



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PARA EL CORTE DE
TUBOS DE CARTÓN DE DIÁMETRO 2 A 6 PULGADAS USADOS EN LA
INDUSTRIA PAPELERA**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero Mecánico

AUTOR: JAIRO SANTIAGO MORA AGUILAR
TUTOR: WILLIAM GUSTAVO DÍAZ DÁVILA

Quito – Ecuador

2022

CERTIFICACIÓN DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Jairo Santiago Mora Aguilar con documento de identificación N°1720597374 manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente proyecto; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana puede usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 16 de marzo del año 2022

Atentamente,



Jairo Santiago Mora Aguilar

1720597374

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, Jairo Santiago Mora Aguilar con documento de identificación N°1720597374, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy el autor del Proyecto técnico: “Diseño y Construcción de una Máquina para el Corte de Tubos de Cartón de Diámetro 2 a 6 pulgadas usados en la Industria Papelera”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Mecánico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital en la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 16 de marzo del año 2022

Atentamente,



Jairo Santiago Mora Aguilar

1720597374

CERTIFICACIÓN DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, William Gustavo Díaz Dávila con número de identificación N.º 0400926184, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PARA EL CORTE DE TUBOS DE CARTÓN DE DIÁMETRO 2 A 6 PULGADAS USADOS EN LA INDUSTRIA PAPELERA, realizado por Jairo Santiago Mora Aguilar con documento de identificación N.º 1720597374, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto Técnico, que cumple con todos los requerimientos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 16 de marzo del año 2022

Atentamente,



Ing. William Gustavo Díaz Dávila, MSc

0400926184

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mi esposa, por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional. A mis hijos por el tiempo sacrificado que no pude pasar junto a ellos.

AGRADECIMIENTO

Me van a faltar páginas para agradecer a las personas que se han involucrado en la realización de este trabajo, sin embargo, merece un reconocimiento especial mi Esposa que con su esfuerzo y paciencia me ayudo a culminar mi carrera universitaria y me dio el apoyo suficiente para no decaer cuando todo parecía complicado e imposible.

Asimismo, agradezco infinitamente a mis Hermanos que con su apoyo me hacían sentir orgulloso de lo que soy. Ojalá algún día yo me convierta en esa fuerza para que puedan seguir avanzando en su camino.

ÍNDICE

CERTIFICACIÓN DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	i
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA.....	ii
CERTIFICACIÓN DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT	xv
INTRODUCCIÓN	xiv
CAPÍTULO 1	1
PROBLEMA.....	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Planteamiento del Problema.....	1
1.3 Justificación.....	2
1.4 Objetivos.....	3
1.4.1 Objetivo General:.....	3
1.4.2 Objetivos Específicos:.....	3
CAPÍTULO 2	4
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	4
2.1 Máquinas Manufactureras	4
2.1.1 Máquina con un sistema de corte	4

2.2.2	Máquina con un sistema de corte de canutos	4
2.3	Cuchillas industriales.....	6
2.4	Automatización industrial	8
2.5	Cartón	9
2.5.2	Tubos de Cartón	9
2.6	Motor eléctrico	10
2.6.1	Motor monofásico	10
2.7	Eje de transmisión.	11
2.7.1	Diseño de ejes	12
2.8	Rodamientos.	13
2.9	Chumaceras.	14
2.10	Poleas.....	15
2.11	Bandas de transmisión	16
2.12	Cilindro neumático de doble efecto.....	18
2.13	Indicadores financieros.....	18
2.13.1	Indicadores de desempeño	19
2.13.2	Indicadores de rentabilidad	20
CAPÍTULO 3		22
GENERALIDADES		22
3.1	Introducción.....	22
3.2	Evaluación de soluciones	22
3.3	Casa de la Calidad	27

CAPÍTULO 4.....	27
DISEÑO Y ANÁLISIS DE LA CORTADORA.....	27
4.1 Estudio de fuerzas de la máquina cortadora.....	28
4.1.1 Estudio de fuerzas de la mesa de la cortadora.....	28
4.1.2 Análisis de fuerzas del eje base de las cuchillas.....	30
4.1.3 Análisis de fuerzas del eje base para el corte del tubo de cartón.....	34
4.1.4 Cálculo de las chumaceras.....	37
4.1.5 Cálculo del sistema de transmisión por bandas.....	41
 CAPÍTULO 5.....	 47
RESULTADOS.....	47
5.1 Descripción de la Empresa INDUPAPEL.....	47
5.1.1 Demanda mensual de la empresa INDUPAPEL.....	47
5.2 Características del tubo de cartón por unidades.....	48
5.2.1 Precios de los canutos.....	49
5.3 Características del tubo de cartón por metros.....	50
5.4 Análisis de la máquina cortadora con indicadores financieros.....	50
 CAPÍTULO 6.....	 54
ESTUDIO DE LOS COSTOS.....	54
6. Introducción.....	54
6.1 Estudio de costos.....	54
6.1.1 Costos Directos.....	54
Materia Prima Directa.....	54
Componentes Estandarizados.....	55
6.1.2 Costos Colaterales.....	56

Materia Prima Indirecta	56
Costos Complementarios	57
Costo Final	57
Recuperación del proyecto.....	58
CRONOGRAMA	60
PRESUPUESTO	61
CONCLUSIONES	62
RECOMENDACIONES	64
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	66
ANEXOS.....	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Máquina con un sistema de corte	4
Figura 2. Corte por cuchilla recta.....	5
Figura 3. Corte por cuchilla rotativa	6
Figura 4. Cuchillas industriales.....	6
Figura 5. Cuchilla circular	8
Figura 6. Automatización industrial.....	8
Figura 7. Tubos de cartón	10
Figura 8. Motor monofásico.....	11
Figura 9. Eje de transmisión	11
Figura 10. Diseño de ejes.....	12
Figura 11. Rodamientos de bolas.....	13
Figura 12. Chumacera de pared	14
Figura 13. Polea	15
Figura 14. Polea compuesta	16
Figura 15. Banda de transmisión.....	16
Figura 16. Correas de transmisión en V.....	17
Figura 17. Cilindro de doble efecto	18
Figura 18. Indicadores financieros.....	19
Figura 19. Indicadores de desempeño.....	20
Figura 20. Indicadores de rentabilidad.....	21
Figura 21. Mallado de la mesa cortadora.....	28
Figura 22. Soportes Fijos y fuerza de la mesa	29
Figura 23. Deformación total de la mesa	29
Figura 24. Esfuerzo equivalente de la mesa.....	30
Figura 25. Factor de seguridad de la mesa.....	30
Figura 26. Eje base de las cuchillas	31
Figura 27. Estudio de fuerzas eje apoyo de las cuchillas.....	31
Figura 28. Esquema de fuerzas del eje apoyo de las cuchillas	32
Figura 29. Esquema de momentos del eje base de las cuchillas	32
Figura 30. Eje base para el corte del tubo de cartón	34

Figura 31. Análisis de fuerzas del eje base para el corte del tubo de cartón.....	35
Figura 32. Esquema de fuerzas del eje base para el corte del tubo de cartón	35
Figura 33. Esquema de momentos del eje base de las cuchillas para el corte del tubo de cartón.....	36
Figura 34. Chumacera para eje base de las cuchillas	38
Figura 35. Chumacera para eje base del rodillo del canuto	39
Figura 36. Sistema de transmisión de la máquina cortadora.....	41
Figura 37. Tipos de Bandas.....	42
Figura 38. Potencia Base.....	44
Figura 39. Longitud de correa.....	44
Figura 40. Factor de corrección	45
Figura 41. Numero de bandas de la máquina cortadora.....	46
Figura 42. Empresa INDUPAPEL.....	47
Figura 43. Valor unitario de los tubos de cartón.....	51
Figura 44. Demanda mensual de los tubos de cartón.....	52
Figura 45. Ventas por (m) vs (unidades).....	52
Figura 46. Producto Final.....	53

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Pesos específicos según los criterios.....	23
Tabla 2. Criterio funcionamiento	24
Tabla 3. Criterio precio	24
Tabla 4. Criterio variación	25
Tabla 5. Criterio operación.....	25
Tabla 6. Criterio mantenimiento	26
Tabla 7. Cálculo de las soluciones planteadas	26
Tabla 8. Demanda empresa INDUPAPEL.....	48
Tabla 9. Detalle del Canuto 3 in x 8,7cm.....	48
Tabla 10. Detalle del Canuto 2 in x 19,7 cm.....	48
Tabla 11. Detalle del Canuto 3 in x 21,8 cm.....	49
Tabla 12. Precios unitarios de los canutos por unidades.....	49
Tabla 13. Precios según la demanda de INDUPAPEL	49
Tabla 14. Ventas por metros del canuto.....	50
Tabla 15. Costos de materia prima directa.....	54
Tabla 16. Costos de componentes estandarizados	55
Tabla 17. Costos de materia prima indirecta.....	56
Tabla 18. Costos Complementarios	57
Tabla 19. Inversión final de la cortadora.....	57
Tabla 20. Rentabilidad del proyecto	59
Tabla 21. Cronograma.....	61
Tabla 22. Presupuesto	62

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Casa de la Calidad.....	71
Anexo 2. Catálogo de Rodamientos de Bolas.....	72
Anexo 3. Catálogo de Rodamientos de Chumaceras	73
Anexo 4. Producto Final	74
Anexo 5. Máquina construida.....	73

RESUMEN

Actualmente, la industria papelera posee un papel importante en el sector industrial ecuatoriano, ya que a través de este sector se contribuye con el PIB (Producto Interno Bruto) generando así un impulso a la economía del país. También, cabe resaltar que este sector posee un bajo impacto ambiental, debido a que, en su proceso de producción sus desechos no son tóxicos a diferencia de otros procesos, otro de los aspectos relevantes es lo económico ya que su materia prima es de fácil acceso.

Por otra parte, el desarrollo de nuevas tecnologías ha evolucionado considerablemente en los últimos años, contribuyendo a diferentes sectores, como, por ejemplo, el ámbito industrial que está siendo transformado por la automatización industrial la cual permite aumentar la producción, calidad de los productos, y posean procesos o funciones que sean repetitivas, de esta manera se logra controlar y monitorear el proceso permitiendo así tener menores fallas y mejoras en el proceso, y se obtiene como resultado menos gastos y mayores ingresos a la empresa.

Conociendo estos aspectos, es importante contribuir con el desarrollo del país, ya que el mismo posee un nivel bajo en automatización industrial, debido a que un gran porcentaje de las empresas del sector industrial desarrollan los procesos de fabricación de forma manual, reduciendo así su participación en el mercado.

Por tal razón, el siguiente proyecto pretende con el diseño y construcción de una cortadora de canutos cuyos diámetros van de 2 a 6 in usados en la industria papelera, reducir sus tiempos de producción permitiendo de esta manera ser usado en diferentes productos de uso cotidiano, aumentando la producción diaria, reduciendo el desperdicio y aprovechando al máximo la mano de obra. También es importante destacar que su mantenimiento será más sencillo y de bajo costo.

ABSTRACT

Currently, the paper mill factory plays a major role in the Ecuadorian industrial sector, since through this sector it contributes to the GDP (Gross Domestic Product), thus generating a boost to the country's economy. Also, it is worth mentioning that this sector has a lower environmental impact, due to the fact that in its production process its waste is not toxic, unlike other processes. Another relevant aspect is the economic aspect, since its raw material is easily accessible.

On the other hand, the growth of new technologies has evolved considerably in recent years, contributing to different sectors, such as, for example, the industrial field that is being transformed by industrial automation which allows to increase production, product quality, and have processes or functions that are repetitive, in this way it is possible to control and monitor the process allowing to have fewer failures and improvements in the process, resulting in lower costs and higher income to the company.

Knowing these aspects, it is important to promote to the development of the country, since it has a low level of industrial automation, due to the fact that a large percentage of the companies in the industrial sector develop the manufacturing processes manually, thus reducing their market share.

For this reason, the following project intends with the design and manufacture of a joint cutter whose diameters range from 2 to 6 in used in the paper industry, reducing their production times, allowing this way to be used in different products of daily use, increasing daily production, reducing waste and maximizing the use of labor. It is also important to highlight that its maintenance will be simpler and low cost.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, en el aspecto industrial, su progreso se ha ido desarrollando sobre todo en el aspecto de sistemas aplicables, con el uso de diferentes tecnologías que permiten el mejoramiento como los ciclos de producción, que permiten el crecimiento del sector industrial de los países. En la elaboración del papel y sus compuestos se logra alcanzar cifras que permiten a este oficio del papel estar entre las más importantes de la sociedad [1].

En el Ecuador, la elaboración de papel y productos del mismo es un proceso de desarrollo en el país a través del transcurso del tiempo ya que es un sector en desarrollo y la fabricación de papel y cartón posibilita cubrir la escasez de diversos grupos de ahorro del territorio [2].

Por tal razón en el presente trabajo se plantea “diseño y construcción de una cortadora de canutos de diámetro 2 a 6 in usados en la industria papelera” ya que en la Universidad Politécnica Salesiana su misión de colaborar con la sociedad que planteen soluciones a problemáticas que se presenten.

El trabajo consta de los siguientes capítulos:

1. **PRIMER CAPÍTULO:** Comprende el planteamiento del problema encontrado, el argumento, posteriormente los objetivos tanto generales como específicos. También se desarrolla el fundamento teórico referencial para el debido apoyo, la información requerida para la ejecución de la solución, entre otros.
2. **SEGUNDO CAPÍTULO:** Describe el análisis y la selección de alternativas del sistema de corte que permitirán el incremento de los productos, la disminución de los desperdicios y el aprovechamiento de mano de obra.
3. **TERCER CAPÍTULO:** Describe los costos del desarrollo de la máquina cortadora.

4. CUARTO CAPÍTULO: Explica los resultados alcanzados y las pruebas realizadas que han permitido lograr los objetivos propuestos. Como parte final, se detallará las conclusiones y recomendaciones finales del proyecto.

CAPÍTULO 1

PROBLEMA

1.1 Antecedentes

El papel posee una gran variedad de usos y aplicaciones en la vida diaria de las personas. Este fue ideado por el cortesano chino Ts'ai Lun en 105 (siglo II d.C.) [3]. Se cree que la industria del papel se originó alrededor del año 100 d.C. Las primeras máquinas de fabricación fueron patentadas a finales del siglo XIX al siglo XX [1].

La fabricación de tubos de cartón posee una gran demanda en el sector de la industria papelera ya que se utiliza en una variedad de productos.

En el Ecuador, existen diferentes empresas enfocadas en la distribución y comercialización de tubos de cartón como por ejemplo CARTOPEL, OMEGA, entre otras, por la tanto el uso de las máquinas entubadoras, que realicen este proceso en estas empresas la mayoría son manuales, lo que implica un proceso de producción lento, aumentando así la intervención de mano de obra, el desperdicio del material entre otros aspectos.

Por tal razón la parte primordial es optimización del sistema de producción de estas máquinas por lo cual se requiere la automatización de los procesos que se realicen para la obtención de los tubos de cartón, existen algunos proyectos relacionados como por ejemplo el de la Universidad Politécnica Salesiana que se orienta en el boceto y construcción de un mecanismo cortador rebobinador de rollos de papel [4].

1.2 Planteamiento del Problema

En el Ecuador, el sector industrial es el principal contribuyente al PIB (Producto Interno Bruto) con el 12% [5]. Por tal razón se requiere que este sector siga desarrollándose para el impulso económico del país. En el aspecto de la fabricación de papel, la industria

papelera aporta 0.6% en el 2018 (PIB). Ecuador produce los productos finales a partir de celulosa, porque el país no es productor de materias primas.

Los tubos de cartón son muy utilizados en la industria papelera por su bajo costo, y bajo impacto ambiental. Estos se fabrican de forma espiral con capas superpuestas. Su construcción es de forma continua por lo que se requiere una máquina cortadora en los diferentes tamaños requeridos.

En relación a lo antes mencionado, se requiere de una máquina automatizada de canutos que permitan la reducción de los tiempos de producción, por tal razón se complementará esta máquina en el sistema de corte. La cortadora de tubos debe ser capaz de cortar espiral de cartón con diámetro que puede oscilar entre dos y seis pulgadas, con un espesor no mayor a cuatro milímetros. El corte se debe efectuar de manera continua sin necesidad de parar la producción, llevar un registro de los tubos cortados y adaptarse a las diferentes velocidades de salida de la espiral.

1.3 Justificación

La industria papelera, ha crecido en los últimos años obligado por la considerable demanda de papel y cartón, por otra parte, también existe el propósito de reducir el consumo del plástico por tal razón existe una gran demanda de diferentes productos donde su materia prima es el papel y el cartón.

El objetivo de este proyecto es desarrollar un sistema de corte de forma automática en una máquina de tubos de cartón, en el cual se utilizarán las diferentes tecnologías o medios que se posee en la actualidad para conseguir el propósito del mismo, el cual es la reducción del ciclo de producción de este proceso.

En resumen, se diseñará y construirá una cortadora automatizada que va a complementar la línea de producción de un mecanismo formador de tubos de cartón la cual ya se encuentra en funcionamiento.

Esta máquina realizará el corte de los tubos de cartón de manera automática lo cual reemplazará el proceso anterior que se llevaba a cabo de manera manual. Esto disminuirá el tiempo de producción a la mitad y reducirá los costos de producción, ya que el trabajo que ahora es realizado por dos personas solo necesitará de una persona. También estandarizará la calidad del producto lo que permitirá ampliar la cartera de clientes con aquellos que exigen una mejor calidad de elaboración.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General:

- Diseñar y construir una máquina para el corte de tubos de cartón de diámetro 2 a 6 pulgadas usados en la industria papelera.

1.4.2 Objetivos Específicos:

- Establecer las necesidades actuales de producción de tubos de cartón en función del mercado consumidor.
- Analizar las diferentes alternativas de corte y seleccionar la que mejor se adapte a la línea de producción.
- Diseñar los elementos y componentes de la alternativa seleccionada.
- Realizar pruebas de funcionamiento de la máquina cortadora
- Establecer indicador financiero de rentabilidad del proyecto.

CAPÍTULO 2

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1 Máquinas Manufactureras

Estos aparatos, mecanismos o artefactos son aquellos que se utilizan en el sector industrial. Este tipo de máquinas están elaboradas para funcionar en diferentes ambientes dependiendo de su función. El objetivo de este tipo de máquinas es facilitar los diferentes procesos manufactureros que existen en este sector [6].

Existen diferentes tipos de máquinas industriales según al sector industrial que se encuentre enfocado.

2.1.1 Máquina con un sistema de corte

Este tipo de máquinas se observa Figura 1 poseen diferentes funciones como el de cortar materia prima, cortar tubos ya sean de material metálico, papel, entre otros, existen gran variedad de funciones que podrían realizar este tipo de máquinas.



Figura 1. Máquina con un sistema de corte

2.2.2 Máquina con un sistema de corte de canutos

Un mecanismo industrial que posea un procedimiento de corte, en este caso para tubos de cartón, se requiere realizar un corte longitudinal para este tipo de material, en este tipo de mecanismos se pueden emplear distintos métodos, que se caracterizan por la herramienta

que se utilizará en el proceso de corte, las cuales pueden diferenciarse por la forma geométrica o el filo que posea [4].

- Cuchillas rectas o planas
- Cuchillas rotatorias o circulares

- **Sistema de corte por cuchillas rectas**

Las máquinas con corte de cuchilla recta se muestran en la Figura 2 es un sistema sencillo que maniobran de arriba hacia abajo. Este proceso es bastante limpio ya que en su proceso no se genera cortes innecesarios que deje desperdicios reduciendo así riesgos para el operador [7].

Las ventajas de este tipo de cuchillas es que posee dos filos, pero como desventaja dependerá del filo que posea la cuchilla para proporcionar una buena calidad del producto.



Figura 2. Corte por cuchilla recta

- **Sistema de corte por cuchillas rotatorias**

En este tipo de mecanismo de la Figura 3 la cuchilla no se encuentra fija ya que se desplaza transversalmente, es un sistema más complejo que el de las cuchillas rectas porque requieren de un rodillo que sirva de soporte para que se pueda realizar el corte correspondiente [4].

Su vida útil es más larga. Como desventaja posee que si se pierde el filo de la cuchilla el corte de los bordes perderá su calidad.



Figura 3. Corte por cuchilla rotativa

2.3 Cuchillas industriales

Son componentes afilados se observa en la Figura 4 que pueden ser un parte de una herramienta o de una maquinaria. Su característica es cortar o golpear diversos materiales entre sí que se pueden cortar está el metal, madera o el papel [8]. Estos componentes pueden estar fabricados generalmente de acero, pero también pueden ser de bronce o hierro.

La función principal que poseen las cuchillas es cortar de manera eficaz materiales de baja densidad en este caso los tubos de cartón. Ha adquirido gran importancia en el sector industrial debido a que en los procesos industriales que conlleva la transformación de materiales está involucrado necesariamente el corte.



Figura 4. Cuchillas industriales

Las cuchillas industriales se pueden clasificar en rectas, circulares entre otras, dependiendo del material en este caso para tubos de cartón, son utilizadas las cuchillas circulares las mismas que se pueden clasificar en [9]:

- **Cuchillas de cizalla:** utilizadas para el corte de láminas metálicas o madera de poco espesor, también sirven para el corte de cartón y papel. Se pueden clasificar en:
 - **Rectas:** son utilizadas para cualquier tipo de material, pero ideales para el cartón.
- **Cuchillas para corte de papel:** sirven para cortar cartón. Fabrican una variedad de modelos para esta lámina los cuales se pueden encontrar las bobinadoras, cuchillas circulares y dentadas.

Las cuchillas circulares son usualmente utilizadas para materiales de baja densidad, como son el papel, el cartón y metales. Teniendo en cuenta esto también se puede clasificar según el método de corte [9]:

- Cuchilla contra cuchilla
- Cuchilla contra superficie cilíndrica
- Cuchilla contra ranura

Otro aspecto que se puede tener en cuenta para la clasificación de las cuchillas circulares que se muestran en la Figura 5 es por el filo:

- Filo estándar
- Filo ondulado
- Filo dentado



Figura 5. Cuchilla circular

2.4 Automatización industrial

Es el empleo de diversas técnicas que permitirán controlar y monitorear los procedimientos, los mecanismos en los que se pueden implementar este sistema deben cumplir con el requisito de realizar funciones repetitivas. De esta manera, funcionará automáticamente reduciendo así los ciclos de producción se observan en la Figura 6 [10].

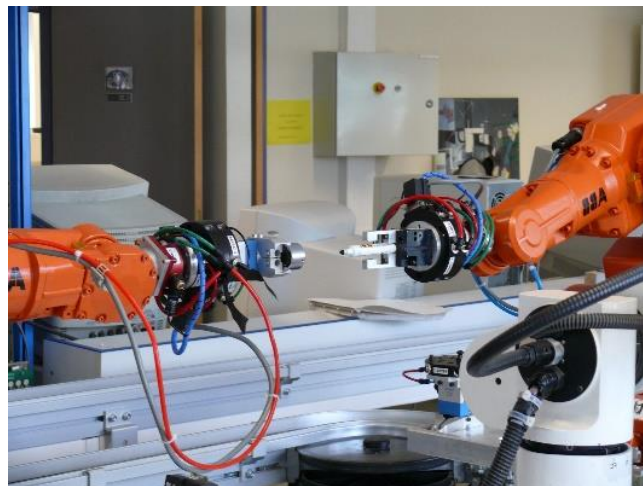


Figura 6. Automatización industrial

Las ventajas que se obtiene con la automatización industrial son varias, como una mayor productividad ya que en su proceso se reduce los tiempos de producción permitiendo dar un impacto positivo en la empresa.

Otro aspecto, es que genera una mayor confiabilidad ya que se reduce la intervención humana y se puede controlar y monitorear los procesos y reducir los errores que se generen en la fabricación del producto.

Se puede considerar como desventaja el costo de inversión de la maquinaria, pero los ingresos que generan recompensan este aspecto. También la pérdida de flexibilidad ya que se deben modificar los flujos de trabajos, pero se reduce con la correspondiente planificación [11].

2.5 Cartón

Es un material formado por varias capas de papel ensartadas entre sí para hacerlo más resistente, y está hecho de fibras vírgenes o papel reciclado. El cartón es más compacto, rígido y resistente que el papel.

Se utilizan varios tipos de cartón para producir embalajes y envases. El cartón se mide por su peso al cual se le llama gramaje. El gramaje está dado en gramos/metros cuadrado [12].

2.5.2 Tubos de Cartón

El uso de los canutos se observa en la Figura 7 es amplio en el sector industrial, también posee algunas posibilidades de reutilización. Se encuentran habitualmente como soporte de rollos en la industria textil y de papel, para proteger y transportar documentos. Los rollos de papel higiénico llevan un tubo de cartón como soporte [13].

El equipo para la fabricación de canutos comprende de una máquina de formación de canutos a partir de tiras de cartón enrolladas helicoidalmente sobre un husillo de formación. El tubo de cartón se forma de manera continua y sin interrupciones.



Figura 7. Tubos de cartón

2.6 Motor eléctrico

Es aquella máquina que tiene la capacidad de cambiar la energía eléctrica en mecánica. Cuyo funcionamiento se genera por la iteración de campos magnéticos y corrientes sinusoidales [14].

Por otra parte, se conoce que estos tipos de propulsores pueden accionar cualquier tipo de carga. Generalmente en la industria se utilizan estos tipos de máquinas el más común es el motor de inducción (conocido también como asíncronos) [15].

2.6.1 Motor monofásico

Son aparatos como se muestran en la Figura 8 que transforman la energía eléctrica en mecánica. La particularidad primordial de este tipo de motores es que se utilizan cuando no se posee un sistema trifásico o lo primordial cuando se requiere solo para pequeñas potencias, generalmente se usan con potencias menores a 2 Kw o 3 Kw permitiendo de esta manera cumplir con las perspectivas de uso. Generalmente estos tipos de motores poseen tres componentes los cuales son: el rotor, el estator y la carcasa [16].



Figura 8. Motor monofásico

2.6.2 Ventajas

- Tienen un tamaño pequeño, con un peso reducido.
- Poseen un rendimiento elevado que está alrededor del 75% o más.
- Posee un costo bajo a diferencia de otros motores.
- No emiten contaminantes que perjudiquen al entorno de trabajo o al ambiente en general.

2.7 Eje de transmisión.

Un eje como se muestra en la Figura 9 es un componente mecánico, generalmente posee una sección transversal circular que permite transmitir movimiento rotatorio y potencia [17]. Por lo general son muy utilizados en las diferentes máquinas debido a su sencillo manejo y acceso.

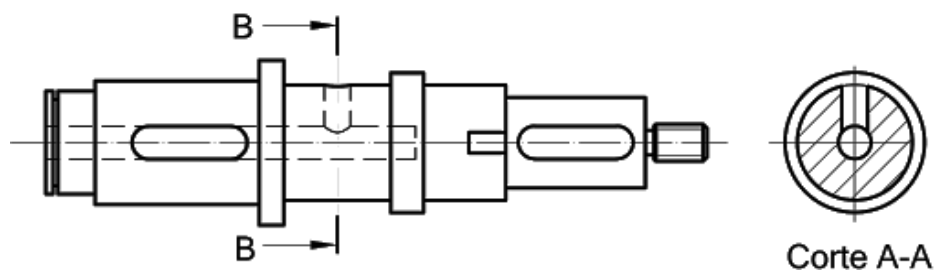


Figura 9. Eje de transmisión

2.7.1 Diseño de ejes

En el diseño de ejes se debe considerar las fuerzas como se observa en la Figura 10 que van a actuar en el eje para su correcto cálculo por lo cual se considera los siguientes pasos para su cálculo según Robert Mott [18]:

- Seleccionar la velocidad de giro del eje a diseñar.
- Determinar la potencia que debe transmitir el eje en cuestión.
- Determinar los componentes transmisores de potencia.
- Especificar los cojinetes que soportara el eje de transmisión, también los elementos transmisores de potencia en posición axial.
- Calcular el torque que se ejercen en cada transmisor de potencia.
- Evaluar las fuerzas tanto radiales como axiales que actúan en el eje.
- Evaluar las reacciones de los rodamientos para los diferentes planos.
- Seleccionar el material del eje para calcular el Esfuerzo de fluencia (S_y) y Esfuerzo Máximo (S_u).
- Analizar los lugares graves del eje para calcular el diámetro mínimo que requiere el eje.
- Finalmente se debe especificar las dimensiones finales del eje para cada punto.

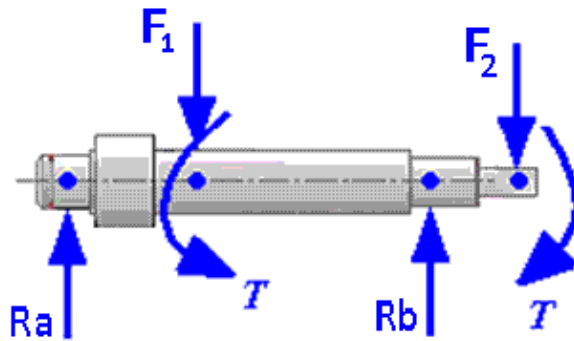


Figura 10. Diseño de ejes

2.8 Rodamientos.

Son piezas mecánicas, que permiten reducir la fricción que existe entre un eje y los elementos mecánicos a los que se encuentren conectados en el sistema. Su función es transmitir movimiento y fuerza. Para la fabricación de estos se requiere de una tecnología especial dado que se necesita obtener una esfericidad puesto que las bolas deben ser perfectas [19].

Existen diferentes tipos de rodamientos, su clasificación puede depender de su diseño, la dirección de la carga principal, entre otras propiedades características, en este caso su diseño, permite tener una perspectiva más funcional para las diferentes aplicaciones en las que se pueden utilizar, detallando a continuación el cojinete más utilizado.

- **Rodamiento de bolas:** su característica principal es que está compuesta por dos hileras esferas como se observa en la Figura 11 apoyadas sobre un camino de rodadura esférico [20].

Este tipo de rodamientos son utilizados en aplicaciones en las cuales se producen dilaciones o flexiones en el eje. Las ventajas de uso de este tipo de rodamientos son que permiten trabajar con altas velocidades de funcionamiento.

Este tipo de rodamientos casi no requieren de un mantenimiento y su diseño es sencillo. Por otra parte, son muy utilizados en la industria.



Figura 11. Rodamientos de bolas

2.9 Chumaceras.

Las chumaceras son rodamientos montados en un pedestal el mismo que puede ser de plástico, aluminio, acero o acero inoxidable. Estos elementos mecánicos permiten dar soporte para la rotación de un eje [21].

Esta pieza mecánica posee varias partes una de ellas es la parte rotatoria y otra la parte fija. Por tal razón es utilizado en diferentes maquinarias y poseen una gran utilidad en los ejes rotatorios. Sus elementos son: copilla de lubricación, cuerpo y el rodamiento respectivamente [22].

Se pueden encontrar diferentes tipos de chumaceras:

- **Chumacera de pared:** es aquella que se instala de manera fija en la máquina y es ahí donde se ubican los ejes se muestra en la Figura 12.
- **Chumacera de brida:** este tipo de chumaceras permiten la alineación de los ejes que se encuentren en forma vertical su ventaja es que permite una mejor calibración según la necesidad.



Figura 12. Chumacera de pared

2.10 Poleas

Una polea un modelo la Figura 13 es un mecanismo simple que permite transmitir fuerza y también actuar como un mecanismo de tracción [23]. Es una rueda acanalada que rota en los contornos de un eje, este tipo de elementos son sencillos y son capaces de cambiar las direcciones de las fuerzas.

A continuación, las partes que posee una polea [23] :

- **Eje:** es la parte fija de la misma la cual trata de la parte inmóvil y central.
- **Llanta:** parte externa de la misma es el lugar donde pasa la cuerda.
- **Cuerpo:** parte intermedia tanto de la llanta como el cubo.
- **Cubo:** es la abertura interna lugar donde se acopla el eje.



Figura 13. Polea

Se pueden encontrar diferentes tipos de poleas según su número:

- **Poleas simples:** posee una manera sencilla de aplicarlas, consta de una polea fija donde se enrolla la cuerda de la que se suspende por un lado la carga y del otro la fuerza.
- **Poleas compuestas:** son aquellas que poseen una polea fija y otra móvil como se muestran en la Figura 14. Permitiendo así dividir el esfuerzo por la mitad.

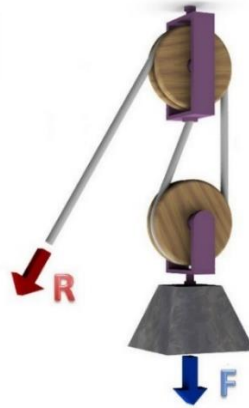


Figura 14. Polea compuesta

2.11 Bandas de transmisión

Conocidas también como correas de transmisión un modelo en la Figura 15 son elementos flexibles que permiten la transmisión de potencia, las cuales se deben acoplar poleas [24]. Por otra parte, las bandas son silenciosas, simples de instalar, pero, sin embargo, debido al resbalamiento que existe, su relación angular no es precisa en los ejes giratorios, generalmente estos elementos son fabricados de caucho que posee como ventajas [25].

- Una larga vida útil.
- Resistencia mecánica alta.
- Flexibilidad
- Posee resistencia a los cambios de temperatura bajas.



Figura 15. Banda de transmisión

Las bandas se pueden clasificar en:

- **Bandas clásicas:** poseen una gran variedad de aplicaciones, también un peso ligero. Su característica principal es transmitir potencia, velocidad de movimiento, reduce los inconvenientes en la alineación y el desplazamiento [26].
- **Bandas dentadas:** este tipo de bandas se recomienda su utilización para transmitir potencia y movimiento cuando se utilicen poleas múltiples para maquinaria industrial. Ya que debido a su diseño genera menos calor y se disipa más rápido, otra característica importante es su flexibilidad puede resistir a más cantidad de dobleces [26].

Por otra parte, las bandas también se pueden clasificar según la forma de la correa o la sección transversal y pueden ser:

- **Correas planas:** este tipo de correas son en la transmisión de potencia y perfectos cuando las poleas poseen diámetros pequeños. Son usados para variar el sentido de rotación de ejes o en ejes cruzados [27].
- **Correas en V:** son ampliamente usados en el sector industrial un diseño en la Figura 16 ya que permiten corregir su problema de inestabilidad como también las elevadas tensiones [27].



Figura 16. Correas de transmisión en V

También se pueden clasificar según su montaje [27]:

- **Transmisión abierta:** cuando la correa y las poleas poseen el mismo sentido de rotación.
- **Transmisión cruzada:** cuando se invierte el sentido de rotación en las poleas.

2.12 Cilindro neumático de doble efecto

Los cilindros neumáticos que se muestran en la Figura 17 son ampliamente utilizados en el sector industrial ya que sirven para la automatización industrial. Estos componentes neumáticos convierten la energía potencial del aire comprimido en energía cinética o fuerza de presión [28]. Esta acción la convierte en una fuerza o desplazamiento.

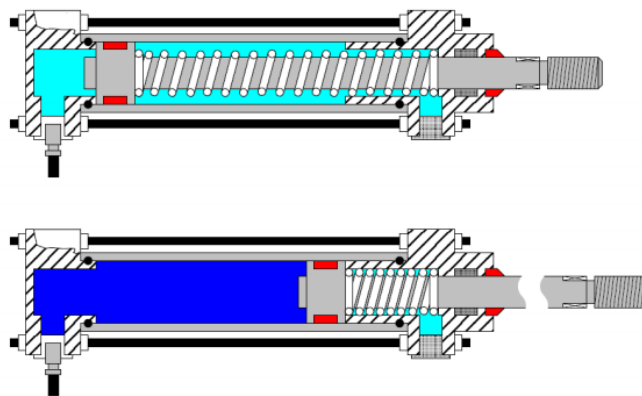


Figura 17. Cilindro de doble efecto

Los cilindros neumáticos de doble efecto permiten que el émbolo realice su función en dos direcciones avance y retroceso, es decir, posee dos sentidos de marcha [29].

Para poder tener el control del desplazamiento del cilindro neumático se utiliza válvulas direccionales o electroválvulas direccionales neumáticas de simple o doble bobina. La ventaja que posee este tipo de cilindros es su carrera ya que puede ser más larga que el cilindro de simple efecto.

2.13 Indicadores financieros

Los indicadores financieros son herramientas conocidos también como datos financieros Figura 18 que permiten evaluar la estabilidad, la capacidad de endeudamiento, la generación de caja, la producción y la rentabilidad de la empresa o la unidad en estudio. Permitiendo de esta manera comparar la evolución de las organizaciones en el sector, conociendo así el rendimiento de la empresa comparándolo con la competencia [30].



Figura 18. Indicadores financieros

Existen diferentes indicadores financieros que ayudan a establecer la posición financiera de la empresa:

2.13.1 Indicadores de desempeño

Este indicador permite medir el cumplimiento de los objetivos Figura 19 que puede establecer una prueba cuantitativa y/o cualitativa de lo que se quiere lograr con la meta. Algunos indicadores que permiten medir el desempeño son [31]:

- **Índice de crecimiento en ventas:** representa el crecimiento de los activos con el crecimiento de volumen y el precio.

$$\frac{\text{Ventas del año corriente}}{\text{Ventas del año anterior} \times 100}$$

- **Índice de deserción de clientes:** permite medir la percepción de la compañía ante el consumidor.

$$\frac{\text{Cantidad de clientes año corriente}}{\text{Cantidad de clientes año anterior} - 1}$$



Figura 19. Indicadores de desempeño

2.13.2 Indicadores de rentabilidad

Este indicador permite determinar la rentabilidad de la empresa en relación a los ingresos de la empresa, activos o capital social, es decir, permite conocer la sostenibilidad de la misma Figura 20 [32]. Indicadores que ayudan a medir la rentabilidad son:

- **Margen de utilidad bruto:** permite conocer la eficacia operativa que posee la empresa.

$$\frac{\text{Utilidad Bruta}}{\text{ventas netas} \times 100}$$

$$\text{Utilidad Bruta} \rightarrow (\text{ventas} - \text{costos de ventas})$$

- **Rendimiento de patrimonio:** permite medir la eficacia de la administración de los requerimientos disponibles para generar ingresos. También conocido como ROE.

$$\frac{\text{Utilidad Neta}}{\text{Patrimonio}}$$

Utilidad Bruta: representa los gastos que se realizar únicamente del servicio o producto, es decir los gastos de operación. En conclusión, son todos los gastos relacionados con el proceso de fabricación o venta y distribución.

Utilidad Neta: representa los gastos mensuales que interfieren en su proceso como luz, renta entre otros sumando los gastos del producto o servicio.



Figura 20. Indicadores de rentabilidad

CAPÍTULO 3

GENERALIDADES

3.1 Introducción

En el siguiente capítulo se describirá el análisis y la selección de alternativas del sistema de corte que permitirán el incremento de la fabricación, la disminución de desperdicios como el aprovechamiento de la mano de obra. Se desarrollará esto utilizando herramientas que permitan realizar una elección adecuada como por ejemplo el método de evaluación de soluciones que permite proyectarse con diferentes alternativas la mejor para este sistema automático. También se describirá el diseño empleado y el análisis del mismo con las condiciones de trabajo en el cual se empleará este sistema de corte.

3.2 Evaluación de soluciones

Cortadora de tubos de cartón de diámetros de 2 a 6 pulgadas

Se requiere diseñar y construir una cortadora de canutos que varíen entre 2 a 6 pulgadas. Para lo cual se muestran las siguientes posibles propuestas.

Propuesta A: Cortadora de canutos de 2 a 4 pulgadas con un sistema de corte manual con el uso de cuchillas rectas y con el manejo de 3 operarios.

Propuesta B: Cortadora de canutos de 2 a 4 pulgadas con un sistema de corte automático con el uso de cuchillas rectas y con el manejo de 1 operario.

Propuesta C: Cortadora de canutos de 2 a 6 pulgadas con un sistema de corte manual con el uso de cuchillas circulares de cizalla empleando el método de cuchilla contra superficie cilíndrica y con el manejo de 3 operarios.

Propuesta D: Cortadora de canutos de 2 a 6 pulgadas con un sistema de corte automático con el uso de cuchillas circulares de cizalla empleando el método de cuchilla contra superficie cilíndrica y con la manipulación de un operario.

Para la evaluación de estas posibles propuestas se examinaron los siguientes principios de valoración:

- a. **Mantenimiento**, el cual que sea sencillo para el personal que lo utilizará ya que la interrupción de esta máquina generaría pérdidas en la empresa.
- b. **Precio**, el mismo que debe ser económico para que las empresas papeleras puedan acceder para el implemento de esta máquina de corte.
- c. **Variación**, donde se pueda realizar el corte de diferentes diámetros que posea el tubo de cartón.
- d. **Operación**, que sea de fácil manejo para el operador de la máquina cortadora.
- e. **Funcionamiento**, el mismo que sea automático para la realización de corte de más tubos de cartón en un menos tiempo.

Con los criterios de valoración detallados anteriormente en la Tabla 1 se desarrollará la valoración de estos pesos específicos.

TABLA 1.
PESOS ESPECÍFICOS SEGÚN LOS CRITERIOS

funcionamiento > precio = variación > operación = mantenimiento

Criterio	Funcionamiento	Precio	Variación.	Operación	Mantenimiento	Σ + 1	Evaluación
Funcionamiento		1,0	1,0	1,0	1,0	5,0	0,33
Precio	0		0,5	1,0	1,0	3,5	0,23
Variación	0	0,5		1,0	1,0	3,5	0,23
Operación	0	0	0		0,5	1,5	0,10
Mantenimiento	0	0	0	0,5		1,5	0,10
					Total	15	1,00

Inicialmente, se desarrollará la valoración de cada criterio de valoración con las posibles propuestas planteadas inicialmente para llegar a la mejor solución para la implementación en el proyecto.

1. Criterio **funcionamiento** evaluación Tabla 2.

TABLA 2.
CRITERIO FUNCIONAMIENTO

Propuesta B = Propuesta D > Propuesta A = Propuesta C

Criterio	Pro. A	Pro. B	Pro. C	Pro. D	$\Sigma + 1$	Ponderación
Propuesta A		0	0.5	0	1.5	0.150
Propuesta B	1		1	0.5	3.5	0.350
Propuesta C	0.5	0		0	1.5	0.150
Propuesta D	1	0.5	1		3.5	0.350
Total					10	1.000

2. Criterio **precio** evaluación Tabla 3.

TABLA 3.
CRITERIO PRECIO

Propuesta A > Propuesta C > Propuesta B > Propuesta D

Criterio	Pro. A	Pro. B	Pro. C	Pro. D	$\Sigma + 1$	Ponderación
Propuesta A		1	1	1	4	0.400
Propuesta B	0		0	1	2	0.200
Propuesta C	0	1		1	3	0.300
Propuesta D	0	0	0		1	0.100
Total					10	1.000

3. Criterio **variación** evaluación Tabla 4.

TABLA 4.
CRITERIO VARIACIÓN

Propuesta C = Propuesta D > Propuesta A = Propuesta B

Criterio	Pro. A	Pro. B	Pro. C	Pro. D	$\Sigma + 1$	Ponderación
Propuesta A		0.5	0	0	1.5	0.150
Propuesta B	0.5		0	0	1.5	0.150
Propuesta C	1	1		0.5	3.5	0.350
Propuesta D	1	1	0.5		3.5	0.350
				Total	10	1.000

4. Criterio **operación** evaluación Tabla 5.

TABLA 5.
CRITERIO OPERACIÓN

Propuesta B = Propuesta D > Propuesta A = Propuesta C

Criterio	Pro. A	Pro. B	Pro. C	Pro. D	$\Sigma + 1$	Ponderación
Propuesta A		0	0.5	0	1.5	0.150
Propuesta B	1		1	0.5	3.5	0.350
Propuesta C	0.5	0		0	1.5	0.150
Propuesta D	1	0.5	1		3.5	0.350
				Total	10	1.000

5. Criterio **mantenimiento** evaluación Tabla 6.

TABLA 6.
CRITERIO MANTENIMIENTO

Propuesta D > Propuesta B > Propuesta A = Propuesta C

Criterio	Pro. A	Pro. B	Pro. C	Pro. D	$\Sigma + 1$	Ponderación
Propuesta A		0	0.5	0	1.5	0.150
Propuesta B	1		1	0	3	0.300
Propuesta C	0.5	0		0	1.5	0.150
Propuesta D	1	1	1		4	0.400
				Total	10	1.000

Finalmente, en la Tabla 7 se realiza el cálculo de las conclusiones planteadas inicialmente para la elección de la solución que cumpla con las expectativas del proyecto.

TABLA 7.
CÁLCULO DE LAS SOLUCIONES PLANTEADAS

Criterio	Funcio.	Precio	Variac.	Operac.	Manten.	Σ	Preferencia
Propuesta A	0.050	0.093	0.034	0.015	0.015	0.207	4
Propuesta B	0.117	0.047	0.034	0.035	0.030	0.263	2
Propuesta C	0.050	0.070	0.082	0.015	0.015	0.232	3
Propuesta D	0.117	0.023	0.082	0.035	0.040	0.297	1

Análisis: la propuesta D tiene como preferencia la más alta, lo cual es positivo ya que con esta solución se logra alcanzar las expectativas del proyecto ya que es el diseño y

fabricación de una cortadora de canutos de diámetros de 2 a 6 pulgadas con un sistema de corte automático con el uso de cuchillas circulares de cizalla empleando el método de cuchilla contra superficie cilíndrica y con el manejo de un operario.

3.3 Casa de la Calidad

Es un método que facilita al vendedor o fabricante elegir de manera organizada y estructurada la voz del cliente, para tener en cuenta de mejor manera las expectativas y las características técnicas del cliente con respecto a la máquina y de esta manera realizar el proceso de bosquejo y fabricación de la misma.

Por tal razón esta herramienta permite obtener un producto en este caso una máquina cortadora de tubos de cartón de mejor calidad ya que cuenta con aspectos varios que permitan aceptar los compromisos y llegar a las expectativas del mismo. Ver Anexo 1.

CAPÍTULO 4

DISEÑO Y ANÁLISIS DE LA CORTADORA

Introducción

En el presente capítulo se presenta los cálculos y análisis de la máquina. Por otra parte, también los cuadros de datos de costos con relación a la máquina cortadora que permitirán realizar un análisis de la rentabilidad de la máquina para la empresa. Para validar se utilizará los costos de producción de una la empresa INDUPAPEL la cual ofrece la elaboración y repartición de productos como el papel higiénico cuyo fin puede ser doméstico e industrial.

4.1 Estudio de fuerzas de la máquina cortadora

4.1.1 Estudio de fuerzas de la mesa de la cortadora

Para su análisis se realizó con el software Ansys el cual primeramente se realiza en un perfil de tubo cuadrado de 2 pulgadas en dimensiones generales de 1450x1150x550 su mallado como se observa en la Figura 21.

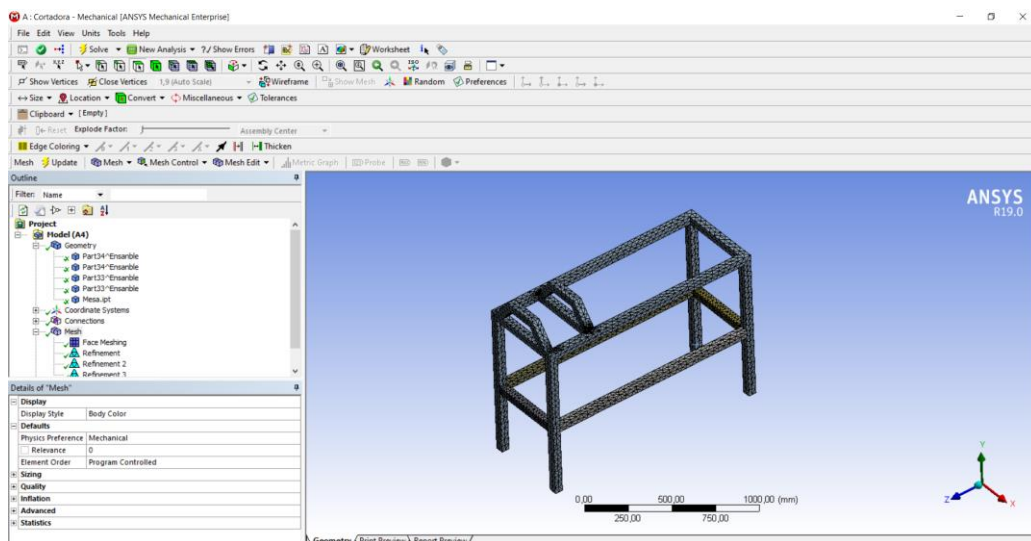


Figura 21. Mallado de la mesa cortadora

Colocación de los apoyos fijos y la fuerza la misma que es de 150 N, se visualiza en la siguiente Figura 22.

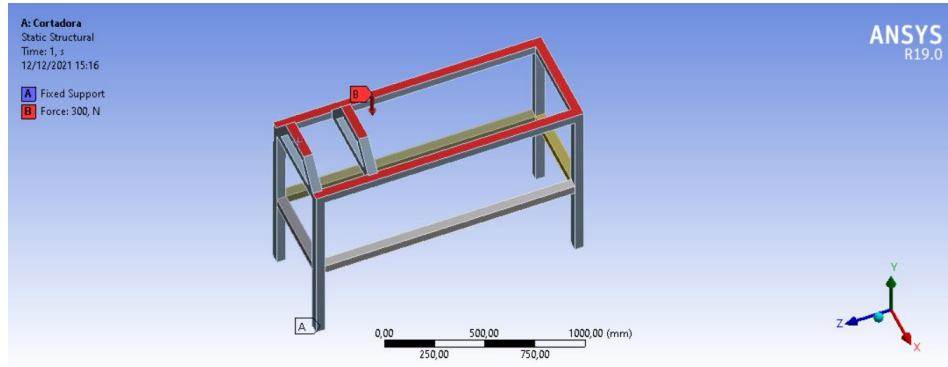


Figura 22. Soportes Fijos y fuerza de la mesa

Resultados obtenidos son:

- La deformación total la cual es de 0.0133 mm como se indica en la Figura 23 que muestra que las fuerzas que actúan en la mesa de la cortadora no causan una deformación que interfiera en el funcionamiento de esta.

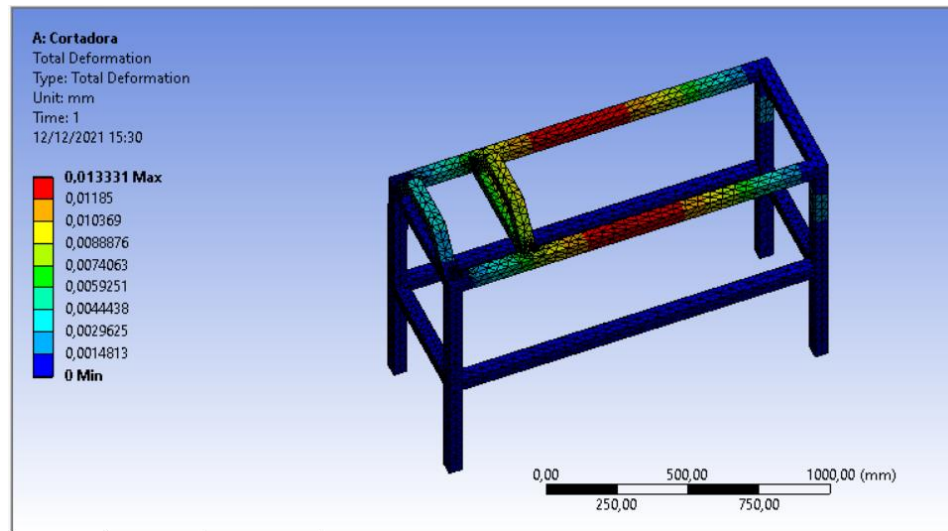


Figura 23. Deformación total de la mesa

- El esfuerzo equivalente Figura 24 de 35.94 MPa que no genera distorsiones que impidan el funcionamiento de la máquina

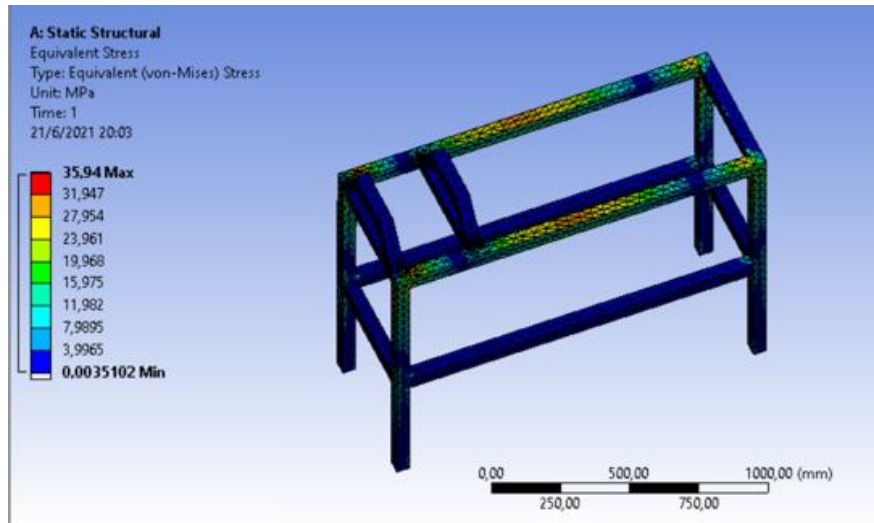


Figura 24. Esfuerzo equivalente de la mesa

- El factor de seguridad que se visualiza en la siguiente Figura 25 es de 6.945 indicando que si el diseño de la máquina interfiere más fuerzas tendrá la capacidad de soportar los cambios que se presenten.

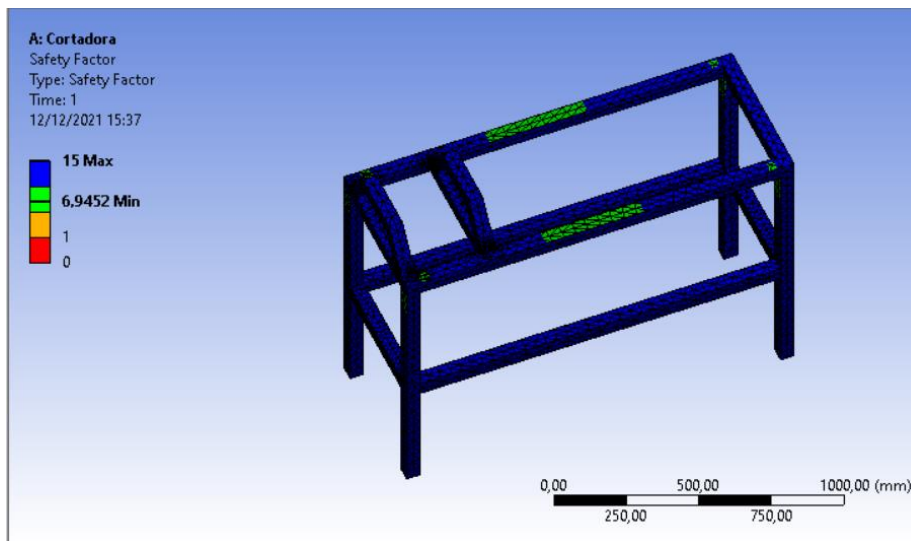


Figura 25. Factor de seguridad de la mesa

4.1.2 Análisis de fuerzas del eje base de las cuchillas.

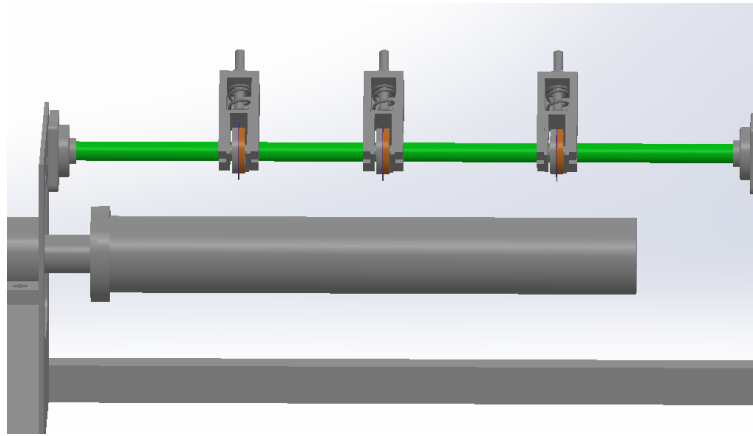


Figura 26. Eje base de las cuchillas

De la separación de fuerzas del eje base de las cuchillas de la Figura 26 de la cortadora se pueden observar las fuerzas que intervienen en el eje, que es el peso que ejercen los componentes que componen y sujetan a las cuchillas, cada fuerza será de 5 N las cuales se visualizan en la siguiente Figura 27.

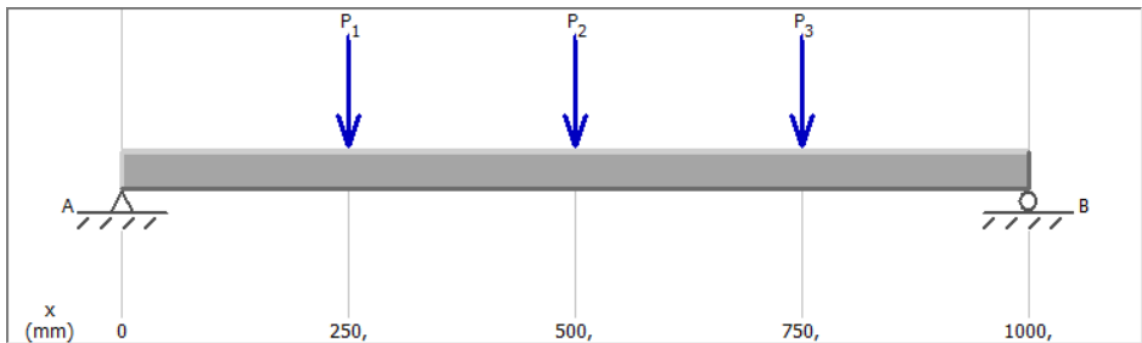


Figura 27. Estudio de fuerzas eje apoyo de las cuchillas

A continuación, el diagrama de fuerzas del eje base de las cuchillas Figura 28:

$$\sum M_b = 0$$

$$A_y(1m) - (5N)(0.25m) - (5N)(0.50m) - (5N)(0.75m) = 0$$

$$A_y = 7.5 N$$

$$\sum M_a = 0$$

$$-(5N)(0.25m) - (5N)(0.50m) - (5N)(0.75m) - B_y(1m) = 0$$

$$B_y = -7.5 \text{ Newton}$$

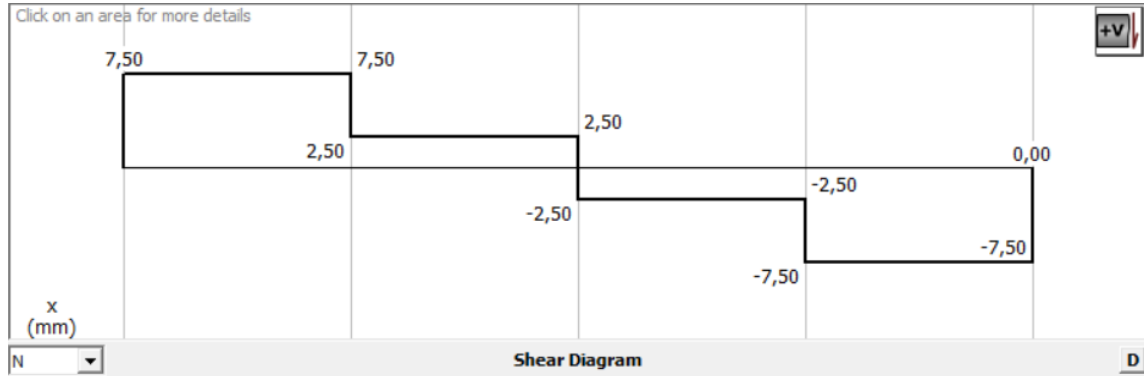


Figura 28. Esquema de fuerzas del eje apoyo de las cuchillas

Posteriormente, se visualiza la Figura 29 el diagrama de momentos del eje base de las cuchillas:

$$M_1 = 7.50N (0.25m) = 1.875 \text{ N} \cdot m$$

$$M_2 = 5N (0.5m) = 2.5 \text{ N} \cdot m$$

$$M_3 = 2.5N (0.75m) = 1.875 \text{ N} \cdot m$$

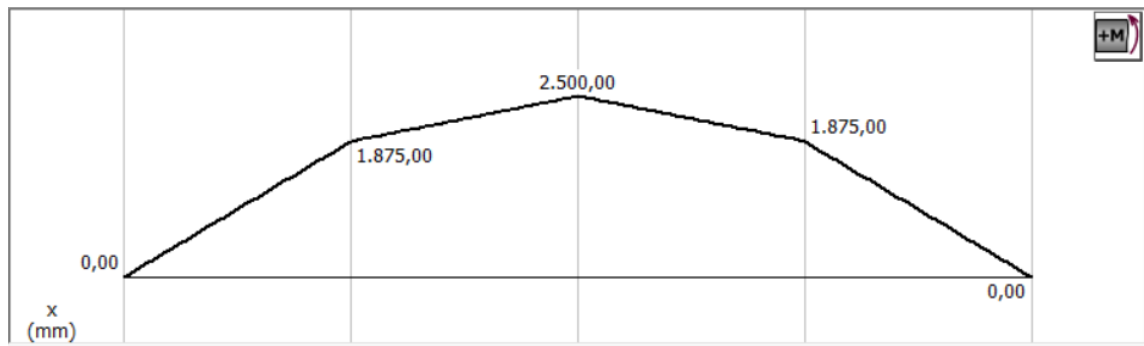


Figura 29. Esquema de momentos del eje base de las cuchillas

Finalmente, se realiza el análisis de esfuerzos como cálculo del punto crítico se obtiene:

Datos:

$$\emptyset \rightarrow 1 \text{ pulg} = 25.4 \text{ mm}$$

$$\text{longitud} \rightarrow 1 \text{ m} = 1000 \text{ mm}$$

$$M_2 = 2.5 \text{ Nm}$$

$$\sigma_{xM} = \pm \frac{32 M}{\pi \emptyset^3}$$

$$\sigma_{xM} = \pm \frac{32 (2.5 \text{ Nm})}{\pi (0.0254 \text{ m})^3}$$

$$\sigma_{xM} = \pm 1.55 \text{ MPa}$$

Motor:

$$P = 0.55 \text{ kW} \rightarrow 0.74 \text{ Hp} \times \frac{550.2 \text{ lb} \cdot \text{pie}}{1 \text{ Hp}} \times \frac{12 \text{ in}}{1 \text{ pie}} = 4885.78 \frac{\text{lb} \cdot \text{in}}{\text{s}}$$

$$\omega = 1437 \text{ rpm} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} \times \frac{2\pi}{1 \text{ rev}} = 150.48 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$T = \frac{P}{\omega}$$

$$T = \frac{4885.78 \frac{\text{lb} \cdot \text{in}}{\text{s}}}{150.48 \frac{\text{rad}}{\text{s}}}$$

$$T = 32.467 \text{ lb} \cdot \text{in}$$

$$T = 3.67 \text{ Nm}$$

$$\sigma_1, \sigma_2 = \frac{\sigma_x}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$$

$$\sigma_1, \sigma_2 = \frac{1.55}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{1.55}{2}\right)^2 + (3.67)^2}$$

$$\sigma_1 = 4.525 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2 = -2.976 \text{ MPa}$$

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - \sigma_1 \sigma_2}$$

$$\sigma' = \sqrt{(4.525)^2 + (-2.976)^2 - (4.525)(-2.976)}$$

$$\sigma' = 6.54 \text{ MPa}$$

Dando como resultado un esfuerzo máximo de $\sigma' = 6.54 \text{ MPa}$ mostrando que los esfuerzos que se encuentran en el eje de cuchillas no causarán distorsión o inestabilidad en la misma. Para el análisis se requiere del material, se propone un acero de transmisión. **AISI 1018** $\rightarrow S_y = 370 \text{ MPa}$.

Se utilizará la teoría de la energía de distorsión (ED) que utiliza la siguiente ecuación:

$$\sigma' = \frac{S_y}{FS}$$

$$FS = \frac{S_y}{\sigma'}$$

$$FS = \frac{370 \text{ MPa}}{(6.542 \text{ MPa})}$$

$$FS = 36.55$$

Dado el resultado obtenido se examina que tiene un factor de seguridad de 36.55, es decir, que el eje base de las cuchillas podrá mantener su equilibrio a pesar de ser sometido a otras fuerzas en este caso, la ubicación de más cuchillas de ser el caso.

4.1.3 Análisis de fuerzas del eje base para el corte del tubo de cartón.

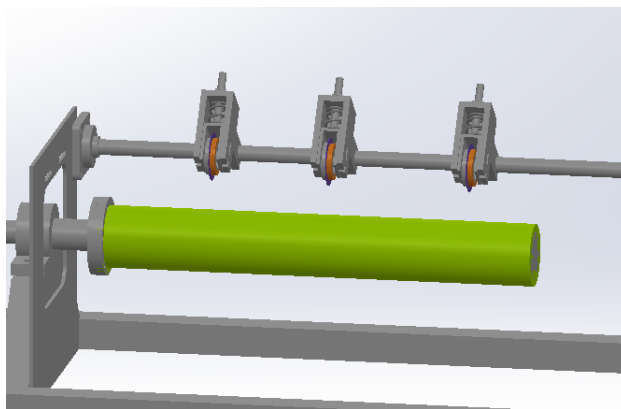


Figura 30. Eje base para el corte del tubo de cartón

Del análisis de fuerzas del eje base para el corte del tubo de cartón Figura 30 de la cortadora se pueden visualizar las fuerzas que intervienen en el eje y son la fuerza de las

cuchillas al momento de realizar el corte que son de alrededor de 5 N cada una, como se visualiza la Figura 31.

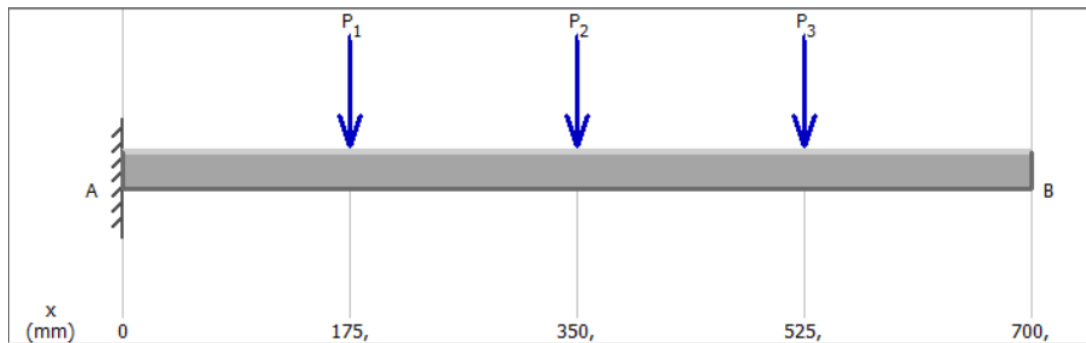


Figura 31. Análisis de fuerzas del eje base para el corte del tubo de cartón

Posteriormente, se visualiza la Figura 32 el esquema de fuerzas del eje base para el corte del tubo de cartón:

$$\sum F_y = 0$$

$$F_{Ay} - (5N) - (5N) - (5N) = 0$$

$$F_{Ay} = 15 \text{ Newton}$$

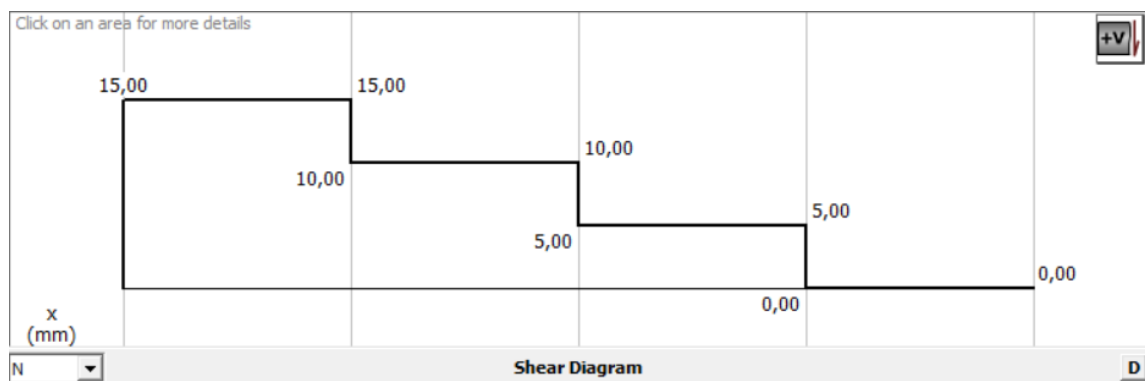


Figura 32. Esquema de fuerzas del eje base para el corte del tubo de cartón

Posteriormente, se visualiza la Figura 33 el esquema de momentos del eje base de las cuchillas para el corte del tubo de cartón:

$$M_1 = -15N (0.350m) = -5.250Nm$$

$$M_2 = -15N (0.175m) = -2.625Nm$$

$$M_3 = 5N (0.525m) = -875 Nm$$

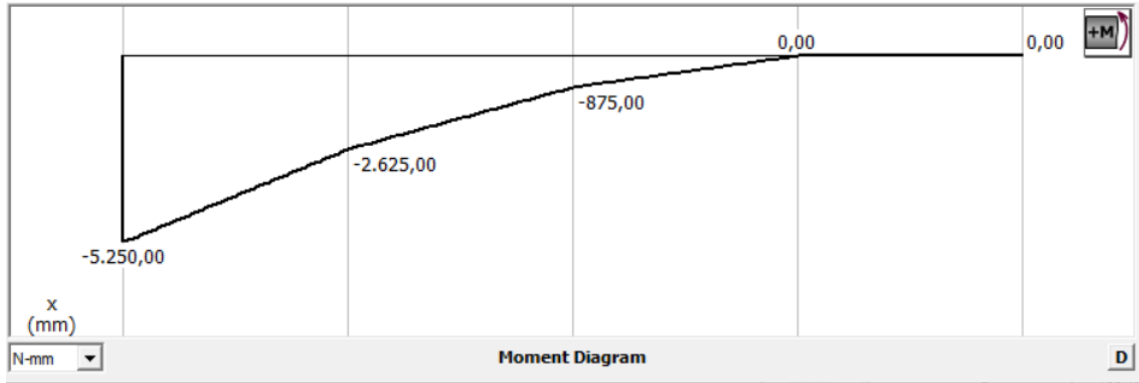


Figura 33. Esquema de momentos del eje base de las cuchillas para el corte del tubo de cartón

Finalmente, se realiza el análisis de esfuerzos como cálculo del punto crítico se obtiene:

Datos:

$$\phi \rightarrow 1 \text{ pulg} = 25.4 \text{ mm}$$

$$\text{longitud} \rightarrow 0.7 \text{ m} = 700 \text{ mm}$$

$$M_2 = 2.625 \text{ Nm}$$

$$\sigma_{xM} = \pm \frac{32 M}{\pi \phi^3}$$

$$\sigma_{xM} = \pm \frac{32 (2.625Nm)}{\pi (0.0254m)^3}$$

$$\sigma_{xM} = \pm 1.63 \text{ MPa}$$

$$\sigma_1, \sigma_2 = \frac{\sigma_x}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$$

$$\sigma_1, \sigma_2 = \frac{1.63}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{1.63}{2}\right)^2 + (3.67)^2}$$

$$\sigma_1 = 4.574 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2 = -2.944 \text{ MPa}$$

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - \sigma_1\sigma_2}$$

$$\sigma' = \sqrt{(4.574)^2 + (-2.944)^2 - (4.574)(-2.944)}$$

$$\sigma' = 6.56 \text{ MP}$$

Dando como resultado un esfuerzo máximo de $\sigma' = 6.56 \text{ MPa}$ mostrando que los esfuerzos que se encuentran en el eje base de corte de los tubos de cartón no causarán distorsión o inestabilidad durante el proceso de corte. Para el análisis se requiere del material el mismo, que es un acero de transmisión: **AISI 1018** $\rightarrow S_y = 370 \text{ MPa}$

Se utilizará la teoría de la energía de distorsión (ED) que utilizan la siguiente ecuación:

$$\sigma' = \frac{S_y}{FS}$$

$$FS = \frac{S_y}{\sigma'}$$

$$FS = \frac{370 \text{ MPa}}{(6.561 \text{ MPa})}$$

$$FS = 36.39$$

Dado el resultado obtenido se examina que tiene un factor de seguridad de 36.39, es decir, que el eje base para el corte de tubos de cartón tendrá la posibilidad de mantener el equilibrio si es impuesto a otras fuerzas en este caso el de las cuchillas cuando realicen el corte de las mismas.

4.1.4 Cálculo de las chumaceras

Para seleccionar el rodamiento adecuado para un eje base de las cuchillas que gira 1437 rpm y que va a ser usado en una cortadora que procesará 8h diariamente de manera persistente Figura 34. Se tiene lo siguiente:

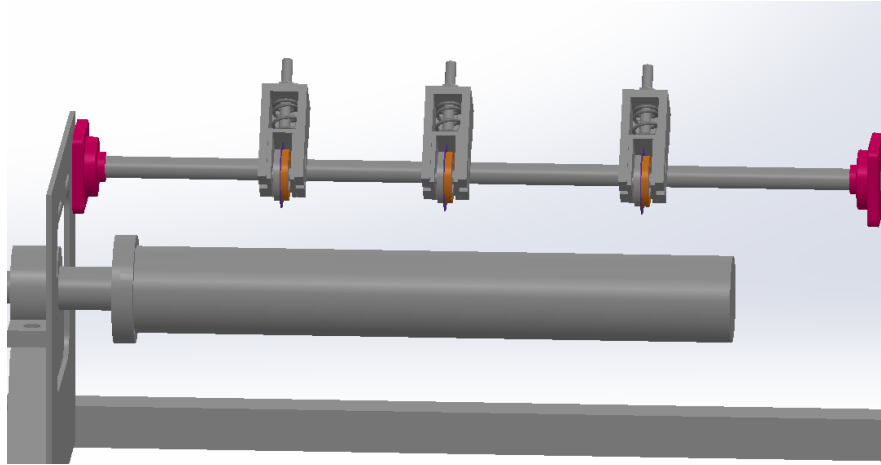


Figura 34. Chumacera para eje base de las cuchillas

Datos:

$$\omega = 1437 \text{ rpm} \rightarrow \frac{1437}{60} \frac{r * \text{min}}{\text{min} * s} = \mathbf{23.95 \text{ Hz}}$$

$$P = 0.55 \text{ kW} \rightarrow 550 \text{ W}$$

Torque A

$$T_A = \frac{P}{2\pi f} = \frac{550 \text{ Watts}}{2\pi(23.95 \text{ Hz})}$$

$$T_A = \mathbf{3.65 \text{ N} \cdot \text{m}}$$

Fuerza Tangencial

$$F_A = \frac{T_A}{r_A} = \frac{3.65 \text{ N} \cdot \text{m}}{0.0254 \text{ m}}$$

$$F_A = \mathbf{143.89 \text{ N}}$$

Vida: 25 000 horas

Solución:

$$L_d = 25\,000\text{ h} \times 132 \frac{\text{rev}}{\text{min}} \times \frac{60\text{ min}}{1\text{ h}} = 198 \times 10^6 \text{ rev}$$

$$C = Fd \left(\frac{Ld}{10^6} \right)^{1/k}$$

$$C = 143.89\text{ N} \left(\frac{198 \times 10^6}{10^6} \right)^{1/3}$$

$$C = 0.838\text{ kN}$$

$$d = 1\text{ in} \rightarrow 25.4\text{ mm}$$

El rodamiento seleccionado sería el número de rodamiento 6705 Anexo 2. Por lo cual se eleje una chumacera de pared Anexo 3.

Para seleccionar el rodamiento adecuado para un eje base del rodillo para el corte del que gira 1437 rpm y que va a ser usado en una cortadora que procesará 8h diariamente de manera prolongada Figura 35 se tiene lo siguiente:

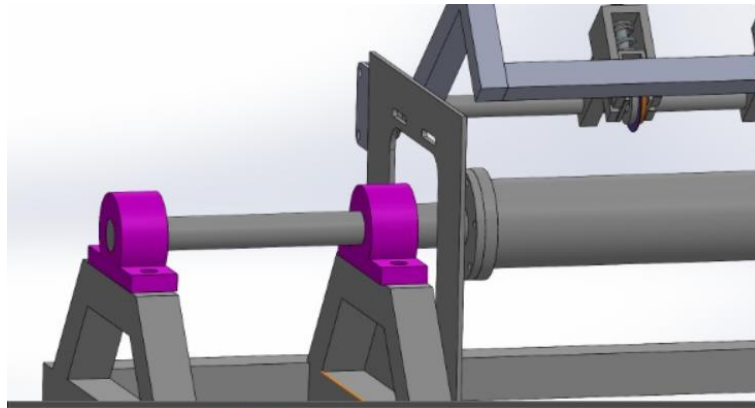


Figura 35. Chumacera para eje base del rodillo del canuto

Datos:

$$\omega = 1437\text{ rpm} \rightarrow 1437 \frac{\text{rev}}{\text{min}} \times \frac{1\text{ min}}{60} = 23.95\text{ Hz}$$

$$P = 0.55\text{ kW} \rightarrow 550\text{ W}$$

Torque A

$$T_A = \frac{P}{2\pi f} = \frac{550 \text{ Watts}}{2\pi(23.95 \text{ Hz})}$$

$$T_A = 3.65 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Fuerza Tangencial

$$F_A = \frac{T_A}{r_A} = \frac{3.65 \text{ N} \cdot \text{m}}{0.01905}$$

$$F_A = 165.88 \text{ N}$$

Vida: 25 000 horas

Solución:

$$L_d = 25\,000 \text{ h} \times 132 \frac{\text{rev}}{\text{min}} \times \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} = 198 \times 10^6 \text{ rev}$$

$$C = Fd \left(\frac{L_d}{10^6} \right)^{1/k}$$

$$C = 165.88 \text{ N} \left(\frac{198 \times 10^6}{10^6} \right)^{1/3}$$

$$C = 0.838 \text{ kN}$$

$$d = \frac{3}{4} \text{ in} \rightarrow 19.05 \text{ mm}$$

El rodamiento seleccionado sería el número de rodamiento 6805 Anexo 2. Por lo cual se elije una chumacera de mesa Anexo 3.

4.1.5 Cálculo del sistema de transmisión por bandas

Diseño para la cortadora un sistema de transmisión que se muestra en la Figura 36 mediante bandas en V con un motor monofásico de 0.55 Hp a 1437 rpm.

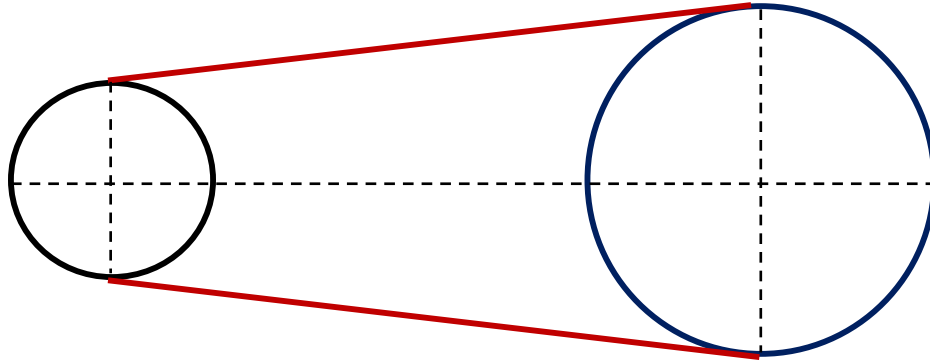


Figura 36. Sistema de transmisión de la máquina cortadora

Notas:

Motor = 0.55 Hp

$$rpm = 1437 \rightarrow \frac{1437 * 1 * 2\pi}{1 * 60 * 1} \frac{r * min * rad}{min * s * r} = 150.48 \frac{rad}{s}$$

$$D = 5.5 \text{ in} \rightarrow \frac{5.5 * 2.54}{1} \frac{\text{in} * \text{cm}}{\text{in}} = 13.97 \text{ cm}$$

$$d = 4.5 \text{ in} \rightarrow \frac{4.5 * 2.54}{1} \frac{\text{in} * \text{cm}}{\text{in}} = 11.43 \text{ cm}$$

Resolución:

1. Factor de servicio que se empleara.

$$K = 1.2$$

2. Cálculo de potencia corregida. Elección del tipo de banda.

$$P_c = P \times K$$

$$Pot_D = 0.55 \text{ Hp} \times 1.2 = 0.7 \text{ Hp}$$

La banda seleccionada para el sistema de transmisión es una banda 3V o 3Vx (Compacta) Figura 37.

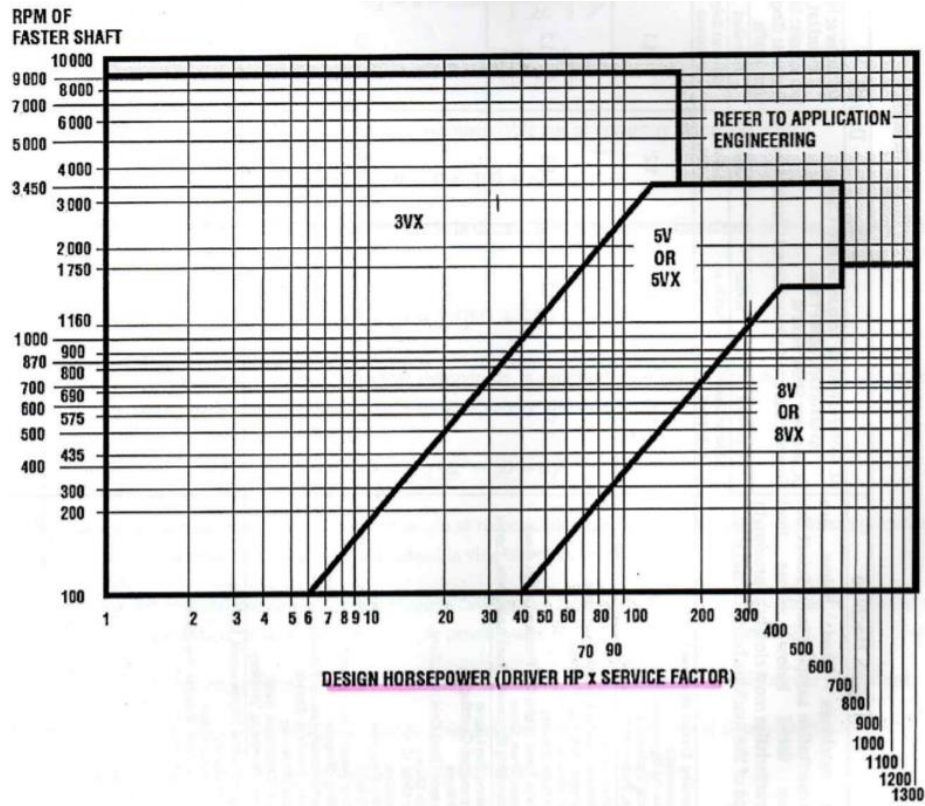


Figura 37. Tipos de Bandas

3. Relación de transmisión

$$i = \frac{D}{d}$$

$$i = \frac{5.5}{4.5} = \frac{11}{9} = 1.22$$

4. Cálculo de la distancia entre centros nominal de las poleas C

$$D < C < 3(D + d)$$

$$5.5 < C < 3(5.5 + 4.5)$$

$$5.5 < C < 30$$

5. Cálculo de la distancia de la correa

$$L = 2i + \frac{\pi}{2}(D + d) + \frac{(D - d)^2}{4i}$$

$$L = 2\left(\frac{11}{9}\right) + \frac{\pi}{2}(5.5 + 4.5) + \frac{(5.5 - 4.5)^2}{4\left(\frac{11}{9}\right)}$$

$$L = 18.35$$

6. Cálculo de la longitud entre centros

$$\dot{B} = 4L - 2 \cdot \pi (\dot{D} + \dot{d})$$

$$\dot{B} = 4(18.35) - 2 \cdot \pi (5.5 + 4.5)$$

$$\dot{B} = 10.568 \text{ in}$$

$$\dot{C} = \frac{\dot{B} + \sqrt{\dot{B}^2 - 32 \cdot (\dot{D} - \dot{d})^2}}{16}$$

$$C = \frac{10.568 + \sqrt{10.568^2 - 32(5.5 - 4.5)^2}}{16}$$

$$C = 1.21 \text{ in}$$

7. Arco de contacto

$$A = 180 - 57 \frac{(D - d)}{C}$$

$$A = 180 - 57 \frac{(5.5 - 4.5)}{1.21}$$

$$A = 132.892^\circ$$

8. Potencia efectiva por correa

$$Pe = Pb \cdot Fcl \cdot FcA$$

Pb = Potencia base

Sección A													
N° R.P.M. De la polea menor	Prestación Base (en HP)												
	Diámetro primitivo de la polea menor (mm)												
	66	71	76	81	86	91	96	102	107	112	117	122	127
1160	0.54	0.69	0.84	0.99	1.13	1.28	1.42	1.56	1.70	1.84	1.98	2.12	2.26
1750	0.68	0.90	1.11	1.32	1.53	1.73	1.93	2.13	2.33	2.53	2.72	2.91	3.10
3450	0.85	1.21	1.57	1.91	2.25	2.57	2.88	3.19	3.48	3.76	4.02	4.28	4.52
200	0.16	0.19	0.22	0.25	0.28	0.31	0.34	0.37	0.40	0.43	0.46	0.48	0.51
400	0.26	0.32	0.38	0.43	0.49	0.55	0.60	0.66	0.71	0.77	0.82	0.88	0.93
600	0.35	0.43	0.52	0.60	0.68	0.76	0.84	0.92	1.00	1.08	1.16	1.23	1.31
800	0.43	0.53	0.64	0.75	0.85	0.95	1.06	1.16	1.26	1.37	1.47	1.57	1.67

Figura 38. Potencia Base

La reducción es de 250 rpm por lo cual la Potencia Base = 0.71 Hp Figura 38.

Fcl = longitud de la correa

Sección de la correa						
Longitud correa	Z	A	B	C	D	E
16	0.80	-	-	-	-	-
24	0.83	-	-	-	-	-
26	0.84	0.81	-	-	-	-
31	0.89	0.84	-	-	-	-
35	0.92	0.87	0.81	-	-	-
38	0.93	0.88	0.83	-	-	-
42	0.95	0.90	0.85	-	-	-
46	0.97	0.92	0.87	-	-	-
51	0.99	0.94	0.89	0.80	-	-
55	1.00	0.96	0.90	0.81	-	-

Figura 39. Longitud de correa

Su longitud es de 18.35 por lo cual su $Fcl = 0.80$ Figura 39.

FcA = por arco de contacto

Factor de corrección		
Arco de contacto sobre polea menor	Poleas acanaladas	Poleas acanalada/plana
180°	1.00	0.75
175°	0.99	0.76
170°	0.98	0.77
167°	0.97	0.78
164°	0.96	0.79
160°	0.95	0.80
157°	0.94	0.81
154°	0.93	0.81
150°	0.92	0.82
147°	0.91	0.83
144°	0.90	0.83
140°	0.89	0.84
137°	0.88	0.85
134°	0.87	0.85
130°	0.86	0.86

Figura 40. Factor de corrección

Su arco de contacto es de 132.892° por lo cual su $Fcl = 0.87$ Figura 40.

$$Pe = Pb \cdot Fcl \cdot FcA$$

$$Pe = 0.71 \cdot 0.80 \cdot 0.87$$

$$Pe = 0.494 Hp$$

9. Cálculo de número de correas

$$\#_{correas} = \frac{P_c}{P_e}$$

$$\#_{correas} = \frac{0.7}{0.494}$$

$$\#_{correas} = 1.416 \text{ correas} \rightarrow 1 \text{ correa}$$

El número de correas para el sistema de transmisión a utilizar en la implementación de la cortadora es una correa, como se indica en la Figura 41 debido a que el cálculo esta

realizado con datos de diseños conservadores de la cortadora y permitirá realizar la función correctamente con una correa, también la máquina no trabaja a su máxima potencia.



Figura 41. Numero de bandas de la máquina cortadora

CAPÍTULO 5

RESULTADOS

5.1 Descripción de la Empresa INDUPAPEL

Empresa Papeles Industriales INDUPAPEL se encuentra en el mercado nacional desde el año 2003 teniendo hasta la actualidad una trayectoria de alrededor de 19 años, brindan la fabricación de papeles absorbentes como por ejemplo las servilletas blancas, servilletas impresas, el papel higiénico como se muestra en la Figura 42. También como productos complementarios se encuentran los dispensadores de papel higiénico, toallas, desinfectante y jabón líquido.

Es necesario recalcar que la empresa INDUPAPEL posee un equipo con la capacitación requerida para este tipo de actividades y sobre todo una vocación en la atención del servicio al cliente. La empresa tiene una amplia participación a nivel nacional, ya que ofrece soluciones rápidas y precisas que se asemejan a los requerimientos necesarios dando calidad y seguridad.



Figura 42. Empresa INDUPAPEL

5.1.1 Demanda mensual de la empresa INDUPAPEL

A continuación, en la Tabla 8, muestran la demanda mensual aproximadamente de la empresa. [33]

TABLA 8.

DEMANDA EMPRESA INDUPAPEL

Dimensiones del Canuto	Pedidos Mensuales (Uds.)	Pedidos mensuales (m)
Tubo 3 in x 8,7 cm	27 674	2514,107
Tubo 2 in x 19,7 cm	13 527	2507,86
Tubo 3 in x 21,8 cm	6 108	1447,23

5.2 Características del tubo de cartón por unidades

Los canutos largos poseen una longitud de (1.20 metros → 120 cm) la cual se diferencia por sus diámetros. A continuación, en las siguientes Tablas 9, 10 y 11, se detallan cuantas unidades se obtienen por unidades según la demanda de la empresa INDUPAPEL.

TABLA 9.

DETALLE DEL CANUTO 3 IN X 8,7CM

Largo	8,7 cm
Diámetro	3 in
Unidades	13
Sobrante	6,9 cm

TABLA 10.

DETALLE DEL CANUTO 2 IN X 19,7 CM

Largo	19,7 cm
Diámetro	2 in
Unidades	6
Sobrante	1,8 cm

TABLA 11.

DETALLE DEL CANUTO 3 IN X 21,8 CM

Largo	21,8 cm
Diámetro	3 in
Unidades	5
Sobrante	11 cm

5.2.1 Precios de los canutos

En la siguiente Tabla 12 se detalla los precios por unidades de los diferentes canutos mencionados anteriormente.

TABLA 12.

PRECIOS UNITARIOS DE LOS CANUTOS POR UNIDADES

Tipo de Canuto	Valor Unitario (\$)
Canuto 3 in x 8,7 cm	0,0407
Canuto 2 in x 19,7 cm	0,0578
Canuto 3 in x 21,8 cm	0,0946

Características de ventas del tubo de cartón por unidades

Posteriormente, se visualiza la Tabla 13 los ingresos en ventas de la empresa INDUPAPEL con respecto a su demanda mensual, mismos se observan en el Anexo 4.

TABLA 13.

PRECIOS SEGÚN LA DEMANDA DE INDUPAPEL

Tipo de Canuto	Valor Unitario (\$)	Demanda Mensual	Ventas (\$)
Canuto 3 in x 8,7 cm	0.0407	26 581	1081.85
Canuto 2 in x 19,7 cm	0.0578	12 433	718.63
Canuto 3 in x 21,8 cm	0.0946	6 078	574.97
		Total	2375.45

5.3 Características del tubo de cartón por metros

En la Tabla 14, se muestra los precios de los canutos por metros cuyo costo se distinguen en dos productos, tubo sin cortar mide alrededor de 2 m y tubo cortado con una longitud de 1 m.

TABLA 14.
VENTAS POR METROS DEL CANUTO

Tipo de Canuto	Valor Unitario (\$)	Demanda Mensual	Ventas (\$)
Tubo sin cortar	0.37	618	290.46
Tubo cortado	0.47	2124	785.88
		Total	1076.34

5.4 Análisis de la máquina cortadora con indicadores financieros

Se realiza un análisis con las ventas realizadas anual en la empresa INDUPAPEL con respecto a los tubos de cartón por metros. Los cuales se utilizan los valores de los tubos sin cortar y cortado de 2 metros y 1 metro respectivamente.

- **Índice de crecimiento en ventas:** representa el incremento de un activo con el incremento del volumen y el precio.

$$\frac{\text{Ventas del año corriente}}{\text{Ventas del año anterior} \times 100} = \frac{12\,916.08}{10\,624.472 \times 100} = 0.01$$

Se puede concluir con ese índice de crecimiento que es poco debido a que los clientes prefieren los canutos por unidades ya que el canuto por metros necesitaría un proceso más para la utilización de los diferentes productos.

Posteriormente se visualiza en las tablas que se mostraron precedentemente, con la cortadora fabricada se obtiene un mejor mercado con respecto a las ventas, esto es debido a que la empresa tiene una variedad en canutos ya por unidades teniendo así una mejor demanda generando de esta manera una rentabilidad a la misma.

A continuación, en la Figura 43 se observa gráficamente el valor unitario de los productos de la empresa INDUPAPEL.

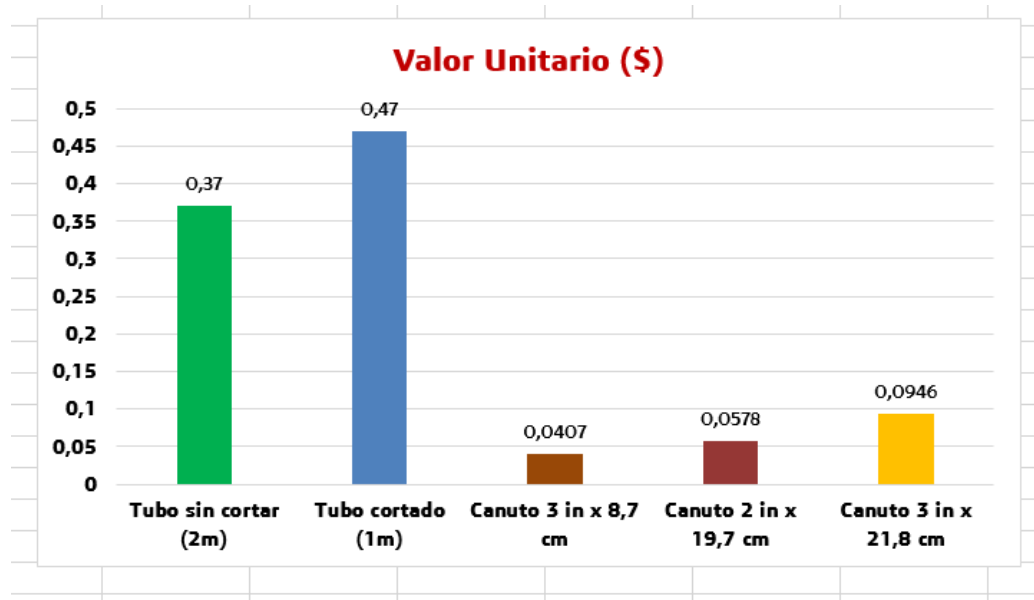


Figura 43. Valor unitario de los tubos de cartón

En la Figura 44, se muestra la demanda de cada uno de los productos siendo así una mayor demanda con los tubos de cartón por unidades.

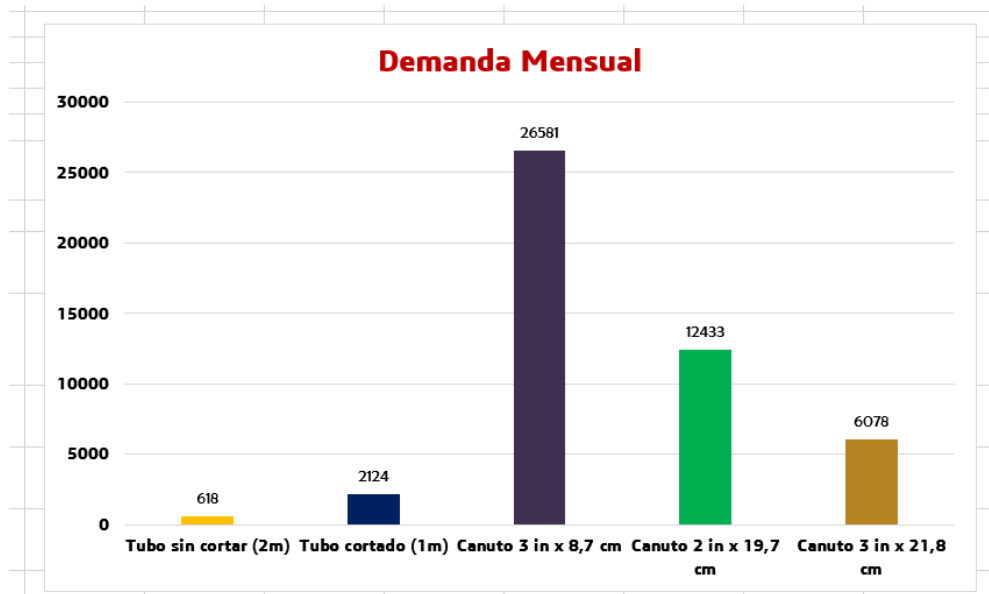


Figura 44. Demanda mensual de los tubos de cartón

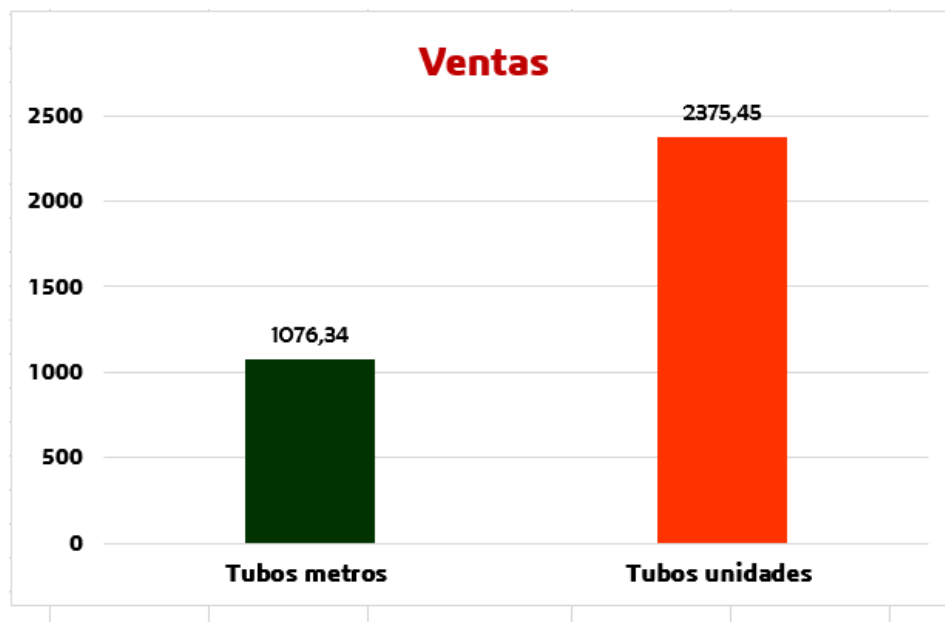


Figura 45. Ventas por (m) vs (unidades)

Con los resultados adquiridos de la Figura 45 se llega a la conclusión que los canutos por unidades de 3 in * 8,7 cm, 2 in * 19,7 cm y 3 in * 21,8 cm, dan un mayor ingreso mensual para la empresa con respecto a los tubos por metros. Dando así una mejor rentabilidad para la empresa INDUPAPEL y de esta manera también se puede ir recuperando la inversión en la máquina cortadora.

En resultado los tubos de cartón de corte por unidades han generado mejores ingresos y con respecto al índice de deserción de clientes el cual permite medir la percepción que posee la compañía ante los usuarios, se ve el aumento de estos por la variedad de artículos que brinda la compañía y la preferencia de los canutos por unidades.

A continuación, en la Figura 46 se muestra los productos finales que se obtiene con la máquina cortadora de tubos de cartón.



Figura 46. Producto Final

CAPÍTULO 6

ESTUDIO DE LOS COSTOS

6. Introducción

En el siguiente capítulo se realizará un desglose de los costos producidos en el desarrollo del diseño y construcción de la máquina cortadora de tubos de cartón, por lo cual se realizará una descripción detallada de los gastos realizados en el mismo, cuyo objetivo es tener una aproximación de la inversión que se realizó. Con el propósito de ofrecer un costo accesible y así evitar la compra de esta cortadora a través de una posible competencia o la importación.

6.1 Estudio de costos

Se detallarán los costos producidos los cuales según el análisis pueden ser directos o indirectos.

6.1.1 Costos Directos

Los costos directos son aquellos que actúan directamente en la elaboración de la cortadora aquí se incluyen los elementos que son normalizados.

Materia Prima Directa

Material básico para la fabricación de la cortadora. Posteriormente, se describen en la siguiente Tabla 15.

TABLA 15.
COSTOS DE MATERIALES DIRECTOS

N°	Detalle		Cantidad	Costo Unitario (USD)	Costo Total (USD)
1	Estructura	Tubo estructural cuadrado 2 pulgadas	2	22.00	44.00
2		6 mm	1	20.00	20.00

3		Láminas de acero	10 mm	1	50.00	50.00	
4		Ejes de transmisión 1018	L=1m, D=1 pulgada	1	30.00	30.00	
5			L=1m, D=1 ½ pulgada	1	45.00	45.00	
6			L=1m, D=4 pulgadas	1	120.00	120.00	
7		Cuchillas		4	110.00	440.00	
8		Resorte - Cuchilla		4	15.00	60.00	
					Subtotal1	434,00	

Componentes Estandarizados

Posteriormente, se visualiza la Tabla 16 donde se describen los gastos de los componentes estandarizados de la cortadora.

TABLA 16.

COSTOS DE COMPONENTES ESTANDARIZADOS

N°	Detalle		Cantidad	Costo U. (USD)	Costo Total (USD)
1	Cojinete	UFC 205 (cuadrada)	2	7,00	14,00
2		USP A204 (mesa)	2	6,00	12,00
3	Polea de transmisión	5.5 in	1	18,00	18,00
4		4.5 in	1	16,00	16,00
5	Correa de transmisión		1	16,00	16,00
6	Perno Hexagonal	1/2	15	0,50	7,50
7		3/4	30	0,25	7,50
8		1/4	25	0,20	5,00
9		3/8	20	0,30	6,00
10		5/8	30	0,40	12,00
11		plano	100	0,16	16,00

12	Anillo	opresión	100	0,11	11,00
13	Tuerca de paso normal	3/4	20	0,20	4,00
14		1/2	10	0,35	3,50
15		1/4	10	0,15	1,50
16		3/8	8	0,25	2,00
17		5/8	20	0,45	9,00
18	Motor		1	200,00	200,00
				Subtotal 2	359,50

6.1.2 Costos Colaterales

Son aquellos que no actúan directamente en la elaboración de la cortadora.

Materia Prima Indirecta

Posteriormente, se visualiza en la Tabla 17 donde se especifican la materia prima indirecta que influyen en la fabricación de la cortadora.

TABLA 17.

COSTOS DE MATERIA PRIMA INDIRECTA

N°	Detalle		Cantidad	Costo U. (USD)	Costo T. (USD)
1	Soldadura (Electrodo)	E6011	1 (Kg)	5,25	5,25
2		E7018	1 (Kg)	5,00	5,00
3	Barniz		1	4,75	4,75
4	Electrodo	desbaste	2	2,75	5,50
5		corte	9	2,25	20,25
				Subtotal 3	42,00

Costos Complementarios

Tareas que comprometen el progreso para la fabricación de la cortadora se definen en la visualización de la Tabla 18.

TABLA 18.
COSTOS COMPLEMENTARIOS

N°	Detalle	Costo T. (\$)
1	Traslado	29,50
2	Corte por Plasma	60,50
	Subtotal 4	90,00

Costo Final

Por último, se puede visualizar, en la Tabla 19 la obtención de un precio final invertido en la fabricación de la cortadora sumando los costos totales de los ítems anteriores.

TABLA 19.
INVERSIÓN FINAL DE LA CORTADORA

Materia Prima Directa	434,00
Componentes Estandarizados	359,50
Materia Prima Indirecta	42,00
Costos Complementarios	90,00
COSTO TOTAL	925,50

Recuperación del proyecto

A fin de conocer el beneficio del proyecto se utilizará como herramientas el VAN y el TIR que facilitarán el análisis, además de la aplicación Excel. El flujo de efectivo se realiza con la diferencia de los egresos e ingresos anuales que se obtendría con la implementación de la cortadora.

La tasa de interés a utilizar se obtiene del Banco Central del Ecuador según regulación No. 133-2015-M el cual es como referencial de 10.23 y como máximo de 11.26 por lo cual se utilizará un interés del 11%.

Inversión Inicial → 925,25

Tasa de Interés → 11% = 0.11

TABLA 20.

RENTABILIDAD DEL PROYECTO

AÑOS(n)	FLUJOS DE CAJA (f)
1	1076,34
2	1587,78
3	1374,43
4	1614,95
5	1523,04

VAN = Valor Actual Neto

$$VAN = \frac{f1}{(1+i)^{n1}} + \frac{f2}{(1+i)^{n2}} + \dots + \frac{fn}{(1+i)^n} - I_0$$

- **VAN = 0.** Se concluye que el proyecto no generara ni perdidas ni ganancias, es decir, indiferente.
- **VAN > 0.** Si el resultado obtenido en el cálculo es mayor a 0 se deduce que el proyecto producirá dividendos por lo cual será rentable.
- **VAN < 0.** Si el resultado obtenido en el cálculo es menor a 0 se concluye que el proyecto generará perdidas por lo cual será no rentable.

Se obtiene un **VAN = 4305.74** por lo cual el proyecto es **RENTABLE**

TIR = Tasa interna de retorno

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1 + TIR)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1 + TIR)} + \frac{F_2}{(1 + TIR)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1 + TIR)^n} = 0$$

- Si $TIR > k$, el proyecto de inversión será aceptado.
- Si $TIR = k$, se encuentra en una posición semejante cuando el VAN es 0. En este caso, se podría implementar si se mejora el ámbito competitivo y no se encuentra opciones mejores viables.
- Si $TIR < k$, el plan se tiene que negar. Ya que no se lograría obtener un rendimiento mínimo de la inversión realizada.

Se obtiene un $TIR = 1.35$ por lo cual el proyecto es **RENTABLE**

CRONOGRAMA

TABLA 21.

CRONOGRAMA

N.º	Descripción	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6
1	Investigación y recolección de información	X					
2	Diseño de la cortadora		X				
3	Diseño parte eléctrica de la cortadora		X				
4	Construcción de la cortadora			X	X		
5	Implementación de la parte de control de la cortadora				X	X	
6	Pruebas de Funcionamiento					X	
7	Redacción del escrito						X
8	Revisión y corrección del escrito						X

PRESUPUESTO

Los materiales de la cortadora se detallan en el capítulo 6 que se encuentran basados en los elementos comerciales. Permitiendo de esta manera proyectar el costo de inversión del proyecto. A continuación, un resumen en general del presupuesto para el proyecto.

TABLA 22.
PRESUPUESTO

N.º	DESCRIPCIÓN	COSTO (USD)	CANTIDAD	TOTAL (USD)
1	Parte Estructural (tubos estructurales, planchas, pintura, etc.)	200.00	1	200.00
2	Parte Control y Eléctrica (motor, rodamientos, cuchillas, etc.)	700.00	1	700.00
3	Gastos Varios (transporte, corte en plasma, etc.)	100.00	1	100.00
			TOTAL	1000.00

CONCLUSIONES

1. Se puede concluir gracias a la investigación realizada en el mercado actual, que una pequeña empresa de papel como “INDUPAPEL” posee aproximadamente una demanda mensual de 45092 canutos o tubos de cartón, cortados en diferentes medidas a partir de un tubo más grande.
2. Debido a la indagación realizada acerca de la demanda de tubos de cartón, se estimó cinco propuestas de fabricación de una cortadora de canutos, gracias al análisis de prioridades de que se efectuó en la casa de la calidad, se llega a determinar que la solución para la máquina de corte para canutos de 2 a 6 in es con un sistema de corte automático con el uso de cuchillas circulares de cizalla empleando el método de cuchilla contra superficie cilíndrica y con el manejo de 1 operario. Es la óptima para cumplir las expectativas del proyecto.
3. Se diseñó y realizó un análisis adecuado de cada uno de los componentes mecánicos de la máquina cortadora de tubos, tomando en cuenta que todos los factores de seguridad superen el valor de tres, que es lo recomendado. Se realizó un diseño de la máquina para que cumpla las expectativas de la demanda de la empresa de papel.
4. Se concluye que la máquina posee un correcto funcionamiento, ya que realiza el corte de los tubos de cartón de diferentes espesores y diferentes longitudes como estaba previsto, aproximadamente operando la máquina un operario puede cortar aproximadamente la cantidad de 600 tubos de cartón individuales por hora, los cuales se pueden apreciar en el Anexo 4.

5. Se concluye gracias a los indicadores financieros de rentabilidad, que la máquina cortadora de tubos produce más ganancias que vender los tubos por metros la cual su índice de crecimiento en ventas es de 0.01, en la Figura 45 se establece las ventas con respecto a cada producto, la venta de canutos por unidades genera una rentabilidad mayor que la venta de canutos sin cortar, la cual es de 2375 a diferencia de la de sin cortar de 1076, debido a que el cliente prefiere obtener el producto terminado, y debido a que ellos al obtenerlos por metros, deberán generar una operación adicional para poder usarlos en el papel higiénico.

RECOMENDACIONES

1. Para realizar una correcta indagación de la demanda de producto que necesita el mercado actual, se debe tener en cuenta cual es el cliente objetivo para el cual se van a realizar el corte de tubos de cartón, ya que estos insumos pueden ser utilizados para diferentes fines.
2. Una de las recomendaciones para tomar en cuenta en la selección del diseño son las prioridades que debe cumplir la máquina a diseñar, como es el número de operarios, la rapidez de producción y la automatización de la misma, todos estos son factores claves en la hora del diseño de la máquina.
3. Al momento de diseñar la máquina se debe tener en cuenta que esta cumpla con los requerimientos que el mercado anteriormente investigado exige, una vez obtenido el diseño se debe realizar un análisis y confirmación del diseño, teniendo en cuenta todas las fuerzas que influyen en esta máquina y validando cada una de las partes de esta.
4. Se deben realizar pruebas de funcionamiento durante un periodo continuo de trabajo para verificar que la máquina trabaje como se ha planificado.
5. Para realizar un análisis de rentabilidad óptimo se debe tener en cuenta datos actuales de demanda de producto, la adquisición mensual de esta información en la empresa y gracias a indicadores financieros poder obtener un panorama más claro, de si la construcción de la máquina es rentable.
6. Una de las recomendaciones para mantener en un funcionamiento prolongado a la máquina es realizar un correcto mantenimiento, para este se debe tener un control del cambio de rodamiento, en este caso de las chumaceras de la máquina, cambio de la banda que conecta el motor con el eje de corte, afiliado periódico de las cuchillas que cortan los tubos de cartón, y se recomienda tener en cuenta el desgaste del eje de contracuchilla.

7. Uno de los diseños que no se abarco en este proyecto, pero se puede implementar es la colocación de un resorte o un contrapeso para ayudar a levantar el soporte de las cuchillas, ya que el uso progresivo de este, puede llegar a cansar al operario. Además, también se puede estudiar la posibilidad de automatizar la máquina cortadora de tubos de cartón.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] K. Teschke y P. Demers, «INDUSTRIA DEL PAPEL Y DE LA PASTA DE PAPEL,» de *SECTORES BASADOS EN RECURSOS BIOLÓGICOS*, ENCICLOPEDIA DE SALUD Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO, 2012, pp. 72.2 - 72.19.
- [2] A. M. Econ. MBA. Sánchez, T. Econ. MBA. Vayas, F. Ing. Mayorga y C. Ing. Freire, «SECTOR PAPEL Y CARTÓN DEL ECUADOR,» Observatorio Económico y Social de Tungurahua, Ambato, 2018.
- [3] A. S. Santos Hernández, «La evolución del papel,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.oaxaca.gob.mx/ageo/la-evolucion-del-papel/#:~:text=El%20papel%20hecho%20a%20mano,y%20los%20fragmentos%20de%20bamb%C3%BA.&text=Conforme%20pas%C3%B3%20el%20tiempo%20Jap%C3%B3n,otras%20partes%20de%20su%20cultura..> [Último acceso: 06 2021].
- [4] A. V. QUISHPE LLIVE y D. M. PLAZARTE CUMBAL, «DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA CORTADORA,» UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA, 2014.
- [5] Carama de Industria y Producción, «Ranking de Compañías Sector Manufacturero Ecuatoriano,» 09 2018. [En línea]. Available: <https://www.cip.org.ec/wp-content/uploads/2018/09/Ranking-de-Companias-Sector-Manufacturero-Ecuatoriano-espa%C3%B1ol.pdf>.
- [6] Euroinnova, «Maquinaria industrial,» 01 2018. [En línea]. Available: <https://www.euroinnova.ec/blog/que-es-la-maquinaria-industrial>. [Último acceso: 08 06 2021].
- [7] Ehow en Español, «Tipos de máquinas de corte y confección industrial,» 20 11 2017. [En línea]. Available: https://www.ehowenespanol.com/tipos-máquinas-corte-confeccion-industrial-info_229245/. [Último acceso: 08 06 2021].

- [8] Forestal, «Cuchillas industriales y sus tipos,» 27 04 2020. [En línea]. Available: <https://madera-sostenible.com/forestal/cuchillas-industriales-y-sus-tipos/>. [Último acceso: 12 06 2021].
- [9] M. Picazo, «Tipos de cuchillas industriales,» La Tarde, 2020. [En línea]. Available: <http://latarde.com/tipos-de-cuchillas-industriales/>. [Último acceso: 12 06 2021].
- [10] Red Hat, «¿Qué es la automatización?,» 09 02 2011. [En línea]. Available: <https://www.redhat.com/es/topics/automation>. [Último acceso: 09 06 2021].
- [11] gb-advisors, «Automatización de Procesos: Ventajas y desventajas,» 28 11 2017. [En línea]. Available: <https://www.gb-advisors.com/es/automatizacion-de-procesos/>. [Último acceso: 09 06 2021].
- [12] J. Alvarez, «Principales Tipos De Cartón,» 29 10 2015. [En línea]. Available: <https://blog.cajaeco.com/principales-tipos-de-carton-solido-grafico-couche-cartoncillo/>. [Último acceso: 07 06 2021].
- [13] RAJA, «Tubos de cartón para embalaje: características,» 25 09 2018. [En línea]. Available: <https://www.rajapack.es/blog-es/productos/tipos-tubos-carton-envios/>. [Último acceso: 07 06 2021].
- [14] J. Ing. Rosales, «MOTORES ELECTRICOS,» 2020. [En línea]. Available: https://www.usmp.edu.pe/vision2017/pdf/materiales/MOTORES_ELECTRICOS_PARA_LA_IN.pdf. [Último acceso: 08 06 2021].
- [15] Editores-srl, «Selección y aplicación de motores eléctricos,» 04 2016. [En línea]. Available: https://www.editores-srl.com.ar/revistas/ie/308/weg_seleccion_aplicacion_motores_electricos. [Último acceso: 08 06 2021].
- [16] Areatecnologia, «Motores Monofásicos,» 09 12 2019. [En línea]. Available: <https://www.areatecnologia.com/electricidad/motores-monofasicos.html>. [Último acceso: 11 06 2021].

- [17] R. L. Mott, Diseño de Elementos de Máquinas, México: Pearson Educación, 2006.
- [18] G. Ing. Bavaresco, «PROCEDIMIENTO PARA EL DISEÑO DE EJES,» 03 2016. [En línea]. Available: https://gabpingeneria.weebly.com/uploads/2/0/1/6/20162823/diseo_de_ejes.pdf. [Último acceso: 10 06 2021].
- [19] Lugo Hermanos, «¿Qué Es Un Rodamiento y Para Qué Sirve?,» 20 05 2020. [En línea]. Available: <https://www.lugohermanos.com/blog-industrial/que-es-un-rodamiento-y-para-que-sirve/>. [Último acceso: 11 06 2021].
- [20] Cruzado , «¿Para qué sirve un rodamiento?,» 17 04 2018. [En línea]. Available: <https://www.arcruzado.com/para-que-sirve-un-rodamiento/>. [Último acceso: 11 06 2021].
- [21] Macaplast, «Conoce la utilidad de las chumaceras en la industria,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.macaplast.com/conoce-la-utilidad-las-chumaceras-la-industria/>. [Último acceso: 11 06 2021].
- [22] SADI, «Chumacera, ¿qué es?,» 2020. [En línea]. Available: <https://saditransmisiones.com/chumacera/>. [Último acceso: 11 06 2021].
- [23] M. E. Raffino, «¿Qué es una polea?,» 11 07 2020. [En línea]. Available: <https://concepto.de/polea/>. [Último acceso: 11 06 2021].
- [24] Ingemecanica, «Correas de Transmisión,» 10 2020. [En línea]. Available: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn121.html#:~:text=Las%20correas%20son%20elementos%20de,de%20transmitir%20pares%20de%20giro..> [Último acceso: 12 06 2021].
- [25] AJ Transmisiones, «Bandas de Caucho Industriales: Tipos y Funciones,» 04 09 2020. [En línea]. Available: <https://www.ajtransmisiones.com/blog/tipos-de-bandas-transportadoras-de-caucho>. [Último acceso: 12 06 2021].

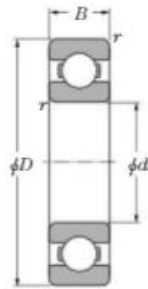
- [26] BYMESA, «Bandas industriales para cualquier aplicación,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.bymesa.com.mx/bandasIndustriales.html>. [Último acceso: 12 06 2021].
- [27] C. Ruiz, «TRANSMISIÓN POR CORREAS,» 2020. [En línea]. Available: <http://files.cesarruiz.webnode.com.co/200000095-1e5b7204f2/TransmisionPorCorreas.pdf>. [Último acceso: 14 06 2021].
- [28] Micro Automación, «¿QUÉ ES UN CILINDRO NEUMÁTICO?,» 05 05 2019. [En línea]. Available: <https://ar.microautomacion.com/es/que-es-un-cilindro-neumatico/>. [Último acceso: 14 06 2021].
- [29] ROME CO Industrial, «Cilindro neumatico – Piston neumatico – Que es,» 13 11 2018. [En línea]. Available: <https://www.romecoindustrial.com/2018/11/13/cilindro-neumatico-piston-neumatico/>. [Último acceso: 14 06 2021].
- [30] Actualícese, «Definición de indicadores financieros,» 26 02 2015. [En línea]. Available: <https://actualicese.com/definicion-de-indicadores-financieros/>. [Último acceso: 10 06 2021].
- [31] Instituto Nacional de Contadores Públicos , «Principales indicadores financieros y de gestión,» Incp.org.co, Colombia , 2015.
- [32] G. Ospina, «Razones Financieras: Interpretación, Ejemplos y Fórmulas,» 09 11 2020. [En línea]. Available: <https://tueconomiafacil.com/razones-financieras-interpretacion-ejemplos-y-formulas/>. [Último acceso: 10 06 2021].
- [33] M. Casa y J. Mora, «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.,» Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Latacunga, 2021.

ANEXOS

Anexo 2. Catálogo de Rodamientos de Bolas

● Rodamientos Rígidos de Bolas

NTN



Tipo abierto



Tipo con tapas (ZZ)



Tipo con sello de no contacto (LLB, LLF)



Tipo con sello de bajo torque (LLH)



Tipo con sello de contacto (LLU)

d 20 ~ 35mm

d	Dimensiones principales				Capacidades básicas de carga				Factor f_0	Velocidades límites				Números de rodamientos				
	mm			r_{Ns} min	kN		kgf			r.p.m.				tipo abierto	con tapas	con sello de no contacto	con sello de bajo torque	con sello de contacto
	D	B	$r_{s, min}^{(1)}$		C_r	C_{or}	C_r	C_{or}		grasa tipo abierto	aceite tipo abierto	LLH	LLU					
20	72	19	1.1	—	28.5	13.9	2 900	1 420	11.4	12 000	14 000	—	—	6404	—	—	—	—
22	44	12	0.6	0.5	9.40	5.05	955	515	13.9	17 000	20 000	13 000	10 000	60/22	ZZ	LLB	LLH	LLU
	50	14	1	0.5	12.9	6.80	1 320	690	13.5	14 000	17 000	12 000	9 700	62/22	ZZ	LLB	LLH	LLU
	56	16	1.1	0.5	18.4	9.25	1 880	945	12.4	13 000	15 000	11 000	9 200	63/22	ZZ	LLB	LLH	LLU
25	32	4	0.2	—	1.10	0.840	112	86	15.8	4 000	4 600	—	—	6705	—	LLF	—	—
	37	7	0.3	0.3	4.30	2.95	435	300	16.1	18 000	21 000	—	10 000	6805	ZZ	LLB	—	LLU
	42	9	0.3	0.3	7.05	4.55	715	460	15.4	16 000	19 000	—	9 800	6905	ZZ	LLB	—	LLU
	47	8	0.3	—	8.35	5.10	855	520	15.1	15 000	18 000	—	—	16005	—	—	—	—
	47	12	0.6	0.5	10.1	5.85	1 030	595	14.5	15 000	18 000	11 000	9 400	6005	ZZ	LLB	LLH	LLU
	52	15	1	0.5	14.0	7.85	1 430	800	13.9	13 000	15 000	11 000	8 900	6205	ZZ	LLB	LLH	LLU
	62	17	1.1	0.5	21.2	10.9	2 160	1 110	12.6	12 000	14 000	9 700	8 100	6305	ZZ	LLB	LLH	LLU
80	21	1.5	—	34.5	17.5	3 550	1 780	11.6	10 000	12 000	—	—	6405	—	—	—	—	

Anexo 3. Catálogo de Rodamientos de Chumaceras

Tabla de dimensiones

Alojamiento			Página		Página		Página		Página		Página		Página
Rodamiento													
Tipo con tornillo de fijación		UC2	400	UCP2	85	UCHP2	92	UCF2	112	UCFC2	142	UCFL2	150
		F-UC2	416	UCP2G2	85	UCUP2	96	UCFG2	130	UCFCG2	154	UCFLG2	170
		UC1	406	UCP3	82			UCF3	118			UCFL3	160
		UC1	406	UCPG3	75			UCFG3	132			UCFLG3	172
		UC1	406	UCIP3	86			UCFS3	134				
		UC1	406	UCIPG3	90			UCFSG3	140				
		UCX	412	UCPX	88			UCFX	124	UCFCX	148	UCFLX	168
		AS2	418	ASPL2	104		ASPP2	108				ASFB2	180
		AS2	418	ASPB2	100		ASRPP2	110				ASFO2	188
		AS2	418										
Tipo con anillo de fijación excéntrico		UEL2	426	UEL2	230	UELHP2	244	UELFU2	262	UELFC2	282	UELFU2	286
		UEL2	426	UELPL2	240	UELUP2	246	UELF2	268			UELF2	290
		UEL3	430	UEL3	234			UELF3	270			UELF3	294
		AEL2	436	AELPL2	248		AELPP2	258				AELFD2	302
		JEL2	440	JELPL2	252		AELRPP2	260				AELFB2	300
		JEL2	440	AELPB2	256							JELFD2	303
Tipo con mango de fijación		UK2	448	UKP2	332			UKF2	344	UKFC2	360	UKFL2	368
		UK3	452	UKP3	336			UKF3	348			UKFL3	372
		UKX	456	UKPX	340			UKFS3	358				
		UKX	456					UKFX	362	UKFCX	364	UKFLX	376
Otras chumaceras				AR2	422	REL2	444	UCS2	460	UCS3	484	ASS2	488

Anexo 4. Producto Final
Canutos de 2 in x 19,7 cm



Canutos de 3 in x 8,7 cm



Anexo 5. Máquina construída

