



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECATRÓNICO

**TEMA: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA
AUTOMATIZADA PARA LA FABRICACIÓN DE TUBOS DE CARTÓN
PARA LA INDUSTRIA PAPELERA PARA LA REDUCCIÓN DE
TIEMPOS DE PRODUCCIÓN”**

AUTORES:

- CASA BALCAZAR, MARIA BELEN
- MORA AGUILAR, JORGE LUIS

DIRECTOR:

ING. ARTEAGA LÓPEZ, OSCAR BLADIMIR

LATACUNGA 2021



Planteamiento del Problema

Objetivos

Metodología

Marco Teórico

Diseño Mecánico

Diseño Electrónico

Diseño de Control

Pruebas y Resultados

Conclusiones y Recomendaciones

Video



Planteamiento del Problema

En la actualidad la automatización industrial ha progresado en los últimos tiempos; proyectos se han orientado en la creación de este tipo de sistemas aplicables en la industria, cubriendo con la necesidad del mejoramiento del ciclo de producción, calidad, eficiencia y seguridad

En el Ecuador, existe un bajo nivel de tecnología en las empresas industriales. Por tal razón las mismas no pueden ser competitivas ya que sus productos no poseen un nivel de calidad que supere a otros productos

Otra problemática son los retrasos en los productos ya que al tener equipos antiguos existe una producción baja que impiden cubrir con la demanda necesaria a tiempo

Por otra parte, la adquisición de este tipo de equipos automatizados tiene un costo elevado los cuales son superiores a los \$10000



OBJETIVOS ESPECÍFICOS

OBJETIVO GENERAL

Diseñar y construir de una máquina automatizada para la fabricación de tubos de cartón para la industria papelera para la reducción de tiempo de producción.

Investigar el proceso que se realiza de manera industrial para la fabricación de tubos en espiral de cartón utilizados para la industria papelera.

Implementar la máquina entubadora basándose en las necesidades de producción que se necesita apoyándose en diferentes normativas para la fabricación de maquinaria industrial.

Programar la máquina para la fabricación de tubos de cartón de manera que realice de manera eficiente su propósito.

Realizar pruebas de validación de la máquina entubadora.



CARTÓN

Conformado por varias capas de cartón

Gramaje

Tipos de Papel Industrial : Papel Kraft 1^a,
Papel Kraft 2^a

Usos: Embalaje, fabricación de bolsas
alimentarias



ADHESIVO

Pueden ser naturales o sintéticos

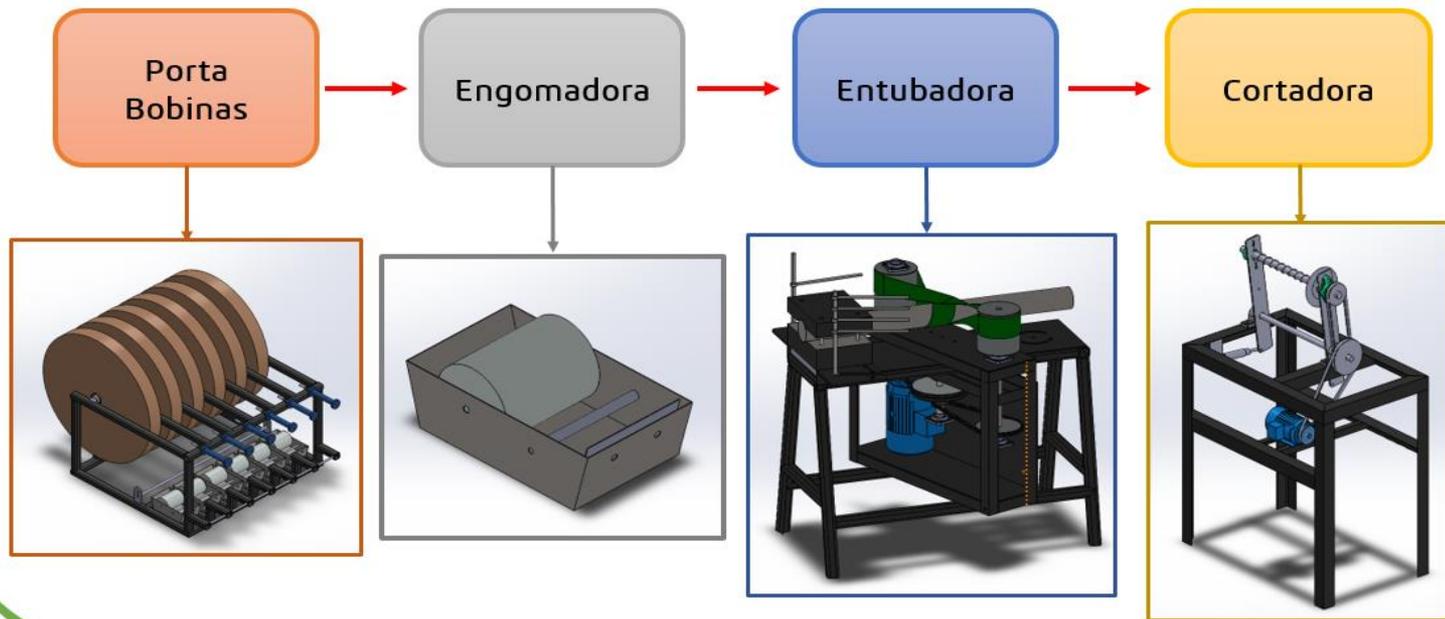
Sintéticos: mayor uso en el sector industrial

Tipos de adhesivos sintéticos: Por el número de componentes, Por las propiedades mecánicas.

Adhesivo de Contacto: pegado muy fuerte y con su fusión genera flexibilidad.



Máquina Entubadora

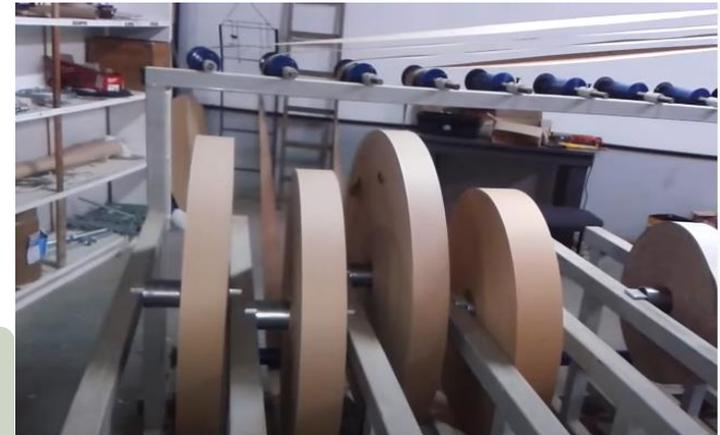


MÓDULO PORTABOBINAS

Variación de diseño

Las bobinas puedan variar de tamaño

El número de capas depende del número de bobinas



Marco Teórico

MÓDULO ENGOMADOR

Encargado de poner el adhesivo al cartón

Rodillos

Cascada

Inmersión



MÓDULO ENTUBADOR

Enrolla el cartón para
formar el canuto

Depende del diámetro
del eje base

Ya posee el adhesivo
correspondiente



MÓDULO CORTADOR

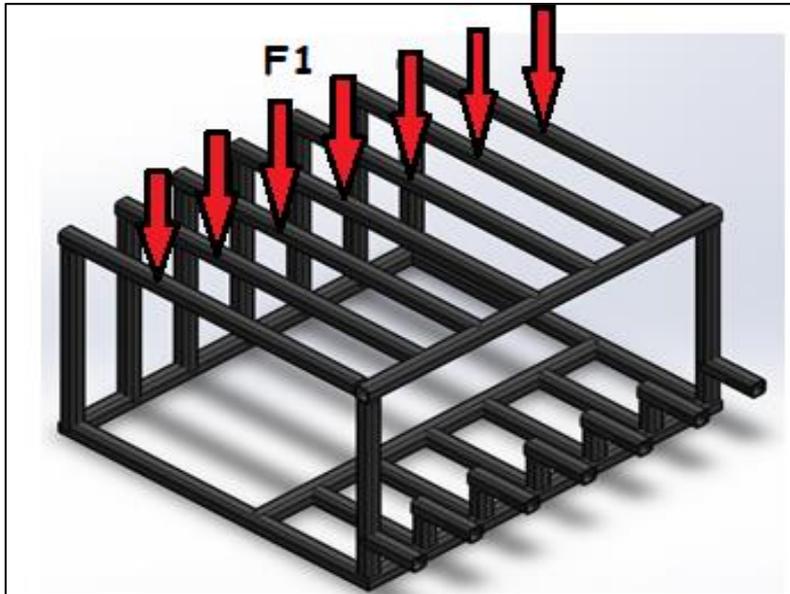
Corta el canuto

Puede cortar en diferentes longitudes

Puede ser simple o múltiple



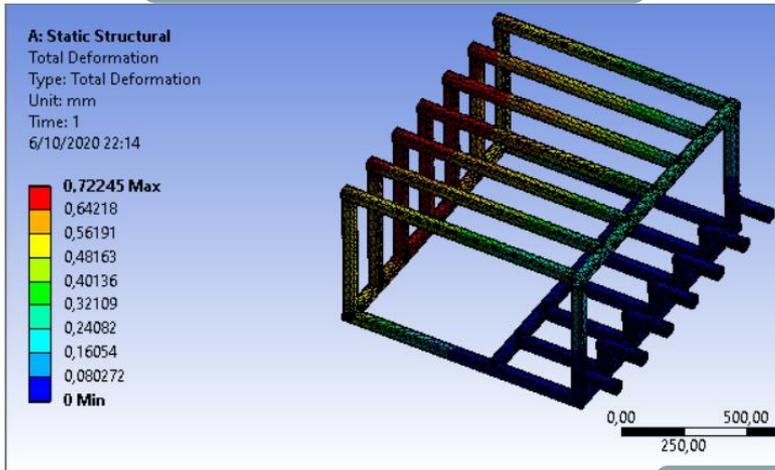
MÓDULO PORTABOBINAS



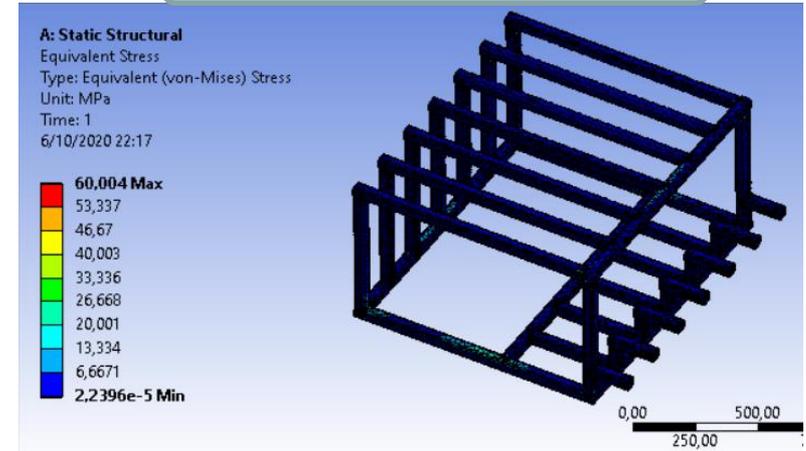
Total de 7 de 200 N cada uno ya que cada bobina de cartón posee un peso de 400 N, dando un total de la fuerza F_1 de 1400 N

MÓDULO PORTABOBINAS

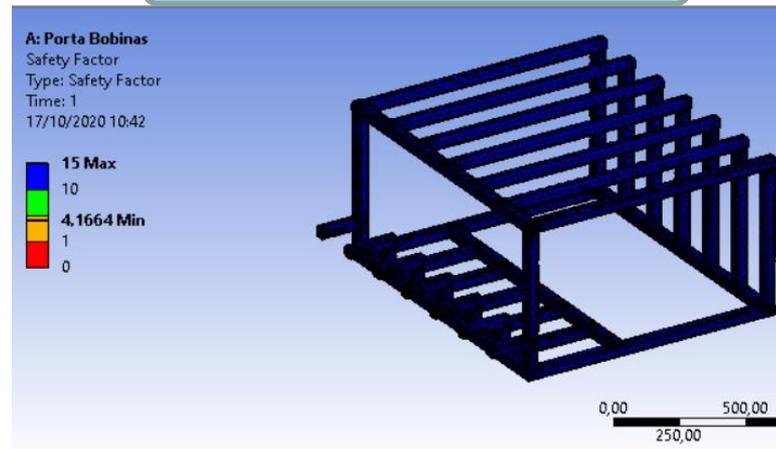
Deformación Total



Esfuerzo Equivalente

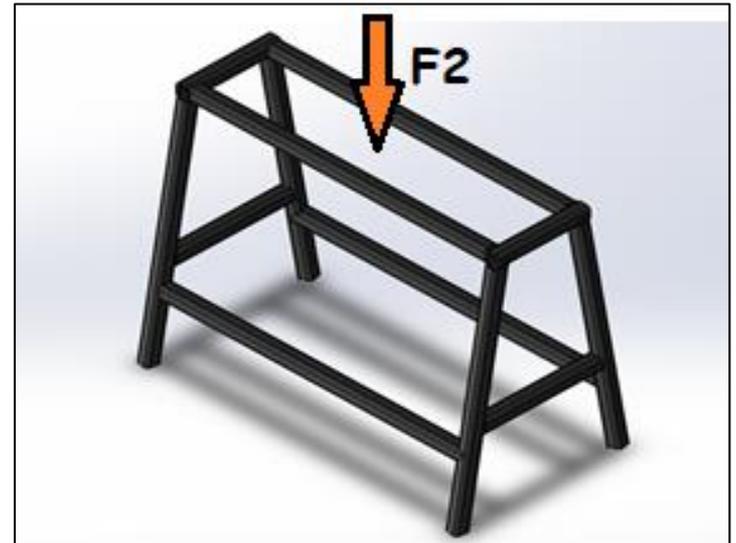


Factor de Seguridad



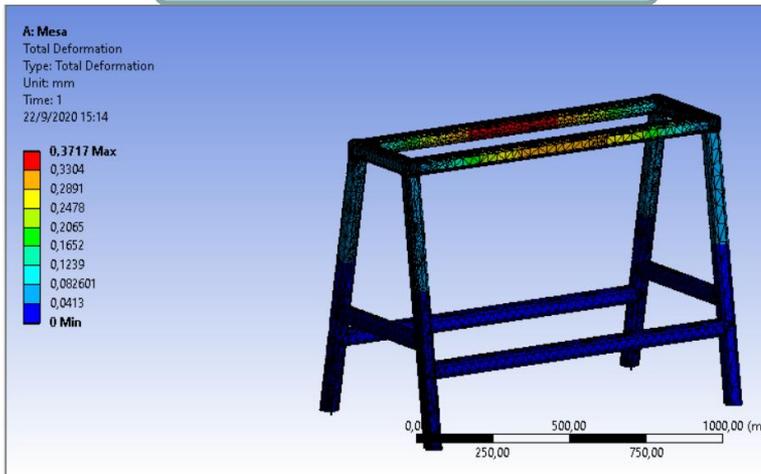
MÓDULO ENTUBADOR

Fuerza F_2 que representa el peso que estará sometida esta estructura la cual es aproximadamente de 4500 N para realizar el análisis se realizara con una fuerza de 5000N

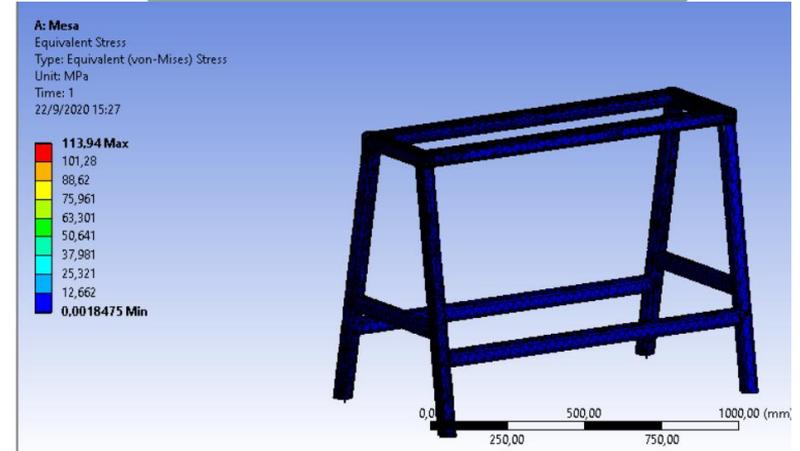


MÓDULO ENTUBADOR

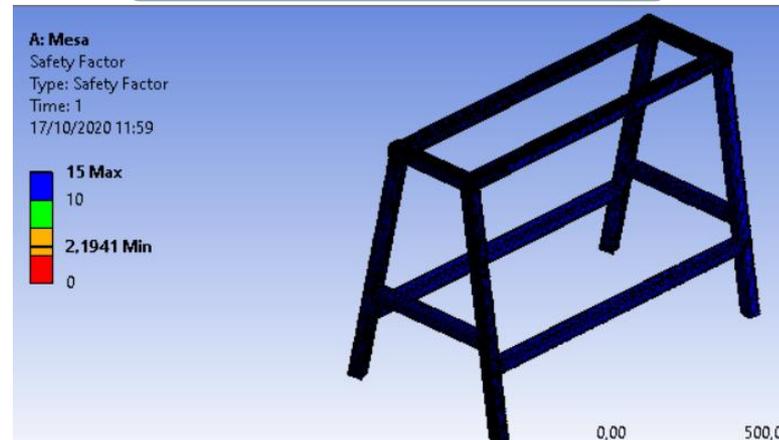
Deformación Total



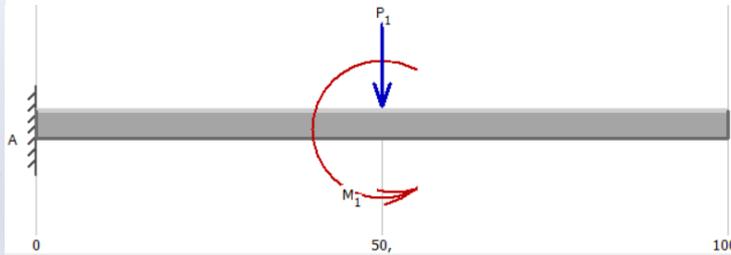
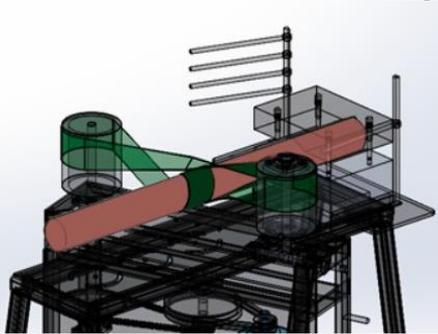
Esfuerzo Equivalente



Factor de Seguridad



MÓDULO ENTUBADOR (EJE NÚCLEO)



Fuerza que actúan en el eje núcleo del módulo de la entubadora que es el peso que se ejerce en el mismo que es de 750N y un torque de 7,68 Nm .

Diagrama de Fuerzas Cortantes

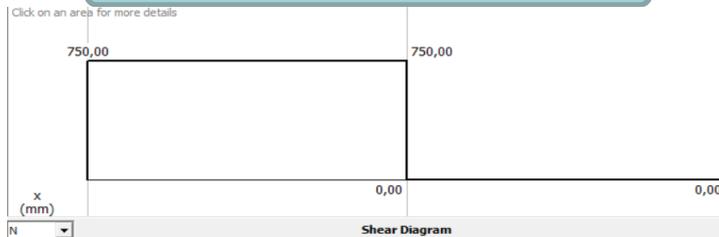


Diagrama de Momentos Flectores

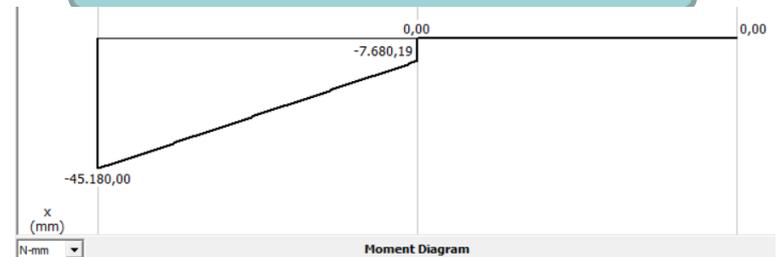
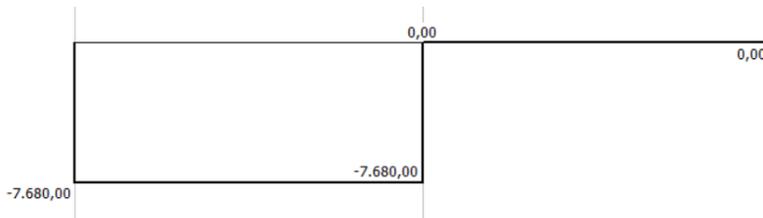


Diagrama de Torques

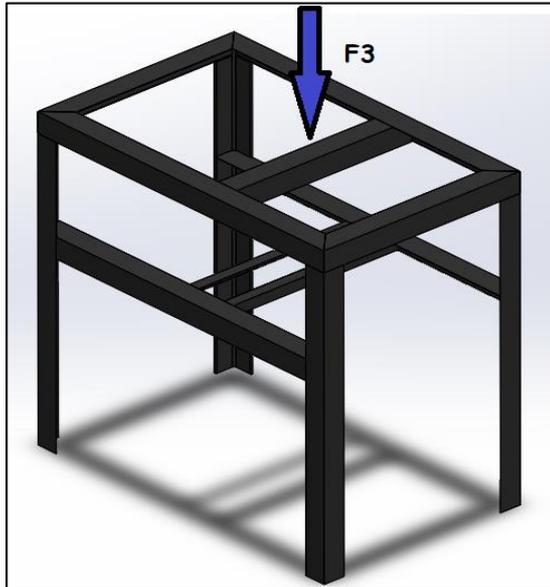


Factor de Seguridad

$$FS = 4.592$$



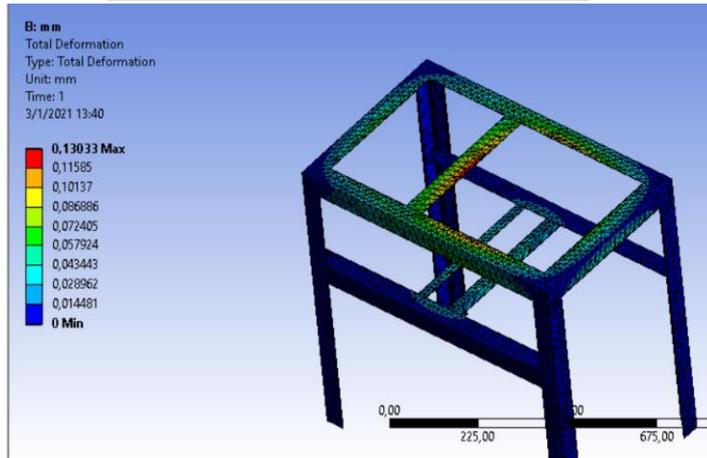
MÓDULO CORTADOR



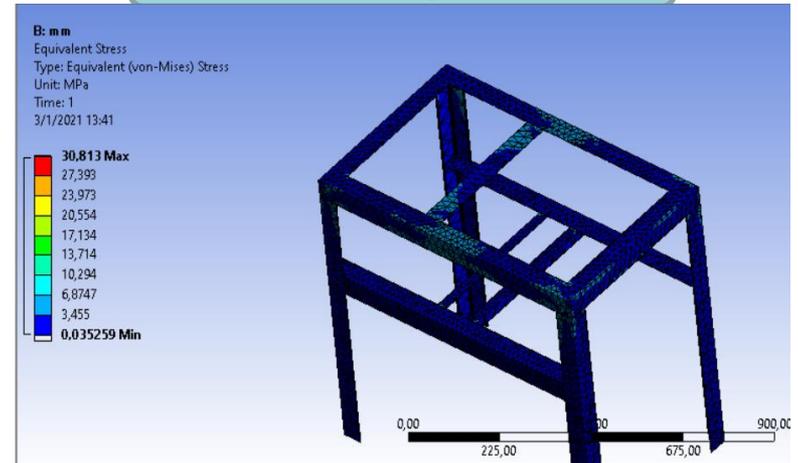
Fuerza F_3 que representa el peso que estará sometida esta estructura la cual es aproximadamente de 700 N para realizar el análisis se realizara con una fuerza de 1000N

MÓDULO ENTUBADOR

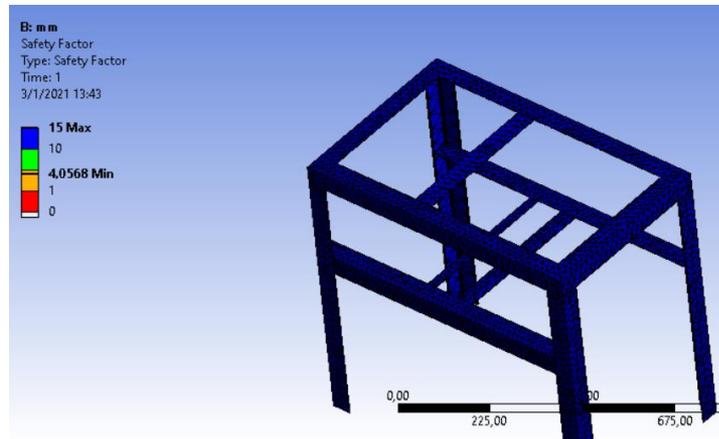
Deformación Total



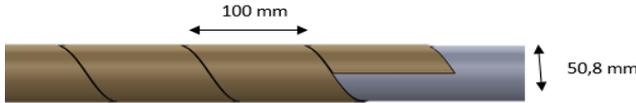
Esfuerzo Equivalente



Factor de Seguridad



SELECCIÓN DEL MOTOR



Velocidad de Trabajo

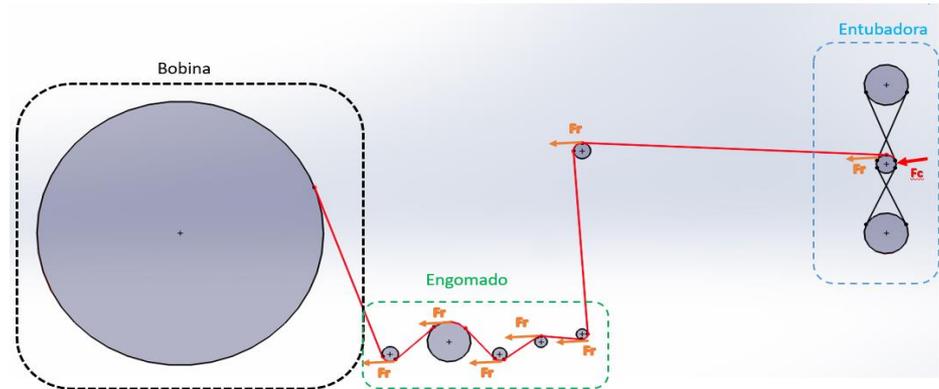
$$\omega_{enrollado} = \frac{30 \frac{m}{min}}{0.1 \frac{m}{rev}} = 300 \text{ rpm}$$

$$\omega_{cilindros} = 138.8 \text{ rpm}$$

$$N = m_{bobina} * g$$

$$N = 25.986 \text{ kg} * 1.1 * 9.81 \frac{m}{seg^2}$$

$$N = 280.4149 \text{ Newton}$$



Potencia

$$P_{motor} = 1400.8826 \text{ Watts}$$

$$P_{real} = 1556.53 \text{ watts} \rightarrow 2.087 \text{ HP}$$

$$F = 111.888 \text{ Newtons}$$

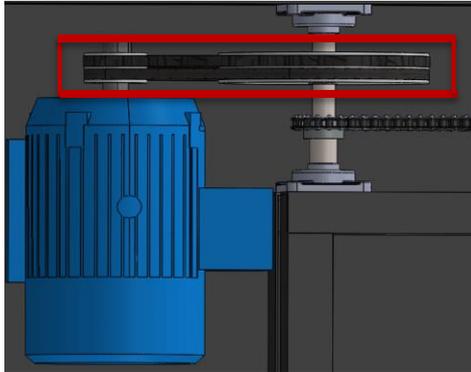
Se concluye utilizar un motor trifásico de 220vac 5 HP que gira a una velocidad nominal de 1800 rpm. Porque se trabaja a su 70 a 80% de su capacidad máxima.

DISEÑO DE TRANSMISIÓN DEL MÓDULO ENTUBADOR

Sistema de Bandas:

Polea 1= 2,5 pulg

Polea 2= 9 pulg



$$\#_{bandas} = \frac{6}{2.55} = 2.35 \text{ bandas}$$

Longitud de la Correa

$L = 28.198 \text{ pulg}$

Tipo de Banda

Tipo A

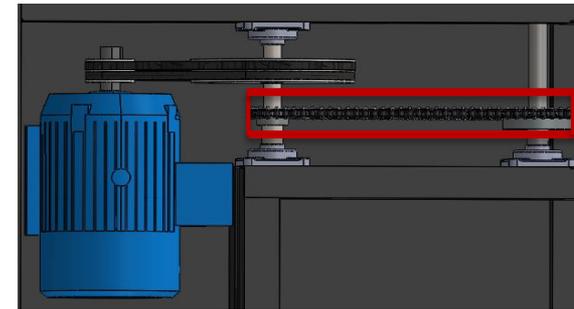
Selección de Banda

Banda 3VX 250

Sistema de Cadena:

Piñón N1 = 15

Piñón N2 = 48



Longitud de la Cadena

$L = 63.34 p$

Paso de la cadena

$RS 35 \rightarrow 1/2''$

Cantidad de eslabones

150

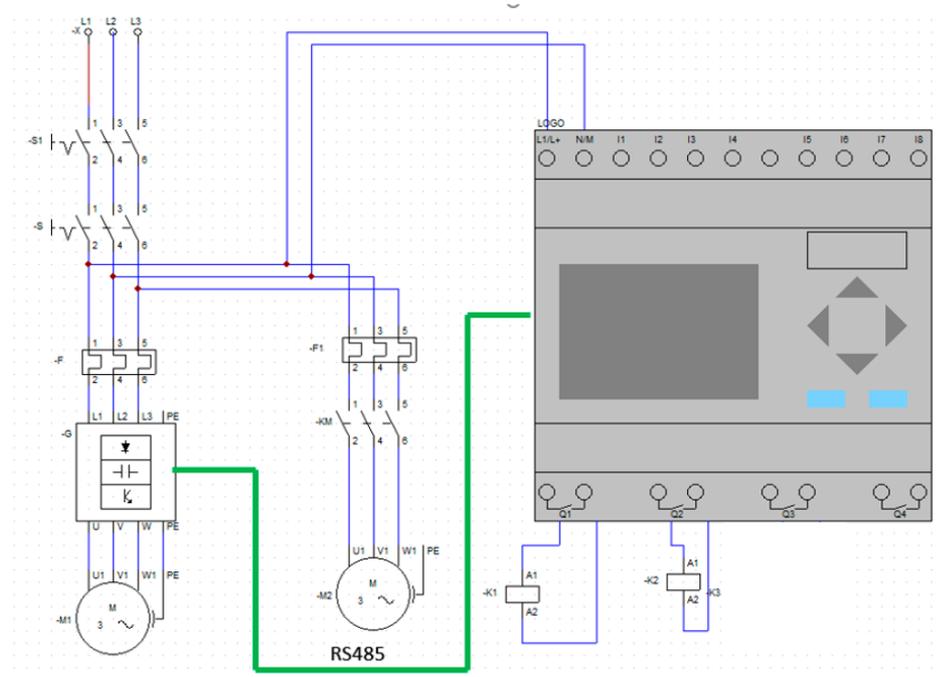
Tipo de Cadena

Simple

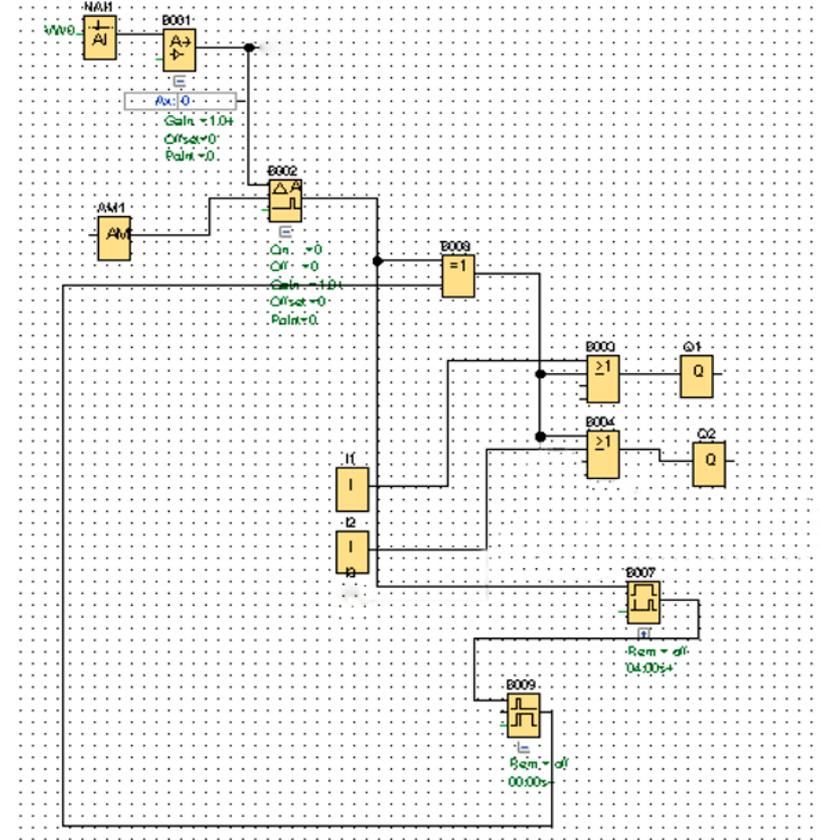
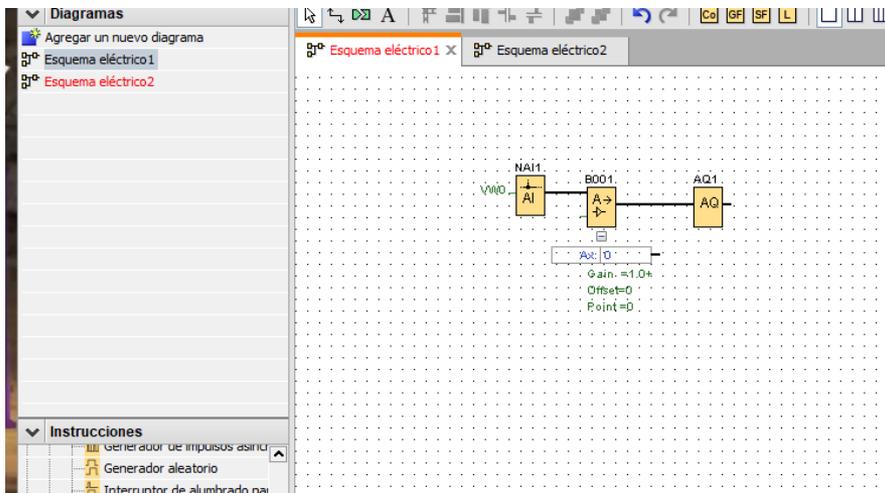
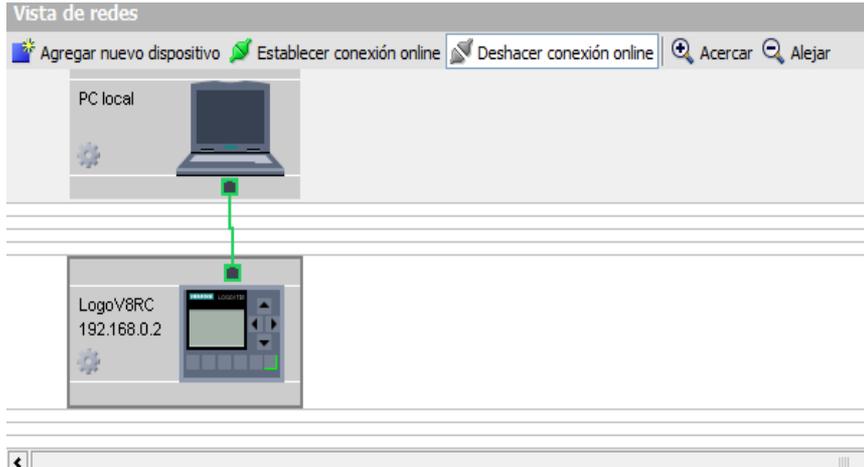


Diseño Eléctrico de Potencia

La Máquina Entubadora para el correcto funcionamiento de todos los módulos necesita 3 actuadores, dos de estos son eléctricos y los restantes son neumáticos, sin embargo, todos serán activados o controlados de manera electrónica.

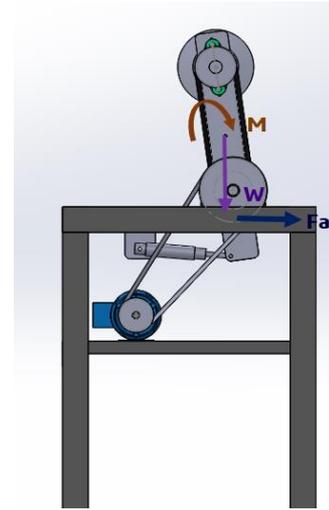
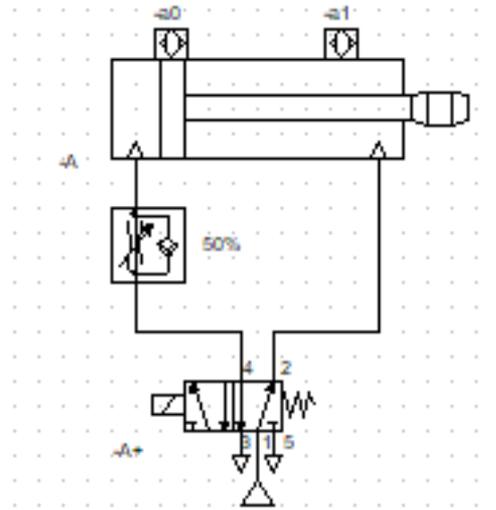


Programación del PLC



Circuito Neumático

DISEÑO DE LOS PISTONES



$$F_A = 113.5 \text{ N}$$

Resultado

$$D_{embolo} = 0.0098153 \text{ m}$$

Se concluye utilizar un cilindro neumático de diámetro de embolo 9 mm, pero un diámetro estándar de embolo es 16 mm y se necesita una carrera de 25 mm que representa el largo que necesitara para poder ingresar la cuchilla.

$$D^2 = \frac{4(F_{cor})}{\pi * P}$$



Pruebas y Resultados

Datos característicos de la máquina entubadora CONSTRUIDA

Área (m ²)	Número máximo de Capas	Engomado	Cortado	Velocidad máxima	Diámetros de Trabajo (pulgadas)	Operarios	Consumo (kW)
15	7	Rodillos	Automático	25 m/min	2 - 5	1	4.5



Pruebas y Resultados

Datos característicos de la máquina entubadora empresa UNIHOGAR

Área (m ²)	Número máximo de Capas	Engomado	Cortado	Velocidad máxima	Diámetros de Trabajo (pulgadas)	Operarios	Consumo (kW)
5	3	Rodillos	Manual	10 m/min	2 - 3	4	2.7



Pruebas y Resultados



Demanda Mensual de la Empresa INDUPAPEL

Tipo de Canuto	Demanda Mensual (Unidades)	Demanda Mensual (Metros)
Canuto 3 in x 9,3 cm	26 581	2472,033
Canuto 2 in x 20 cm	12 433	2486,6
Canuto 3 in x 22 cm	6 078	1337,16

Cuadro Comparativo: Tiempos de Producción del Canuto 3 in x 9,3cm

Máquina Entubadora	Tiempo de Bobinado (horas)	Tiempo de Corte de las Unidades (horas)	Tiempo Total (horas)
UNIHOGAR	20,6	48	68,6
CONSTRUIDA	5,15	48	48



Pruebas y Resultados

Cuadro Comparativo: Tiempos de Producción del Canuto 2 in x 20 cm

Máquina Entubadora	Tiempo de Bobinado (horas)	Tiempo de Corte de las Unidades (horas)	Tiempo Total (horas)
UNIHOGAR	20,72	24	44,72
CONSTRUIDA	5,18	24	24

Cuadro Comparativo: Tiempos de Producción del Canuto 3 in x 22 cm

Máquina Entubadora	Tiempo de Bobinado (horas)	Tiempo de Corte de las Unidades (horas)	Tiempo Total (horas)
UNIHOGAR	11,14	12	23,14
CONSTRUIDA	2,78	12	12



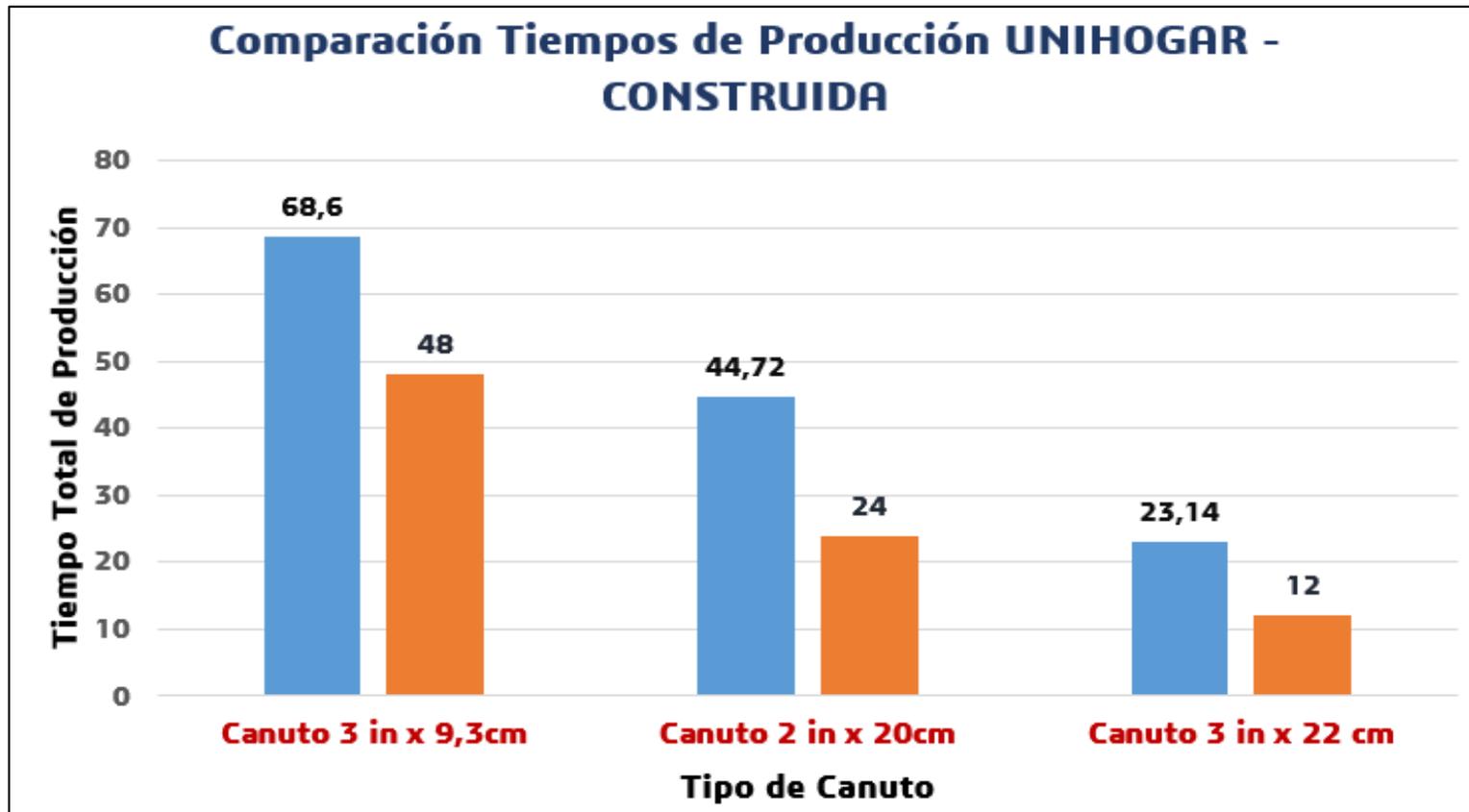
Validación de la Hipótesis

¿El diseño y construcción de una máquina automatizada para la fabricación tubos de cartón, permitirá reducir los tiempos de producción?

- **Hipótesis Alternativa:** El diseño y construcción de una máquina automatizada para la fabricación tubos de cartón, permitirá reducir los tiempos de producción
- **Hipótesis Nula:** El diseño y construcción de una máquina automatizada para la fabricación tubos de cartón, no permitirá reducir los tiempos de producción



Pruebas y Resultados



Conclusiones

- Mediante una exhaustiva investigación bibliográfica, se llegó a conocer los múltiples procesos que conllevan la fabricación de los tubos de cartón industria, basados en las aplicaciones que tienen estos, no solamente para en el enrollamiento o fabricación de papel higiénico sino para otros productos como los contenedores circulares de cartón, o núcleos de telas o materia prima maleable, de esto dependerá la selección del sistema de la máquina; con esta información se determinó los módulos necesarios a tomar en cuenta en la elaboración de la máquina como es el porta bobinas, el módulo de engomador, el módulo entubador y el módulo de corte.
- Con la investigación realizada acerca de las normativas usadas para la fabricación de maquinaria de tipo industrial, con la norma ISO 1200:2010 se llegó a considerar los aspectos para la reducción de riesgos para el diseño de máquina y/o la interacción de la misma tales como los factores geométricos que contiene como la visualización directa de las zonas de trabajo en este caso los tres módulos que posee la máquina entubadora, evitar los ángulos cortantes y salientes, otros factores considerados fueron los factores físicos que resaltan la selección de materiales que posean resistencia a la corrosión y al desgaste, refiriéndose a este aspecto los componentes y materiales que posee la máquina entubadora dan estabilidad al sistema ya que no representan o generan ni toxicidad, fragilidad o ruido de los módulos que la componen.



Conclusiones

- Se desarrolló un sistema de control fácil e intuitivo que permite al operario tener control total sobre la producción que se fabrica en la máquina entubadora, todo esto gracias al controlador lógico programable instalado en la máquina, muchas de las máquinas de este tipo de mecanismos simples no cuentan con esta tecnología, debido a que piensan que es un gasto innecesario, sin embargo, el uso de este tipo de herramientas ayuda a simplificar el sistema llevándolo a ser más eficiente en su labor, y otorgando la posibilidad de una actualización o una mejora al sistema sin recurrir a cambios totales en el sistema eléctrico o de control, además Siemens Logo V8 cuenta con un software de soporte fácil de manejar que permite modificar el programa del PLC de manera sencilla.
- Como resultado de las pruebas realizadas con la máquina entubadora de la empresa UNIHOGAR y la máquina diseñada y construida se comprobó que la máquina desarrollada su tiempo de producción es menor aproximadamente con 20 horas del tiempo total que incluyen tanto el tiempo de bobinado y el tiempo de corte de los canutos según las especificaciones de la demanda de la empresa INDUPAPEL, se redujo notablemente los tiempos de producción de los tubos de cartón para el papel higiénico debido al aumento de la velocidad a 8 m/min del módulo de la entubadora y a que posee un sistema de corte automático, además en todo este proceso no se requiere la intervención de más de un operario con lo que reduce costos a la empresa y aumenta su productividad.



Recomendaciones

- Uno de los aspectos fundamentales a tener en cuenta en el desarrollo del sistema de la máquina entubadora, es fijarse en el mercado que se va a proveer, ya que existen diversos tipos de sistemas, tanto para en el enrollamiento del papel, como para el engomado, y el corte; también es importante fijarse en el volumen de producción que se aspira generar con la máquina a diseñar, ya que este proceso industrial dependiendo de su aplicación, poseerá diferentes costos.
- Para el diseño y construcción de la máquina automatizada previamente se debe considerar los riesgos, espacio y personal que va a operar la máquina para su diseño ya que el mismo debe garantizar seguridad, tener una vida útil larga y que su funcionamiento sea el adecuado cumpliendo con los estándares de una máquina industrial, se debe tener en cuenta las recomendaciones de la norma ISO 1200:2010 la cual plantea consideraciones de factores geométricos tales como evitar aristas cortantes, ángulos agudos, factores físicos como evitar las vibraciones, corrosión de los componentes de la misma, también el uso de tecnología adecuada para evitar riesgos potenciales explosivos.



Recomendaciones

- Al momento de seleccionar el controlador a utilizar se debe tener en cuenta varios parámetros como son los protocolos de comunicación, los elementos a utilizar y el conocimiento sobre la marca a utilizar. Si se pretende configurar módulos externos como variadores de frecuencia se debe tener en cuenta la comunicación que este posee y los direccionamientos de memoria para poder obtener los datos deseados.
- La máquina construida está diseñada para ser mejorada en un futuro es decir cada uno de sus módulos puede ser modificado para mejorar tanto su funcionamiento como su velocidad de producción, es decir, el porta bobinas puede ser replicado para poder entubar más capaz, debido a que el motor posee una potencia suficiente para mover hasta 12 capaz; de igual manera gracias a la instalación del PLC en la máquina, da la posibilidad de ingresar la máquina un sistema SCADA para tener un control total sobre la producción de la misma, y por último se debe recalcar que si se añaden más cuchillas al módulo cortador, los tiempos de producción serán mucho más cortos.







ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECATRÓNICO

**TEMA: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA
AUTOMATIZADA PARA LA FABRICACIÓN DE TUBOS DE CARTÓN
PARA LA INDUSTRIA PAPELERA PARA LA REDUCCIÓN DE
TIEMPOS DE PRODUCCIÓN”**

AUTORES:

- CASA BALCAZAR, MARIA BELEN
- MORA AGUILAR, JORGE LUIS

DIRECTOR:

ING. ARTEAGA LÓPEZ, OSCAR BLADIMIR

LATACUNGA 2021

