2.9. (Sika, 2009)

Figura 2.9. Doblado y pegado del estuche plástico



Fuente: (Paredes & Romero, 2019b)

De esta manera el producto queda totalmente terminado y listo para su embalaje, transporte y entrega, en la figura 2.10 se observa una caja ya terminada.

Figura 2.10. Caja completamente terminada



Fuente: (Paredes & Romero, 2019b)

CAPÍTULO 3

DISEÑO DE LA MÁQUINA DESBOBINADORA Y CORTADORA DE ACETATO

Para la automatización del proceso de desbobinado y corte de rollos de acetato que se desea implementar en la empresa Estuches Plásticos CEMIRA hay que tomar en consideración ciertos requerimientos los cuales se dan a conocer en esta sección del capítulo, además de la descripción del diseño de los sistemas implementados.

3.1. Requerimientos de diseño

La automatización del proceso de desbobinado y corte en la empresa CEMIRA busca disminuir la intervención de un operador, manteniendo en lo más posible los procesos actuales con los que se obtiene un buen producto, por lo cual se han identificado los siguientes requerimientos:

Se requiere de una estructura dispensadora de acetato que pueda dar soporte a los rollos y los mantenga en una posición fija permitiendo que gire sobre su propio eje con la menor fricción posible para disminuir la fuerza requerida para el desbobinado. Las dimensiones de la estructura deben permitir el ingreso de rollos de 30 cm de diámetro, 150 cm de largo y 100 kg de peso que son los rollos que la empresa importa para su proceso, el desbobinado debe realizarse de forma que el material no tenga rayones ni dobleces.

Considerando la variedad de productos a elaborar se requiere de un sistema que permita desbobinar el rollo hasta obtener tiras de entre 2 y 150 cm de largo, la medición debe ser automática.

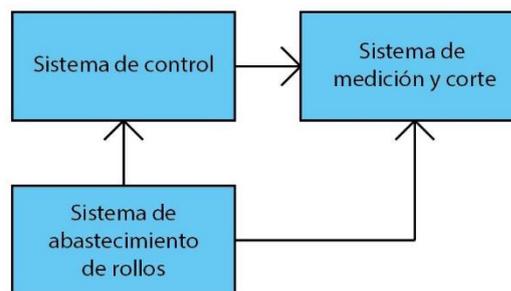
La máquina debe disponer de un sistema de corte que cubra todo el ancho de los rollos de 150 cm realizando cortes transversales al sentido de bobinado, se debe garantizar que la cuchilla no dañe el material a su paso y que su filo no se vea afectado para mantener la uniformidad en cada corte. Las tiras cortadas deben ubicarse en un espacio que no provoque daños mientras se realizan más cortes.

El funcionamiento de la máquina debe ser automático, con una interfaz que permita ingresar parámetros de operación como número de cortes y largo de las láminas. Se debe monitorear el número de cortes en todo momento, adicionalmente se requiere la detección de cantidad del material para evitar trabajar en vacío y que el operador pueda ingresar otro rollo de acetato en la máquina.

3.2. Diseño del prototipo

De acuerdo a los requerimientos mostrados en la sección 3.1, el diseño de la máquina desbobinadora y cortadora se realiza conforme al esquema de bloques mostrado en la figura 3.1.

Figura 3.1. Diagrama de bloques del prototipo



Fuente: (Paredes & Romero, 2018)

- El sistema de abastecimiento de rollos es la estructura física que sirve para abastecer continuamente de acetato para el proceso de desbobinado y corte en cada ciclo.
- El sistema de medición y corte es el encargado de cortar el acetato en tiras según el largo y número de pedazos que el usuario haya especificado.
- El sistema de control se encarga de procesar los datos ingresados mediante un panel de operador para realizar el manejo de los diferentes actuadores del sistema de abastecimiento y del sistema de medición y corte en función de las señales de sensores.

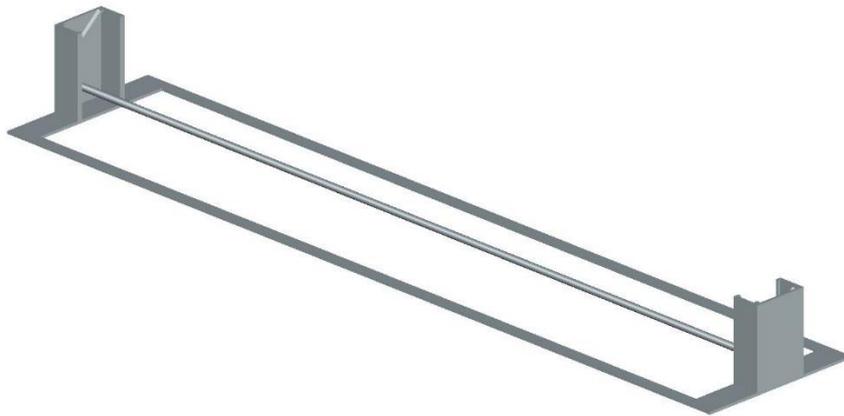
3.3. Sistema de abastecimiento de rollos

El sistema de abastecimiento de rollos está integrado por un soporte encargado de sostener al rollo y un mecanismo de giro que permite al rollo girar sobre su propio eje para poder desbobinar fácilmente el material.

3.3.1. Soporte

Es una estructura mecánica compuesta de una pieza metálica rectangular de 5 mm de espesor en la base lo que permite que el material se mantenga estable en todo momento. Sus dimensiones son de 160 cm de ancho, 50 cm de largo y 50 cm de altura, esto es para alojar los rollos que la empresa adquiere y que haya espacio suficiente para girar y facilitar el montaje además tiene dos soportes rectangulares huecos a cada extremo para sostener el mecanismo de giro. El soporte tiene una barra inferior soldada a toda la estructura para mantener completamente estable el mecanismo, como se muestra en la figura 3.2.

Figura 3.2. Soporte de rollos



Fuente: (Paredes & Romero, 2019a)

3.3.2. Mecanismo de giro

Dispone de 2 piezas cilíndricas de metal con rodamientos de 2 cm de diámetro interior y 8 cm de diámetro exterior para ser insertadas en los orificios de los rollos de acetato; por la parte interna se coloca un tubo de 2 cm de diámetro y 155 cm de largo lo que

facilita la colocación de nuevos rollos y también funciona como soporte del mismo a la estructura metálica, además permite el giro en su propio eje con una fricción mínima por los rodamientos colocados, en la figura 3.3 se observa la pieza implementada.

Figura 3.3. Mecanismo de giro



Fuente:(Paredes & Romero, 2019a)

3.3.3. Rodillos desbobinadores

Es una estructura con dos rodillos que se ubican uno sobre otro ejerciendo suficiente presión sobre el acetato para ser arrastrado, cada uno con 4,6 cm de diámetro y 150 cm de largo, estas dimensiones están de acuerdo al largo de los rollos de acetato y de la cantidad de material desbobinado por cada giro. Estos rodillos están fabricados con acero rígido recubierto con fómix para evitar que las láminas de acetato sufran rayaduras. Cada rodillo se monta en el soporte mediante rodamientos en cada uno de sus extremos para facilitar su rotación como se puede ver en la figura 3.4. En un extremo del rodillo inferior se acopla un motor eléctrico cuyo giro provoca el desbobinado del acetato.

Figura 3.4. Rodillos desbobinadores



Fuente: (Paredes & Romero, 2019a)

3.3.4. Estructura de guiado del acetato

Consiste en 2 planchas de madera que van ubicadas una sobre otra con separación de 1 cm, como se muestra en la figura 3.5, este espacio sirve de guía a la hoja de acetato hacia el agarre de los rodillos desbobinadores, la madera es recubierta con melamínico para que el acetato no sufra rayones mientras pasa por medio de las planchas y el espacio de separación evita que el material se doble.

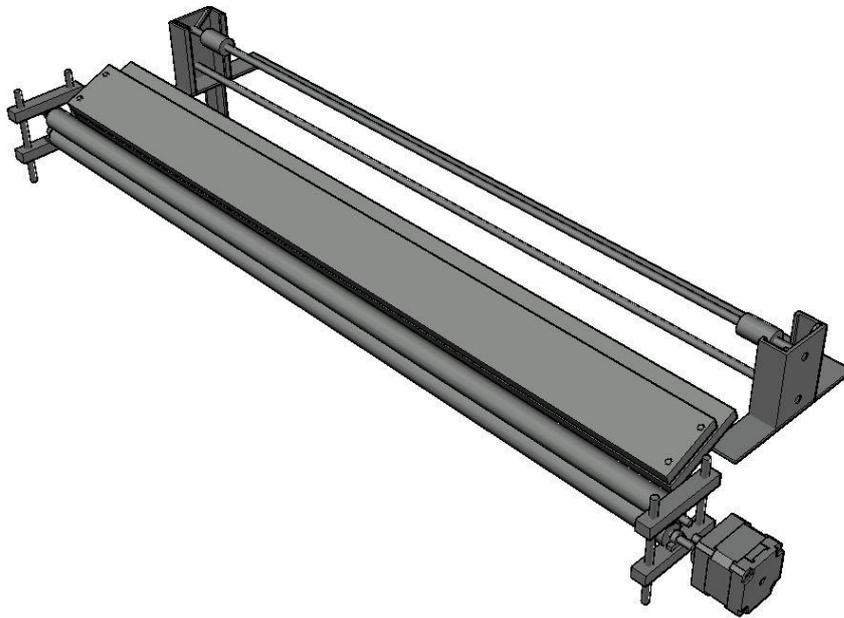
Figura 3.5. Estructura de guiado del acetato



Fuente: (Paredes & Romero, 2019a)

El sistema de abastecimiento de rollos se muestra en la figura 3.6, donde se puede apreciar la integración de cada una de sus partes.

Figura 3.6. Estructura para sistema de abastecimiento de rollos de acetato



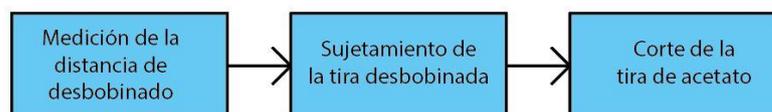
Fuente: (Paredes & Romero, 2019a)

3.4. Sistema de medición y corte

Es un sistema mecánico que mide la distancia desbobinada y realiza el corte en dicha medida transversal formando las tiras de acetato.

La figura 3.7 presenta la estructura del diseño del sistema de medición y corte.

Figura 3.7. Secuencia del sistema de medición y corte



Fuente: (Paredes & Romero, 2018)

3.4.1. Medición de la distancia de desbobinado

Coordina su funcionamiento con la activación o desactivación de los rodillos de desbobinado para tener un control más fino y reducir la cantidad de acetato perdido en cada corte, la medición se realiza en función de la cantidad de acetato desplazado por los rodillos de desbobinado. Para evitar el uso de lazos de control y obtener un sistema más simple se utiliza un motor a pasos en el sistema de desbobinado de manera que a partir del número de pasos se controle el desbobinado y al mismo tiempo se determina la distancia a partir de la ecuación 3.1. El uso del motor a pasos permite la operación en lazo abierto del sistema de medición al depender del diámetro de los rodillos, el número total de pasos del motor y no presentar perturbaciones en su proceso.

$$N = \frac{(n \times L)}{14,56} \quad \text{Ec 3.1}$$

Donde:

N = número de pasos que gira el motor (1.8 grados por paso).

L = longitud que el usuario quiere obtener (cm).

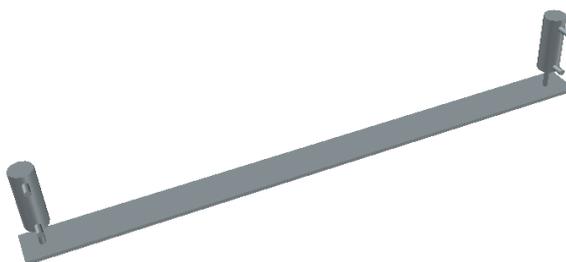
n = número de pasos que el motor gira en cada revolución.

14,56 = perímetro de la circunferencia de los rodillos (cm).

3.4.2. Sujeción de la tira desbobinada

Para sujetar al acetato y evitar dobleces del material mientras se realiza el corte se emplea un sistema de prensado conformado por una tira metálica de acero para sujetar el material contra la superficie de una mesa. En cada extremo de la tira metálica se tiene un cilindro neumático de doble efecto para controlar su movimiento, como se puede ver en la figura 3.8, la presión requerida para sostener el material sin provocar dobleces o marcas es de 0,8 MPa la cual se determinó experimentalmente con la máquina manual, por lo que se utilizan cilindros marca Mindman modelo MCMI-11-16-30 mostrados en la figura 3.9, los cuales ejercen una presión que puede variar entre 0,1 MPa y 0,8 MPa mediante una carrera del tubo de 30 mm.

Figura 3.8. Estructura del mecanismo de prensado de acetato



Fuente: (Paredes & Romero, 2019a)

Figura 3.9. Cilindro miniatura utilizado para la prensa

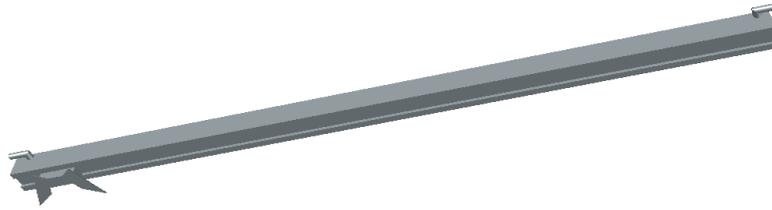


Fuente: (Mindman, 2017)

3.4.3. Corte de la tira de acetato

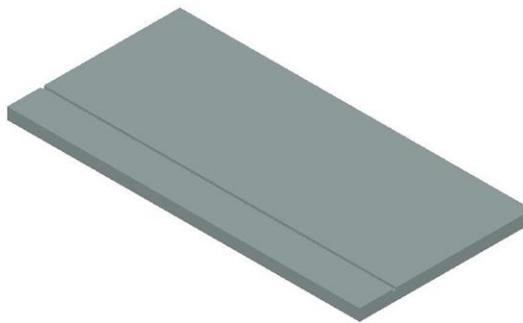
Está conformado por dos cuchillas acopladas a un cilindro neumático de doble efecto para que el corte se haga hacia ambos sentidos del recorrido del cilindro, como se puede ver en la figura 3.10. Se utiliza un cilindro neumático sin vástago marca Mindman modelo MCPRLF-90-16-1500 de doble efecto de 150 cm de largo, y 2 cuchillas de 18 mm para cortar. El carril de corte es una ranura a lo ancho de una mesa de madera sobre la cual se ubica todo el sistema de desbobinado, medición y corte, como se observa en la figura 3.11.

Figura 3.10. Cilindro sin vástago que actúa como cortador



Fuente: (Paredes & Romero, 2019a)

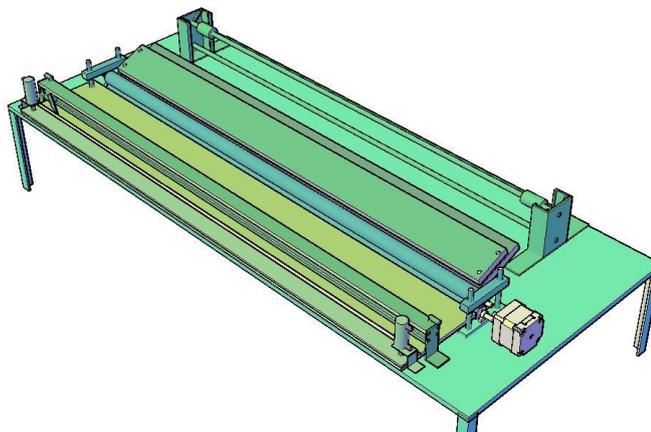
Figura 3.11. Mesa de carril de corte



Fuente: (Paredes & Romero, 2019a)

La integración de los sistemas de desbobinado, medición y corte que constituyen la parte mecánica de la máquina se puede observar en la figura 3.12.

Figura 3.12. Estructura prototipo final

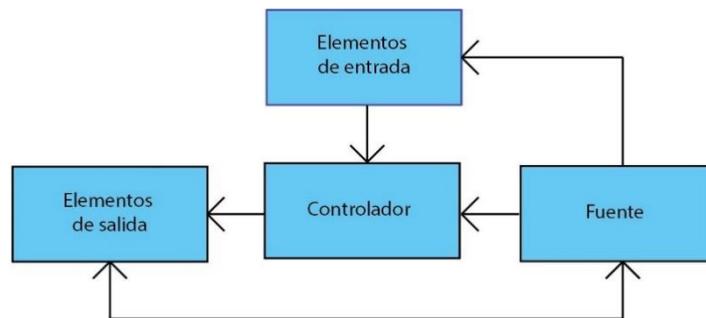


Fuente: (Paredes & Romero, 2019b)

3.4.4. Sistema de control

Para el funcionamiento automático de la máquina se diseña el sistema de control de acuerdo al esquema en bloques de la figura 3.13.

Figura 3.13. Diagrama de bloques sistema de control



Fuente: (Paredes & Romero, 2018)

3.4.5. Elementos de entrada

Se encargan de adquirir las señales que permiten conocer el estado del proceso, de su procesamiento dependen las acciones de control.

3.4.5.1. Panel de operador

Se utiliza un panel de operador de la marca Xinje modelo OP20, mostrado en la figura 3.14, es un panel programable que se comunica con el controlador por medio de una comunicación RS-485, posee un teclado numérico que permite el ingreso de los datos que el usuario necesita para realizar el proceso de desbobinado y corte, así como también teclas de función reprogramables para el control del sistema en general. Se utiliza este panel debido a las funcionalidades que ofrecen los botones así como la botonera numérica de fácil operación, sin que requiera de mayor conocimiento de utilización.

Figura 3.14. Panel de operador



Fuente: (Xinje & Co, 2015)

En la tabla 3.1 se presentan algunas de las características más importantes del panel de operación.

Tabla 3.1. Características eléctricas panel de operador

| Característica | Especificación |
|---------------------------|--|
| Voltaje de funcionamiento | 24 V |
| Corriente nominal | 0,125 A |
| Teclado | Numérico + 8 botones de función programables |
| Tipo de comunicación | RS-485 |

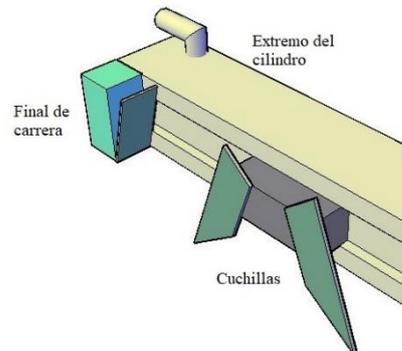
Fuente:(Paredes & Romero, 2018)

3.4.5.2. Finales de carrera

Están ubicados en los extremos del cilindro sin vástago para detectar el movimiento de la cuchilla y controlar su dirección de movimiento, como se observa en la figura 3.15. Se utilizan finales de carrera mecánicos activados por palanca marca CQC modelo MS1-D-T1-B2 que soportan un voltaje máximo de 250 voltios a una corriente

máxima de 10 amperios que es más que suficiente para enviar la señal de activación al controlador.

Figura 3.15. Final de carrera acoplado al extremo del cilindro



(Paredes & Romero, 2019a)

3.4.5.3. Sensores de presencia

Se utilizan para detectar si existe material en el sistema de soporte de rollos y en la mesa de corte y guía, están colocados debajo del rollo, bajo la guía y en la mesa de corte, permanecen activados mientras detectan el material, y se desactivan cuando se acaba el acetato. Se utiliza el sensor de presencia digital de la marca Autonics modelo BM200-DDT como se muestra en la figura 3.16, su función es detectar objetos en un rango de 2 cm a 20 cm, es de tipo fotoeléctrico, su salida es de tipo NPN y su voltaje de entrada es de 12-24 V dc.

Figura 3.16. Sensor de presencia digital



Fuente: (Autonics, 2017)

3.4.6. Elementos de salida

3.4.6.1. Electroválvulas

Se utilizan para realizar el control de los cilindros actuadores como interconexión entre el sistema eléctrico y neumático. El cilindro de corte está comandado por una electroválvula biestable del modelo Mindman MVSC-220M-4E2 de 5 vías y 2 posiciones, esto es para que el sistema de corte pueda quedar parado en cualquier momento y en cualquier posición si se accionan los dos mecanismos en caso de emergencias del operario, de material, etc. Para los cilindros de prensado se utiliza una electroválvula monoestable del modelo MVSC-220M-4E1 de 4 vías y 2 posiciones con retorno por muelle como se muestra en la figura 3.17, esto es debido a que solo hace falta controlar el sentido de bajada de la prensa y el retorno tiene que hacerlo siempre después del corte, reduciendo de esta manera la carga para el controlador.

Figura 3.17. Electroválvulas



(Paredes & Romero, 2019b)

En la tabla 3.2 se presentan las características más importantes de las electroválvulas utilizadas.

Tabla 3.2. Características técnicas electroválvulas MVSC-220M-4E2 y MVSC-220M-4E1

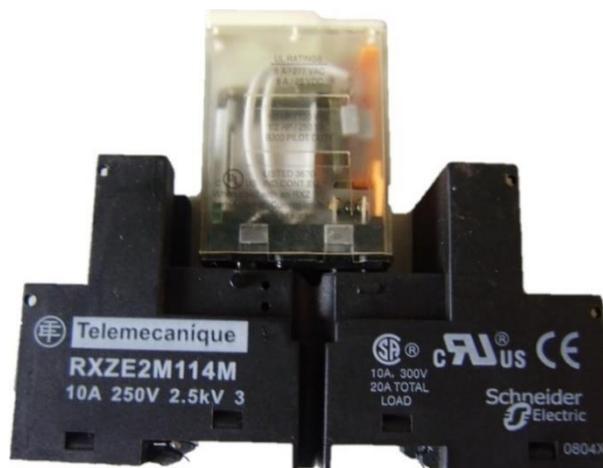
| Característica | Especificación |
|-------------------------------|-----------------------------------|
| Cantidad de posiciones | 2 |
| Medio de trabajo | Aire |
| Rango de operación de trabajo | 1 bar a 8 bar (0,2 MPa a 0,8 MPa) |
| Voltaje | 24 V DC |
| Rango de variación de voltaje | 10% |

Fuente: (Paredes & Romero, 2018)

3.4.6.2. Relé

Cuando la máquina está encendida, pero en estado de inactividad, los actuadores se desconectan de la fuente de energía, esta función se realiza mediante un relé de la marca Schneider Electric modelo Telemecanique RXZE2M114M, mostrado en la figura 3.18, que soporta un voltaje máximo de 250 voltios con corriente máxima de 10 amperios.

Figura 3.18. Relé



Fuente: (Paredes & Romero, 2019b)

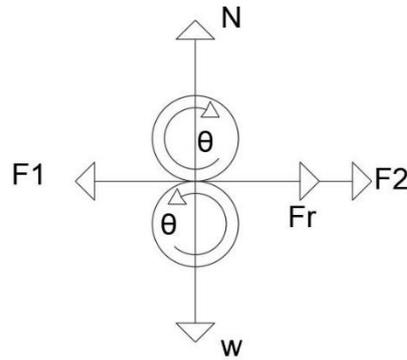
3.4.6.3. Motor a pasos

En un motor a pasos, el desplazamiento angular mínimo está definido por el número de pasos por revolución siendo más preciso en sus desplazamientos mientras mayor sea el número de pasos. En el mercado existen motores con 500 pasos, 200 pasos, 100 pasos, 48 pasos, 24 pasos, y hasta 4 pasos, sin embargo en el mercado son más comunes los motores a pasos bipolares de 200 pasos,

Se utiliza un motor de 200 pasos porque al combinar con el diámetro de los rodillos de desbobinado se obtienen desplazamientos mínimos de 0,0728 cm, facilitando la obtención de las longitudes requeridas sin mayor error ni desperdicio del material.

El torque requerido se determina a partir del diagrama de cuerpo libre que se muestra en la figura 3.19, donde se representan los 2 rodillos desbobinadores en vista lateral, el análisis se realiza en condición de equilibrio.

Figura 3.19. Diagrama de cuerpo libre



Fuente: (Paredes & Romero, 2018)

Donde:

w = Peso de los rodillos (N).

N = Fuerza normal (N).

$F1$ = Fuerza del motor tangente a la superficie del rodillo de desbobinado (N).

$F2$ = Fuerza contraria a la dirección de movimiento del motor (N).

Fr = Fuerza de rozamiento (N).

$$\sum F_y = 0 \quad \text{Ec. 3.2}$$

$$\sum F_x = 0 \quad \text{Ec. 3.3}$$

$$N = w = 58,8 \text{ N}$$

$$F1 = F2 + f_r = 31,4 \text{ N}$$

$$\tau = F1 * r$$

$$\tau = 1,44 \text{ N.m}$$

El torque mínimo requerido es de 1,44 N.m. Se utiliza un motor a pasos modelo 86BYG078 de marca Xinje, mostrado en la figura 3.20, el cual tiene un torque de 4 N.m y fmax de 500 Hz, satisfaciendo los requerimientos del proceso. En la tabla 3.3 se muestran las características principales.

Figura 3.20. Motor a pasos



Fuente: (Xinje, 2011)

Tabla 3.3. Características motor a pasos

| Característica | Especificación |
|-----------------------|-----------------------------------|
| Driver | Modelo compatible DP-5022/DP-7022 |
| Grados por paso | 1,8 grados |
| Torque | 4 N.m |
| Corriente de fase | 2 A |
| Diámetro del eje | 12 mm |
| Peso | 3 kg |
| Dimensiones | 97 x 97 x 120 mm |

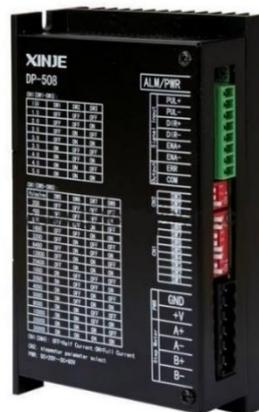
Fuente: (Paredes & Romero, 2018)

3.4.6.4. Driver del motor a pasos

Para el control del motor se utiliza un driver que controla mediante una señal Modulada por Ancho de Pulso (PWM) el número de pasos y la velocidad del motor. Y una señal digital para controlar el sentido de giro del motor.

Se usa el driver marca Xinje modelo DP-508-L, mostrado en la figura 3.21, que dispone de una potencia efectiva de 400 watss además de que es compatible con el motor modelo 86BYG078 cuyas características principales se muestran en la tabla 3.4.

Figura 3.21. Driver motor a pasos



Fuente: (Xinje, 2011)

Tabla 3.4. Características eléctricas del driver motor a pasos

| Característica | Descripción |
|------------------------------|-------------------|
| Corriente de salida efectiva | Entre 0 y 5 A |
| Voltaje de alimentación | Entre 20 y 80V DC |
| Corriente de entrada lógica | Entre 4 y 16 mA |
| Frecuencia de pulsos | Entre 0 y 200 kHz |

Fuente: (Paredes & Romero, 2018)

3.4.7. Controlador programable

Considerando que la máquina va a trabajar en un entorno industrial donde existe presencia de ruido eléctrico y variaciones de voltaje de alimentación, así como presencia de humedad y variaciones de temperatura se trabaja con un PLC ya que integra las protecciones necesarias para este ambiente de trabajo además de facilitar la programación ya que el proceso de desbobinado y corte es de tipo secuencial.

Para la selección del PLC se consideran los elementos de entrada y salida que se muestran en la tabla 3.5.

Tabla 3.5. Tipos de entradas y salidas requeridas

| Elemento | Tipo de señal | Número de señales |
|-----------------------|----------------------|--------------------------|
| Sensores de presencia | Entrada digital | 2 |
| Finales de carrera | Entrada digital | 2 |
| Motor a pasos | Salida digital PWM | 2 |
| Electroválvulas | Salida digital | 3 |
| Relé | Salida digital | 1 |
| Panel de operador | RS-485 | 1 |

Fuente:(Paredes & Romero, 2018)

Se utiliza el PLC marca Xinje modelo XD3-16RT, mostrado en la figura 3.22, porque posee 8 entradas digitales, 2 salidas digitales tipo transistor, 6 salidas digitales tipo relé, y un puerto de comunicación RS-485, que son suficientes para conectar todas las entradas y salidas. Este PLC resistente vibraciones, es inmune al ruido electromagnético y su costo es bajo comparado con otras opciones del mercado.

Figura 3.22. Controlador lógico programable



Fuente: (Xinje & Co, 2015)

Sus características más destacables se observan en la tabla 3.6.

Tabla 3.6. Características de las entradas PLC XD3-16RT

| Características | Detalle |
|--------------------------------|---|
| Voltaje de entrada de señal | DC24V \pm 10% |
| Corriente de entrada de señal | 7mA/DC24V |
| Corriente de entrada ENCENDIDO | Sobre los 4,5mA |
| Corriente de entrada APGADO | Por debajo de 1,5mA |
| Tiempo de respuesta de entrada | Alrededor de 10ms |
| Tipo de entrada de señal | Entrada de contactor ó tipo NPN transistor de colector abierto |

Fuente: (Xinje & Co, 2015)

3.4.8. Fuente de alimentación

Para energizar los componentes de todo el sistema eléctrico y electrónico del prototipo se realiza una tabla en la cual se especifican los voltajes y las corrientes necesarias para el correcto funcionamiento de cada elemento, como se observa en la tabla 3.7.

Tabla 3.7. Dimensionamiento de la fuente de voltaje

| Elemento | Corriente (A) | Voltaje (V) |
|--------------------------|----------------------|--------------------|
| Sensores de presencia x3 | 0,3 | 24 |
| Motor a pasos | 2,1 | Entre 20 y 80 |
| Driver del motor a pasos | 0,1 | Entre 20 y 80 |
| Electroválvulas x2 | 0,16 | 24 |
| HMI | 0,125 | 24 |
| TOTAL | 2,8 | 24 |

Fuente: (Paredes & Romero, 2018)

Considerando la tabla 3.7, se utiliza una fuente de 24 voltios DC a 5 amperios permitiendo un funcionamiento correcto de todo el equipo. La figura 3.23 muestra la fuente utilizada de marva EVL switching modelo MC240120-W.

Figura 3.23. Fuente de voltaje



Fuente: (Paredes & Romero, 2019b)

En la tabla 3.8 se presentan las características eléctricas más importantes de la fuente utilizada.

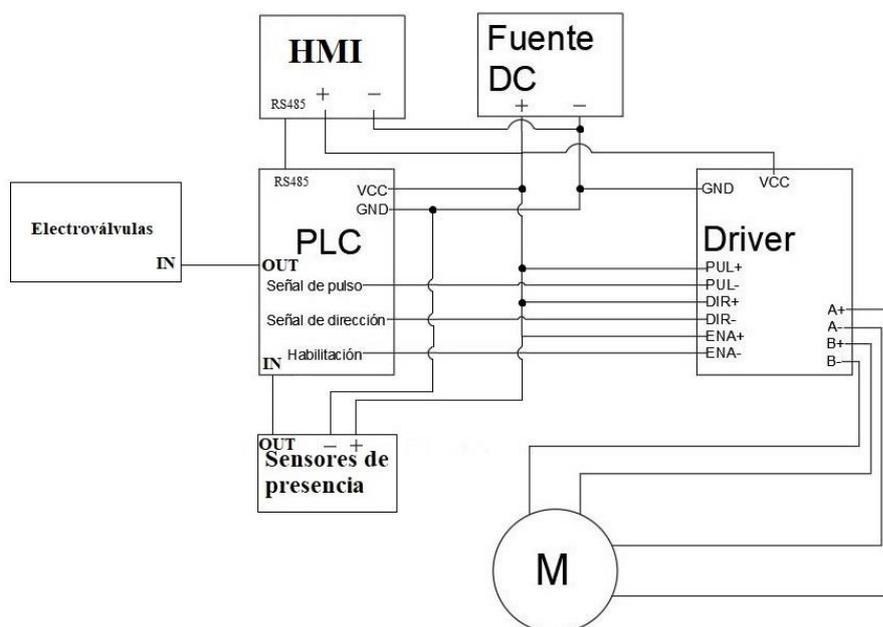
Tabla 3.8. Características eléctricas Fuente de voltaje

| Característica | Especificación |
|--------------------|---|
| Potencia | 120 W |
| Voltaje de entrada | Entre 85 y 265 V AC |
| Protecciones | Sobrecarga, sobretensión, cortocircuito |

Fuente: (Paredes & Romero, 2018)

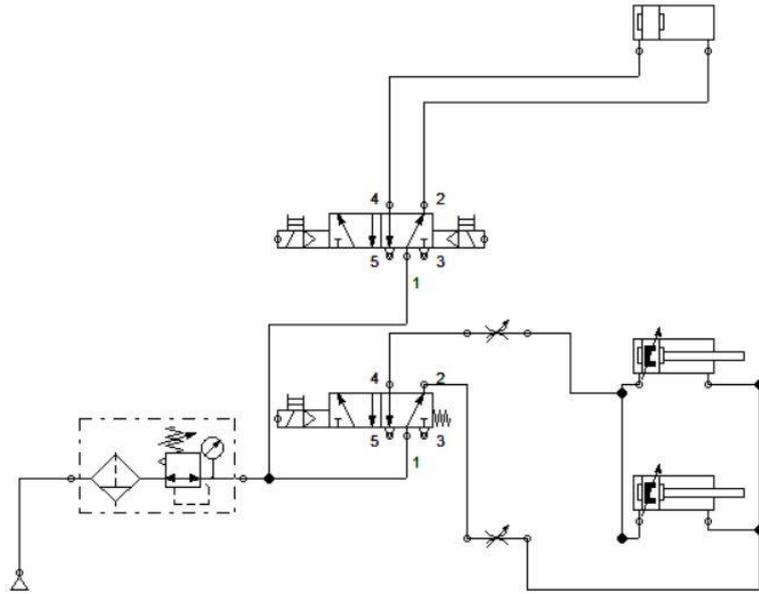
En la figura 3.24 se presenta el diagrama de conexión eléctrico para el PLC, el HMI, el driver de control del motor a pasos y la fuente de voltaje para un correcto funcionamiento, mientras que en la figura 3.25 se indica el diagrama de conexión neumática que requiere el prototipo.

Figura 3.24. Diagrama de conexión eléctrico



Fuente: (Paredes & Romero, 2019a)

Figura 3.25. Diagrama de conexión neumática



Fuente: (Paredes & Romero, 2019a)

CAPÍTULO 4

DESARROLLO DEL PROGRAMA DE CONTROL

Para el sistema de ingreso de parámetros se implementa una interfaz Hombre Máquina (HMI) por medio del panel de operador que se comunica con el PLC para operar, introducir y visualizar los parámetros que el usuario necesite, así como también que informe otros datos al usuario. La programación del PLC se encarga del procesamiento de los datos y la activación de las salidas de los actuadores que realizan el proceso de desbobinado y corte.

El programa del PLC se realiza en lenguaje Ladder utilizando el software de programación Xinje PLC Program Tool versión 3.4, mientras que para el HMI se utilizó el software OP20 Edit Tool versión 9.4.4, siendo ambos programas de software libre.

4.1. Programación en el PLC

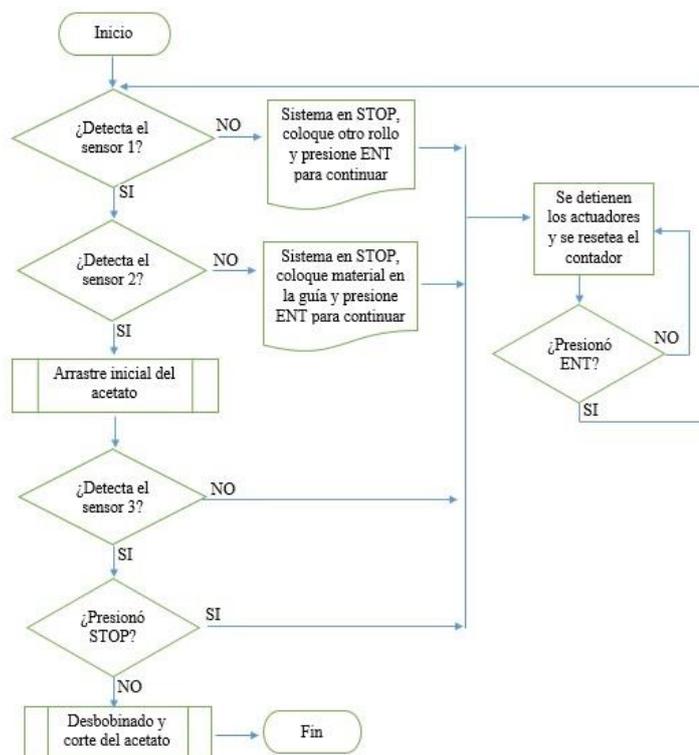
El PLC contiene la programación para realizar la activación del mecanismo de colocación inicial del acetato, recibir y procesar los datos ingresados por el operador, controlar el mecanismo de desbobinado y corte automático y por último gestionar el paro del proceso si se llegara a necesitar. El código en ladder se encuentra en la sección de anexos.

4.1.1. Programa general

En el programa general se verifica que exista acetato en la máquina para pasar a ejecutar los subprogramas de arrastre inicial del acetato y desbobinado y corte, en caso de que no haya material no se ejecutan los subprogramas, si se presiona el botón STOP que se encuentra en el HMI se detiene el proceso de desbobinado y corte, en la figura 4.1 se presenta el diagrama de flujo del programa general. A continuación se describe brevemente la ubicación y función de los sensores además de una explicación de los subprogramas.

- El sensor 1 detecta si existe el rollo de acetato, y va ubicado debajo del portarrollos.
- El sensor 2 está ubicado dentro de la estructura de guiado del acetato y detecta si existe material para posteriormente pasar al subprograma de arrastre inicial del acetato.
- El subprograma de arrastre inicial del acetato es el que lleva a la lámina de acetato al punto inicial del proceso de desbobinado y corte.
- El sensor 3 está ubicado en el punto inicial del proceso de desbobinado y corte, y solo puede pasar a ese proceso si el sensor detecta que hay acetato en el punto inicial.
- El proceso se detiene cuando el usuario presiona el botón de STOP en caso de que requiera parar el proceso de desbobinado y corte o cuando los sensores de presencia no detecten material en cuyo caso se manda un mensaje de aviso al HMI y se detiene el proceso permitiendo que el sistema pueda parar en cualquier momento.

Figura 4.1. Diagrama de flujo del programa general



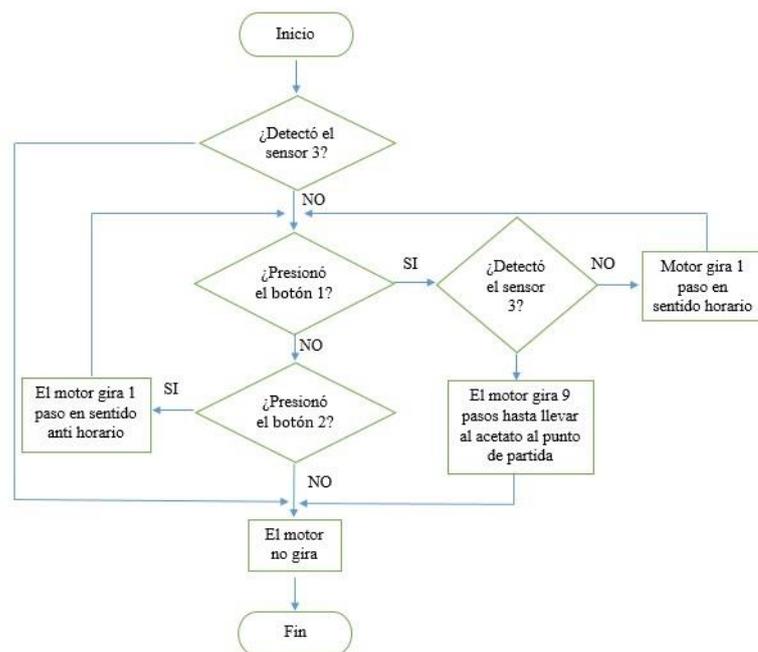
Fuente: (Paredes & Romero, 2018)

4.1.2. Arrastre inicial del acetato

Cuando se utiliza un rollo nuevo es necesario que los rodillos halen el acetato hacia dentro de la máquina con la finalidad de que el usuario ubique el acetato en el punto de partida para el proceso de desbobinado y corte. De la misma forma, para sacar un rollo de acetato los rodillos giran en el otro sentido de manera que el acetato es expulsado de la máquina.

Para este proceso se utilizan dos botones del HMI, uno para el ingreso de acetato y otro para la expulsión del mismo, al ser presionados se ejecutan las acciones como indica la figura 4.2.

Figura 4.2. Diagrama de flujo del sistema de arrastre inicial



Fuente: (Paredes & Romero, 2018)

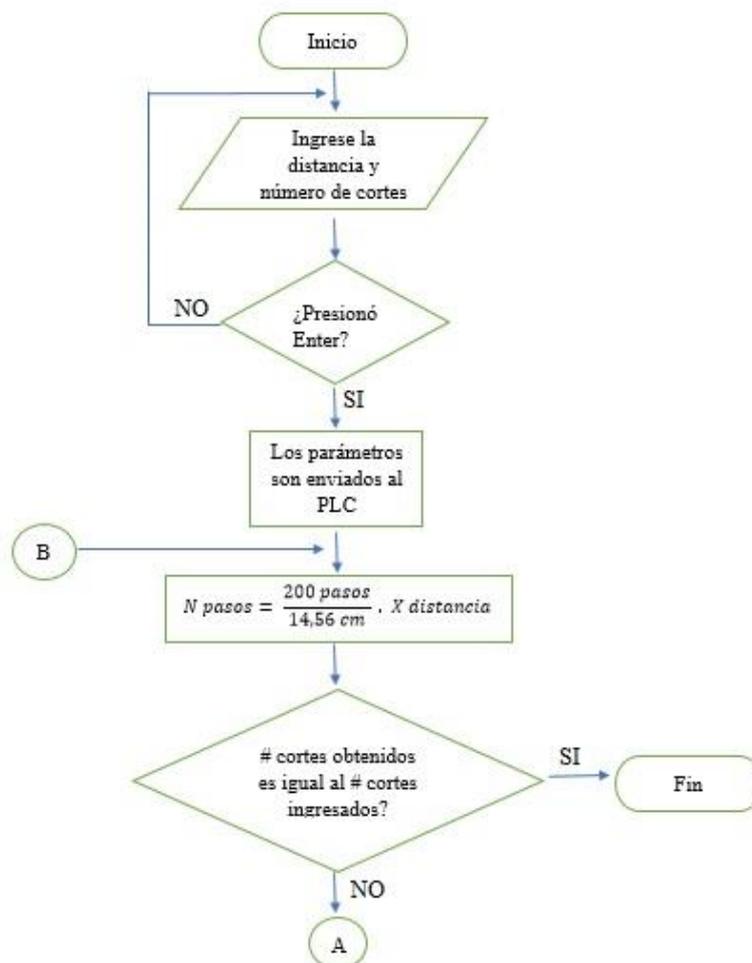
4.1.3. Desbobinado y corte de acetato

Al presionar un botón del HMI, se envían los parámetros de distancia y número de cortes al PLC. La distancia se convierte en el número de pasos que el motor girará y se compara el número de cortes que se ha hecho para comenzar el proceso de desbobinado y corte, como indica la figura 4.3 y la figura 4.4.

Dentro del proceso secuencial de desbobinado y corte de acetato se realizan las siguientes tareas:

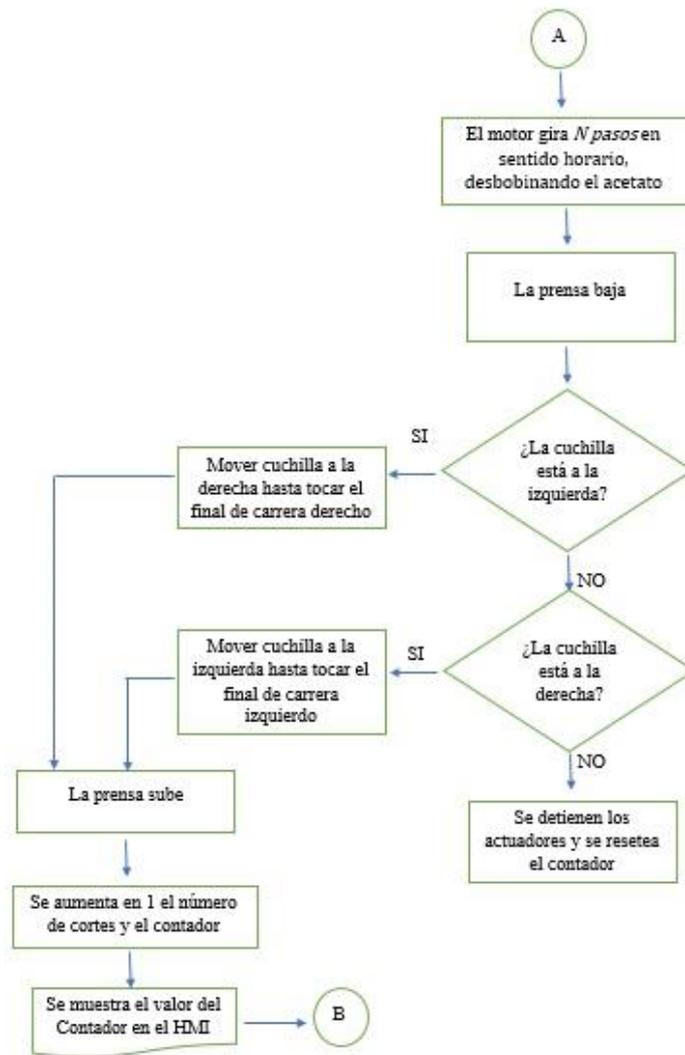
- Controlar la velocidad y el número de pasos que debe dar el motor.
- Activa los cilindros neumáticos para que la prensa baje.
- Reconoce hacia qué lado del cilindro neumático sin vástago se encuentra la cuchilla para moverla hacia el lado opuesto cuando deba cortar.
- Se envía al HMI un conteo del número de cortes que se van realizando.

Figura 4.3. Diagrama de flujo desbobinado y corte de acetato I



Fuente: (Paredes & Romero, 2018)

Figura 4.4. Diagrama de flujo desbobinado y corte de acetato II

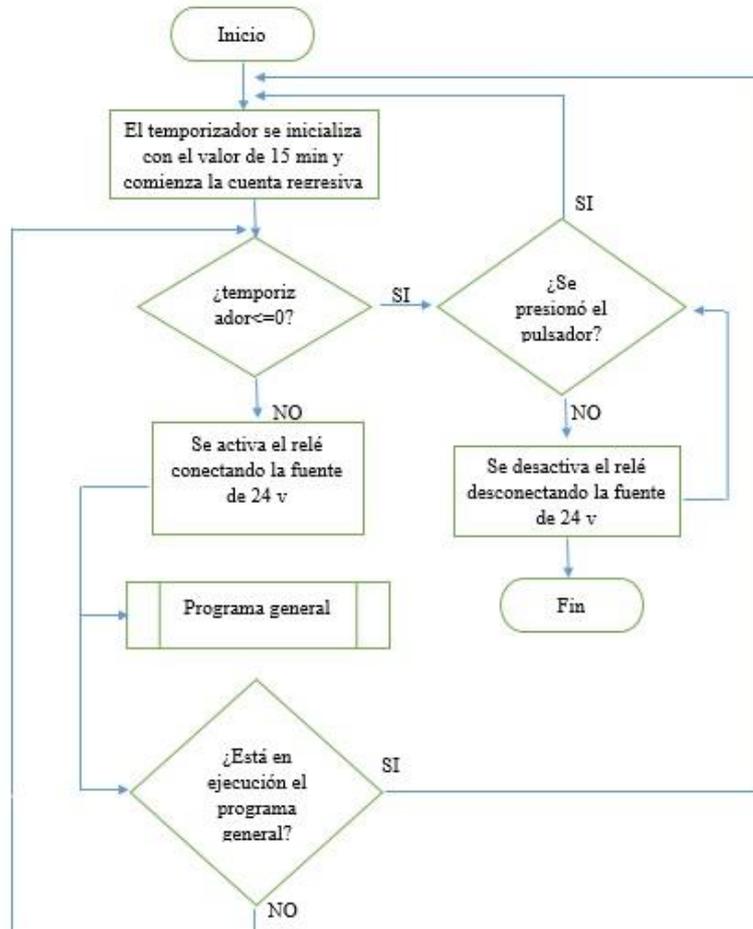


Fuente: (Paredes & Romero, 2018)

4.1.4. Sistema de ahorro de energía

Cuando se conecta el PLC, se inicia una cuenta regresiva de 15 minutos con un timer, esto es por si la máquina permanece por un período de inactividad de 15 minutos para que los actuadores y el HMI se desconectan de la fuente de alimentación y ahorrar energía eléctrica pero principalmente para proteger al motor a pasos del sobrecalentamiento, como indica la figura 4.5. Para que el valor del timer vuelva a setearse en 15 minutos y se conecten todos los elementos a la fuente de alimentación nuevamente, la máquina debe estar en uso del programa general, ó presionarse el pulsador.

Figura 4.5. Diagrama de flujo sistema de ahorro de energía



Fuente: (Paredes & Romero, 2018)

El diagrama Ladder utilizado para cumplir todas las funciones y algoritmos presentados se muestra en anexos.

4.2. Programación en la pantalla HMI

El panel de operador que sirve como HMI posee botones que son reprogramables y que, al presionarlos, activan o desactivan las diferentes funciones del PLC que son las que ejecutan el código programado. Los botones de dígitos numéricos sirven para ingresar los parámetros de distancia y número de cortes de las tiras de acetato que son enviados a la memoria del PLC y en su pantalla se visualizan estos parámetros.

El panel de operador tiene 2 ventanas que son:

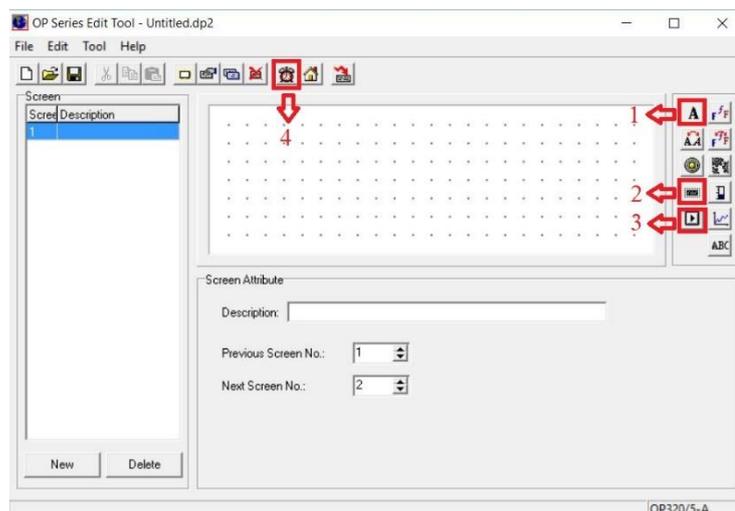
- Ventana de funcionamiento.
- Ventana de aviso.

Estas funciones se programan mediante el software OP20 Edit Tool versión 9.4.4, cuya interfaz se presenta a continuación.

4.2.1. Entorno de programación

En el panel de operador no se realiza la programación, sino por medio del software OP Series Edit Tool se configuran diferentes atributos a los registros numéricos y a los botones, donde se ingresan sus parámetros respectivos. En la figura 4.6 se presenta la interfaz del programa, la casilla 1 permite ingresar texto dentro de la pantalla, la casilla 2 es el de registro numérico y permite ingresar o presentar valores en el panel de operador, la casilla 3 permite programar el funcionamiento de los botones de función mientras que la casilla 4 permite presentar ventanas de alarma.

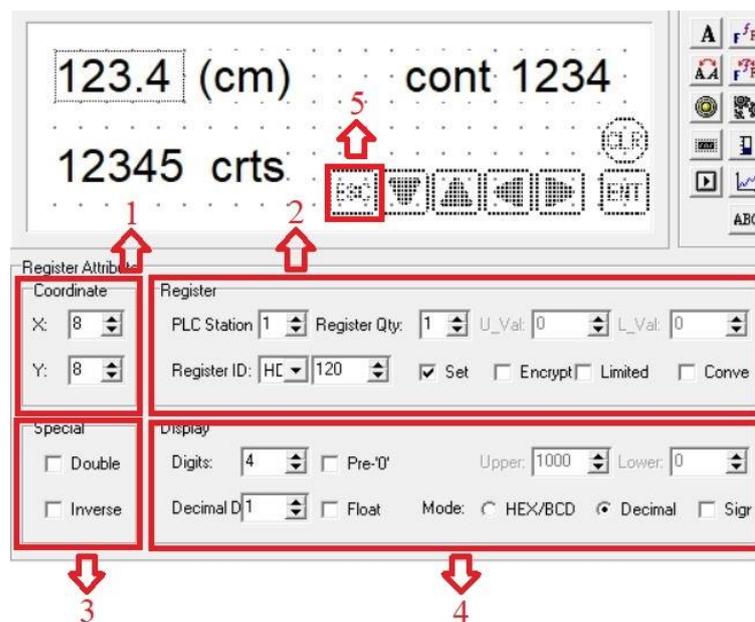
Figura 4.6. Interfaz de programación Panel de Operador



Fuente: (Xinje & Co, 2015)

Una vez realizada la ventana de operación, utilizando las herramientas anteriormente mencionadas, se obtiene la ventana presentada en la figura 4.7, al seleccionar el registro numérico de ingreso de datos se presenta un panel de programación de atributos para dichos registros, el cual contiene cuatro casillas principales, la primera de coordenadas para realizar la ubicación del recuadro dentro del panel LCD, la segunda es la casilla de registro en donde se seleccionan parámetros como el direccionamiento al PLC que maneja el dato así como el registro de la variable en la cual se guarda dicho dato, en la tercera casilla se puede definir el tipo de dato, si es doble o de valor negativo y la cuarta casilla para definir la visualización del número dentro del panel, como la cantidad de dígitos y el tipo de codificación.

Figura 4.7. Panel de programación de atributos de registros numéricos



Fuente: (Paredes & Romero, 2018)

En la casilla 5 de la figura 4.7 se presenta un botón de tecla de función, al seleccionar se despliega el panel de programación de atributos para los botones, el cual contiene dos casillas, que se muestran en la figura 4.8, nuevas en comparación al de registro numérico, la primera casilla la cual permite seleccionar el botón a reprogramar así como la función a cumplir dentro del algoritmo, se permite también ocultar o encriptar el botón en caso que no se requiera visualización virtual y la segunda casilla se define

el PLC al cual se conectará dicho botón, la identificación del registro que guarda la variable y la forma de activación ya sea al pulsar o al mantener presionado.

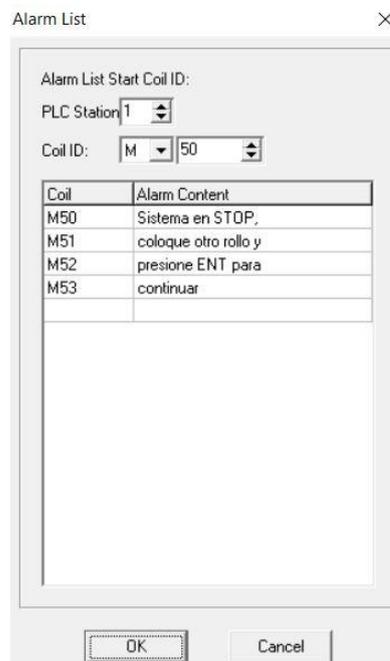
Figura 4.8. Panel de programación de atributos de botones reprogramables



Fuente: (Paredes & Romero, 2018)

Al presionar el botón de la casilla 4 en la figura 4.6 se despliega la ventana de alarmas, se requiere de la programación descrita en la figura 4.9, cuando el sensor no detecta material se activan las variables M50, M51, M52 y M53 mostrando el mensaje que se observa en la figura.

Figura 4.9. Programación ventana de alarmas

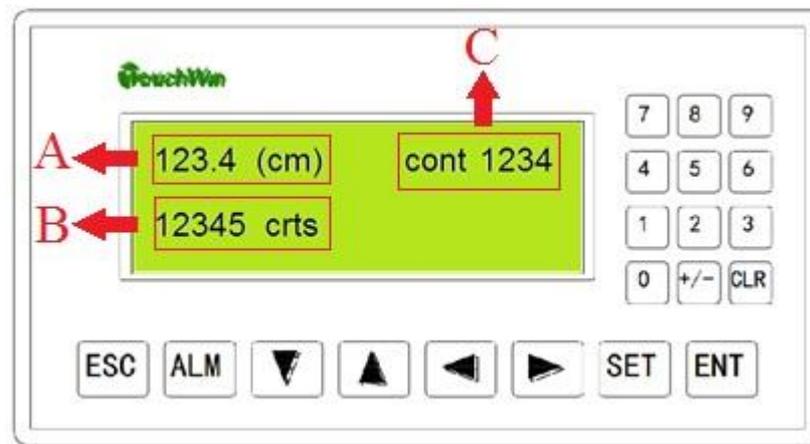


Fuente: (Paredes & Romero, 2018)

4.2.2. Ventana de funcionamiento

En la figura 4.10 se observa la ventana principal donde se ingresan los parámetros del desbobinado y corte, en la tabla 4.1 se describen sus elementos.

Figura 4.10. Pantalla principal



Fuente: (Paredes & Romero, 2019a)

Tabla 4.1. Descripción elementos pantalla principal

| Parámetro | Función | Se almacena en la Memoria del PLC | Set |
|-----------|--|-----------------------------------|-----|
| A | Es la distancia que se ingresa en centímetros. | HD120 | ✓ |
| B | Es el número de cortes que se quiere obtener. | HD150 | ✓ |
| C | Cuenta el número de tiras de acetato cortadas conforme van saliendo. | HD151 | ✓ |

Fuente: (Paredes & Romero, 2018)

4.2.3. Botones de mando del HMI

En la tabla 4.2 se describe lo programado en cada uno de los botones y su función para la máquina.

Tabla 4.2. Descripción de las funciones de los botones

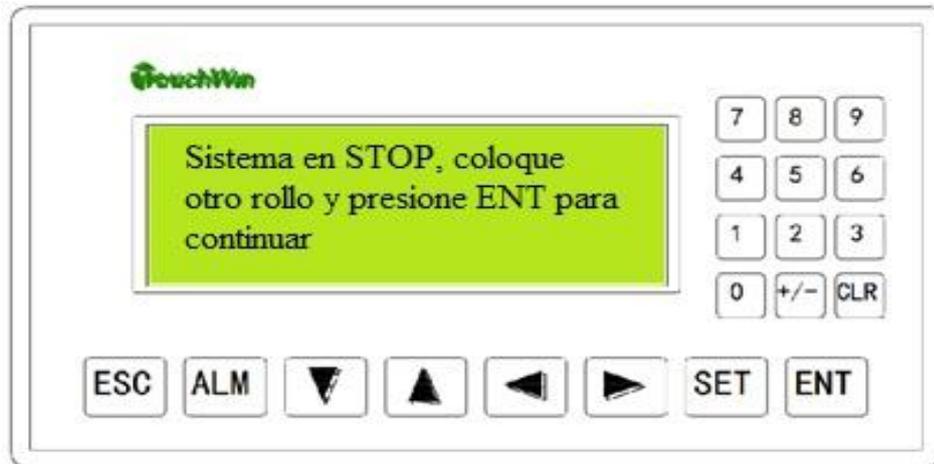
| Parámetro | Función | Activa la marca del PLC | Encendido momentáneo |
|---|---|-------------------------|----------------------|
|  | Cancela la orden de corte del acetato. | M11 | ✓ |
|  | Al mantenerlo presionado el rodillo hala el acetato dentro de la máquina. | M7 | ✓ |
|  | Al mantenerlo presionado el rodillo hala el acetato fuera de la máquina. | M8 | ✓ |
|  | Al mantenerlo presionado el rodillo hala el acetato fuera de la máquina. | M8 | ✓ |
|  | Al mantenerlo presionado el rodillo hala el acetato dentro de la máquina. | M7 | ✓ |
|  | Selecciona los parámetros del HMI para cambiarlos. | - | ✓ |
|  | Da inicio a la secuencia que desbobina y corta el acetato. | M13 | ✓ |
|  | Coloca en cero el contador del HMI. | M10 | ✓ |

Fuente: (Paredes & Romero, 2018)

4.2.4. Ventana de aviso

Cuando el sensor de presencia no detecta material, el PLC además de poner en estado de STOP al proceso, activa unas marcas que envían un aviso de alarma al HMI para que el usuario sepa que la máquina no va a trabajar sin material, como se observa en la figura 4.11. Para esta función se utiliza la opción de lista de alarmas.

Figura 4.11. Aviso de falta de material



Fuente: (Paredes & Romero, 2019a)

CAPÍTULO 5

PRUEBAS Y RESULTADOS

Para determinar el correcto funcionamiento del sistema implementado y tomando en cuenta los requerimientos de la empresa ESTUCHES PLÁSTICOS CEMIRA se realizan varias pruebas para determinar la validez del prototipo.

5.1. Pruebas de desbobinado y corte

La siguiente prueba tiene como objetivo determinar el correcto funcionamiento del mecanismo completo de desbobinado y corte.

La prueba se realiza con los siguientes parámetros de funcionamiento:

Tabla 5.1: Parámetros para pruebas de funcionamiento

| Prueba | Tamaño (cm) | Número de cortes |
|--------|-------------|------------------|
| 1 | 21,5 | 50 |
| 2 | 35 | 50 |
| 3 | 40 | 50 |
| 4 | 43,5 | 50 |
| 5 | 54 | 50 |
| 6 | 61,5 | 50 |

Fuente: (Paredes & Romero, 2018)

El número de cortes programado se elige considerando el promedio utilizado en el proceso de producción de la empresa, los tamaños también son elegidos de acuerdo a los requerimientos más frecuentes de la empresa.

Para la evaluación se realiza un conteo y medición manual de cada una de las tiras cortadas por la máquina, los resultados obtenidos se muestran en la tabla 5.2.

Tabla 5.2. Resultados cantidad de cortes

| Prueba | Cantidad ingresada | Cantidad obtenida | Error de conteo (%) | Tamaño de corte ingresado (cm) | Tamaño promedio obtenido (cm) | Desviación estándar (cm) | Error (%) |
|---------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|------------------|
| 1 | 50 | 50 | 0 | 21,5 | 21,678 | 0,083 | 0,83 |
| 2 | 50 | 50 | 0 | 35 | 35,024 | 0,189 | 0,06 |
| 3 | 50 | 50 | 0 | 40 | 40,176 | 0,219 | 0,44 |
| 4 | 50 | 50 | 0 | 43,5 | 43,602 | 0,247 | 0,23 |
| 5 | 50 | 50 | 0 | 54 | 54,092 | 0,226 | 0,17 |
| 6 | 50 | 50 | 0 | 61,5 | 61,628 | 0,263 | 0,21 |

Fuente: (Paredes & Romero, 2018)

De acuerdo a los resultados obtenidos se puede mencionar que no existen errores en el sistema de conteo mientras que en la medición del largo se tiene un 0,83% de error máximo lo que representa +/- 0,415 cm. Este valor está dentro del rango permisible exigido por la empresa, pudiendo considerar un adecuado funcionamiento del sistema de medición.

En la tabla 5.3 se muestran datos concernientes a la cantidad de material desperdiciado cuando los cortes superan el valor establecido, pero no afectan a los siguientes procesos de manufactura.

Tabla 5.3. Cantidad de material desperdiciado

| Prueba | Cortes que superan el valor ingresado | Cantidad de material desperdiciado (cm) |
|---------------|--|--|
| 1 | 49 | 8,9 |
| 2 | 26 | 4,7 |
| 3 | 34 | 9,9 |
| 4 | 26 | 7,6 |
| 5 | 31 | 7,4 |
| 6 | 25 | 6,3 |

Fuente: (Paredes & Romero, 2018)

Existe una pérdida de material promedio aproximada de 18,9 cm por cada 21 metros de material desbobinado y cortado con el prototipo, esto representa el 0,9% del material total es decir que, del rollo de 200 metros, 1,8 metros se desperdician por el exceso de corte, considerando el mercado local esto representa una pérdida de 1,44\$ por cada 160\$ del costo del rollo, lo que significa una pérdida monetaria casi despreciable para la empresa comparada con sus costes de producción.

5.2. Prueba de tiempo de corte y costos

Para comparar el tiempo de producción manual con el sistema de corte automático, se realizaron 6 diferentes trabajos de corte de 50 tiras cada uno; donde se logró constatar que, durante la producción manual el tiempo promedio de corte es de 60 minutos mientras que en la producción automatizada el tiempo promedio es de 7,75 minutos, como se indica en la figura 5.1, demostrando así que con el corte automático el trabajo se realiza 7,74 veces más rápido, optimizando de esta manera la producción de la empresa.

Figura 5.1. Tiempos de producción



Fuente:(Paredes & Romero, 2018)

Se puede apreciar que la máquina tarda más tiempo en hacer cortes más largos debido a que el método de arrastre requiere de más giros para extraer más material, mientras que en el método de corte manual este tiempo no es significativo.

Existen diferencias en la inversión económica que la empresa debe realizar para que los trabajos sean elaborados. El costo por hora que un operario requiere para realizar este trabajo, con el sueldo básico de 394\$ al mes, en comparación con el costo que supone el uso de la máquina, en kilovatios-hora para una tarifa de empresa artesanal, se presentan en la tabla 5.4. (Trabajo, 2018) (Eléctrica & Normativo, 2019)

Tabla 5.4. Tabla comparativa tiempos y costos

| Parámetro | Corte manual | Prototipo |
|----------------------------------|---------------------|------------------|
| Tiempo | 1 h | 7 min 45 s |
| Costo por tiempo de corte | \$ 0,31 | \$ 0,05 |

Fuente: (Paredes & Romero, 2018)

Otro aspecto a tomar en cuenta es el tiempo de recuperación de la inversión, el costo total de la máquina bordea los 1.550,00 dólares y tomando los valores presentados en la tabla 5.4 que muestran que, para hacer el mismo trabajo, a un operario se le paga alrededor de 6 veces más de lo que se paga por el consumo del prototipo, se calcula la recuperación de la inversión en 2 años y 7 meses, como se muestra en la tabla 5.5.

Tabla 5.5. Tabla de periodo de recuperación de la inversión PRI

| Concepto | Año 0 (USD) | Año 1 (USD) | Año 2 (USD) | Año 2 mes 7 (USD) | TOTAL (USD) |
|-------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------------|--------------------|
| Costo operatividad | 0 | 200,00 | 200,00 | 117,00 | |
| Costo productividad | 0 | 400,00 | 400,00 | 233,00 | |
| Inversión inicial | -1.550,00 | | | | |
| Flujo neto de efectivo | -1.550,00 | 600,00 | 600,00 | 350,00 | 1.550,00 |

Fuente: (Paredes & Romero, 2018)

CAPÍTULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

Con respecto a la medición del material desbobinado, las únicas fuentes de perturbación son la velocidad y la posición del motor, sin embargo al utilizar motores a pasos la probabilidad que existan variaciones en estas variables es casi nula por lo cual no es necesario realizar un control en lazo cerrado, evitando la necesidad de un controlador y facilitando el diseño del sistema de control.

La estrategia de desbobinado de materiales en rollo depende del cuidado requerido para el material, en el caso del acetato se considera su baja resistencia por lo que se debe evitar desgarres, rayones o dobleces siendo el arrastre por rodillos la estrategia más conveniente pues la fuerza es ejercida a lo largo de todo el material, y evitando generar tensión a diferencia de estrategias de halado en las cuales la presión se ejerce en una sola área del material y requiere de la presencia de tensión.

La exactitud de la medición por número de pasos del motor puede ser ajustada con una combinación entre el número de pasos y el diámetro de los rodillos de forma que a mayor diámetro se obtiene menor resolución con mayor velocidad, mientras que a menor diámetro la resolución mejora, pero la velocidad disminuye.

Con respecto al tiempo de desbobinado y corte manual en comparación con el tiempo que el prototipo tarda en realizar el mismo trabajo, se evidencia un aumento en la productividad del 675% lo que representa una gran ventaja en cuanto al costo de producción y tiempo de procesamiento del producto final.

Para evitar que el acetato se doble o desbobine de forma que cambie de dirección en su desplazamiento los rodillos ejercen presión en sus extremos, garantizando que la posición inicial sea la adecuada.

La velocidad de giro del motor debe regularse para evitar que los rodillos se deslicen sobre el material sin desbobinarlo, además de obtener la mayor velocidad posible que disminuya los tiempos de producción permitiendo cortar mayor cantidad de láminas en menos tiempo.

6.2. Recomendaciones

Para utilizar la máquina desbobinadora con diferentes materiales es recomendable recalcular el torque requerido así como el material que cubre a los rodillos y su distancia de separación de manera que se adapte a los requerimientos de presión y se tenga un buen funcionamiento.

La funcionalidad de la máquina puede aumentarse al integrar un mayor número de cuchillas que realicen cortes en varias direcciones pudiendo así obtener no solo tiras rectangulares sino varias formas dependiendo del requerimiento y aplicación.

Es recomendable que los rodillos ejerzan presión solo en las esquinas del material desbobinado para que no se arrugue ni se dañe, es aconsejable usar algún tipo de material con un factor de adherencia alto con respecto al material utilizado para evitar resbalamientos al momento de arrastar el material.

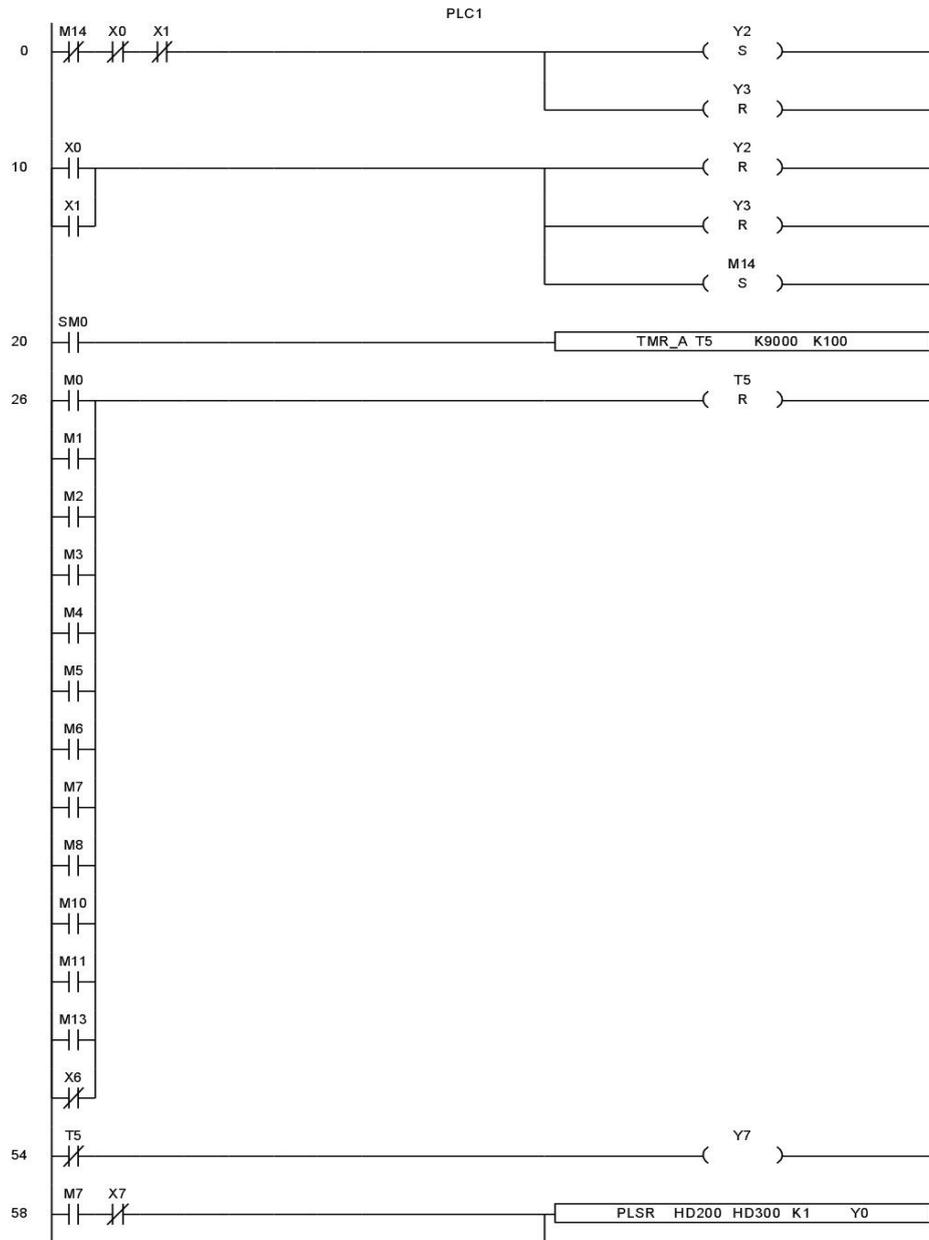
REFERENCIAS

- Autonics. (2017). BM200-DDT datasheet.
- CEFLA. (2017). RSW: Máquina de corte para bobinas. Retrieved January 31, 2019, from <https://www.ceflafinishing.com/es/productos-y-soluciones/busqueda-productos/rsw/>
- Eléctrica, E., & Normativo, M. (2019). Pliego tarifario para las empresas eléctricas de distribución codificado, 18.
- Gómez, I. L. (2017). *Engineering with Rigid PVC Processability and Applications* (1st ed.). Massachusetts: Monsanto Company. <https://doi.org/10.1201/9780203757284>
- Mindman. (2017). MCMI series. Taipei: Mindman. Retrieved from https://www.mindman.com.tw/proimages/pdf/E_MCMI.pdf
- Paredes, S., & Romero, M. (2018). Requerimientos. Quito.
- Paredes, S., & Romero, M. (2019a). Diseño CAD. Quito.
- Paredes, S., & Romero, M. (2019b). Fotografía. Quito.
- Pérez Porto, J., & Gardey, A. (2012). Definición de acetato. Retrieved January 30, 2019, from <https://definicion.de/acetato/>
- Sika. (2009). SikaBond ® PVC Láminas, 2.
- SUNTOP. (2016). máquina de corte para Acryl / para caucho / para PVC / para madera. Retrieved January 31, 2019, from http://www.directindustry.es/prod/suzhou-suntop-laser-technology-co-ltd-157318.html#product-item_1987738
- Trabajo, M. del. (2018). Incremento del salario básico unificado 2019. Retrieved June 1, 2019, from <http://www.trabajo.gob.ec/incremento-del-salario-basico-unificado-2019/>
- Xinje, W. (2011). Dp-504(-1)/dp-508(-1), 504, 17. Retrieved from http://kms-trade.com/downloads/manuals/DP_504_508_Manual.pdf
- Xinje, W., & Co, E. (2015). *XD3 / XDM series PLC User manual [Instruction]*. Dicui

Rd, Wuxi, China. Retrieved from [http://www.imenista.com/pdf/XDXDM
instruction manual.pdf](http://www.imenista.com/pdf/XDXDM_instruction_manual.pdf)

ANEXOS

Programación en lenguaje ladder en el PLC



1 / 4

