# DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UNA MÁQUINA PARA ENROLLAR CINTA DE PAPEL

SERGIO ALEJANDRO CARDENAS NUÑEZ

MICHEL EFREN HERREÑO BELTRÁN

Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Facultad de Tecnología

Bogotá, Colombia

2020

# DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UNA MÁQUINA PARA ENROLLAR CINTA DE PAPEL

SERGIO ALEJANDRO CARDENAS NUÑEZ

MICHEL EFREN HERREÑO BELTRÁN

Director:

Mauricio González colmenares

Proyecto de grado para optar al título de:

Tecnólogo en mecánica

Modalidad:

Monografía

Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Facultad de Tecnología

Bogotá, Colombia

2020

***HOJA DE ACEPTACIÓN***

_____

Director del proyecto

_____

Jurado

_____

Jurado

Bogotá, Colombia

2020

## *DEDICATORIA*

Durante lo largo de este ciclo de aprendizaje pasamos mucho momentos difíciles y emocionantes que nos llenaron de dedicación y amor por nuestra carrera, sabemos que el proceso de estudio en esta institución de educación superior es muy difícil de iniciarlo y mantenerse y aun así, nuestras ganas de salir adelante, de aprender, de nuestra responsabilidad, dedicación, entrega y de llegar a ser unos profesionales íntegros, nos llevaron a superar cualquier obstáculo y poder llegar a convertirnos en esos profesionales que siempre hemos querido ser.

Por eso es que este proyecto va dedicado a nuestros padres que siempre estuvieron en nuestro proceso de estudio, que nos brindaron sus apoyos incondicionales, que siempre han estado desde el inicio y van a estar guiándonos y apoyando hasta el final de nuestras vidas, a nuestros padres quienes siempre tenían las palabras correctas para alentarnos a seguir con nuestro proceso, cuando nosotros perdíamos toda fe y esperanza de nuestro desempeño.

A esos profesores que nos brindaban sus conocimiento y experiencias para poderlas aprovechar y utilizar durante nuestro ciclo educativo y vida laboral, a ellos que dedican su tiempo para resolver nuestras dudas y apoyarnos para así poder convertirnos en unos grandes profesionales.

A nuestros compañeros con los cuales vivimos diferentes experiencias de aprendizaje, competencia, lealtad y ganas de salir adelante, para así poder convertirnos en esos grandes profesionales que soñamos ser.

## *AGRADECIMIENTOS*

En primera instancia agradecemos a Dios, por la vida y la oportunidad de poder cumplir uno de nuestros sueños.

Agradecemos a nuestros padres por la oportunidad de estudiar en esta maravillosa institución de educación superior, la cual a aportado una educación de alta calidad en nuestras vidas, por lo tanto, estamos totalmente agradecidos por el apoyo durante todo este proceso de enseñanza.

Agradecemos a todos nuestros docentes y compañeros que nos brindaron sus conocimientos necesarios durante nuestro ciclo educativo, el cual nos ayudó para forma poco a poco nuestra capacidad investigativa, analítica y comprender muchos procesos importantes para nuestra vida, nuestro desempeño laboral y para formarnos como grandes profesionales íntegros.

# SIMBOLOGÍA

| | | |
|---|---|---|
| A | Área | m2 |
| V | Volumen | m3 |
| ω | Velocidad angular | rad/s |
| P | Potencia | HP |
| Fs | Factor de servicio | |
| Pb | prestación base | HP |
| r | Radio de giro | cm |
| Sut | Resistencia última a la tensión (propiedad del material) | MPa |
| Se | Límite de fatiga del elemento mecánico | MPa |
| Sy | Límite de resistencia a la fluencia | MPa |
| W1 | Peso promedio del ovillo | Kg |
| σ | Esfuerzo por flexión | kgf/m2 |
| λ | Esfuerzo por cortante | kgf/m2 |
| n | Coeficiente de seguridad | MPa |
| Se’ | Límite de resistencia a la fatiga de la probeta | MPa |
| F | Fuerza ejercida | N |
| G | Módulo de elasticidad por cortante | MPa |
| T | Torque | N*m |
| Fa | Fuerza axial | N |
| Fr | Fuerza radial | N |
| M | Momento | N*m |
| a | Aceleración lineal | m/s2 |
| v | Velocidad lineal | m/s |
| α | Aceleración angular | rad/ s2 |

# INDICE

**HOJA DE ACEPTACIÓN** ..... **3**

**RESUMEN** ..... **13**

**ABSTRACT** ..... **14**

**INTRODUCCIÓN** ..... **15**

**1. CAPÍTULO I** ..... **16**

**1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA** ..... **16**

**1.2. ESTADO DEL ARTE** ..... **17**

**1.3. JUSTIFICACIÓN** ..... **18**

**1.4. OBJETIVOS** ..... **19**

1.4.1. OBJETIVO GENERAL ..... 19
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS ..... 19

**2. CAPÍTULO II** ..... **20**

**2.1. MARCO DE REFERENCIA** ..... **20**

2.1. INTRODUCCIÓN ..... 20
2.3. PAPEL ..... 21
2.4. ENROLLADORA DE CINTA DE PAPEL ..... 21
*2.4.1. FUNCIONAMIENTO DE UNA ENROLLADORA* ..... *21*
2.5. RODILLO-GUÍA ..... 22
2.6. CORREA TRAPEZOIDAL ..... 23
*Ventajas* ..... *23*
*Desventajas* ..... *23*
2.7. MOTOR ENCODER ..... 24
2.8. ARDUINO ..... 25

**3. CAPÍTULO III** ..... **27**

**3.1. PROPUESTAS DE DISEÑO** ..... **27**

3.1.1. MÁQUINA ENROLLADORA CON SISTEMA DE TRACCIÓN MANUAL POR MEDIO DE MANIVELA. ..... 27
3.1.2. MAQUINA ENROLLADORA CON SISTEMA DE GUIADO VERTICAL, EJES ENROLLADORES EXPANDIBLE Y SISTEMA DE TRANSMISIÓN POR CADENA. ..... 28
3.1.3. MAQUINA ENROLLADOR SISTEMA DE GUIADO HORIZONTAL, CON EJE SUJETADOR Y EJE BOBINADOR CON UN SISTEMA DE TRANSMISIÓN MEDIANTE UN MOTOR ENCODER. ..... 29
3.2. SELECCIÓN DE LA PROPUESTA A DISEÑAR ..... 30

**4. CAPÍTULO IV** ..... **33**

**4.1. DISEÑO DE LA MÁQUINA ENROLLADORA DE CINTA DE PAPEL** ..... **33**

**4.2. CARACTERÍSTICAS INICIALES DE DISEÑO** ..... **33**

4.3. DISEÑO DE LA TRANSMISIÓN DE POTENCIA ..... 33
*4.3.1. Selección del motor.* ..... *33*
*4.3.2. Diseño y selección de la transmisión de potencia.* ..... *35*
*4.3.3. Transmisión por correa.* ..... *35*
4.4. DISEÑO DEL SISTEMA DE ENROLLADO ..... 39
4.5. ASIGNACIÓN DEL TIPO DE MATERIAL ..... 40
4.6. DISEÑO DEL EJE SUJETADOR ..... 41

*4.6.1. Cálculo de la resistencia a la fatiga real estimada Sn´.* 41
*4.6.2. Factor de diseño.* 43
*4.6.3. velocidad que gira el eje.* 43
*4.6.4. Cálculo del torque que transmiten los elementos.* 43
*4.6.5. Cálculo de las fuerzas tangenciales y radiales sobre el eje:* 44
*4.6.6. Carga del eje enrollador sobre eje sujetador.* 45
*4.6.7. Cálculo de las reacciones en el eje.* 45
*4.6.8. Cálculos de las fuerzas de reacción en y.* 47
*4.6.9. Concentradores de esfuerzo.* 49
*4.6.10. Cálculo de los diámetros en los diferentes puntos del eje* 49
*4.6.11. Determinación del factor de concentración de esfuerzos varios.* 50
*4.6.12. Diseño del eje enrollador.* 52
*4.6.13. Cálculo de la fuerza distribuida.* 53
*4.6.14. Cálculo de las reacciones en el eje x.* 54
*4.6.15. Cálculos de las fuerzas de reacción en y.* 55
*4.6.16. Cálculo del diámetro del eje.* 57
4.7. SELECCIÓN DE LOS RODAMIENTOS 58
*4.7.1. Cálculo de cargas* 59
*4.7.2. Cálculo del factor de velocidad fn y el factor de vida fh de los rodamientos* 60
*4.7.3. Diseño a carga dinámica* 60
*4.7.4. Diseño debido a carga estática* 61
*4.7.5. Ecuación del factor del esfuerzo estático.* 62
4.8. DISEÑO DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA DE GUIADO 63
4.9. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA 64
*4.9.1. Descripción de la estructura* 64
*4.9.2. Geometría de la estructura* 65
*4.9.3. Cargas constantes* 65
*4.9.4. Cargas que actúan sobre la estructura* 66
*4.9.5. Análisis de esfuerzos* 66
*4.9.6. Análisis de la deformación* 67
*4.9.7. Cálculos de la deformación de la estructura.* 67
*4.9.8. Cálculo de la esbeltez para elementos atiesados.* 68
*4.9.9. El cálculo de resistencia* 69
4.10. DISEÑO ELÉCTRICO 69
**5. CAPÍTULO V 72**
**PROCESO DE CONSTRUCCIÓN Y ENSAMBLE DE LA MÁQUINA ENROLLADORA DE CINTA DE PAPEL 72**
5.1. DESARROLLO 72
5.2. ENSAMBLE DE LA MÁQUINA ENROLLADORA 72
5.3. HERRAMIENTAS 74
5.4. PROCESO DE ENSAMBLE 75
5.5. FLUJOGRAMA DE PROCESOS DE CONSTRUCCIÓN 77
5.6. MONTAJE DE LA ENROLLADORA 81
5.7. FLUJOGRAMA DEL PROCESO DE MONTAJE 83
**6. CAPÍTULO VI 84**
6.1. PUESTA A PUNTO 84
6.2. ANÁLISIS DE COSTOS 86
**7. CAPÍTULO VII 88**
7.1. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 88

*7.1.1. Conclusiones* ..... *88*
*7.1.2. Recomendaciones* ..... *89*
ANEXOS ..... 91
- *ANEXO A. Planos de fabricación* ..... *91*
- *ANEXO B. Catálogo general NTN rodamientos* ..... *91*
- *ANEXO C. Catálogo general DUNLOP de correas* ..... *91*

INDICE DE FIGURAS

**FIGURA 1. MÁQUINA ENROLLADORA DE CINTA TEMA....17**
**FIGURA 2. CARRETELES DE CINTA....20**
**FIGURA 3. RODILLO-GUÍA....22**
**FIGURA 4. CORREA TRAPEZOIDAL, (A-CORREA TRAPEZOIDAL ENROLLADA), (B-CORREA TRAPEZOIDAL DENTADA)....24**
**FIGURA 5. ESQUEMA DE UN ENCODER....25**
**FIGURA 6. TARJETA ARDUINO....26**
**FIGURA 7. PROPUESTA DE DISEÑO 1....27**
**FIGURA 8. PROPUESTO DE DISEÑO 2....28**
**FIGURA 9. PROPUESTA DE DISEÑO 3....29**
**FIGURA 10. PRESENTACIÓN DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA....35**
**FIGURA 11. FACTOR DE SERVICIO PARA BANDA V....36**
**FIGURA 12. PROPIEDADES MECÁNICAS DE ALGUNOS ACEROS....41**
**FIGURA 13. FUERZAS EN EL EJE X....46**
**FIGURA 14. DIAGRAMA FUERZA CORTANTE Y MOMENTO FLECTOR PLANO X....47**
**FIGURA 15. FUERZAS EN EL EJE Y....47**
**FIGURA 16. DIAGRAMA FUERZA CORTANTE Y MOMENTO FLECTOR PLANO Y....48**
**FIGURA 17. CAMBIO DE SECCIÓN EN UN EJE SOMETIDO A A) FLEXIÓN Y B) TORSIÓN....51**
**FIGURA18. DISEÑO EJE SUJETADOR....52**
**FIGURA 19. CARGA DISTRIBUIDA EN EL EJE BOBINADOR....53**
**FIGURA 20. FUERZAS EN X DEL EJE BOBINADOR....54**
**FIGURA 21. DIAGRAMA FUERZA CORTANTE Y MOMENTO FLECTOR PLANO X....55**
**FIGURA 22. FUERZAS EN Y DEL EJE BOBINADOR....56**
**FIGURA 23. DIAGRAMA FUERZA CORTANTE Y MOMENTO FLECTOR PLANO Y....57**
**FIGURA 24. DISEÑO EJE ENROLLADOR....58**
**FIGURA 25. SISTEMA DE GUIADO DE LA CINTA....63**
**FIGURA 26. PROPIEDADES DE LOS ACEROS ESTRUCTURALES....65**
**FIGURA 27. VISTA ISOMÉTRICA DE LA ESTRUCTURA DE LA BOBINADORA....65**
**FIGURA 28. ANÁLISIS DE ESFUERZOS EN LA ESTRUCTURA (MM)....66**
**FIGURA 29. ANÁLISIS DE ESFUERZOS EN LA ESTRUCTURA (MPA)....67**

**FIGURA 30. ESQUEMA DE CONEXIÓN....70**
**FIGURA 31. CÓDIGO ARDUINO....71**
**FIGURA 32. FLUJOGRAMA DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA....78**
**FIGURA 33. FLUJOGRAMA DE CONSTRUCCIÓN DEL SUBSISTEMA DE BOBINADO....78**
**FIGURA 34. FLUJOGRAMA DE CONSTRUCCIÓN DEL SUBSISTEMA DE GUIADO....79**
**FIGURA 35. FLUJOGRAMA DE CONSTRUCCIÓN DEL SUBSISTEMA DE DISTRIBUCIÓN....79**
**FIGURA 36. FLUJOGRAMA DE CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA MOTRIZ DE LA BOBINADORA....80**
**FIGURA 37. FLUJOGRAMA DE CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO....80**
**FIGURA 38. FLUJOGRAMA DEL MONTAJE....83**
**FIGURA 39. RESULTADO FINAL....84**
**FIGURA 40. CINTA DE SERPENTINA FINAL....85**
**FIGURA 41. SISTEMA DE TRACCIÓN DE LA ENROLLADORA....85**
**FIGURA 42. MONTAJE DE LA CINTA EN LOS TENSORES Y RODILLOS....86**
**FIGURA 43. SISTEMA DE POTENCIA Y SERVO MOTOR-ENCODER....86**

INDICE DE TABLAS

**TABLA 1. ANÁLISIS DE LA ALTERNATIVA A DISEÑAR....30**
**TABLA 2. DATOS DE LA PLACA DEL MOTOR SELECCIONADO....34**
**TABLA 3. DATOS TÉCNICOS DEL RODAMIENTO....63**
**TABLA 4. SISTEMAS Y COMPONENTES QUE CONSTITUYEN LA MÁQUINA ENROLLADORA....73**
**TABLA 5. HERRAMIENTAS E INSTRUMENTOS PARA MECANIZADO....74**
**TABLA 6. OPERACIONES MECÁNICAS Y TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN....75**
**TABLA 7. MONTAJE DE LA ESTRUCTURA....81**
**TABLA 8. MONTAJE DEL SUBSISTEMA DE BOBINADO....81**
**TABLA 9. MONTAJE DEL SUBSISTEMA DE GUIADO....81**
**TABLA 10. MONTAJE DEL SUBSISTEMA DE DISTRIBUCIÓN....82**
**TABLA 11. MONTAJE SISTEMA MOTRIZ DE LA BOBINADORA....82**
**TABLA 12. MONTAJE SISTEMA ELÉCTRICO....82**
**TABLA 13. COSTO ELEMENTOS....87**

## *RESUMEN*

En el siguiente documento se presenta un diseño de una enrolladora de precisión con la finalidad de poder facilitar la producción de cintas serpentinas a las microempresas de comercialización de piñatería ya que estas no cuentan con la maquinaria necesaria para empezar a producir estos productos; estas máquinas se comercializan en países de gran importancia en la industria textil por tal motivo son, maquinarias de gran tamaño, gran poder productivo, y de gran costo que generaría grandes costos en la industria colombiana por conceptos de importación y mantenimiento.

Nuestra investigación e idea es de vital importancia para nuestra economía nacional ya que es un diseño pensado en nuestros microempresarios con la finalidad de diseñar una máquina capaz de enrollar cintas de papel, específicamente serpentinas necesarias para poder competir dentro de la industria de la piñatería; Por lo tanto esta máquina está pensada con un diseño muy práctico, sencillo, eficiente y económico que brinde un buen funcionamiento y confianza para el comerciante y que sea una máquina asequible tanto en precio como mantenimiento y uso para su buen desempeño.

***ABSTRACT***

In the following document, a design of a precision reel is presented in order to facilitate the production of serpentine tapes for the piñateria marketing micro-companies since they do not have the necessary machinery to start producing these products; These machines are marketed in countries of great importance in the textile industry for this reason they are large machinery, great productive power, and of great cost that would generate great costs in the Colombian industry for import and maintenance concepts.

Our research and idea is of vital importance for our national economy since it is a design thought by our micro-entrepreneurs in order to design a machine capable of winding specifically serpentine tapes necessary to be able to compete within the piñateria industry; Therefore this machine is designed with a very practical, simple, efficient and economical design that provides good operation and confidence for the merchant and that is an affordable machine both in price and maintenance and use for its good performance.

## *INTRODUCCIÓN*

Mediante investigaciones preliminares en la industria de la piñatería y producción de cintas serpentinas nos dimos cuenta que estas cintas son productos muy comerciales de gran movimiento económico en la ciudad; Por la tanto nos dimos a la tarea de investigar su forma de fabricación, comercialización y distribución, llegando a la conclusión de que las grandes empresas son las únicas con la capacidad de producir este producto, ya que cuentan con un espacio de producción y además con la maquinaria importada que es capaz de generar grandes cantidades de cintas necesarias para producir su demanda; Estas máquinas son de gran tamaño, generan grandes costos tanto en producción, como en mantenimiento lo que no favorece al precio final del producto.

De acuerdo a esta problemática ya mencionada, se dispuso a diseñar una máquina enrolladora de precisión que fuera capaz de generar la misma producción necesaria de cintas serpentinas, que se caracterizará por ser un diseño muy práctico de utilizar, mover y mantener durante el tiempo de uso, por lo tanto se diseñó esta enrolladora que cumple con todas nuestras ideas presentadas, ya que es un máquina que por sus dimensiones se puede ubicar en espacios muy pequeños donde no puede incomodar al microempresario; Está hecha de materiales nacionales los cuales son muy baratos por lo tanto su costo comercial no es elevado, es muy asequible por cualquier persona que quiera una nueva forma de producción; Sus gastos de mantenimiento son mínimos, no necesita de lubricantes especiales ni de operarios capacitados para su uso o mantenimiento.

Es una máquina muy económica, eficiente y muy práctica que busca dar un impacto importante dentro de la ciudad y del comercio especializado en esta clase de productos, ya que va a favorecer a todos los microempresarios que quieran producir y comercializar sus propias cintas serpentinas a muy bajos costos.

# *1. CAPÍTULO I*

## 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente en la industria de papelería y piñatería ha tenido un constante crecimiento significativo, siendo así una actividad económica muy importante tanto para las grandes empresas como para las pequeñas tiendas dedicadas a esta industria y así de esta manera poder generar empleo a nivel nacional, por lo tanto, esta propuesta va desarrollada a esas pequeñas empresas que entre menos costoso salga el producto mayor rentabilidad producen.

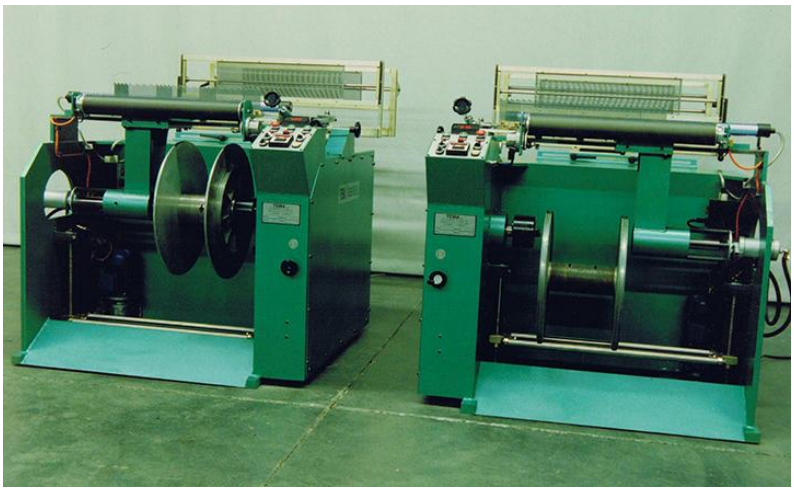
En las diferentes industrias se han desarrollado varios tipos de máquinas y métodos automáticos para garantizar un buen desempeño tanto en producción como en eficiencia, siempre enfocadas a minimizar costos, aumentar producción, garantizar una eficiencia en cada proceso que esta realice, disminuir tiempos considerables de producción y principalmente cambiar la ejecución artesanal mediante la tecnificación y apoyo de las nuevas herramientas y conocimientos puestos en práctica para poder garantizar una buena construcción y desempeño de proyecto; como por ejemplo en la industria textil tenemos enrolladoras de tela o hilo que encarrilan u ordenan el producto para su comercialización; en la industria del plástico se han dispuesto máquinas a fines como es la enrolladora de plástico; así entonces en la industria del papel se caracteriza la enrolladora plana de rollos en donde enrollan y desenrollan grandes tambores de cinta para su posterior corte; por lo tanto en la fabricación de la cinta serpentina una enrolladora es una máquina en donde enrolla la cantidad precisa de cinta y así poder obtener rollos de diferentes longitudes y poder garantizar diferentes anchos necesarios a disposición.

Por lo tanto, este proyecto va diseñado y analizado para esas pequeñas empresas que buscan una nueva forma de emprender y así poder facilitar la producción a gran escala del producto sin olvidar los bajos costos que este nuevo diseño va a generar, favoreciendo en gran medida a su economía y al impacto comercial que puede generar en la industria.

## 1.2. ESTADO DEL ARTE

Al realizar una investigación muy detallada de las clases y tipos de máquinas que se diseñaron en diferentes países, característicos por su gran desempeño y constante desarrollo social e industrial, se pudo concluir que el diseño y fabricación de máquinas enfocadas en cintas y todo tipo de derivado de este material se desarrolló en Italia, una de sus más grandes empresas (TEMA), la cual es la más reconocida a nivel mundial fundada en 1978 y que se ha caracterizado por la fabricación de máquinas automáticas para acondicionar cintas, a lo largo de su gran carrera y experiencia se han dedicado a estudiar, crear y realizar una gran cantidad de máquinas industriales que operan a lo largo del mundo.

***Figura 1. máquina enrolladora de cinta tema***



Fuente.www.temaitalia.com/esl/Historia

Sin embargo, estas máquinas se caracterizan por ser de gran tamaño y de un peso considerable, lo que nos llevó en esta investigación a concluir que todas las empresas dedicadas a esta labor se enfocan por diseñar máquinas con las mismas dimensiones para industrias de gran desempeño, olvidando a esas empresas minoritarias con bajos recursos, y de allí nació la idea de una máquina compacta, práctica y de muy bajo costo que desarrolle la misma funcionalidad de estas grandes máquinas.

## 1.3. JUSTIFICACIÓN

El desarrollo de la idea de diseñar una maquina enrolladora de cinta nace al observar la necesidad de las microempresas por la fabricación de serpentinas para su misma comercialización, debido a que su principal fuente de ingresos es la piñatería la cual tienen como objetivo la fabricación propia de estos productos a comercializar para lograr una mayor ganancia, pero en este caso las microempresas no están fabricando su propia cinta (serpentina) por los costos tan elevados de las máquinas especializadas en la producción de esta cinta y que además son maquinarias de gran tamaño y peso que para estos comerciantes no salen conveniente invertir en estas, lo que nos llevó a la conclusión de que es necesario que el microempresario tuviera la oportunidad de producir sus propios rollos de cinta y así poder comercializarlos.

## 1.4. OBJETIVOS

### 1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar y fabricar una máquina de enrollamiento de cintas de papel para facilitar la comercialización de estos productos en el mercado.

### 1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar y establecer las diferentes condiciones de diseño para una máquina enrolladora de cinta serpentina de papel.
- Determinar y desarrollar los cálculos necesarios para poder fabricar la máquina enrolladora de cinta de papel.
- Desarrollar la puesta a punto para verificar su buen funcionamiento y efectividad de la máquina diseñada y fabricada.

# *2. CAPÍTULO II*

## 2.1. MARCO DE REFERENCIA

### 2.1. INTRODUCCIÓN

Conociendo el objetivo principal de este proyecto, el cual consiste en diseñar una máquina enrolladora de cinta de papel para (serpentina), se va hablar de las referencias que se tienen en cuenta para la elaboración de este proyecto como lo son, el material a utilizar, marco teórico de la enrolladora, tipos de bobinados, entre otra información pertinente para el proyecto.

### 2.2. CINTA

***Figura 2. carreteles de cinta***



Fuente: ALCAVAL

Cinta es una banda fina de un material flexible, típicamente textil que también puede ser plástico o a veces metal, usado sobre todo para adornar, envolver y atar diferentes objetos.

## 2.3. PAPEL

Material que se presenta como una lámina fina hecha con pasta de fibras vegetales u otros materiales molidos y mezclados con agua, secados y endurecidos después, que se utiliza para escribir, dibujar, envolver cosas, decoración etc.

Según el proceso de elaboración de la pulpa de celulosa, ésta se clasifica en mecánica o química, cada una de las cuales da origen a diferentes tipos de papel en cuanto a rigidez y blancura.

"Si, por ejemplo, se requiere un papel rígido para papel de envolver, cartulinas y cartones, la celulosa será sometida a un proceso mecánico. Si, por el contrario, lo que se quiere es un papel de excelente presentación para la escritura o impresión, la celulosa es blanqueada mediante un proceso químico" (XUNTA DE GALICIA. 2014).

## 2.4. ENROLLADORA DE CINTA DE PAPEL

*Enrollar*: es la acción de envolver algún tipo de material.

*Ovillo:* es una bola obtenida enrollando un hilo, de cualquier materia textil, sobre él mismo. Se pueden formar manualmente o con maquinaria industrial especializada para ello.

*Ovillar:* la acción de hacer ovillos.

### 2.4.1. FUNCIONAMIENTO DE UNA ENROLLADORA

Una enrolladora debe contar con cuatro sistemas fundamentales:

- ***Sistema de enrollado:*** Este sistema consiste en la obtención de la cinta, es la operación encargado de dar el movimiento giratorio para enrollar la cinta, donde este trabajará a una velocidad de manera automática.
- ***Sistema de guía para el enrollamiento:*** este nos permite la correcta dirección y tensión de la cinta, que se necesita a la hora del proceso para templar la misma, y así el ovillo quede bien ajustado y no se desenrolle.

- ***Sistema de distribuidor:*** es el sistema del cual el rollo o carrete de cinta se trasladará al sistema enrollador para formar el ovillo, así mismo este debe ser capaz de facilitar la extracción del ovillo en el eje enrollador.

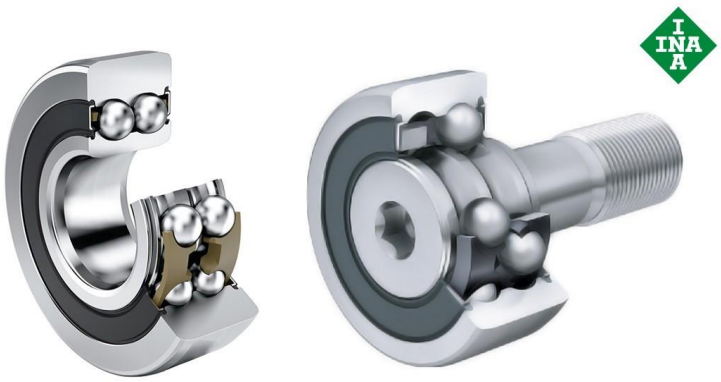
Con la finalidad de que la enrolladora cumpla con el parámetro de trabajo específico de medición de volumen debe contar con el siguiente sistema complementario:

- ***Sistema de medición de volumen:*** para poder controlar la variación de volumen enrollado, se tiene en cuenta la velocidad del motor y el tiempo de duración del proceso, para esto se va a utilizar un servomotor el cual tiene como característica permitir controlar la velocidad de giro y el tiempo de duración por medio de pulsaciones, para garantizar la cantidad correcta de cinta que debe tener cada ovillo, ya que la velocidad de funcionamiento es el factor para el éxito del enrollado del material.

## 2.5. RODILLO-GUÍA

Los rodillos-guía son rodamientos a bolas auto retenidos, de una o dos hileras, con anillos exteriores de pared especialmente gruesa. Además de elevadas fuerzas radiales, estos rodillos-guía absorben cargas axiales en ambos sentidos. La superficie envolvente de los anillos exteriores puede ser abombada o cilíndrica. Preferentemente, se utilizan ejecuciones con superficie envolvente abombada cuando se producen desviaciones respecto a la contrapista de rodadura y se deben evitar tensiones en los cantos. Los rodillos-guía están disponibles con anillo interior, con pernos y con cubierta de poliamida en el anillo exterior.

***Figura 3. Rodillo-guía***




Fuente[https://www.schaeffler.es/content.schaeffler.es/es/productos-y-soluciones/industria/portafolio-de-productos/rodamientos-casquillos-de-friccion/rodillos-guia-rodillos-de-apoyo-y-rodillos-de-levas/index.jsp](https://www.schaeffler.es/content.schaeffler.es/es/productos-y-soluciones/industria/portafolio-de-productos/rodamientos-casquillos-de-friccion/rodillos-guia-rodillos-de-apoyo-y-rodillos-de-levas/index.jsp)

## 2.6. CORREA TRAPEZOIDAL

La correa trapezoidal es ese mecanismo de transmisión que se encarga de ayudar a ejecutar el movimiento de automatización; Posee una sección de tipo trapezoidal de manera que la transmisión de potencia entre las poleas de dos o más árboles, se realiza mediante rozamiento entre las superficies correa-polea. La polea utilizada en las transmisiones por correa trapezoidal posee una acanaladura en forma de V donde va alojada la correa. Debido a esta forma, cuando los ramales de la correa están tensos, ésta tiende a clavarse en la polea de manera que la fuerza normal y de rozamiento conseguida en las caras laterales es muy elevada. Gracias a esto, las correas trapezoidales pueden transmitir mucho mayor par sin que se produzca deslizamiento.

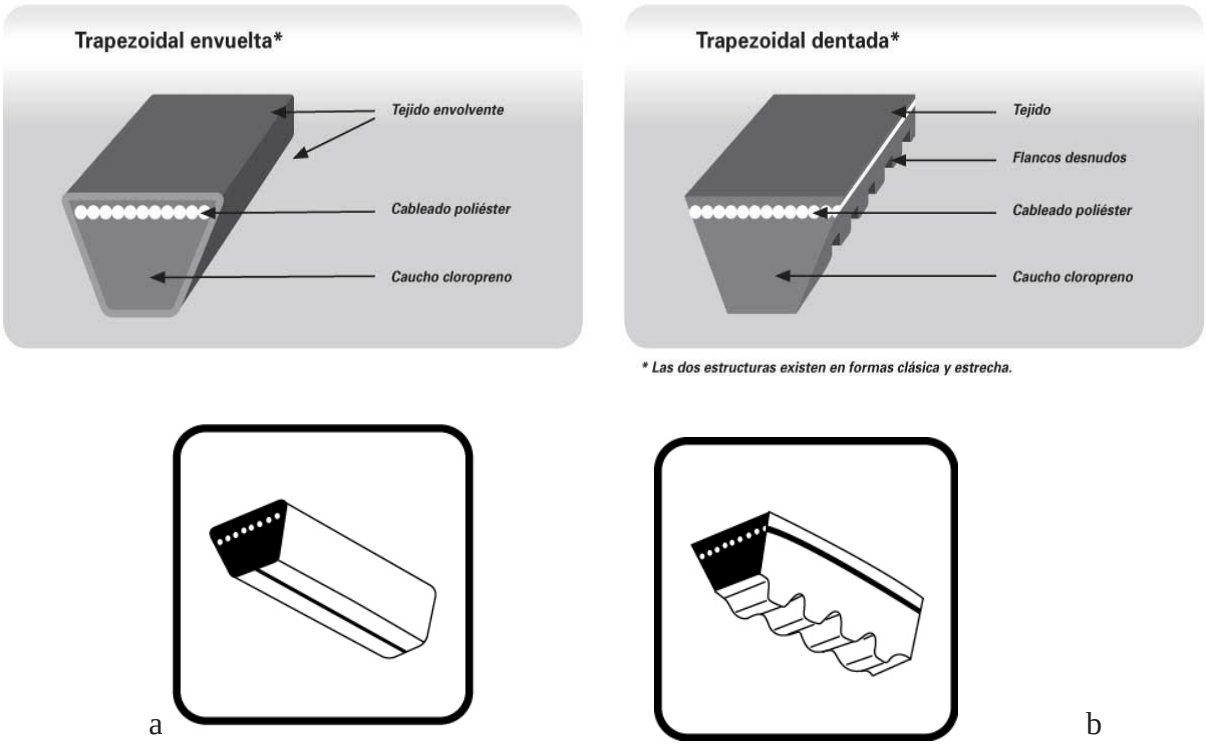
Ventajas

- Pueden transmitir mayor par que las correas planas, gracias al mayor esfuerzo de rozamiento conseguido en sus caras laterales.
- La posibilidad de deslizamiento es menor.
- Poseen mayor resistencia gracias a sus sección y forma.
- Existe la posibilidad de obtener la longitud deseada, por unión entre extremos.

Desventajas

- Debido a los grandes esfuerzos de rozamiento, el rendimiento que se consigue es menor: 0.94 - 0.97.
- No se admiten velocidades altas en los ramales, en comparación con las correas planas (velocidad máxima 40 m/s).
- El diámetro de la polea pequeña no puede ser muy pequeño, por problemas de fatiga por tensión alternante. La relación de transmisión máxima es de 1:8 aproximadamente.

***Figura 4. Correa trapezoidal, (a-correa trapezoidal enrollada), (b-correa trapezoidal dentada)***



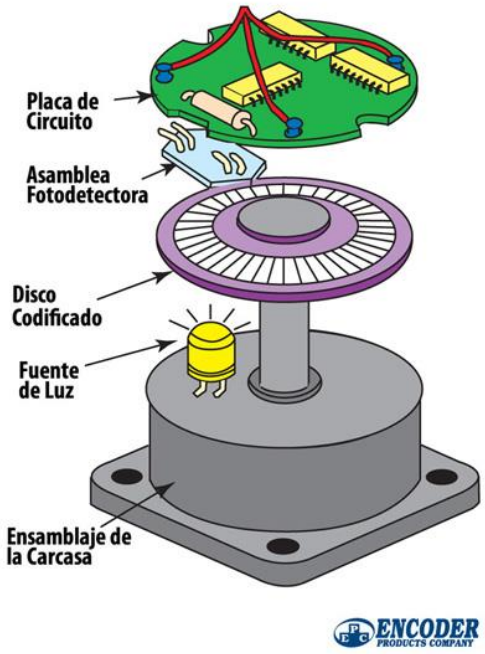

Fuente:[https://www.hutchinsontransmission.es/productos-y-soluciones/productos/correa-trapezoidal](https://www.hutchinsontransmission.es/productos-y-soluciones/productos/correa-trapezoidal)

## 2.7. MOTOR ENCODER

Un encoder es un dispositivo de detección que proporciona una respuesta. Los Encoders convierten el movimiento en una señal eléctrica que puede ser leída por algún tipo de dispositivo de control en un sistema de control de movimiento, tal como un mostrador o PLC. El encoder envía una señal de respuesta que puede ser utilizado para determinar la posición, contar, velocidad o dirección. Un dispositivo de control puede usar esta información para enviar un comando para una función particular.

Los Encoders utilizan diferentes tipos de tecnologías para crear una señal, incluyendo: mecánica, magnético, óptico y de resistencia – óptica es la más común. Un encoder con detección óptica, proporciona información basada en la interrupción de la luz con el disco codificado para la lectura foto lectora.

*Figura 5. Esquema De Un Encoder*




Fuente: ENCODER PRODUCT COMPANY

## 2.8. ARDUINO

La tarjeta Arduino es una plataforma de código abierto de creación de prototipos de basada en Hardware Libre y software libre y fácil de usar. Arduino incluye circuitos electrónicos, software y documentación en formato de código abiertos, es decir cualquiera puede usarla o hacer cambios en ella.

Arduino se puede utilizar para crear elementos autónomos, conectándose a dispositivos e interactuar tanto con el hardware como con el software. Tiene como funcionalidad controlar un elemento para automatizarlo.

***Figura 6. Tarjeta Arduino***



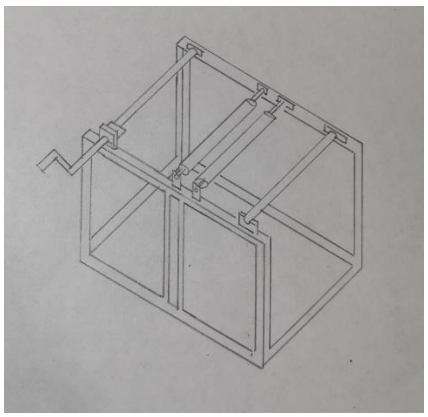

Fuente: ARDUINO

# *3. CAPÍTULO III*

## 3.1. PROPUESTAS DE DISEÑO

### 3.1.1. Máquina enrolladora con sistema de tracción manual por medio de manivela.

***Figura 7. Propuesta de diseño 1***



Fuente. Autores

Nuestra primera propuesta establece que el operario distribuye la cinta desde el eje sujetador por medio de unos rodillos ubicados horizontalmente a lo largo de la máquina hasta el eje enrollador el cual es el encargado de realizar el ovillo a la cinta serpentina; Este eje enrollador va acoplado en uno de sus extremos por medio de una muesca a una copa y esta a su vez tiene un eje que sale de la estructura de la máquina, en el cual se acopla en su extremo una manivela la cual hace de sistema de tracción a toda la máquina.

Ventajas

- El producto obtenido tiene forma cilíndrica
- Fácil mantenimiento
- No genera gastos mensuales

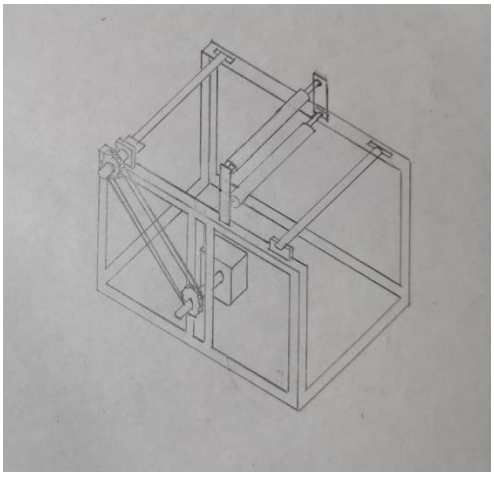
Desventajas

- su alimentación es manual
- siempre requiere de un operario para su funcionamiento

- la duración del producto terminado es mayor

### 3.1.2. Maquina enrolladora con sistema de guiado vertical, ejes enrolladores expandible y sistema de transmisión por cadena.

***Figura 8. Propuesto de diseño 2***



Fuente. Autores

la siguiente propuesta cuenta con un sistema de guiado vertical para una tensión y guiado a la hora de la obtención del ovillo de cinta de papel, de tal manera el operario manualmente dirige la cinta desde el eje de distribución por medio del sistema de guiado los cuales son unos rodillos ubicados verticalmente y finalmente colocando la cinta en el eje enrollador para proseguir con el enrollado del ovillo, a la hora de la extracción de la cinta hay que desajustar una platina por medio de tornillos que presionan la cinta al eje enrollador. Además, el sistema de transmisión es por medio de cadena.

Ventajas

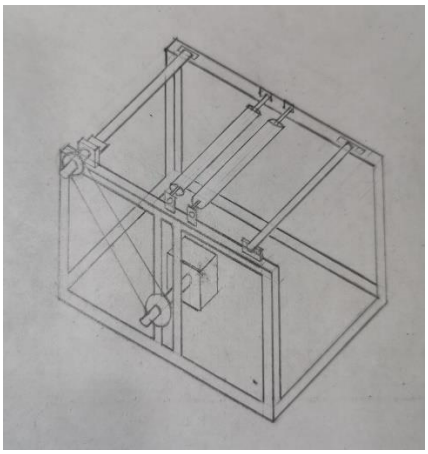
- El producto obtenido tiene forma cilíndrica.
- El mantenimiento es sencillo.
- Ajuste por medio de presión gracias a la platina

Desventajas

- La posición de los rodillos ocupa mucho espacio
- Difícil traslado de la máquina por su tamaño
- Difícil mecanizado del eje expandible
- Su alimentación es manual.
- No posee seguridad para las extremidades superiores por su sistema de transmisión.

3.1.3. Maquina enrollador sistema de guiado horizontal, con eje sujetador y eje bobinador con un sistema de transmisión mediante un motor encoder.

***Figura 9. Propuesta de diseño 3***



Fuente. Autores

Inicialmente el operario distribuye la cinta del eje distribuidor por medio de unos rodillos los cuales están ubicados de forma horizontal y en serie teniendo en cuenta que su funcionamiento es guiar y tensionar para una obtención de ovillo ajustable, luego es dirigido al eje enrollador en el cual se va a producir el ovillado de la cinta, a la hora de la expulsión de la cinta el eje enrollador se desajusta del eje sujetador, gracias a la facilidad de adaptación a presión con un juego considerable; Todo este proceso lo realiza mediante la fuerza de un motor encoder que va acoplado a un sistema de correa el cual hace mover el eje bobinador y así lograr realizar el ovillo en este eje.

Ventajas

- El producto obtenido tiene forma cilíndrica.
- El mantenimiento es sencillo.
- No muestra complicación en el montaje.
- No presenta complicación en la forma de alimentación.
- Es de peso y dimensión moderado para trasladarse.
- Presenta fácil expulsión del producto.
- Posee seguridad para las extremidades superiores.
- fácil mecanizado del eje sujetador.
- trabaja automáticamente sin necesidad de fuerzas externas por parte del operador.

Desventajas

- Se produce enredos con el eje de bobinado cuando la fibra sale del borde del carrete pues al inicio la velocidad es alta.

## 3.2. SELECCIÓN DE LA PROPUESTA A DISEÑAR

los factores que se van a tener en cuenta a la hora de seleccionar la propuesta a diseñar son los siguientes:

- ***Diseño de extracción del material:*** La extracción del material es muy importante debido a que esta operación permite observar la calidad del ovillo como producto final.
- ***Tamaño y peso de la máquina:*** El tamaño y peso de la maquina enrolladora permite un fácil traslado de esta a la hora de ponerla en marcha además que nuestro principal objetivo es diseñar una máquina compacta, eficiente y muy útil de fácil acceso para las microempresas.
- ***Costos de fabricación de la máquina:*** Determina un porcentaje de la fiabilidad de construcción de la máquina, debido a que según la necesidad de utilización de las máquinas herramientas para mecanizado no tenga operaciones especiales en donde se use artefactos sofisticados.
- ***Facilidad de operación de trabajo:*** El personal calificado con el que debe contar la empresa para la operación y limpieza de la misma, lo que brinda ciertas ventajas sobre otra.
- ***Seguridad para el operario:*** La confiabilidad de seguridad es muy importantes para los trabajadores, debido a la prevención de accidentes.
- ***Fuente de poder:*** El modo de operación de la máquina es sumamente importante ya que nos brinda una confianza de trabajo continuo y eficiente.

***Tabla 1. Análisis de la alternativa a diseñar***

| factores de comparación | Factor de importancia | Alternativa 1 | Alternativa 2 | Alternativa 3 |
|---|---|---|---|---|
| | | calif/10 | calif/10 | calif/10 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| ***Diseño de extracción del material*** | 0.9 | 7 | 7 | 8 |
| ***Tamaño y peso de la máquina*** | 0.9 | 8 | 7 | 7 |
| ***Costos de fabricación de la máquina*** | 0.9 | 8 | 6 | 8 |
| ***Facilidad de operación de trabajo*** | 0.8 | 5 | 6 | 9 |
| ***Seguridad para el operario*** | 0.8 | 8 | 6 | 8 |
| ***Fuente de poder*** | 0.9 | 4 | 5 | 8 |
| ***Total*** | | 34.7 | 32.1 | 41.5 |

Fuente. Autores

Mediante los resultados anteriormente expuestos en la Tabla 1, nuestra mejor alternativa de diseño es el número tres, ***Maquina enrolladora, sistema de guiado horizontal, con eje sujetador y eje bobinador con un sistema de transmisión mediante un motor encoder,*** según los parámetros ya explicados y sabiendo la importancia que estos tienen para nuestro diseño ideal.

Se decidió seleccionar la máquina bobinadora con eje sujetador y eje bobinador debido a que era la mejor opción para desarrollar por la sencilla estructura y la facilidad de extracción de la bobina de cinta, además la transmisión de potencia seleccionada es la más favorable para la máquina por su diseño de poleas y correa impulsada por un servomotor con encoder.

A la hora de la selección y diseño de los elementos mecánicos que conforman la máquina bobinadora de cinta, se analizaron los parámetros de capacidad de producción, dimensiones respectivas de la bobina, dimensiones de los elementos de transmisión de la máquina y generalidades de control.

# *4. CAPÍTULO IV*

## 4.1. DISEÑO DE LA MÁQUINA ENROLLADORA DE CINTA DE PAPEL

La máquina enrolladora de cinta de papel cuenta con un sistema de enrollado, sistema guía, sistema de distribución y sistema de transmisión de potencia, por lo tanto, de va a dividir el diseño en cada sistema para la facilidad de los cálculos y selección de elementos.

## 4.2. CARACTERÍSTICAS INICIALES DE DISEÑO

las características que hay que tener en cuenta para el diseño de la maquina enrolladora de cinta de papel, conociendo las medidas generales que tiene la serpentina son las siguientes

- Longitud total de la cinta = 1 m
- Diámetro interno del ovillo = 15 mm
- Densidad del papel para serpentina ρ = 946 kg/$m^3$
- Peso general de un ovillo de serpentina w1 = 0.98N
- Masa de la serpentina m1 = 100 g = 0.1 kg
- Capacidad de producción = 3 ovillos / minuto
- Horas de trabajo continuo = 24 horas
- Potencia del motor = 3700 rpm (Especificaciones técnicas del motor)

## 4.3. DISEÑO DE LA TRANSMISIÓN DE POTENCIA

### 4.3.1. Selección del motor.

El motor que se va a utilizar es un servomotor con encoder el cual va a favorecer la bobinada de cinta de papel por sus características de funcionamiento como lo es el convertir el movimiento mecánico en pulsaciones para así poder controlar el recorrido.

Cabe aclarar que este motor fue seleccionado por el encoder y por la obtención de este.

***Tabla 2. Datos de la placa del motor seleccionado***

| | |
|---|---|
| modelo | Hitachi DC tipo D060304E |
| potencia | 53 watts |
| voltaje | 38 |
| amperaje | 1.9 |
| rpm | 3700 |
| encoder | 240 P/R |

Fuente: Catálogo Hitachi

Para obtener la potencia en Hp convertimos los 53 watts

$$53 \text{ watts} \times \frac{1\ Hp}{746\ watts} = 0.071\ Hp$$

Debido a que el motor funciona con corriente continua (DC) se reemplazan los datos del motor en la ecuación (1) para así poder conocer la eficiencia de este

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

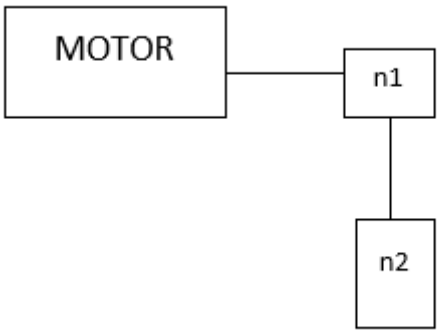
$$eficiencia = \frac{53}{38 * 1.9}$$

$$eficiencia = 0.734$$

### 4.3.2. Diseño y selección de la transmisión de potencia.

la siguiente transmisión de potencia fue seleccionada con el fin de favorecer la construcción de la máquina, además que el motor no solicita grandes revoluciones el sistema que se sugirió es una transmisión por correa n1 y n2

***Figura 10. Presentación del sistema de transmisión de potencia***




Fuente: Autores

### 4.3.3. Transmisión por correa.

Debido a que no se necesita una gran revolución ni potencia para poder mover el sistema de enrollado se decidió utilizar una transmisión por medio de poleas y correa

#### 4.3.3.1. cálculo de la potencia de diseño.

para obtener el valor de factor de servicio se selecciona de la tabla 7-1 del libro de Mott

***Figura 11. Factor de servicio para banda V***

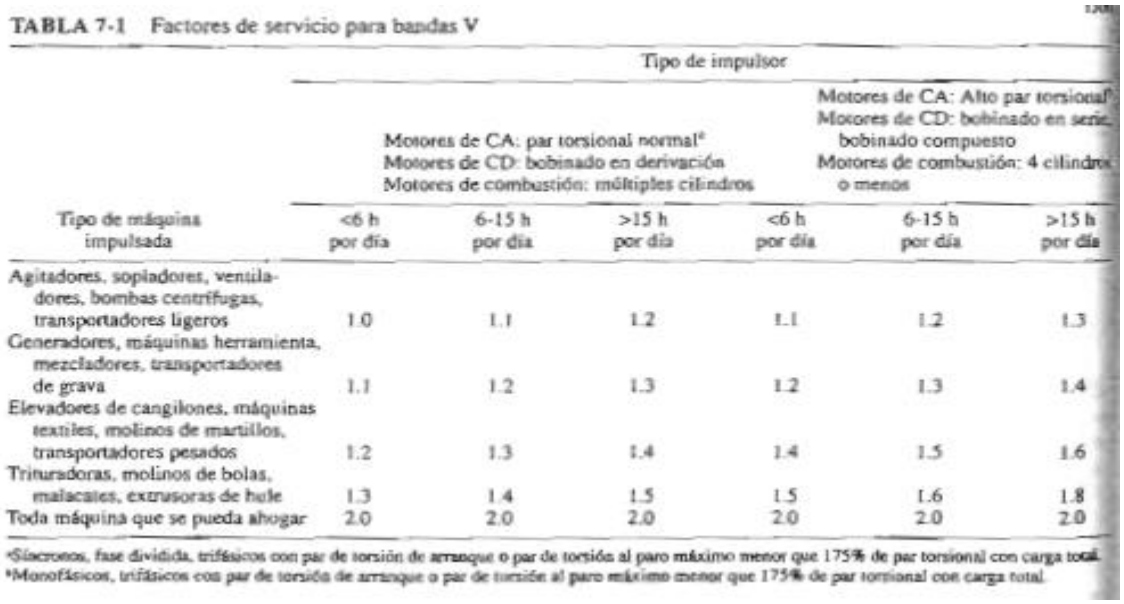


**TABLA 7-1** Factores de servicio para bandas V

| Tipo de máquina impulsada | Tipo de impulsor: Motores de CA: par torsional normal[a] Motores de CD: bobinado en derivación Motores de combustión: múltiples cilindros | | | Motores de CA: Alto par torsional[b] Motores de CD: bobinado en serie, bobinado compuesto Motores de combustión: 4 cilindros o menos | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | <6 h por día | 6-15 h por día | >15 h por día | <6 h por día | 6-15 h por día | >15 h por día |
| Agitadores, sopladores, ventiladores, bombas centrífugas, transportadores ligeros | 1.0 | 1.1 | 1.2 | 1.1 | 1.2 | 1.3 |
| Generadores, máquinas herramienta, mezcladores, transportadores de grava | 1.1 | 1.2 | 1.3 | 1.2 | 1.3 | 1.4 |
| Elevadores de cangilones, máquinas textiles, molinos de martillos, transportadores pesados | 1.2 | 1.3 | 1.4 | 1.4 | 1.5 | 1.6 |
| Trituradoras, molinos de bolas, malacates, extrusoras de hule | 1.3 | 1.4 | 1.5 | 1.5 | 1.6 | 1.8 |
| Toda máquina que se pueda ahogar | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 |

[a]Síncronos, fase dividida, trifásicos con par de torsión de arranque o par de torsión al paro máximo menor que 175% de par torsional con carga total.
[b]Monofásicos, trifásicos con par de torsión de arranque o par de torsión al paro máximo menor que 175% de par torsional con carga total.

Fuente: MOTT, 2006

Datos seleccionados en la tabla y obtenidos del motor:

P = 0.071 Hp

$f_s$= factor de servicio =2

w = 3700 rpm

$$P_D = P * f_s$$

$$P_D = 0.071 * 2$$

$$P_D = 0.142\ Hp$$

4.3.3.2. Selección de la correa y relación de transmisión.

Con la potencia de diseño en Hp y la velocidad de rotación de rpm, ir al catálogo de DUNLOP, donde se seleccionó una correa trapecial tipo Z:

$$d_1 = 20\ mm$$

$$D_2 = 60\ mm$$

La relación de transmisión es:

$$i = \frac{D_2}{d_1} = \frac{n_1}{n_2}$$

$$i = \frac{60}{20} = 3$$

4.3.3.3. Cálculo de la velocidad de rotación n2.

$$n_2 = \frac{n_1}{i}$$

$$n_2 = \frac{3700}{3}$$

$$n_2 = 1233.33\ rpm$$

4.3.3.4. Cálculo de la distancia entre ejes C.

Para el cálculo de los valores a necesitar en el diseño y selección de correas se va a utilizar el catálogo DUNLOP en el cual muestra los pasos a seguir:

$$Cmax = 3 * (d_1 + D_2)$$

$$Cmax = 3 * (20 + 60) = 240\ mm$$

4.3.3.5. Cálculo de la longitud primitiva de la correa L es:

$$L = 2C + 1.57\ (D_2 + \mathrm{d1}) + \frac{(D_2 + d_1)^2}{4C}$$

$$L = 2 * 240 + (60 + 20) + \frac{(60 + 20)^2}{4 * 240} = 566.66\ mm$$

Con este valor vamos al catálogo de DUNLOP.

$$L_{n1} = 558 \qquad L_{n2} = 584.$$

4.3.3.6. Corrección de la distancia entre centros.

$$Cc = C \pm (\frac{L - L_n}{2})$$

$$Cc = 240 + (\frac{566.66\ -558}{2}) = 244.33 \qquad Cc = 240 - (\frac{566.66\ -\ 558}{2}) = 235.37$$

$$Cc = 240 + (\frac{566.66 - 584}{2}) = 231.33 \qquad Cc = 240 - (\frac{56.66 - 584}{2}) = 248.67$$

Por lo tanto, se tomará una correa de longitud L = 558 mm

4.3.3.7. Determinando el ángulo de contacto.

$$\alpha = 180 - 57(\frac{D_2 - d_1}{C}) \geq 120^o$$

$$\alpha = 180 - 57(\frac{60 - 20}{220}) \geq 120^o$$

$$170.5^o \geq 120^o$$

4.3.3.8. Factor de corrección de grado de contacto.

El factor de corrección de grado de contado está en el catálogo DUNLOP

$$Fc\alpha = 0.98$$

4.3.3.9. Factor de corrección de la longitud de la correa.

el factor de corrección de la longitud de la correa está en el catálogo DUNLOP

$$Fcl = 0.83$$

4.3.3.10. Determinar la prestación base en HP.

La prestación base en HP esta en el catálogo DUNLOP junto con la prestación adicional por relación de transmisión

Pb = 0.22

prestación adicional por relación de transmisión = 0.23

Pbk = pb + prestación adicional por relación de transmisión

pbk = 0.22 + 0.23 =0.45

4.3.3.11. Cálculo del número de correas Z.

$$Z = \frac{PD\ (hp)}{Fc\alpha\ *\ Fcl\ *\ Pbk\ (hp)}$$

$$Z = \frac{0.142}{0.98\ *\ 0.83\ *\ 0.45}$$

$$Z = 0.4 \approx 1\ correa$$

4.3.3.12. Cálculo de la velocidad lineal.

v = N∗π∗D / 60 000

$$v = \frac{N\ *\ \pi\ *\ d}{60000}$$

$$v = \frac{3700rpm\ *\pi\ *\ 20mm}{60000} = 3.875\ \frac{m}{s}$$

## 4.4. DISEÑO DEL SISTEMA DE ENROLLADO

El sistema de enrollado cuenta con un eje sujetador el cual recibe la potencia transmitida del motor por medio de poleas, y de este eje va sujetado por medio de una ranura el eje enrollador,

el cual se encarga de facilitar el enrollamiento de la cinta y así mismo la extracción del material ya en ovillo.

## 4.5. ASIGNACIÓN DEL TIPO DE MATERIAL

El material que se seleccionará debe ser de fácil mecanizado, y debe favorecer la transmisión, ya que el eje de sujeción como el eje de enrollado está en constante rotación, que ofrezca una resistencia aceptable, ya que el eje de sujeción soporta la polea y a el eje de enrollado, además este solo soportara el peso de la bobina y su propio peso, el cual el peso de la bobina no superará los 100 gr, y como trabaja a condiciones ambientales normales no se recomienda un tratamiento térmico.

Seleccionamos un acero AISI 1020 estirado en frío, cuyas propiedades principales son:

Resistencia a la tensión - Sut=420 MPa

Resistencia a la fluencia - Sy=352 MPa

Módulo de elasticidad - E=207 GPa

Módulo de rigidez - G = 79.3 GPa

Dureza 122 HB

***Figura 12. Propiedades mecánicas de algunos aceros***

**APÉNDICE 3 PROPIEDADES DE DISEÑO PARA LOS ACEROS AL CARBÓN Y ALEADOS**

| Designación del material (Número AISI) | Condición | Resistencia a la tensión (ksi) | Resistencia a la tensión (MPa) | Resistencia de fluencia (ksi) | Resistencia de fluencia (MPa) | Ductilidad (porcentaje de elongación en 2 pulgadas) | Dureza Brinell (HB) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1020 | Laminado en caliente | 55 | 379 | 30 | 207 | 25 | 111 |
| 1020 | Estirado en frío | 61 | 420 | 51 | 352 | 15 | 122 |
| 1020 | Recocido | 60 | 414 | 43 | 296 | 38 | 121 |
| 1040 | Laminado en caliente | 72 | 496 | 42 | 290 | 18 | 144 |
| 1040 | Estirado en frío | 80 | 552 | 71 | 490 | 12 | 160 |
| 1040 | OQT 1300 | 88 | 607 | 61 | 421 | 33 | 183 |
| 1040 | OQT 400 | 113 | 779 | 87 | 600 | 19 | 262 |
| 1050 | Laminado en caliente | 90 | 620 | 49 | 338 | 15 | 180 |
| 1050 | Estirado en frío | 100 | 690 | 84 | 579 | 10 | 200 |
| 1050 | OQT 1300 | 96 | 662 | 61 | 421 | 30 | 192 |
| 1050 | OQT 400 | 143 | 986 | 110 | 758 | 10 | 321 |

Fuente: Mott(2006)

## 4.6. DISEÑO DEL EJE SUJETADOR

para el diseño de los ejes de la maquina enrolladora de cinta se va a utilizar el capítulo 12 de Mott 2006 para la realización de los cálculos y obtención de fórmulas.

El eje sujetador recibe la transmisión de potencia del motor que gira a 3700 rpm y este se encontrara girando a 1233.33 rpm la cual es la velocidad máxima.

### 4.6.1. Cálculo de la resistencia a la fatiga real estimada Sn´.

la siguiente ecuación tomada de Mott (2006) muestra cómo obtener la resistencia a la fatiga real.

$$Sn' = Sn\ (Cm)\ (Cst)\ (C_R)\ (Cs)$$

Sn´= resistencia a la fatiga real

Sn= resistencia a la fatiga =170 MPa

Este valor es obtenido de la figura 5-8 de Mott (2006)

Cm = factor del material = 1 para aceros forjados

Cst = factor de tipo de esfuerzo = 1 para esfuerzo flexionante

$C_R$ =factor de confiabilidad = 0.81 para una confiabilidad de 0.99

Este valor es obtenido de la tabla 5-1 de Mott (2006), este valor es una decisión de diseño, por lo tanto se va a utilizar una confiabilidad de 0.99 por ende el CR es de 0.81

Cs = factor de tamaño = 0.92

Obtenido de la figura 5-9 de Mott (2006)

Se reemplazan los datos en la ecuación para obtener la resistencia a la fatiga real.

Sn´ = 150 MPa *1*1*0.81*0.92

Sn´=111.78 MPa

### 4.6.2. Factor de diseño.

Se usará N=2.0 en diseños típicos de ejes, donde hay una confianza promedio en los datos de resistencias del material y de las cargas

### 4.6.3. velocidad que gira el eje.

N1 = 3700 rpm motor

N2 = RPM Eje

D1 = Diámetro polea motor = 20 mm

D2 = Polea del eje = 60 mm

$$N2 = \frac{N1 * D1}{D2}$$

$$N2 = \frac{3700 * 20}{60} = 1233.33$$

### 4.6.4. Cálculo del torque que transmiten los elementos.

La polea (A) recibe toda la potencia del motor y la transmite al eje

$$potencia\ (KW) = \frac{T * n}{974}$$

$$T = \frac{KW * 974}{n}$$

$$T = \frac{0.053\ KW * 974}{3700} = 0.014\ kgf * m = 0.137\ \text{N} * \text{m}$$

4.6.5. Cálculo de las fuerzas tangenciales y radiales sobre el eje:

$$Fta = \frac{T}{\frac{D}{2}}$$

$$Fta = \frac{0.137\ N\ * m}{0.006m} = 22.83\ N$$

fuerza de flexión=Ff

C= cte depende de las fuerzas F1 y F2. Para Correas Trapezoidales C = 1.5

$$Ff = C * Fta$$

$$Ff = 1.5 * 22.83N = 34.245N$$

Las fuerzas componentes en el plano cartesiano son:

$$Ffx = cos\ 62.72° * Ff$$

$$Ffx = cos\ 62.72^o * 34.245\ N = 15.7\ N$$

$$Ffy = sen\ 62.72^o * Ff$$

$$Ffy = sen\ 62.72^o * 34.245\ N = 30.43\ N$$

### 4.6.6. Carga del eje enrollador sobre eje sujetador.

Para conocer la carga del eje bobinado se necesita saber el peso para ello tenemos los siguientes datos:

densidad = 7850 kg/m3 para el acero

longitud = 240 mm

diámetro = 15 mm

Peso = Densidad * longitud * sección

$$sección\ circular\ = \frac{\pi\ *\ D^2}{4} = \frac{\pi\ *\ 0.015m^2}{4} = 0.00017\ m^2$$

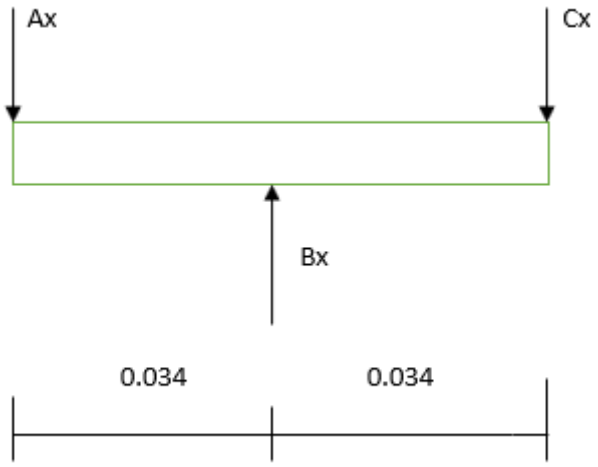
$$peso = 7850 * 0.240 * 0.00017 = 0.33\ kg$$

carga =3.23 N

### 4.6.7. Cálculo de las reacciones en el eje.

Se descompone las fuerzas en el plano para analizar cómo actúan sobre el eje, para hallar las reacciones que se provocan.

***Figura 13. Fuerzas en el eje X***




Fuente: Autores

$$\sum Fx = -Ax + RBx - Cx = 0$$

$$\sum Fx = RBx = Ax + Cx = 18.93$$

$$\sum M = 0$$

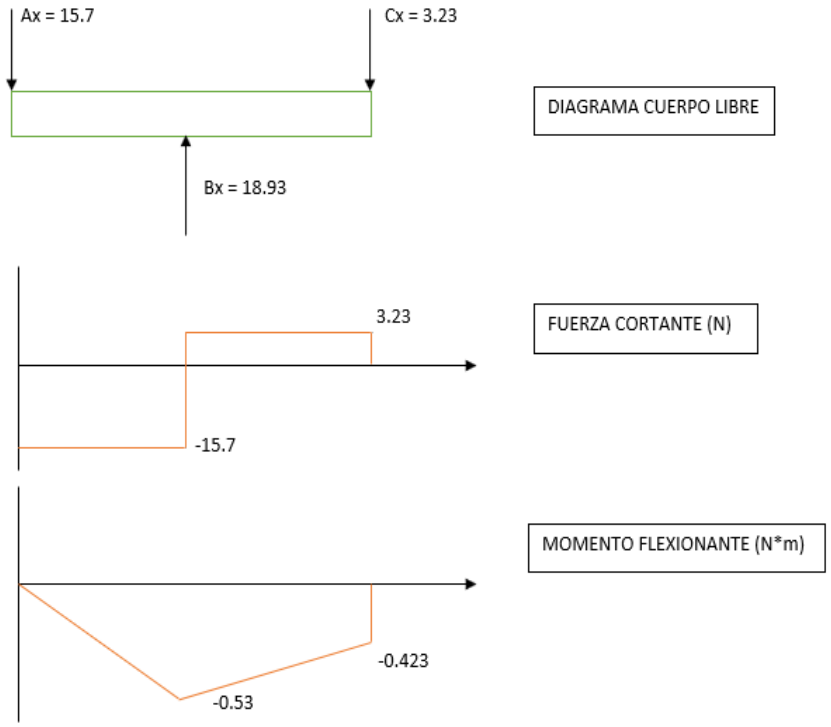
$$V_{AB} = -15.7\ N$$

$$M_{AB} = -0.53\ N * m$$

$$V_{BC} = 3.23\ N$$

$$M_{BC} = -0.423\ N * m$$

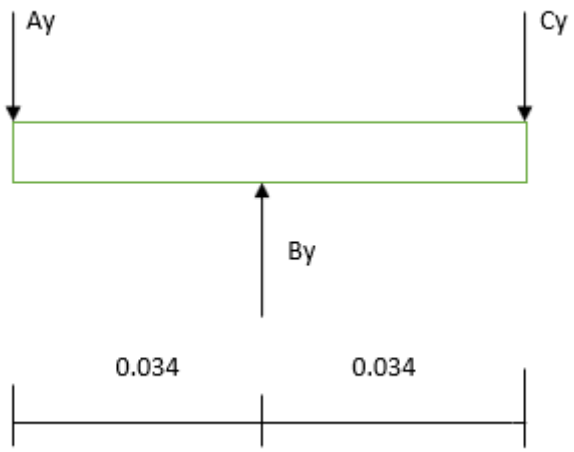
*Figura 14. Diagrama fuerza cortante y momento flector plano X*




Fuente: Autores

4.6.8. Cálculos de las fuerzas de reacción en y.

*Figura 15. Fuerzas en el eje Y*




Fuente: Autores

$$\sum Fy = -Ay + RBy - Cy = 0$$

$$\sum Fy = -30.43 + RBy - 3.23 = 0$$

$$RBy = 33.66N$$

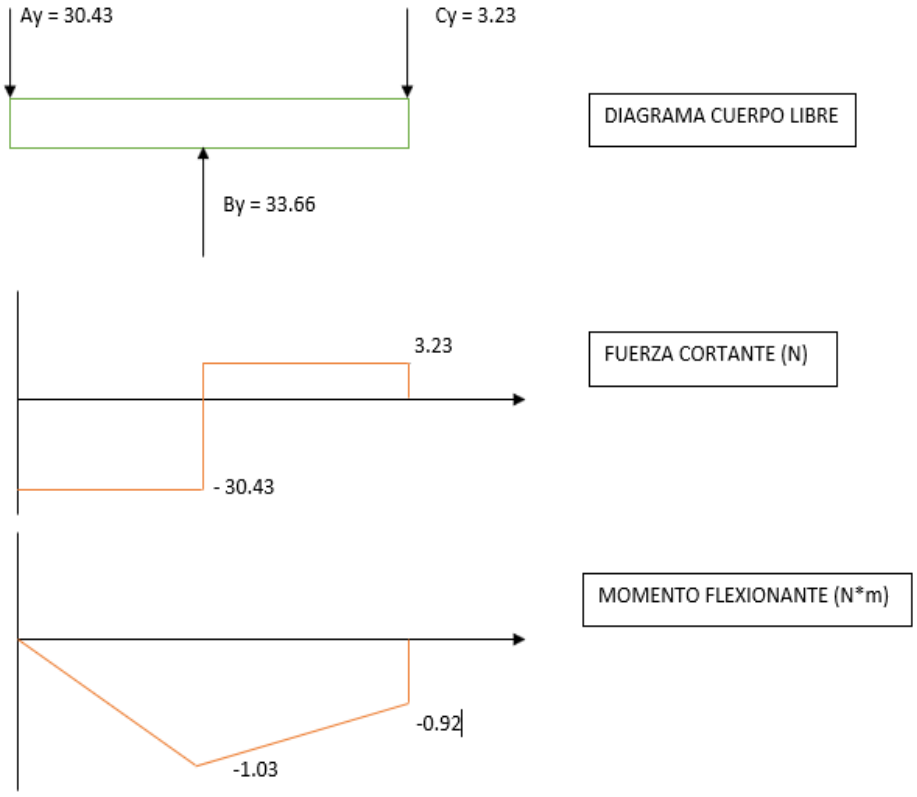
$$V_{AB} = -30.43N$$

$$M_{AB} = -1.03 \ N * m$$

$$V_{BC} = 3.23 \ N$$

$$M_{BC} = -0.92N * m$$

***Figura 16. Diagrama fuerza cortante y momento flector plano Y***




Fuente: Autores

Momento total

$$MT = \sqrt{{M_{Ax}}^2 + {M_{Ay}}^2}$$

$$MTA = 0$$

$$MTB = 1.158\ N * m$$

$$MTC = 1.01\ N * m$$

### 4.6.9. Concentradores de esfuerzo.

los concentradores de esfuerzos que se deben utilizar para los siguientes casos según mott (2006) son:

K=2.5 chaflán agudo para rodamientos y cambio de sección

k=1.5 chaflán redondo

k= 3 anillos de retención

k= 2 cuñero de perfil

### 4.6.10. Cálculo de los diámetros en los diferentes puntos del eje

Diámetros mínimos para el diseño del eje,

$$D = \left[\frac{32 * N}{\pi} * \sqrt{(\frac{K_T * M}{S_n{}'})^2 + \frac{3}{4}(\frac{T}{S_Y})^2}\right]^{1/3}$$

$$D_A = \left[\frac{32 * 2}{\pi} * \sqrt{(\frac{1.5 * 0}{111.78MPa})^2 + \frac{3}{4}(\frac{0.137\ N * m}{352\ MPa})^2}\right]^{1/3}$$

$$D_A = 0.0019 \text{ m} = 1.9 \text{ mm}$$

$$D_B = 6.81\ mm$$

$$D_C = 6.5 \text{ mm}$$

Los diámetros reales para la fabricación del eje sujetador teniendo en cuenta las dimensiones de la estructura son:

$$D_A = 12\ mm$$

$$D_B = 15\ mm$$

$$D_C = 25\ mm$$

### 4.6.11. Determinación del factor de concentración de esfuerzos varios.

La siguiente ecuación será utilizada para calcular el factor de esfuerzos correspondiente a los cambios de sección en un eje.

$$kf = 1 + q(kt - 1)$$

La configuración escalonada mostrada en la geometría del eje nos presenta la necesidad de analizar cada punto de cambio de sección o puesta de accesorios según corresponda. Dado el caso tenemos dos zonas la del cambio de sección.

• Para el cambio de sección q=0,6

$$r = \frac{x}{3} = \frac{5}{3} = 1.66\ mm$$

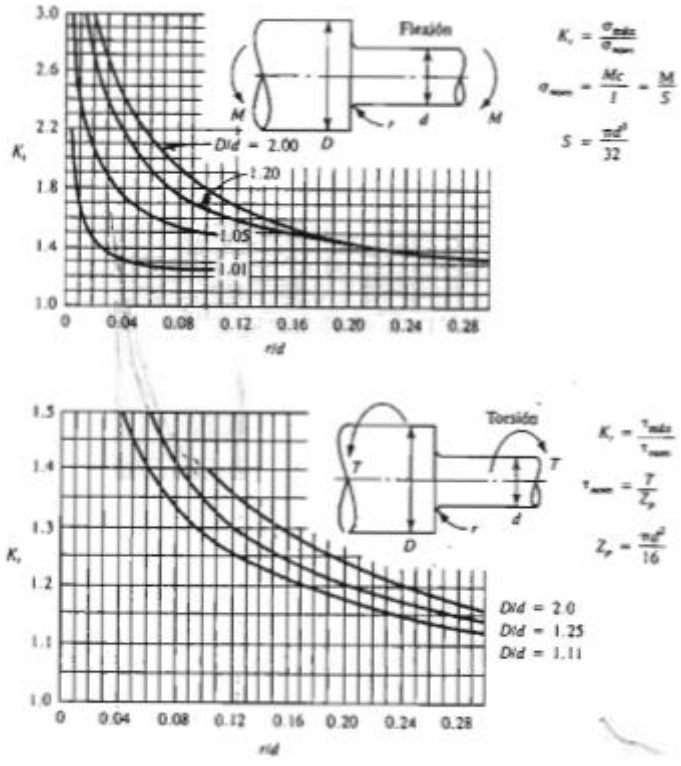
$$\frac{r}{d} = \frac{1.66}{15} = 0.11$$

Se halla las relaciones entre los diámetros del eje:

$$\frac{r}{d} = \frac{1.66}{15} = 0.11$$

$$\frac{D}{d} = \frac{25}{15} = 1.66$$

***Figura 17. Cambio de sección en un eje sometido a a) flexión y b) torsión***



a) Flexión b) Torsión

Fuente: mott (2006)

Donde se obtiene los valores:

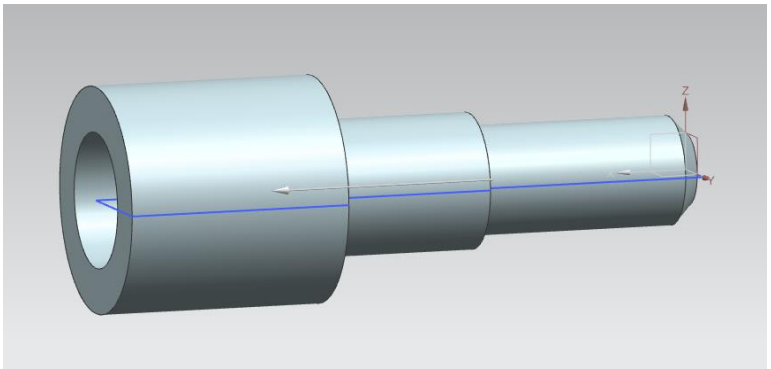
Kt f lexión = 1.6 Kt torsión = 1,35

Hallando el valor de los factores de concentración, se sustituye los valores en la ecuación:

$$kfflexión = 1 + 0{,}6(1.6 - 1) = 1.36$$

$$kftorsión = 1 + 0{,}6(1{,}35 - 1) = 1{,}21$$

***Figura18. diseño eje sujetador***



Fuente: Autores

### 4.6.12. Diseño del eje enrollador.

El eje enrollador es aquel en el cual el material se va a enrollar para lograr un ovillo, este va insertado por medio de una ranura al eje sujetador, el cual le transmitirá la potencia recibida por el motor.

### 4.6.13. Cálculo de la fuerza distribuida.

El peso del ovillo se distribuye de manera uniforme por lo que la carga distribuida es rectangular donde:

q = carga distribuida

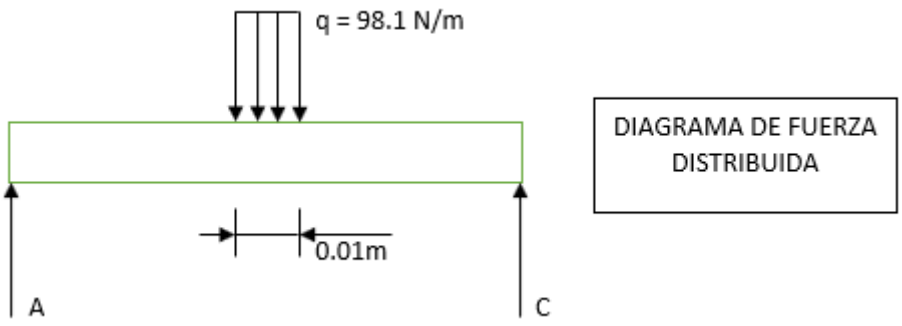
W1 = fuerza = 0.981 N

L = longitud = 10 mm

$$q = \frac{W1}{L}$$

$$q = \frac{0.981\ N}{0.01\ m} = 98.1\ \frac{N}{m}$$

***Figura 19. Carga distribuida en el eje bobinador***



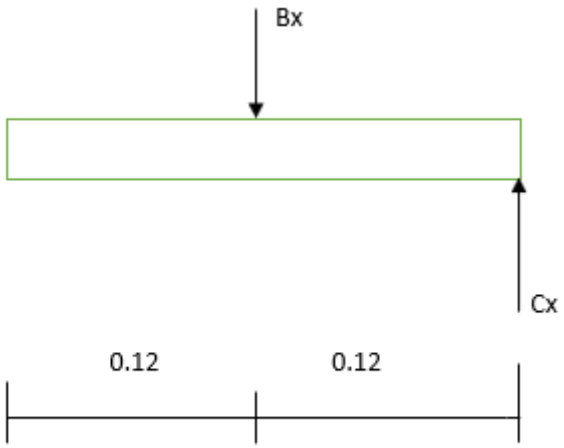

Fuente: Autores

Para un buen análisis de fuerzas actuantes se descompone de la siguiente manera:

### 4.6.14. Cálculo de las reacciones en el eje x.

Se descompone las fuerzas en el plano para analizar cómo actúan sobre el eje, para hallar las reacciones que se provocan.

***Figura 20. Fuerzas en X del eje bobinador***




Fuente: Autores

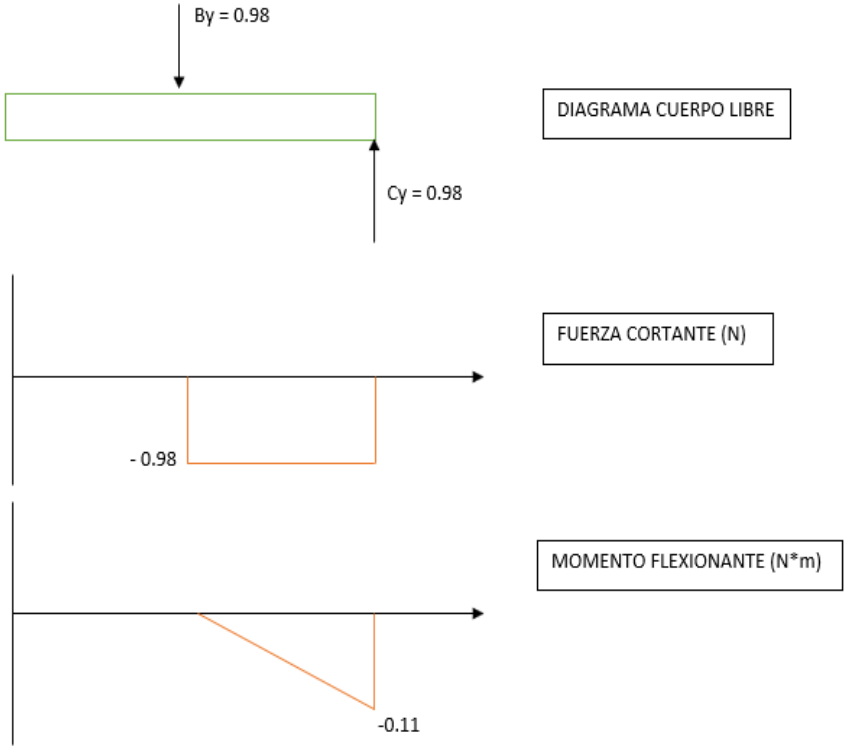
$$\sum F = 0$$

$$\sum Fx = -Bx + RCx = 0$$

$$\sum F = RCx = 0.98N$$

MB = 0.11

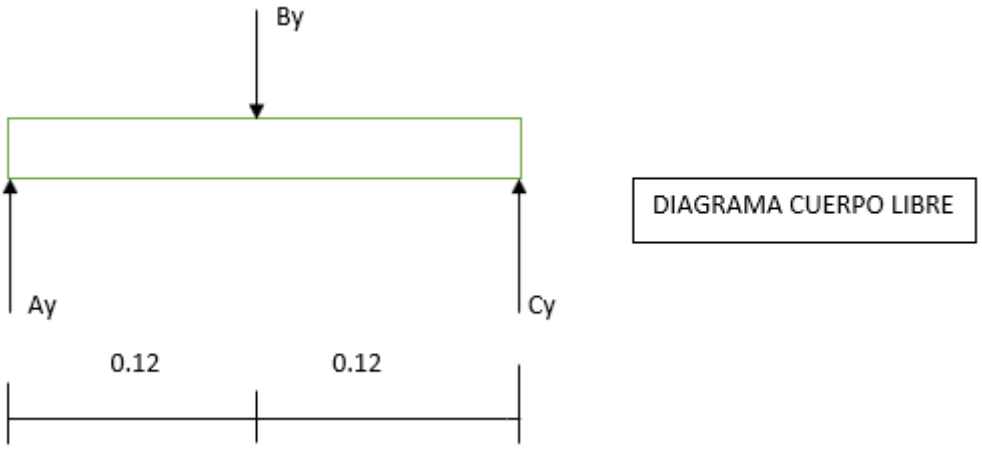
***Figura 21. Diagrama fuerza cortante y momento flector plano X***




Fuente: Autores

4.6.15. Cálculos de las fuerzas de reacción en y.

***Figura 22. Fuerzas en Y del eje bobinador***




Fuente: Autores

$$\sum Fy = + Ay - By + Cy = 0$$

$$\sum M = 0.98\ N * 0.12m - Ay * 0.24m \ = 0$$

$$Ay = 0.49\ N$$

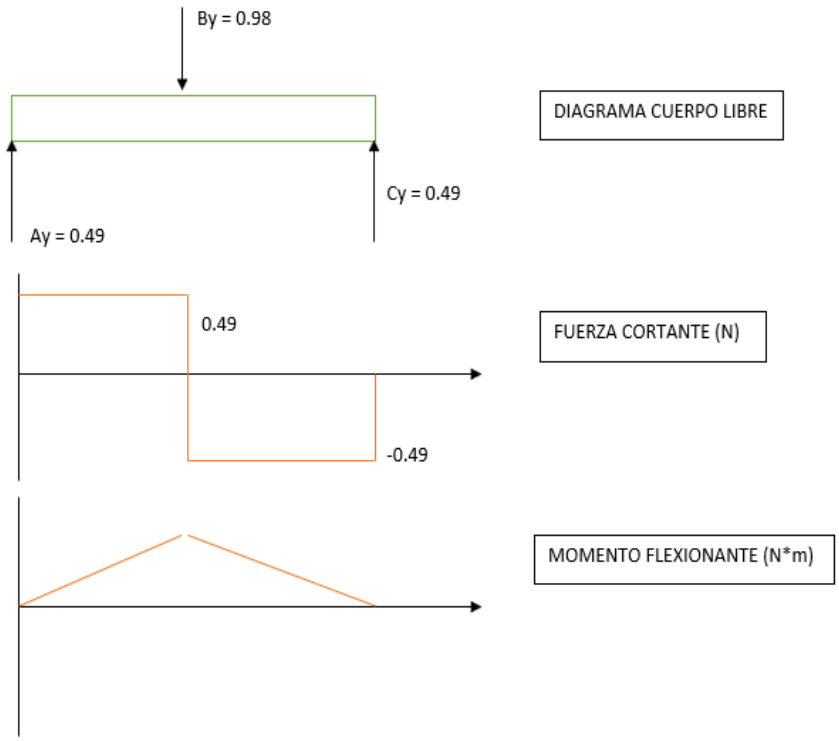
Cy = 0.49 N

$$V_{AB} = 0.49\ N$$

$$M_{AB} = \ 0.06\ N * m$$

$$V_{BC} = \ -0.49\ N$$

***Figura 23. Diagrama fuerza cortante y momento flector plano Y***




Fuente: Autores

Momento total

$$MT = \sqrt{{M_{Ax}}^2 + {M_{Ay}}^2}$$

$$MTB = 0.12\ N * m$$

4.6.16. Cálculo del diámetro del eje.

Diámetro mínimo para el diseño del eje debido a que solo tiene una sección:

$$D = \left[\frac{32 * N}{\pi} * \sqrt{(\frac{K_T * M}{S_n{}'})^2 + \frac{3}{4}(\frac{T}{S_Y})^2}\right]^{1/3}$$

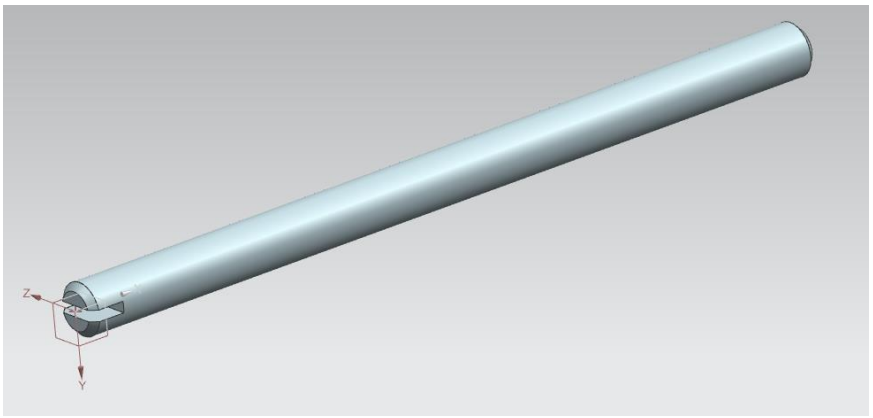
$$D_A = \left[\frac{32 * 2}{\pi} * \sqrt{(\frac{1.5 * 0}{111.78MPa})^2 + \frac{3}{4}(\frac{0.137\ N * m}{352\ MPa})^2}\right]^{1/3}$$

$$D_A = 0.0028 \text{ m} = 2.8 \text{ mm}$$

El diámetro real para la fabricación del eje bobinador teniendo en cuenta las dimensiones de la estructura son:

$$D_A = 15\ mm$$

***Figura 24. Diseño eje enrollador***



Fuente: Autores

## 4.7. SELECCIÓN DE LOS RODAMIENTOS

Para la selección de los rodamientos se va a utilizar los catálogos de rodamientos SKF Y NTN en los cuales muestran los pasos que hay que seguir para la selección del tamaño del

rodamiento, se va a tener en cuenta características de vida útil, velocidad angular con la que giran los ejes entre otras:

- Va a trabajar en un promedio de 10 h dia.
- Con un promedio de 300 días al año.
- Con 8 años de vida útil.
- El eje gira a ω = 1233.33 rpm.

### 4.7.1. Cálculo de cargas

Para la selección del tamaño del rodamiento utilizando la capacidad de carga estática, se seleccionará en base a la carga radial que debe soportar el rodamiento, para eso tomamos los valores calculados del análisis de las reacciones hallados en los ejes del sistema de enrollado.

$$RBx = 0.36\ kgf\ = 3.53\ N$$

$$RBy = 0.72\ kgf\ = 7.06\ N$$

Como se observó en el análisis anterior solo se vio fuerzas radiales lo que sugiere que se buscará un rodamiento de bolas, ya que estos ofrecen gran resistencia,

Se calcula el equivalente de las fuerzas:

$$Fradial = \sqrt{RBx^2 + RBy^2}$$

$$Fradial = \sqrt{3.53^2 + 7.06^2} = 7.89\ N$$

### 4.7.2. Cálculo del factor de velocidad fn y el factor de vida fh de los rodamientos

Primero determinamos la vida nominal básica

$$L\ 10 = horas * días * años$$

$$L\ 10 = 10 * 300 * 8 = 24000\ h$$

Con esta vida nominal básica y los 1233.33 rpm se va al catálogo de rodamientos NTN fig 3.1, donde se obtienen:

$$fn = 0.3\ y\ fh = 3.63$$

### 4.7.3. Diseño a carga dinámica

Datos proporcionados por el rodamiento a adquirir:

$$Fr = 7.89\ N$$

$$dmín = 15mm$$

$$Cr = 2.08\ KN$$

La siguiente ecuación es para encontrar el valor de la carga dinámica:

$$P = x * Fr + y * Fa$$

El fabricante del catálogo sugiere □ = 1 y la Fa fuerza axial no se la considere, por lo que:

P = 7.89 N

La ecuación del factor del esfuerzo dinámico es:

$$Creq = fh * fn * P$$

$$Creq = 3.63 * 0.3 * 7.89 = 8.6\ N$$

Se verifica mediante:

$$Creq < Cr$$

$$8.6\ N < 2.08\ KN$$

### 4.7.4. Diseño debido a carga estática

Datos proporcionados por el rodamiento a adquirir:

Fr = 7.89 N

dmín = 15mm

Cor = 1.26 KN

$$Por = X0 * Fr + Y0 * Fa$$

En los datos del fabricante X0 = 0,6 y como Fa fuerza axial no hay en este caso, la ecuación queda:

$$Por = 0{,}6 * 7.89 = 4.734\ N$$

Según fabricante se considera como referencia:

Si Por < Fr

Usar Por = Fr

Por ende, el valor seleccionado es:

Por = 7.89N

### 4.7.5. Ecuación del factor del esfuerzo estático.

El catálogo de rodamientos NTN, sugiere que el factor de esfuerzo estático fs para exigencias normales debe estar entre 1 a 1.5, entonces tomamos un valor mediado de fs = 1,2

$$Coreq = = fs * Por$$

$$Coreq = 1{,}2 * 7.89 = 9.468\ N$$

Coreq < Cor

9.468 N < 1.26 KN

Con el dmín = 15mm y los valores de Creq y Coreq más cercanos al Cr y Cor del catálogo se ha seleccionado un rodamiento 6802 ZZ, con tapas.

***Tabla 3. Datos técnicos del rodamiento***

| Rodamiento de bolas 6802 ZZ | | |
|---|---|---|
| d | 15 | mm |
| D | 28 | mm |
| B | 5 | mm |
| r | 0.3 | mm |
| Cr | 2.08 | KN |
| Cor | 1.26 | KN |

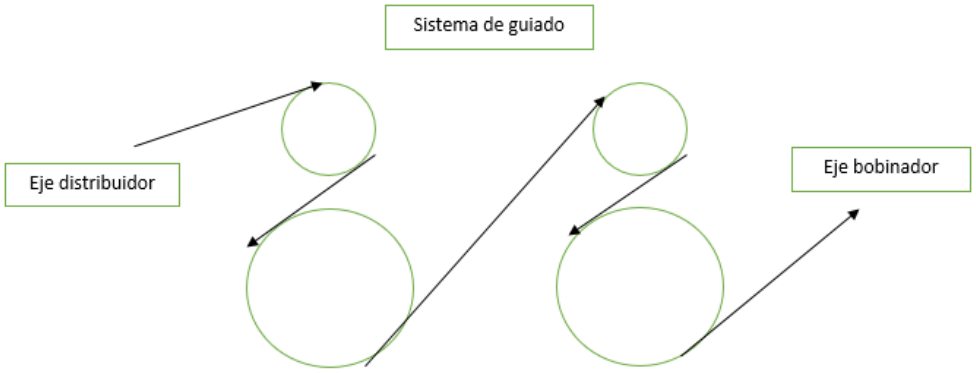
Fuente: Catálogo NTN

## 4.8. DISEÑO DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA DE GUIADO

Se utilizarán dos rodillos que estarán fabricados de acero y estarán cubiertos de un material plástico con una dureza determinada para amortiguar la presión ejercida contra la cinta. esto es para no maltratar la cinta, por exceso de presión por tensión ya que incluso se podría romper la cinta.

Estos rodillos poseen una carrera de avance y otra de retroceso, el mismo que proporciona un tejido específico que nos da una bobina de forma cilíndrica y compacta.

***Figura 25. Sistema de guiado de la cinta***




Fuente: Autores

Donde sus principales movimientos son: movimiento de rotación y movimiento de traslación del sistema de distribución.

## 4.9. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA

Para el diseño de la estructura se va a utilizar el paquete computacional SIEMENS NX 12

### 4.9.1. Descripción de la estructura

Para la estructura se propone un conjunto de perfil en L 1 X 1 X 0.11 pulgadas de acero estructural ASTM A-36 unidos entre ellos mediante soldadura por lo que se tiene un sistema estructural de nodos rígidos.

***Figura 26. Propiedades de los aceros estructurales***

**APÉNDICE 7 PROPIEDADES DE LOS ACEROS ESTRUCTURALES**

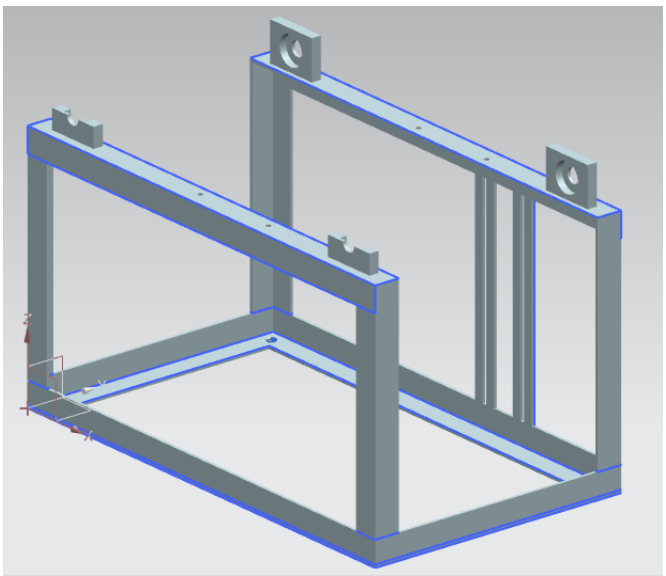
| Designación del material (número ASTM) | Grado, producto o espesor | Resistencia a la tensión (ksi) | Resistencia a la tensión (MPa) | Resistencia de fluencia (ksi) | Resistencia de fluencia (MPa) | Ductilidad (porcentaje de elongación en 2 pulgadas) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| A36 | $t \leq 8$ pulg | 58 | 400 | 36 | 250 | 21 |
| A242 | $t \leq 3/4$ pulg | 70 | 480 | 50 | 345 | 21 |
| A242 | $t \leq 1\frac{1}{2}$ pulg | 67 | 460 | 46 | 315 | 21 |
| A242 | $t \leq 4$ pulg | 63 | 435 | 42 | 290 | 21 |

Fuente: MOTT, 2006

### 4.9.2. Geometría de la estructura

La estructura formada será un rectángulo proyectado con soporte para el motor y los rodamientos.

***Figura 27. Vista isométrica de la estructura de la bobinadora***



Fuente: Autores

### 4.9.3. Cargas constantes

Las cargas constantes son aquellas que todo el tiempo está soportando la estructura, y están constituidas por el peso de los diversos elementos estructurales y por los pesos de los cuerpos que están permanentemente unidos a la estructura.

### 4.9.4. Cargas que actúan sobre la estructura

Las cargas que se presentan a continuación son derivas del traspaso de sus puntos de acción hacia la estructura donde se ejercen fuerzas cortantes hacia la misma.

Estado de carga I: Acción debido al peso del motor, considerándolo como carga muerta, y cuyo peso es de 0.5 kg.

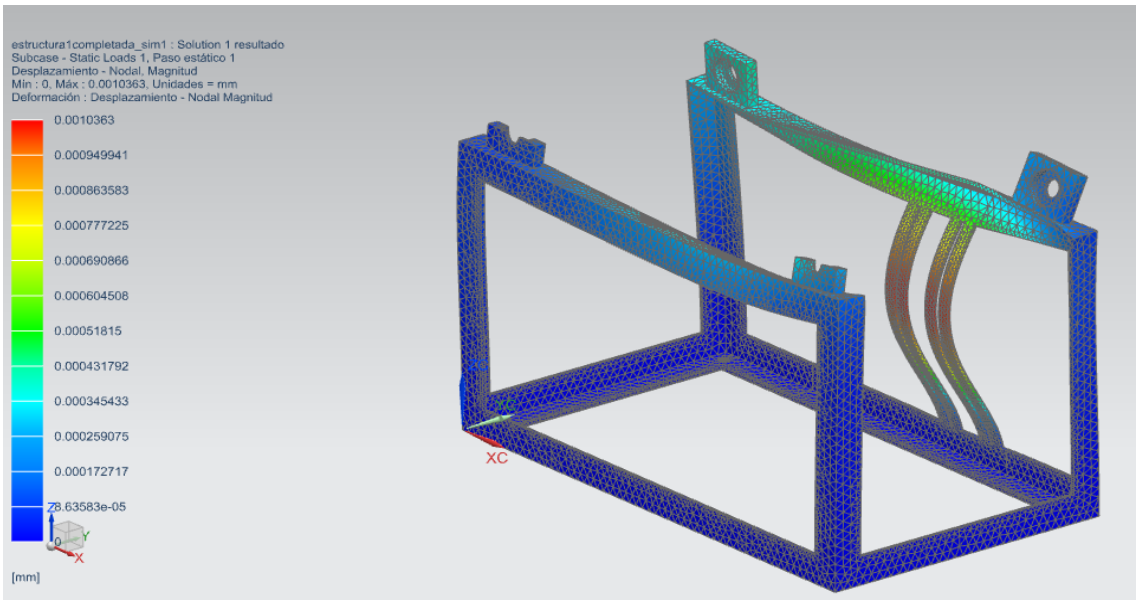
Estado de carga II: Peso de los elementos montados sobre la placa soporte, como es el eje sujetador y eje bobinador con todos sus componentes, y el rodillo guiador los cuales son considerados como carga muerta.

Estado de carga III: Fuerzas que aparecen debido a él bobinado, es decir el peso final de la bobina que se formó, siendo consideradas estas como carga viva.

### 4.9.5. Análisis de esfuerzos

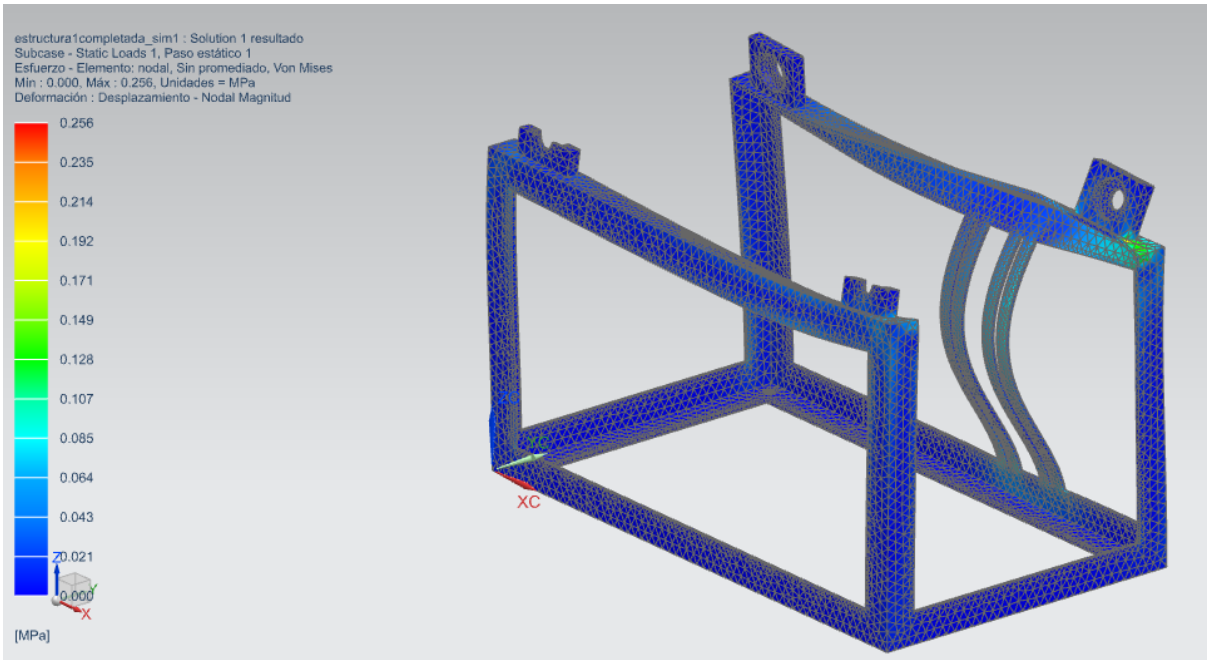
Ya realizado el análisis estructural en NX 1, hay que comprobar que la estructura si soportan las cargas que actúan sobre ella, ya que los esfuerzo presentan valores menores que 0,001 con lo que queda demostrado que la estructura si soporta las cargas calculadas que van actuar sobre ella.

***Figura 28. Análisis de esfuerzos en la estructura (mm)***




Fuente: Autores

*Figura 29. Análisis de esfuerzos en la estructura (MPa)*




Fuente: Autores

### 4.9.6. Análisis de la deformación

Para la elaboración de los cálculos de análisis de la deformación de la estructura se utilizará el archivo de especificación Ansi/Aisc 360-10 Para Construcciones De Acero.

la estructura cumple con la limitación proporcional establecida para carga según la AISC L/360, según SAP 2000 L/240 y según otros autores L/300.

Verificando uno de los travesaños más largos y críticos cuya longitud es de 460 mm y asumiendo como dato tolerable L/300 obtenemos:

La deformación permisible es:

$$\delta perm = \frac{460}{300} = 1.533$$

Como el valor de la deformación en el travesaño en la estructura es menor que el valor permisible se concluye que posee la rigidez apropiada.

### *4.9.7.* Cálculos de la deformación de la estructura.

Para realizar los cálculos de la deformación se utilizará las especificaciones del AISC, sección E,

Datos obtenidos del material sección L:

Fy = 36 ksi

E= 200 GPa = 29000 ksi

Ag = 143 mm2 = 0.22 pulg2

Razón ancho espesor de la sección L:

$$\frac{b}{t} = \frac{1}{0.11} = 9.1$$

### 4.9.8. Cálculo de la esbeltez para elementos atiesados.

La esbeltez mecánica, también denominada esbeltez, es una característica mecánica de las barras estructurales que relaciona la rigidez de la sección transversal de una pieza.

λr (Esbelto-No Esbelto):

$$\lambda r = 0.56 * \sqrt{\frac{E}{Fy}}$$

$$\lambda r = 0.56 * \sqrt{\frac{29000ksi}{36ksi}} = 15.9$$

Según las especificaciones del AISC, sección E si la Razón ancho espesor de la sección L es menor a λr (Esbelto-No Esbelto) es no esbelta:

$$\frac{b}{t} < \lambda r$$

$9.1<15.9$ La sección es no esbelta

Usando las especificaciones del AISC E3, tenemos que el valor de k = 1

L = longitud no arriostrada lateralmente del miembro, cm (mm).

r = radio de giro, cm (mm).

Lx = Ly = L = 1420 mm

rx = ry = 7.5 mm

$$\frac{k * L}{r} = \frac{1 * 1420}{7.5} = 189.33$$

Verificar si es pandeo elástico o inelástico:

$$Si\ \frac{k*L}{r} > 4.71 * \sqrt{\frac{E}{Fy}}\ Pandeo\ elástico$$

$$Si\ \frac{k*L}{r} \leq 4.71 * \sqrt{\frac{E}{Fy}}\ Pandeo\ inelástico$$

$$4.71 * \sqrt{\frac{E}{Fy}}$$

$$4.71 * \sqrt{\frac{29000}{36}} = 133.68$$

189.33 > 133.68 pandeo elástico

Ya obteniendo los valores anteriores, se dirige a la sección E3 pandeo por flexión de miembros sin elementos esbeltos y se prosigue a calcular la tensión de pandeo elástico y respectiva mente La tensión de pandeo por flexión:

$$Fe = \frac{\pi^2 * E}{\left(\frac{k*L}{r}\right)^2}$$

$$Fe = \frac{\pi^2 * 29000\ ksi}{(189.33)^2} = 7.98\ ksi$$

Fcr = 0,877Fe

Fcr = 0.877 * 7.98 ksi = 7 ksi

### 4.9.9. El cálculo de resistencia

La resistencia de compresión nominal, Pn , debe ser determinada basada en el estado límite de pandeo por flexión:

Pn = Fcr * Ag

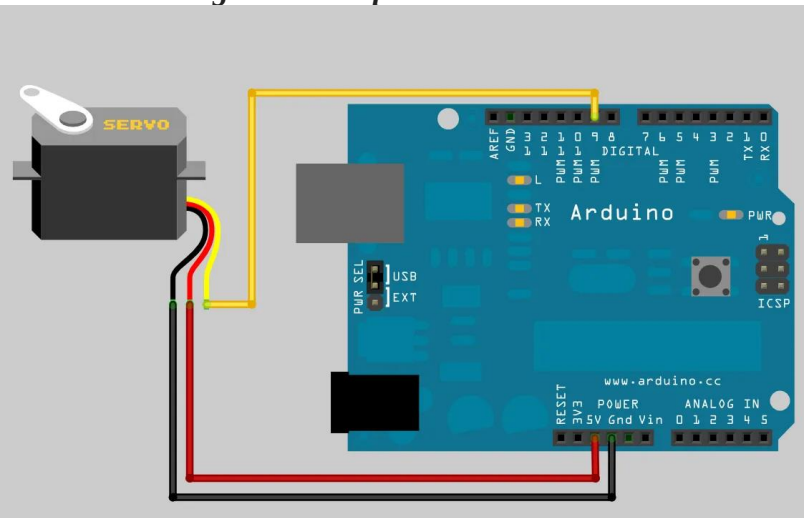
Pn= 7 ksi * 0.22 pulg2 =1.54 ksi*pulg2

## 4.10. DISEÑO ELÉCTRICO

La alimentación del servomotor-encoder se genera mediante una fuente de poder, la cual da energía al sistema del Arduino el cual está programado para especificar la longitud de la cinta y así el encoder pueda ser controlado para una longitud por medio de las pulsaciones por mm recorrido.

La siguiente figura muestra la conexión correcta del servomotor-encoder al Arduino.

***Figura 30. Esquema de conexión***




Fuente: https://aprendiendoarduino.wordpress.com/tag/motor-dc/

La energía eléctrica que recibe el servo motor va ser regulada mediante un cargador de computador que tiene como características una entrada de 100-240 V y 1.5 A, y una salida de 19 V y 2.1 A.

### 4.10.1. Programación del Arduino

El software Arduino es programa o aplicación multiplataforma, la cual está escrita en lenguaje de programación java y consiste en un editor de código, un compilador, un depurador y un constructor de interfaz gráfica (GUI).

Para la programación del Arduino de la maquina enrolladora de cinta de papel se va a utilizar el siguiente código:

***Figura 31. Código Arduino***

Software: Arduino
Arduino_Logo.svg
Codigo:

```
int pinIn = 2;
int pinStart = 4;
int pinOut = 8;
int value = 0;
int auxStart = 0;

void setup() {
  // put your setup code here, to run once:
  Serial.begin(9600);   //Iniciar puerto serie
  pinMode(pinIn, INPUT);  //definir pin como entrada (encoder)
  pinMode(pinStart, INPUT);  //definir pin como entrada (Start)
  pinMode(pinOut, OUTPUT);  //definir pin como salida (motor)
}

void loop() {
//  // put your main code here, to run repeatedly:
//  value = digitalRead(pin);  //lectura digital de pin
//
//  //mandar mensaje a puerto serie en función del valor leído
//  if (value == HIGH) {
//
//      Serial.println("Encendido");
//  }
//  else {
//      Serial.println("Apagado");
//  }
//  delay(1000);
  if(digitalRead(pinStart)==HIGH){
    auxStart=1;
    digitalWrite(pinOut,HIGH);
  }

  if(auxStart == 1){
    if (digitalRead(pinIn)==HIGH ){
    if (digitalRead(pinIn)==LOW ){
      value++;
      Serial.println(value);
      if(value == 3
      000){
        digitalWrite(pinOut,LOW);
        value = 0;
        auxStart=0;
      }
//      delay(100);
    }
  }
  }


}
```

Fuente. Autores

Este código tiene como función el manejo de las pulsaciones del servo-motor para que así la máquina esté programada de enrollar 1 metro de cinta de papel en cada proceso.

# *5. CAPÍTULO V*

# PROCESO DE CONSTRUCCIÓN Y ENSAMBLE DE LA MÁQUINA ENROLLADORA DE CINTA DE PAPEL

## 5.1. DESARROLLO

Principalmente para una buena construcción y desarrollo de la máquina es necesario contar con un taller especializado en la elaboración de nuevos proyectos industriales, además de contar con un conocimiento mecánico que nos facilite el buen desempeño y ajuste de cada elemento a utilizar y así poder acoplar cada pieza a la perfección y no causar choques entre ellas. Para realizar toda la fabricación es importante contar con un variado conjunto de herramienta necesaria para el ajuste de cada pieza y así facilitar un buen desempeño en la construcción de la máquina enrolladora de cinta serpentina.

## 5.2. ENSAMBLE DE LA MÁQUINA ENROLLADORA

Para optimizar ensamble de modo óptimo, se identifican los sistemas que conforman la enrolladora, aclarando los elementos que se usarán en cada sección, detallando sus respectivos componentes principales, códigos asignados y cantidades necesarias para su fabricación.

***Tabla 4. Sistemas y componentes que constituyen la máquina enrolladora***

| **Tipo de Sistema** | | **Elementos Principales** | **Material** | **Cantidad** |
|---|---|---|---|---|
| Estructura de la enrolladora | | Estructura soporte en perfil tipo L | Acero estructural | 1 |
| Sistema de enrollado | Subsistema de enrollado | Eje macizo | Acero | 1 |
| | | Eje de sujeción | Acero | 1 |
| | | Rodamiento | Fabricante | 2 |
| | Subsistema de guiado | Rodillo guiador | Acero y goma | 2 |
| | | Varilla guía | Acero | 2 |
| | | Soporte del rodillo y varilla | Acero | 4 |
| | subsistema de distribución | eje de distribución | Acero | 1 |
| | | Rodamiento | Fabricante | 2 |
| Sistema motriz de la enrolladora | | Motor | Fabricante | 1 |
| | | polea | Aluminio | 2 |
| | | correa trapezoidal | Tela, refuerzo de cordón Y caucho | 1 |
| Sistema eléctrico | | Caja de circuitos | Plástico | 1 |
| | | Cableado | Cable cobre | 1 |
| | | Elementos de potencia | Cable cobre | 1 |

Fuente: Autores

## 5.3. HERRAMIENTAS

Para la construcción de la máquina enrolladora de cinta es necesario contar con una maquinaria especial que cumpla con las normas de calidad y de seguridad para el operario y que además nos facilite el ensamble y construcción de nuestra máquina.

***Tabla 5. Herramientas e instrumentos para mecanizado***

| Clase de herramientas | Descripción de herramienta | Sistemas y componentes de la maquina enrolladora | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Estructura de la enrolladora | Sistema de enrollado | Sistema motriz de la enrolladora | Sistema eléctrico |
| Herramientas manuales | Destornilladores | | x | x | x |
| | Juego llaves | | x | x | |
| | Juego llaves Allen | | x | x | |
| Máquinas herramientas | Torno | | x | x | |
| | Fresadora | | x | x | |
| | Esmeril | | x | | |
| | Taladro | x | | x | x |
| | Equipo de soldadura | x | | | |
| | Cautín | | | | x |
| Instrumentos de medición | Flexómetro | x | x | x | |
| | Calibrador | x | x | x | |
| | Regla, escuadra, lápiz | x | x | x | x |

Fuente: Autores

## 5.4. PROCESO DE ENSAMBLE

En esta etapa se decidió asignarle un código a cada proceso el cual está caracterizado por su herramienta necesaria y así poderle dar un grado de importancia, ejecución y jerarquía a cada proceso de su construcción.

Para facilitar su ensamble se decidió dividir en los siguientes grupos por su grado de importancia.

- Estructura soporte de la enrolladora.

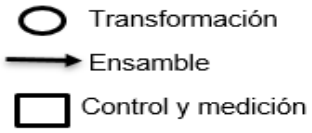
- Sistema de enrollado

    - Subsistema de enrollado
    - subsistema de guiado
    - subsistema de distribución

- Sistema motriz de la enrolladora

- Sistema eléctrico.

***Tabla 6. Operaciones mecánicas y tiempo de construcción***

| Operaciones mecánicas | |
|---|---|
| Maquina enrolladora de cinta de papel |  |
| Estructura soporte de la enrolladora | |

| Elemento Principal | Operaciones | ○ | → | □ | N° |
|---|---|---|---|---|---|
| Estructura soporte en perfil tipo L | Toma de medidas y trazos | | | x | 1 |
| | Corte | x | | | 2 |
| | Nivelado y escuadrado | | | x | 3 |
| | Soldado | x | x | | 4 |
| | Ensamble | | | | 5 |
| Sistema de enrollado | | | | | |
| Subsistema de enrollado | | | | | |
| Elemento Principal | Operaciones | ○ | → | □ | N° |
| Eje macizo enrollador | Medir y trazar | | | x | 6 |
| | Cortar | x | | | 7 |
| | Tornear | x | | | 8 |
| | Ensamble | | x | | 9 |
| Eje de sujeción | Medir y trazar | | | x | 10 |
| | Cortar | x | | | 11 |
| | Tornear | x | | | 12 |
| | Cilindrado interno | x | | | 13 |
| | Ensamble | | x | | 14 |
| Rodamiento | Ensamble en estructura | | x | | 15 |
| Subsistema de guiado | | | | | |
| Elemento Principal | Operaciones | ○ | → | □ | N° |
| Rodillo guiador | Ensamble en estructura | | x | | 16 |
| Varilla guía | Medir y trazar | | | x | 17 |
| | Cortar | x | | | 18 |
| | Roscado extremo | x | | | 19 |
| | Ensamble | | x | | 20 |
| Soporte del rodillo y varilla | Medir y trazar | | | x | 21 |
| | Cortar | x | | | 22 |
| | Taladrar 3 agujeros | x | | | 23 |
| | Ensamble rodillo | | x | | 24 |

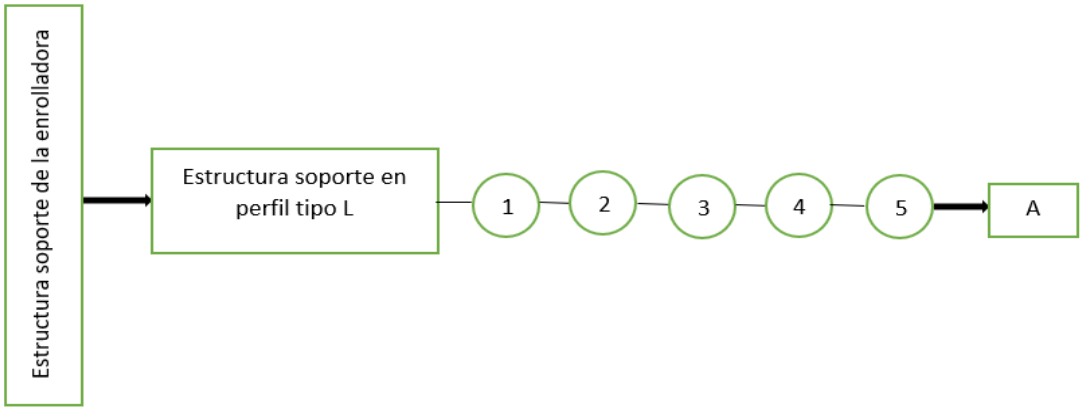
| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Ensamble varilla | | x | | 25 |
| | Ensamble a estructura | | x | | 26 |
| subsistema de distribución | | | | | |
| Elemento Principal | Operaciones | ○ | → | □ | N° |
| eje de distribución | Medir y trazar | | | x | 27 |
| | Cortar | x | | | 28 |
| | Tornear | x | | | 29 |
| | Ensamble | | x | | 30 |
| Rodamiento | Ensamble en estructura | | x | | 31 |
| Sistema motriz de la enrolladora | | | | | |
| Elemento Principal | Operaciones | ○ | → | □ | N° |
| Motor | Ensamble en estructura | | x | | 32 |
| | Cableado central | x | | | 33 |
| polea | Ensamble al motor y al eje sujetador | | x | | 34 |
| correa trapezoidal | Ensamble sobre poleas | | x | | 35 |
| Sistema eléctrico | | | | | |
| Elemento Principal | Operaciones | ○ | → | □ | N° |
| Caja de circuitos | Ensamble | | x | | 36 |
| Cableado | Medir y cortar | x | | | 37 |
| | Unión del cableado | x | | | 38 |
| Elementos de potencia | Ensamble en la caja de circuitos | | x | | 39 |

Fuente: Autores

## 5.5. FLUJOGRAMA DE PROCESOS DE CONSTRUCCIÓN

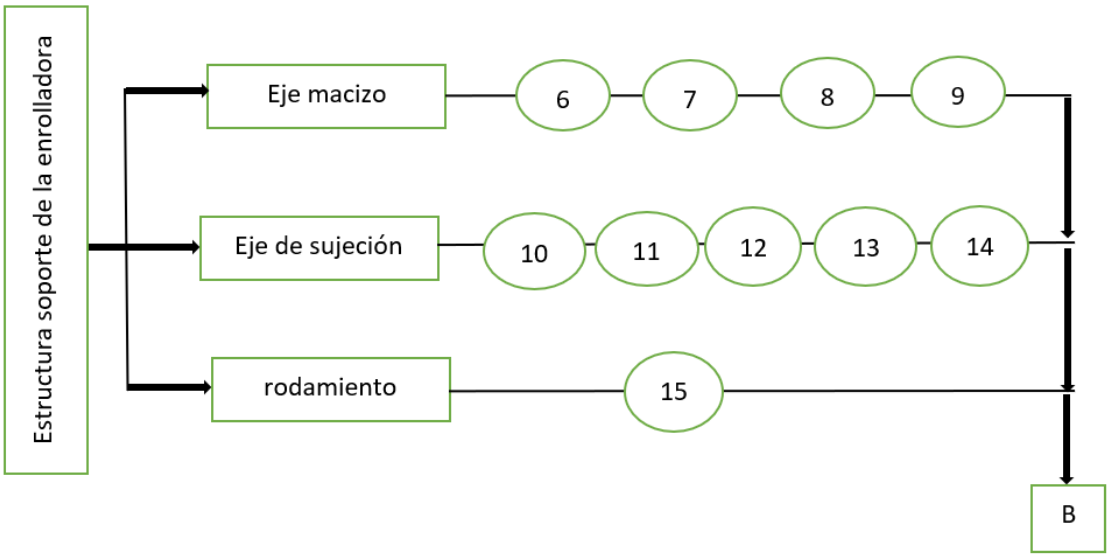
Se estableció un orden de construcción para así poder acoplar paso a paso cada pieza con cada proceso que se le debe de hacer adecuadamente al elemento a mecanizar, mediante la tabla número 9 podemos establecer cuál es el código que le corresponde a cada proceso y así poder crear un flujograma ordenado del paso a paso.

***Figura 32. Flujograma de la construcción de la estructura***



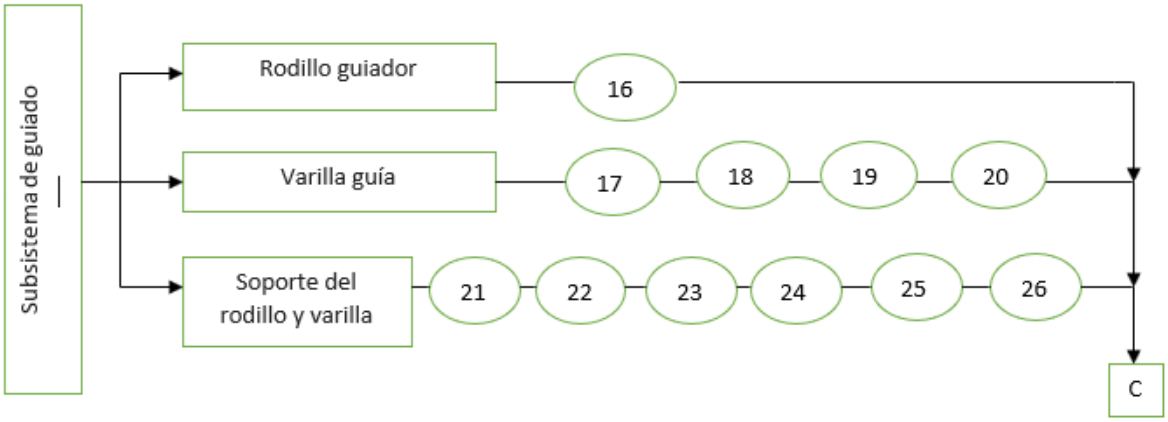

Fuente: Autores

***Figura 33. Flujograma de construcción del Subsistema de bobinado***



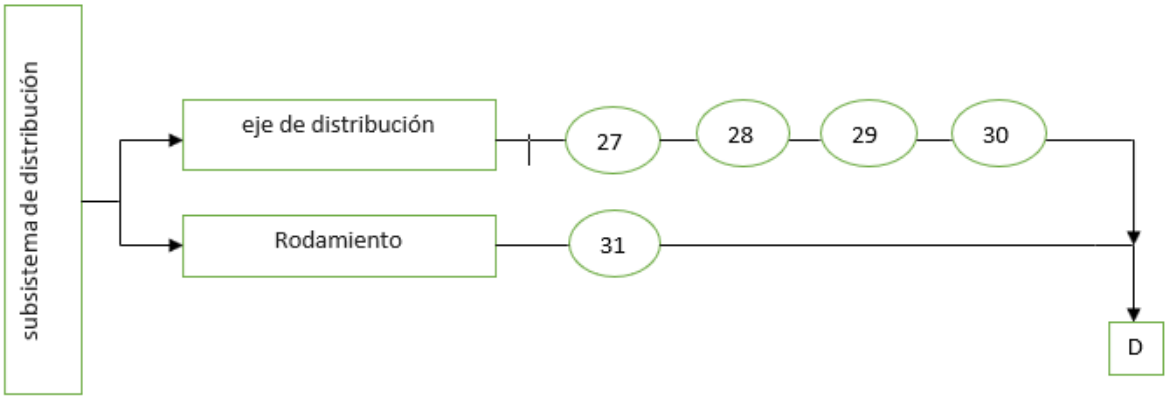

Fuente: Autores

***Figura 34. Flujograma de construcción del Subsistema de guiado***



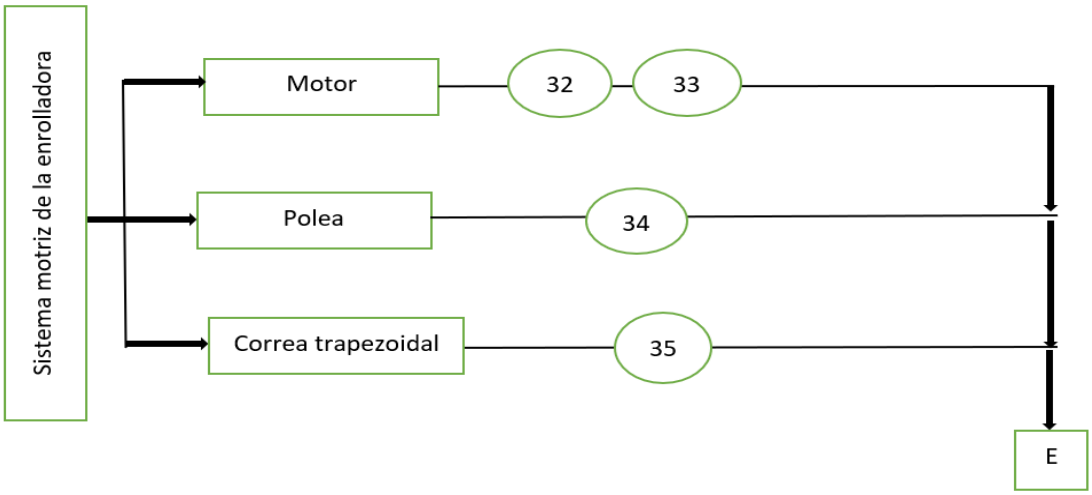

Fuente: Autores

***Figura 35. Flujograma de construcción del Subsistema de distribución***



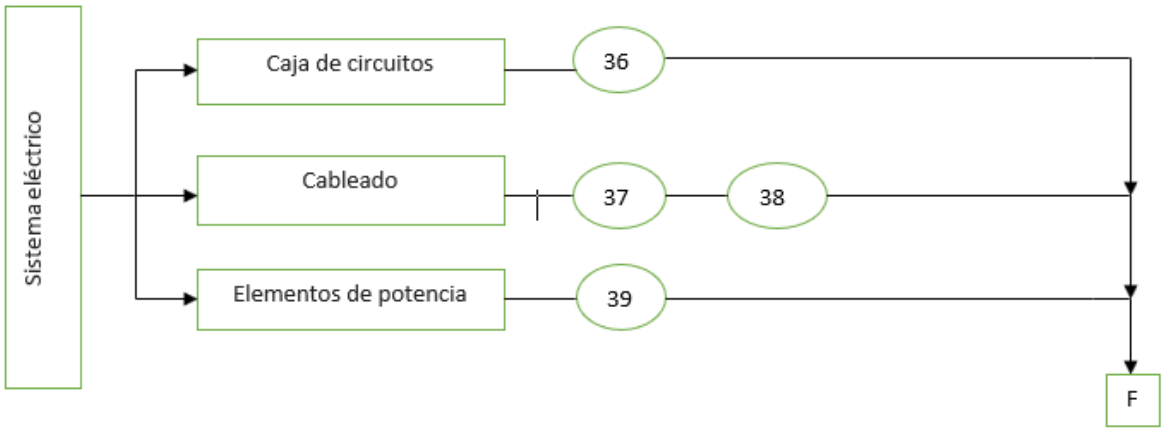

Fuente: Autores

*Figura 36. Flujograma de construcción del Sistema motriz de la bobinadora*




Fuente: Autores

*Figura 37. Flujograma de construcción del Sistema eléctrico*




Fuente: Autores

## 5.6. MONTAJE DE LA ENROLLADORA

***Tabla 7. Montaje de la estructura***

| Operación de montaje | → | △ | Código |
|---|---|---|---|
| Traslado de los elementos al lugar de trabajo | | x | M1 |
| Ensamble de la estructura | x | | M2 |
| Ensamble del recubrimiento laterales y superior | x | | M3 |
| Ensamble asentamiento del motor | x | | M4 |

Fuente: Autores

***Tabla 8. Montaje del subsistema de bobinado***

| Operación de montaje | → | △ | Código |
|---|---|---|---|
| Ensamble de rodamientos a estructura | x | | M5 |
| Ensamble de eje sujetador a rodamiento | x | | M6 |
| Ensamble de eje bobinador a eje sujetador | x | | M7 |

Fuente: Autores

***Tabla 9. Montaje del subsistema de guiado***

| Operación de montaje | → | △ | Código |
|---|---|---|---|
| Ensamble soporte de rodillo y varilla a la estructura | x | | M8 |
| ensamble de rodillo a soporte | x | | M9 |
| ensamble de varilla a soporte | x | | M10 |

Fuente: Autores

***Tabla 10. Montaje del subsistema de distribución***

| Operación de montaje | → | △ | Código |
|---|---|---|---|
| Ensamble de rodamientos a estructura | x | | M11 |
| Ensamble de eje a rodamiento | x | | M12 |

Fuente: Autores

***Tabla 11. Montaje sistema motriz de la bobinadora***

| Operación de montaje | → | △ | Código |
|---|---|---|---|
| Traslado de los elementos al lugar de trabajo | | x | M13 |
| Ensamble del motor a estructura | x | | M14 |
| Ensamble de polea a motor | x | | M15 |
| Ensamble de polea a eje sujetador | x | | M16 |
| Ensamble de correa trapezoidal | | | M17 |

Fuente: Autores

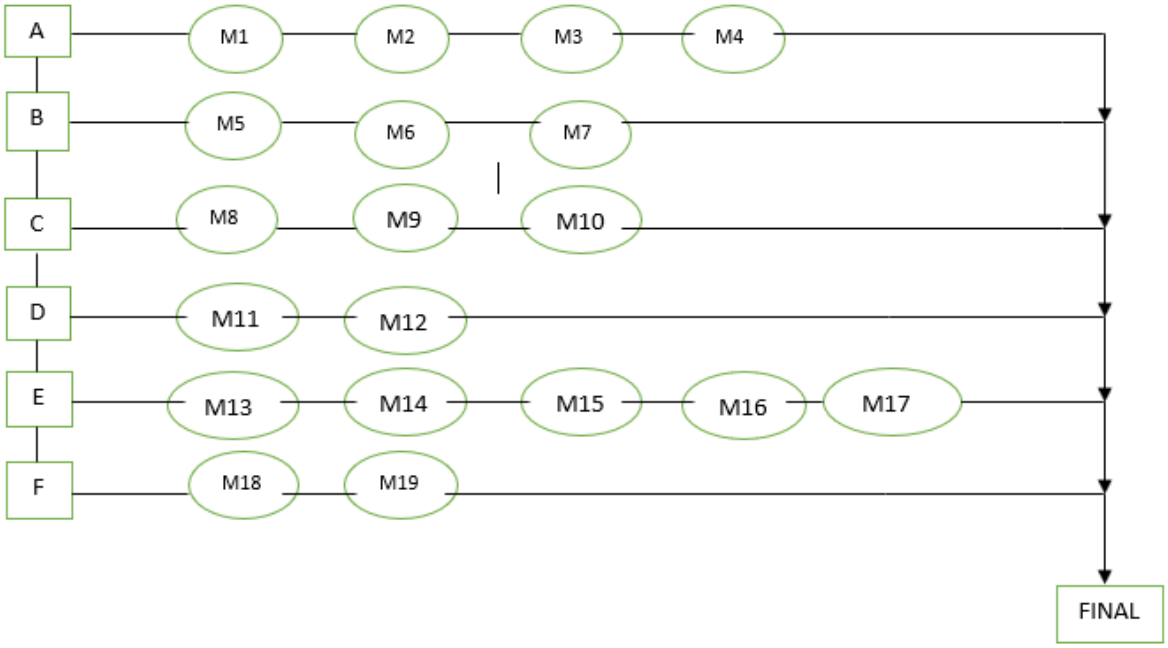
***Tabla 12. Montaje sistema eléctrico***

| Operación de montaje | → | △ | Código |
|---|---|---|---|
| Ensamble de la caja de circuitos | x | | M18 |
| Energizado de la máquina | | x | M19 |

Fuente: Autores

## 5.7. FLUJOGRAMA DEL PROCESO DE MONTAJE

***Figura 38. Flujograma del montaje***




Fuente: Autores

# *6. CAPÍTULO VI*

## 6.1. *PUESTA A PUNTO*

La observación de la enrolladora y la calidad del ovillo obtenido son factores fundamentales en el producto resultante. De tal forma que, al analizar el proceso de montaje, producción y resultado, se evidencia que el producto final cumple con las expectativas generales.

podemos determinar la velocidad por cada ovillo que genera la cual es de 18 segundos lo que lo hace un proceso muy rápido y eficiente ideal para comercializar a gran escala, además de esto, si deseamos hallar la velocidad de este proceso el cual se calculó mediante un tiempo ya determinado de 18 segundos y conociendo la longitud de la cinta la cual es de 1m así se puede determinar que su velocidad promedio es de 0.05 m/s.

Estas pruebas ayudan analizar la calidad de la máquina como la calidad de producción que debe desarrollar la máquina frente al producto.

***Figura 39. resultado final***



Fuente: autores

***Figura 40. cinta de serpentina final***



Fuente: autores

***Figura 41. sistema de tracción de la enrolladora***



Fuente: autores

***Figura 42. Montaje de la cinta en los tensores y rodillos***



Fuente: autores

***Figura 43. sistema de potencia y servo motor-encoder***



Fuente: autores

## 6.2. *ANÁLISIS DE COSTOS*

A lo largo de la investigación y análisis del proyecto, nuestra tarea primordial era construir y fabricar una maquina la cual pueda tener gran importancia en la industria de cintas, específicamente serpentinas, para así poder facilitar la comercialización de este producto entre las microempresas y brindar una oportunidad de progreso y buenas ganancias para estos microempresarios, por lo tanto este diseño se pensó mucho en materiales muy asequibles de fácil manejo y construcción que no requieran de procesos especiales que aumenten el costo de fabricación, y los diferentes componentes que se escogieron también se caracterizan por ser

de fácil acceso y muy económicos de esta manera poder facilitar la construcción y elaboración de nuestro diseño.

En la búsqueda de materia prima para la construcción de la máquina analizamos los diferentes sectores de Bogotá que cuentan con la comercialización adecuada para los implementos que necesitábamos además de que contará con una gran variedad de tipos, marcas y funciones que puedan llegar a tener los componentes para así poder mejorar tanto funcional, estéticamente y económicamente la construcción del diseño; Por lo tanto se decidió que el sector del Ricaurte en la localidad de los Mártires contaba con la comercialización suficiente y completa para la búsqueda de cada componente, además de ser un sector característico del área de metalurgia, mecanizados y venta de diferentes elementos mecánicos que favorecieron nuestra búsqueda de materiales, facilitaron la obtención de cada uno de muy buenas características y a unos precios bastante asequibles y cómodos.

A continuación, realizamos una tabla con los diferentes componentes que necesitábamos y al lado su valor comercial.

***Tabla 13. costo elementos***

| N | DESCRIPCIÓN | CANTIDAD | VALOR ($) |
|---|---|---|---|
| 1 | servomotor-encoder | 1 | 360.000 |
| 2 | Estructura | 1 | 50.000 |
| 3 | Ejes | 2 | 20.000 |
| 4 | mecanizado | 2 | 40.000 |
| 5 | Rodillos | 2 | 30.000 |
| 6 | Ramal eléctrico | 1 | 60.000 |
| 7 | Sistema de transmisión | 1 | 45.000 |
| TOTAL | | | 605.000 |

Fuente. Autores

la financiación de los elementos que compramos lo hicimos por nuestros propios medios dividiéndonos los gastos equitativamente.

# *7. CAPÍTULO VII*

## 7.1. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 7.1.1. Conclusiones

La construcción final de la maquina fue una experiencia muy productiva ya que pusimos en práctica todos nuestros conocimientos aprendidos a lo largo de nuestra carrera, fue necesario analizar, evaluar diferentes propuestas que brindaron un gran avance y mejoramiento a nuestro diseño final; se tomaron como base los diferentes concepto de cada materia y así poder construir toda una estructura estable tanto en cálculos como en función y utilidad de esta manera poder crear y diseñar una máquina eficaz y eficiente que satisfaga las necesidades e ideal de la máquina requerida.

Gracias a que esta máquina cuenta con un servomotor con encoder controlado por medio de un Arduino, se puede moderar la cantidad de cinta de papel que se requiere enrollar para poder facilitar las cantidades longitudinales que requiere el proceso de fabricación de serpentina.

La máquina enrolladora de cinta de papel cumple con los requerimientos de desarrollo, diseño y fabricación requeridos en un inicio, de tal manera que permite dar una confiabilidad de proceso y producción.

Gracias a que esta máquina cuenta con un sistema de enrollado fácil de expulsar, esto permite que la bobina de cinta de papel se extraiga de tal manera que el ovillo no se deforme y se pueda garantizar la calidad de la serpentina.

A lo largo del proceso de aprendizaje y análisis de la carrera se pudo establecer que la utilización de los diagramas de procesos fue la mejor idea para organizar y establecer el paso a paso del ensamble de la máquina de una forma ordenada y además se pensó como una forma de fácil de lectura y comprensión para cualquier persona.

La finalidad primordial de este diseño de la máquina fue pensada y analizada con el apoyo de comerciantes de esta industria y unido a nuestros conocimientos técnicos y tecnológicos se diseñó y fabrico una máquina con la suficiente capacidad de eficiencia, con la cual se favorecen las pequeñas empresas para empezar una nueva actividad económica de producción y dejar de lado la compra y venta de productos; Una vez que fue terminado el diseño se le mostro a sus principales interesados siendo así un diseño de gran aceptación.

### 7.1.2. Recomendaciones

A largo plazo se puede construir un sistema de separación para mejorar la distribución de cinta, con el fin de poder realizar un bobinado en serie.

Se puede rediseñar la máquina bobinador con un sistema de corte por medio de cuchillas para poder separar la cinta con dimensiones más anchas, y así poder desarrollar una producción con más ganancias.

REFERENCIAS

**AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION (AISC).** Especificación Ansi/Aisc 360-10 Para Construcciones De Acero. {En línea}. {12 mayo de 2020}. Recuperado de http://www.construccionenacero.com/sites/construccionenacero.com/files/publicacion/especificacion_ansi-aisc_360-10_para_construcciones_de_acero.pdf.

**BAVARESCO Guillermo 2016**. Procedimiento Para El Diseño De Ejes. {En línea}. {10 mayo de 2020}. Recuperado de https://gabpingenieria.weebly.com/uploads/2/0/1/6/20162823/diseo_de_ejes.pdf .

**DUNLOP**. Correas De Transmisión Industrial. {En línea}. {5 mayo de 2020}. Recuperado de https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/objetos/figutut121/Correas_Dunlop.pdf.

**FREIRE, D., HURTADO,A. 2011**. Diseño Y Construcción De Un Sistema Mecánico Para Embobinar Fibras De Pet Reciclado Producidas Por El Laboratorio De Mecánica De Materiales. 2011. s.l. : Sangolqui, 2011.

**MOTT, L. Robert. 2006**. Diseño de Elemento de Máquinas. México : PEARSON, 2006.

**NORTON, Robert L. 1999**. Diseño de Máquinas. México : Perntice Hall (Pearson), 1999.

**NTN CORPORATION**. Rodamiento De Bolas Y De Rodillo. {En línea}. {20 mayo de 2020}. Recuperado de http://www.elementosindustriales.com/web/pdf/CATALOGOGENERAL.pdf.

**PRONTUARIO DE INGENIERÍA CIVIL**. Perfil L (Sección bruta). {En línea}. {Consultado el 15 de Mayo 2020}. Recuperado de http://prontuarios.info/perfiles/_L.

**SHIGLEY, Joshep E. 1985**. Diseño de Elementos de Máquinas. México : McGraw Hill, 1985. octava edición.

**SIDETUR**. Manual De Estructuras De Acero De Perfiles L. {En línea}. {Consultado el 15 de Mayo 2020}. Recuperado de https://www.alacero.org/sites/default/files/u16/ci_22_-_anexo_3_ejemplos.pdf.

**SLIDESHARE. 2012**. Slideshare. [En línea] 05 de Octubre de 2012. [Citado el: 28 de Abril de 2020] http://es.slideshare.net/Antonio8610/capacidad-de-produccin-14606747.

**TEMA**. Historia. {En línea}. {Consultado el 1 de Mayo 2020}. Recuperado de http://www.temaitalia.com/esl/Historia

**UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS. 2019**. Repositorio universidad distrital. Recuperado de https://udistrital.edu.co/.

**VALENCIA. Edith. P. 2015**. Diseño Y Construcción De Una Máquina Bobinadora De Precision Para Rafia De Polipropileno En La Empresa HIPLAS. Tesis De Ingeniería Escuela Superior Politécnica De Chimborazo.

**XUNTA DE GALICIA. 2014.** XUNTA DE GALICIA. [En línea] 2014. [Citado el 12 de Noviembre de 2019.] https://www.edu.xunta.es/espazoAbalar/sites/espazoAbalar/files/datos/1464947174/contido/33_el_papel.html.

***ANEXOS***

- ***ANEXO A. Planos de fabricación***

- ***ANEXO B. Catálogo general NTN rodamientos***

- ***ANEXO C. Catálogo general DUNLOP de correas***