

UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS

FACULTAD DE INGENIERIA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE REBOBINADOR DE
PLÁSTICO STRETCH FILM**

Trabajo de titulación presentado en conformidad a los requisitos

Para obtener el título de Ingeniero en Producción

Ing. Diego Albuja Sánchez

Director

SANTIAGO BIXBY MERA

OCTUBRE 2008

Agradecimientos

Quisiera agradecer a todas las personas que colaboraron en el desarrollo de este proyecto. Gracias a su empeño y generosidad pude completar la investigación y desarrollo del prototipo pieza clave para la elaboración de mi trabajo de titulación. Un agradecimiento muy especial a mi padre quien me transmitió sus conocimientos y guio durante la elaboración de este proyecto.

Personas que colaboraron:

Ing. Iván Maldonado, Ing. que me ayudo en la elaboración de las piezas

Ing. Diego Albuja.

Ing. Mauricio Rojas Msc.

Dedicatoria:

Dedico este trabajo a toda mi familia, Alejandra.

De quienes siempre tuve un constante apoyo ,

**Siempre me ayudaron a salir adelante y dar lo
mejor de mí.**

Gracias a Dios.

RESUMEN

El Objetivo del presente trabajo es el de diseñar y construir un prototipo de un rebobinador de plástico stretch para uso alimenticio.

En esta investigación se utilizaron algunos aspectos metodológicos los cuales facilitan el desarrollo de la misma como son: aspectos inductivos-deductivos, investigaciones de campo y bibliográfica, y una aplicación práctica cómo fue la construcción física del prototipo.

Luego de diseñar, construir, realizar pruebas de funcionamiento, cambios, y modificaciones al prototipo inicial se logro completar los objetivos del proyecto con los siguientes resultados: se consiguió construir un prototipo que permite rebobinar plástico a una velocidad de 25 metros por minuto, cambiando de núcleos de cartón de 3 pulgadas a núcleos de 1.5 pulgadas con diferente espesor de pared. El plástico es rebobinado sin crear ninguna arruga, rasgamiento o defectos en la lámina por lo cual cumple con las normas requeridas para una rebobinadora. Las dimensiones finales de este prototipo son: largo 950 mm; de ancho 500 mm y de alto 500 mm. Consta de un motor monofásico de embrague de $\frac{1}{2}$ hp el cual es controlado por un variador de velocidad, el cual nos facilita la velocidad tope del motor para el óptimo funcionamiento del prototipo. El control de metraje se lo hace utilizando un contador de vueltas, en el cual se puede observar cuando se ha completado el proceso de rebobinación.

ÍNDICE

	Pág.
INTRODUCCION	
Objetivos.....	1
Antecedentes.....	1
Justificación.....	2
CAPITULO I.	
POLIMEROS.....	4
1.1 Introducción.....	4
1.2 Estructura de polimeros.....	6
1.2.1 Polimerización.....	7
1.2.2 Cristalinidad.....	10
1.2.3 Temperatura. Transición Vitrea.....	12
1.2.4 Mezcla de polimeros.....	13
1.3 Termoplásticos.....	13
1.4 Plásticos Termoestables.....	16
1.5 Aditivos en los plásticos.....	17
1.6 Plásticos Biodegradables.....	18
CAPÍTULO II	
STRETCH FILM.....	20
2.1 Stretch para embalaje.....	20
2.1.1 Introducción.....	20
2.1.2 Materiales de composición.....	21
2.1.3 Usos y Aplicaciones.....	21
2.2 Stretch para uso alimenticio.....	23
2.2.1 Introducción.....	23
2.2.2 Características.....	25
2.2.3 Usos y Aplicaciones.....	25

2.3 Fabricación del Stretch Film.....	27
2.3.1 Extrusión.....	27
2.3.2 Cabezal de película soplada.....	28
2.3.3 Cabezal de película plana.....	29
2.3.4 Fabricación Stretch Film para alimentos.....	30
CAPÍTULO III	
SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS.....	34
3.1 Alternativas de corte.....	34
3.1.1 Corte con cuchillas.....	34
3.1.2 Corte con cizalla.....	35
3.1.3 Corte con presión.....	36
3.2 Métodos para remover arrugas.....	37
3.2.1 Rodillo de eje curvo.....	37
3.2.2 Rodillo tipo listón.....	39
3.3.3 Eje fijo con radio de curvatura.....	40
3.3 Métodos de fijación.....	41
3.3.1 Fijación con ajustes laterales.....	41
3.3.2 Rodillo con presión de aire.....	42
3.4 Tablas de decisión.....	44
3.5 Diagrama preliminar del prototipo.....	46
CAPÍTULO IV	
DISEÑO.....	48
4.1 Diseño Mecánico.....	48
4.1.1 Selección de Motores.....	48
4.1.1.1 Cálculos de potencia.....	49
4.1.1.2 Selección de motores.....	51
4.1.2 Diseño de reducción de velocidades.....	52
4.1.2.1 Banda entre motor y eje reductor.....	52
4.1.2.2 Banda entre eje reductor y halador.....	57
4.1.2.3 Banda entre winder y slitter.....	61
4.1.2.4 Diseño de engranes.....	64
4.1.3 Diseño de ejes.....	65
4.1.3.1 Eje desembobinador.....	65
4.1.3.2 Eje Slitter.....	70
4.1.3.3 Eje rebobinador.....	72
4.1.3.4 Eje tensor.....	74

4.1.3.5 Eje halador.....	76
4.1.4 Diseño de cuñas.....	79
4.1.5 Selección de rodamientos.....	81
4.2 Diseño de la estructura.....	82
4.3 Diseño eléctrico.....	83
4.4 Diseño sistema de control.....	84
4.4.1 Lector de velocidades.....	84
4.4.2 Medidor de vueltas.....	86
CAPÍTULO V	
PROCESOS DE CONSTRUCCION.....	88
5.1 Procesos implícitos en la construcción.....	88
5.1.1 Torno.....	88
5.1.2 Fresado.....	89
5.1.3 Soldadura.....	90
5.1.4 Taladrado.....	91
5.1.5 Tolerancias.....	92
5.2 Diagrama de flujo de construcción.....	93
CAPÍTULO VI	
PRUEBAS.....	94
6.1 Primera prueba.....	95
6.2 Segunda prueba.....	95
6.3 Tercera prueba.....	96
CAPÍTULO VII	
MANUALES.....	97
7.1 Manual de funcionamiento.....	97
7.2 Manual de Mantenimiento.....	100
CAPÍTULO VIII	
COSTOS.....	103

8.1 Costos de construcción.....	103
8.1.1 Costos de materiales.....	103
8.1.2 Costos de maquinado.....	105
8.1.3 Costos de pruebas.....	105
8.1.4 Costos de ingeniería.....	105
8.2 Costo de fabricación de un rollo de stretch.....	106

CAPÍTULO IX

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	108
9.1 Conclusiones.....	108
9.2 Recomendaciones.....	109

ANEXOS

PLANOS

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
• Tabla 1.1 – Propiedades de Polímeros.....	5
• Tabla 2.2 – Tamaños de stretch uso manual.....	19
• Tabla 3.1 – Tabla de decisión sobre cortes.....	43
• Tabla 3.2 – Tabla de decisión eliminación de arrugas.....	44
• Tabla 3.3 - Tabla sobre fijación de cores (núcleos).....	45
• Tabla 6.1 - Hoja de proceso para prueba 1.....	95
• Tabla 6.2 – Hoja de procesos para prueba 2.....	95
• Tabla 6.3 – Hoja de procesos para prueba 3.....	96
• Tabla 7.1 – Manual de funcionamiento.....	98
• Tabla 7.2 – Manual de mantenimiento.....	101
• Tabla 8.1 – Costos eléctricos.....	103
• Tabla 8.2 – Costos de materiales.....	104
• Tabla 8.3 – Costos de maquinado.....	105
• Tabla 8.4 – Costos finales.....	106

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
• Figura 1.1 – Esquema de producción.....	6
• Figura 1.2 – Estructura de polímeros.....	7
• Figura 1.3 – Esquema de ramificaciones.....	10
• Figura 1.4 – Polímero semicristalino.....	11
• Figura 1.5 – Temperatura Transición Vítrea.....	12
• Figura 2.1 – Montacargas elevando carga.....	21
• Figura 2.2 – Muestras de Stretch Film.....	22
• Figura 2.3 – Rollo de stretch film de uso alimenticio.....	23
• Figura 2.4 – Diagrama de extrusora de un solo tornillo.....	26
• Figura 2.5 – Dado de película soplada de 5 capas.....	27
• Figura 2.6 - Dado con burbuja de plástico siendo soplada.....	28
• Figura 2.7 – Cabezal de película plana.....	29
• Figura 2.8 - Cabezal de película plana y un rodillo de coextrusion.....	29
• Figura 2.9 – Diagrama de flujo de stretch film.....	32
• Figura 3.1 – Corte de cuchilla longitudinal.....	34
• Figura 3.2 – Corte por cizalla.....	35
• Figura 3.3 – Corte realizado con cuchillas de presión.....	35
• Figura 3.4 – Diagrama de rodillo de eje curvo.....	37
• Figura 3.5 – Rodillo de tipo listón.....	39
• Figura 3.6 – Barra fija con radio de curvatura.....	40
• Figura 3.7 – Conos de sujeción de aluminio.....	41
• Figura 3.8 – Rodillo de presión de aire.....	42
• Figura 3.9 – Diagrama preliminar del prototipo.....	46
• Figura 3.10 – Diagrama de cómo se pasa la película plástica.....	46

- **Figura 4.1 – Análisis de fuerzas..... 77**
- **Figura 5.1 – Diagrama de flujo de construcción..... 93**
- **Figura 7.1 Modo de paso de lámina de plástico..... 99**

Glosario de términos

- Cilng: Adhesión, goma.
- Stretch film: Film plástico que tiene la propiedad de estirarse y contraerse.
- Rebobinadora: Máquina que sirve para embobinar láminas de plástico o papel.
- PVC: Cloruro de polivinilo.
- LDPE: Siglas por su nombre en inglés Low density polyethylene.
- LLDPE: Lineal low density polyethylene.
- HDPE: High density polyethylene.
- Extrusora: Máquina que sirve para llevar polietileno fundido a su cabezal usando un tornillo sin fin y calor.
- Cabezal: Parte frontal de la extrusora por donde sale la película plástica.
- Polímeros: Sinónimo de plásticos, viene de la palabra griega *Plastikos* que significa que se puede moldear o formar.
- Monómero: Es el bloque constructivo básico para un polímero.
- Temperatura de transición vítrea: Temperatura a la cual los plásticos sufren un cambio en su comportamiento mecánico.
- Termoplásticos: Son los polímeros que después de ser calentados y moldeados, cuando se enfría vuelven a su estado original.
- Densidad: Cantidad retenida en un volumen definido.
- Plásticos termoestables: Son plásticos que tiene una estructura molecular en tres dimensiones con fuertes enlace covalentes.
- Biodegradable: Es la característica de algunas sustancias químicas de poder ser utilizadas como sustrato por microorganismos que las emplean para producir energía y crear otras sustancias como nuevos tejidos o aminoácidos.
- Película: Lámina de plástico que fluye a través del cabezal.
- Núcleo (cores): Alma o centro de cartón en donde se embobina el plástico.

- **Calibre:** Espesor de la película.
- **Listón:** Pedazos de madera, acero, o aluminio que se colocan encima de un rodillo y se mueven cuando rota.
- **Parámetros de diseño:** Parámetros por los cuales se regirá el diseño.
- **T:** Torque.
- **T:** Tiempo.
- **F:** Fuerza.
- **R:** Radio.
- **W:** Velocidad angular.
- **V:** Velocidad.
- **P:** Potencia.
- **D:** Diámetro externo.
- **d:** Diámetro interno.
- **n:** Número de vueltas.
- **Lp:** Largo banda.
- **C:** Distancia entre centros de bandas.
- **RA Y RB:** Apoyos para los ejes.
- **Sy:** Resistencia a la fluencia.
- **Prototipo:** Ejemplar original o primer molde que se fabrica de una figura o cosa.
- **PIC:** Microcontrolador digital con tecnología CMOS.

INTRODUCCIÓN

OBJETIVOS:

El objetivo general del presente proyecto es el de diseñar y construir un prototipo de un rebobinador de plástico stretch film para uso alimenticio, que permita realizar pruebas para la fabricación del plástico y ver su comportamiento durante el desembobinado y embobinado.

Los objetivos específicos de esta investigación, los cuales ayudarán a desarrollar cada paso de la misma sin ningún inconveniente son los siguientes:

- Diseñar una máquina que permita probar el procedimiento de rebobinación de plásticos.
- Construir un prototipo en relación al diseño establecido para hacer pruebas de funcionamiento y de producción de plástico stretch para uso alimenticio.
- Establecer cuáles serían los costos de construcción del prototipo, y así mismo dar un costo aproximado de la producción de un rollo de stretch film para alimentos

ANTECEDENTES:

Bixby Industrias es una pequeña empresa dedicada a la producción de plásticos. Está ubicada al norte de Quito en el sector Carcelen. Fue fundada hace 24 años por el Arq. Santiago Bixby. Aproximadamente hace 2 años empezó la fabricación de stretch film para uso de embalaje, especialmente pallets. Hoy en día la fábrica vende un promedio de 10 toneladas mensuales de este plástico a diferentes industrias, y empresas que se dedican al comercio. Las instalaciones constan con una línea de producción de plástico tipo cast, la cual permite obtener plástico en láminas. Esta línea

de producción permite trabajar varios tipos de polietileno sea el de baja ó alta densidad, lineal, entre otros. El beneficio de esta máquina tipo cast es que permite un alto control sobre el espesor de películas que se están trabajando, además permite producir una gran gama de productos diferentes a los que ya se realizan.

JUSTIFICACIÓN:

Como todo tipo de empresas, Bixby Industrias quería aumentar la rentabilidad de su negocio y hacer crecer su cartera de productos para obtener una mayor ganancia. Por esta razón Bixby Industrias se vio interesada en la posibilidad de fabricar plástico stretch para uso alimenticio y poder agregar un producto más a su cartera de productos.

Esta idea llamó la atención, ya que es un producto que no se lo fabrica en Ecuador, y los que se encuentran en los supermercados son de marcas importadas. Existen algunos métodos para la conservación de alimentos, pero el stretch film es relativamente nuevo en el mercado y está cobrando cada vez más fuerza ya que tiene algunos beneficio como: facilidad de utilización, se pega sin ningún problema a los envases que tienen comida que se desea conservar, es un plástico desechable y reciclable, sirve para microondas, no deja que pase la humedad y por su composición no pasan químicos a los alimentos.

Luego de un análisis del producto y viendo que la empresa consta con la maquinaria necesaria para hacer stretch, lo único que le faltaba a esta empresa es una máquina la cual le permita coger los rollos de stretch, los cuales son de aproximadamente 80 cm de largo, 7 kg de peso y núcleos (cores) de tres pulgadas; y transfórmalos en rollos de 25 ó 30 cm de largo y con núcleos de 1.5 pulgadas de diámetro, y así cumplir con los estándares que se requieren para su comercialización. Las máquinas que realizan este tipo de trabajo son conocidas como rebobinadoras de plástico (Slitters Rewinders en inglés).

Por esta razón se presentó la idea de la construcción de un pequeño prototipo que permitiera ver la forma correcta de fabricación estos rollos de plástico, y si es posible fabricarlos con una rebobinadora sencilla. Los factores que se tienen que tomar en cuenta en la rebobinación son: ver que la película pueda ser desenrollada correctamente y esto se debe a que el plástico contiene goma para darle su propiedad de adhesión, ver que el embobinado final se lo logre sin que se formen arrugas en ninguna parte del rollo y, por ultimo ver si se logra rebobinar un rollo de stretch a una velocidad de 30 metros por minuto aproximadamente. Después de verificar si la hipótesis se pudo concretar de manera satisfactoria en todos los aspectos. Se desea calcular cuál sería el costo de fabricación promedio de uno de estos rollos y un estimado de precio de venta para luego ser verificado en el mercado, y si el prototipo funciona correctamente ver la posibilidad de construirla en tamaño real.

Capítulo I

POLÍMEROS

1.1 INTRODUCCIÓN:

"La palabra plásticos fue utilizada por primera vez alrededor del año 1909, se la emplea como un sinónimo de la palabra polímero. Proviene de la palabra griega plastikos que significa que se puede moldear y formar."¹ Los plásticos son uno de los numerosos materiales poliméricos y las moléculas que los conforman son extremadamente grandes, se las conoce como macromoléculas. Algunos de los productos fabricados por polímeros sea para uso doméstico o industrial son: recipientes para alimentos y bebidas, empaques, anuncios, artículos domésticos, textiles, material médico, espumas, pinturas, juguetes, lentes, aparatos domésticos, engranes, productos electrónicos eléctricos, partes automotrices, entre otros.

Debido a muchas de sus propiedades únicas y diversas los polímeros han venido reemplazando cada vez más a los componentes metálicos. Este reemplazo refleja las ventajas que tienen los polímeros en funciones de las siguientes características:

- a. Resistencia a la corrosión y a los productos químicos.
- b. Baja densidad.
- c. Reducción de ruido.
- d. Baja conductividad eléctrica y térmica.
- e. Elevada relación resistencia a peso.
- f. Costos relativamente bajos.
- g. Amplia selección de colores.
- h. Transparencia.

¹ Kalpajian, Smchmid. MANUFACTURA, INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA, 2002.p 95.

- i. Facilidad de manufactura.
- j. Posibilidad de diseños complejos.
- k. Otros como indica la tabla 1.1.

Material	UTS (Mpa)	E (Gpa)	Elongación (%)	Relación de Poison (μ)
ABS	28-55	1,4-2,8	75-5	-
Acetal	55-70	1,4-3,5	75-25	-
Acrílico	40-75	1,4-3,5	50-5	-
Celulósico	10-48	0,4-1,4	100-5	-
Epóxico	35-140	3,5-17	10-1	-
Fluorocarbono	7-48	0,7-2	300-100	0,46-0,48
Nylon	55-83	1,4-2,8	200-60	0,32-0,40
Fenólico	28-70	1,8-21	2-0	-
Policarbonato	55-70	2,5-3	125-10	0,38
Poliéster	55	2	300-5	0,38
Polietileno	7-40	0,1-1,4	1000-15	0,46
Polipropileno	20-35	0,07-1,2	500-10	-
Poliestireno	14-83	1,4-4	60-1	0,35
PVC	7-55	0,014-4	450-40	-

Tabla 1.1 Propiedades de los Polímeros:

Los plásticos están disponibles comercialmente en hojas, placas, películas, barras y tuberías de diferentes secciones transversales. Para modificar el polietileno en diferentes productos se lo realiza mediante reacciones químicas para modificar la celulosa y de esta manera obtener productos como películas fotográficas, hojas de empaque y fibras para textiles; en nitrato de celulosa para plásticos y explosivos; en rayón y en barnices.

El primer polímero sintético creado por el hombre fue un fenol formaldehído conocido como termoestable en el año de 1906, este polímero se lo conoce como baquelita. El desarrollo de la tecnología de los plásticos modernos empezó en la década de los 20, cuando se empezó a extraer las materias primas necesarias para la fabricación de los polímeros de carbón y de los productos de petróleo. El etileno fue el primer ejemplo de materia prima y a

partir de este se empezó la producción del polietileno. El etileno se obtiene de la reacción entre el acetileno y el hidrógeno. Los polímeros comerciales son: el polipropileno, el cloruro de polivinilo (PVC), polimetilmetacrilato, el policarbonato, polietileno y otros. Todos estos productos son fabricados de una manera muy similar y por esta razón a todos estos elementos se los conoce como polímeros orgánicos sintéticos. Podemos ver un esquema básico de producción de estos polímeros en la figura 1.1

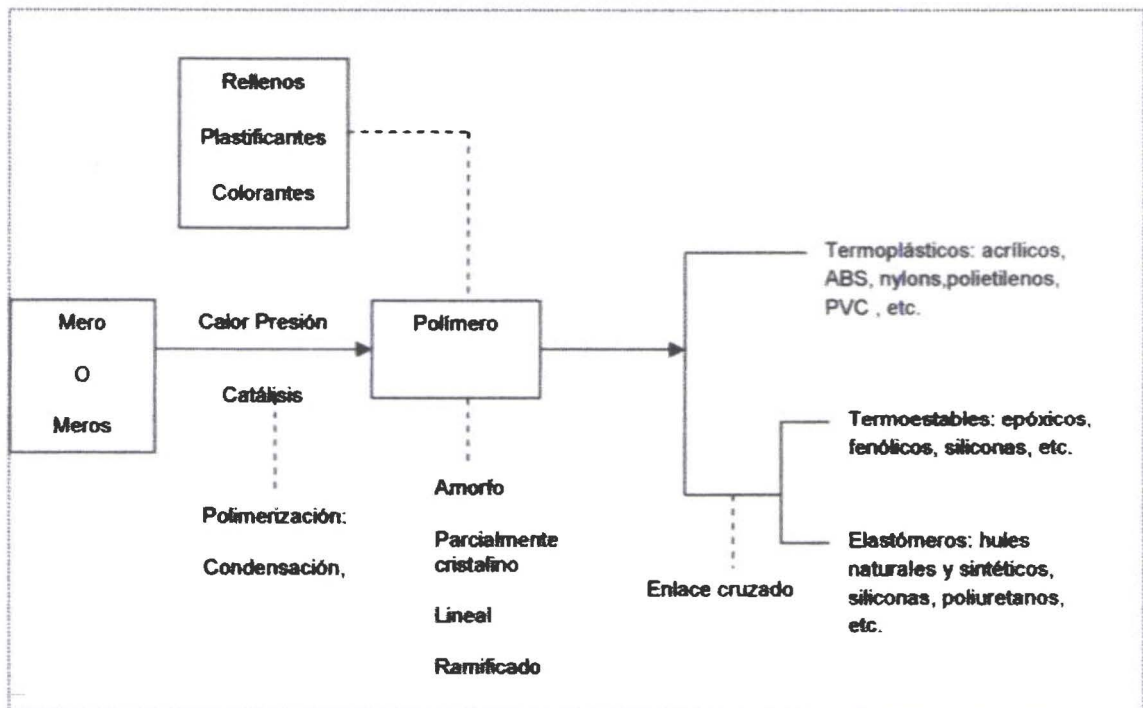


Figura1.1 Esquema de producción:

1.2 ESTRUCTURA DE POLIMEROS:

Las propiedades de los polímeros dependen de las estructuras moleculares poliméricas individuales, lo que se refiere a su forma y tamaño, y en la manera que están organizadas para formar la estructura final. "Los polímeros son moléculas de cadenas largas que se forman por polimerización esto es, por enlaces cruzados de diferentes monómeros."²

² Kalpajian, Smchmid. MANUFACTURA, INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA, 2002.p 98

Un monómero es el bloque constructivo básico de un polímero. Si se compara un monómero con la estructura cristalina de los metales se lo podría conocer con el nombre de celda unitaria. La palabra polímero significa muchos meros comúnmente repetidos en cientos o hasta miles de veces en una estructura en cadena. La mayor parte de los monómeros son de origen orgánico en los cuales los átomos de carbón tienen uniones covalentes con otros átomos. En la figura 1.2 podemos observar la estructura básica de las moléculas de los polímeros: (a) Molécula de etileno, (b) Polietileno, (c) Estructura molecular de varios polímeros. Claramente se puede ver que un polietileno es una cadena lineal de muchas moléculas de etileno.

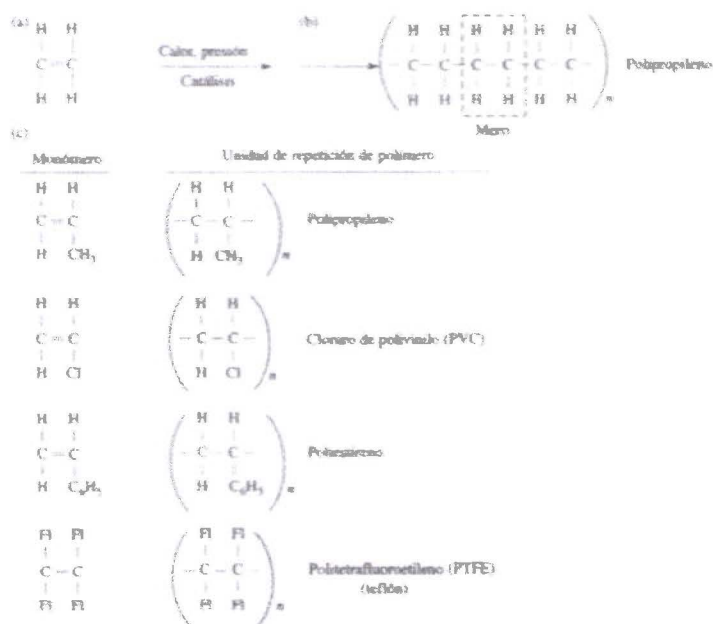


Figura 1.2 Estructuras de los Polímeros:

1.2.1 Polimerización:

La polimerización es la reacción por la cual los monómeros se pueden enlazar en polímeros, para formar moléculas más largas y grandes. Los procesos de polimerización son: condensación y adición.

Condensación: En este tipo de polimerización se producen los polímeros debido a la formación de uniones entre dos tipos de meros en reacción. El proceso también se lo conoce como polimerización por crecimiento en etapas o reacción en etapas, ya que la molécula del polímero crece, etapa por etapa hasta que se consume todo el reactivo.

Adición: También se la conoce como polimerización por crecimiento en cadena o reacción en cadena, ya que la unión ocurre sin subproductos de la reacción. Se la conoce como reacción en cadena por la alta velocidad a la cual se forma de manera simultánea las moléculas, esto se realiza en cuestión de pocos segundos, y a velocidad mucho mayor que en la polimerización por condensación.

Se conoce como peso molecular del polímero a la suma de los pesos moleculares de los meros en una cadena. Mientras más elevado sea el peso molecular de un polímero mayor será la longitud promedio de la cadena. La mayor parte de los polímeros comerciales tienen un peso molecular que oscila entre 10.000 y 100.000. Esto se debe a que la polimerización es un evento aleatorio y por esto varía las longitudes de la cadena. La dispersión de los pesos moleculares se la conoce como distribución de pesos moleculares. El peso molecular y su dispersión tienen una gran influencia sobre las propiedades del polímero, como es la resistencia a la tensión y al impacto, la resistencia al agrietamiento y la viscosidad, todas estas propiedades aumenta al aumentar el peso molecular. En ciertos casos es mejor expresar el tamaño de una cadena de polímero en función a su grado de polimerización, que está definido como la relación del peso molecular del polímero al peso molecular del mero.

"Ejemplo: el PVC tiene un peso de mero de 62.5 por lo tanto el grado de polimerización del PVC con un peso molecular de 50000 sería igual a: $50\ 000/62.5 = 800$. "³

Mientras más elevado sea el grado de polimerización mayor será la viscosidad del polímero, es decir la resistencia a fluir.

³ Kalpajian, Smchmid. MANUFACTURA, INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA, 2002.p 103

Durante la polimerización, los polímeros se unen mediante enlaces covalentes o primarios y de esta manera formando una cadena de polímeros. Las cadenas de los polímeros tiene uniones secundarias como son los de Van der Waals o uniones iónicas, estos enlaces secundarios son más débiles. Algunas de las cadenas más comunes son las siguientes: polímeros lineales, ramificados, de enlace cruzado o entre lazados, en red, terpolímeros y copolímeros. Estas uniones las podemos observar en la figura 1.3.

Polímeros lineales: Se pueden observar en la parte (a) de la figura 1.3 y se llaman así debido a su estructura secuencial. Una molécula lineal no necesariamente tienen forma recta algunos de los polímeros que caen dentro de esta categoría son: los termoplásticos como los acrílicos, nylon, polietileno, poliamidas.

Polímeros ramificados: Este tipo de polímero se lo ve claramente en la parte (b) de la figura 1.3. En los polímeros ramificados las cadenas de ramas laterales se conectan a la rama principal durante la síntesis del polímero. La ramificación interfiere con el movimiento relativo de las cadenas moleculares y por esta razón lo que se obtiene es que la resistencia a la deformación y al alargamiento por esfuerzos se incrementa. La densidad de los polímeros ramificados es menor que los lineales y que las ramas, interfiere con la eficiencia de empacamiento de las cadenas.

Polímeros de enlaces cruzados: Generalmente tienen una estructura tridimensional, y se los puede ver en la parte (c) de la figura 1.3, tienen cadenas adyacentes con enlaces covalentes. A este tipo de polímeros se los conoce como termoestables y algunos ejemplos de estos son: los epóxicos, los nólicos y los sílicos. En este, el enlace cruzado tiene una importante influencia sobre las propiedades del polímero por lo general, aumenta la dureza, resistencia, rigidez, fragilidad y una mejor estabilidad dimensional.

Polímeros en red: Forman redes espaciales tridimensionales con tres o más enlaces covalentes activos como se los puede observar en la parte

(d) de la figura 1.3. Los polímeros termoplásticos que ya han sido formados pueden entrelazarse, a fin de obtener mayor resistencia, sometiéndolos a una radiación de alta energía.

Copolímeros: contienen dos tipos de polímeros. Por ejemplo: el estireno-butadieno, el cual se lo usa muy comúnmente en las llantas para vehículos.

Terpolímeros: Estos en cambio contienen tres tipos de polímeros en su estructura por ejemplo el ABS (acrilonitrilo-butadieno-estireno) que se lo utiliza muy frecuentemente para cascos protectores y recubrimientos de refrigeradores.

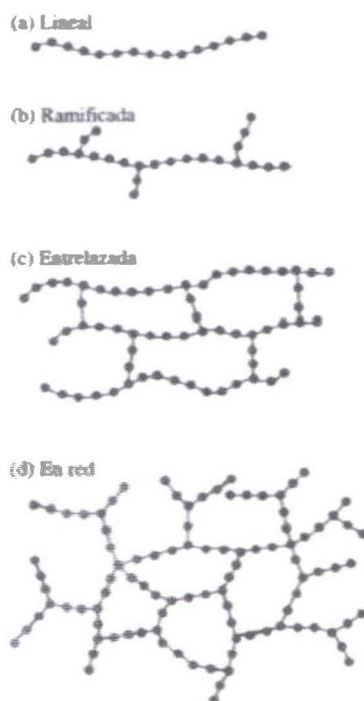


Figura 1.3 Esquema de ramificaciones:

1.2.2 Cristalinidad: ⁴

Existen algunos tipos de polímeros que son amorfos es decir, que existen cadenas sin un orden a largo rango. Sin embargo, en algunos polímeros es posible impartir algo de cristalinidad y de esta manera modificar sus características. Para lograr esto se lo puede hacer durante

⁴ Ideas para esta sección obtenidas de Quantum, Guía para extrusión de poliolefinas pg. 6-8

la síntesis del polímero o bien mediante deformación durante su procesamiento subsecuente. Las regiones cristalinas se las conoce como cristalitas. Estos cristales se forman al colocar las moléculas largas de forma ordenada, similar a la forma de una manguera de incendio en una vitrina. También se puede considerar a un polímero semicristalino cuando éste contiene dos fases una cristalina y la otra amorfa.

Para poder dar los grados de cristalinidad de los polímeros, se va controlando la velocidad de solidificación durante el enfriamiento. Los grados de cristalinidad van 95% de cómo es el caso del polietileno, a polímeros ligeramente cristalizados, nunca se puede llegar a un 100% de cristalinidad.

En la figura 1.4 Se puede observar una estructura de un polímero semicristalino.

Las propiedades mecánicas y físicas de los polímeros se ven muy influenciadas por su cristalinidad. Mientras más alta, los polímeros se hacen más rígidos, más duros, menos dúctiles, más densos, menos semejantes al hule y más resistentes al calor y a los solventes. Las propiedades ópticas también se ven afectadas por la cristalinidad mientras más cristalina es más transparente y mientras más amorfa es más opaca.

Un polietileno que tiene un alto grado de cristalinidad es el polietileno de alta densidad conocido como HDPE (high density polyethylene por sus siglas en inglés), su grado de cristalinidad va de 80% al 95 %, comparado al polietileno de baja densidad conocido como LDPE (Low Density Polyethylene por sus siglas en inglés) el cual tiene un grado de cristalinidad del 60% al 70%.

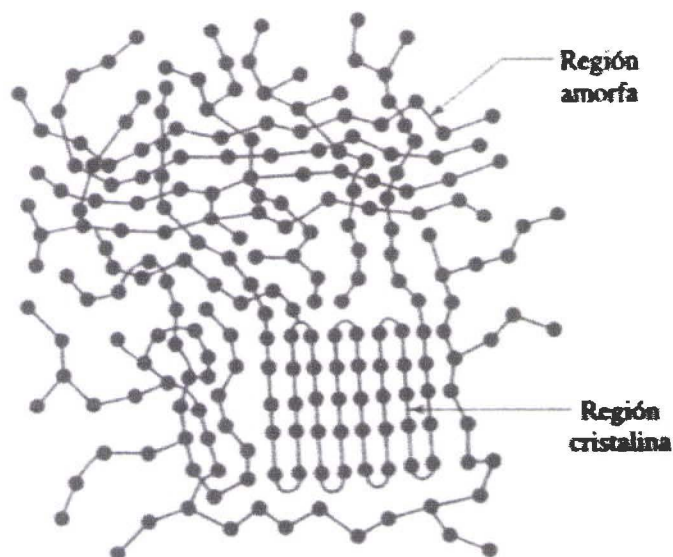


Figura 1.4 Polímero semicristalino

1.2.2 Temperatura de Transición de Vitrea:

Los polímeros amorfos no tienen un punto de fusión específico, pero sufren un cambio claro en su comportamiento mecánico en un rango de temperatura angosto la cual, se conoce como Temperatura de Transición Vitrea (T_g), ó Punto de Vitreo. Los polímeros a temperaturas bajas son duros, rígidos, frágiles, vidriosos, mientras que a temperaturas elevadas se comportan en manera similar al hule.

Para determinar T_g lo que se hace es medir el volumen específico del polímero y se lo traza en función de la temperatura, buscando un cambio brusco en la pendiente de la curva como se puede ver en la figura 1.5. En el caso de los polímeros fuertemente entrelazados la pendiente cambia de una manera gradual cerca de T_g por lo que esto complica determinar el grado exacto para estos polímeros. A diferencia de los polímeros amorfos los cristalinos tienen un punto T_m de fusión claro.

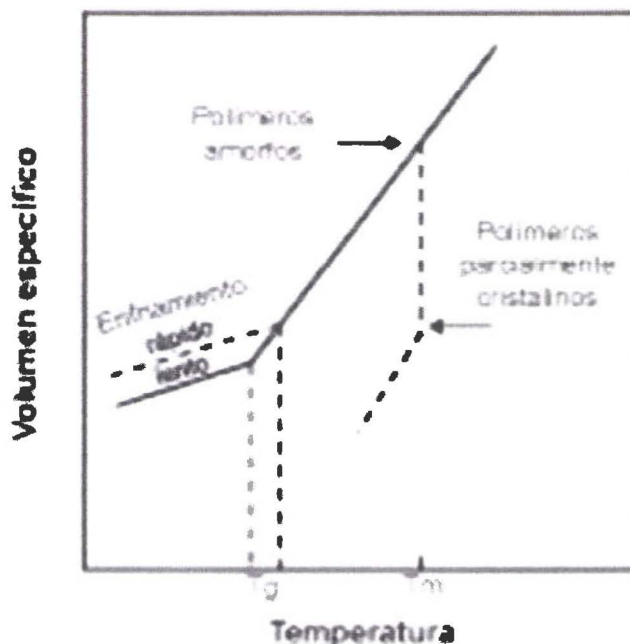


Figura 1.5 Gráfico de la temperatura de transición de vitrea

1.2.3 Mezcla de polímeros:

El comportamiento frágil de los polímeros por debajo de su temperatura vítrea, se puede reducir mezclándolos con pequeñas cantidades de un elastómero. Estos se dispersan en todo el polímero aumentando su tenacidad y resistencia al impacto al mejorar su resistencia a la propagación de grietas. La mezcla de estos componentes da como producto polimezclas que utilizan las propiedades favorables de diferentes polímeros para el polímero final. Las polimezclas representan alrededor del 20% de toda la producción total de polímeros.

1.3 TERMOPLÁSTICOS:⁵

La resistencia general de un polímero está dada por la resistencia de los enlaces secundarios, los polímeros lineales y ramificados tienen enlaces secundarios débiles.

Para ciertos polímeros se puede ver que conforme aumenta la temperatura por encima de la temperatura de transición vítrea resulta más fácil moldearlos y darles a la forma deseada. Si se enfría el polímero este regresará a su

⁵ Todas las ideas y conceptos para esta sección obtenidos de Rosatos, *Plastics Encyclopedia and Dictionary* pg. 173-178

condición original de resistencia y dureza. A estos polímeros se los conoce como termoplásticos

Si se eleva la temperatura de un polímero termoplástico por encima de su T_g , primero se hace correoso y después con mayor temperatura, se comporta como el hule, por último a temperaturas muy elevadas se convierte en un fluido viscoso, que se reduce cuándo aumenta la temperatura. Si se llegara a temperaturas extremadamente altas, el termoplástico tendría la misma consistencia que un helado. Se lo puede ablandar, moldear, volverlo a enfriar, y seguir el proceso varias veces., pero cuando esto se realiza el plástico se degrada, sufre un envejecimiento térmico.

La orientación es cuando un termoplástico se deforma, por ejemplo, por estiramiento las moléculas de cadena larga tienden a alinearse en la dirección de la elongación. El plástico se hace más fuerte y rígido en la zona alargada en comparación con la sección transversal. El estiramiento es una técnica importante para mejorar la resistencia y la tenacidad de los polímeros. Sin embargo el polímero se debilita en la zona transversal estirada.

Cuartheaduras: Es cuando un termoplástico, como el poliestireno o el polimetilmetacrilato, son sometidos a esfuerzos de tensión desarrollando regiones angostas de material muy deformado localizadas en formas de cuñas.

En comparación a los metales, los plásticos se caracterizan por tener una conductividad térmica y eléctricas muy bajas, una reducida gravedad específica y un alto coeficiente de dilatación térmica. Tomando en cuenta que la mayoría de los polímeros tienen baja conductividad eléctrica, estos pueden ser usados como aislantes y como material de empaque para componentes electrónicos. Hay unos pocos polímeros conductores que se descubrieron en la década de los 70 que incluyen la polianilina, el politiofeno. La conductividad eléctrica de los polímeros aumenta con la absorción de humedad. Debido a su comportamiento viscoelástico, los termoplásticos son particularmente susceptibles al escurrimiento plástico y a la relajación de esfuerzos de una manera más importante que los metales. Los termoplásticos presentan

termofluencia y relajación de esfuerzos a temperatura ambiente, mientras que los metales solo lo hacen a temperaturas elevadas.

Algunos ejemplos muy comunes de termoplásticos son los siguientes:

Poliétileno: Se lo conoce con las siglas PE y existen fundamentalmente 3 tipos que son:

- a) **PE de Alta Densidad:** Es un polímero obtenido del etileno en cadenas con moléculas bastantes juntas. Es un plástico incoloro, inodoro, no toxico, fuerte y resistente a golpes y productos químicos. Su temperatura de ablandamiento es de 120° C. Se utiliza para fabricar envases de distintos tipos de fontanería, tuberías flexibles, prendas textiles, contenedores de basura, entre otros. Todos estos productos son de alta resistencia y no atacables por agentes químicos.
- b) **PE de Mediana Densidad:** Se emplea en la fabricación de tuberías subterráneas de gas natural, son fáciles de identificar por su color amarillento.
- c) **PE de Baja Densidad:** Es un polímero con cadenas de moléculas menos ligadas y más dispersas. Es un plástico incoloro, inodoro, no toxico, más blando y flexible que el de alta densidad. Se ablanda a partir de los 85 °C. Por tanto se necesita menos energía para destruir sus cadenas, y es menos resistente. Aunque en sus más variadas propiedades se encuentran un buen aislante. Se lo puede encontrar bajo las formas de transparentes y opaco. Se utiliza para bolsas y sacos de comercios y supermercados, tuberías flexibles, aislantes para conductores eléctricos, juguetes, y otros elementos que necesitan flexibilidad.

Polestireno: Se designa con las siglas PS. Es un plástico más frágil, que se puede colorear y tiene una buena resistencia mecánica, ya que resiste muy bien los golpes. Su forma de presentación más usual es la laminar. Se usa para fabricar envases, tapaderas de bisutería, componentes electrónicos y otros elementos que precisan una gran ligereza, muebles de jardín, mobiliario de

terrazza de bares, etc. La forma esponjosa también se llama PS expandido con el nombre POREXPAN o corcho blanco, que se utiliza para fabricar embalajes y envases de protección, así como en aislamientos térmicos y acústicos en paredes y techos.

Policloruro de Vinilo: Se designa con las siglas PVC. El PVC es el material plástico más versátil, pues puede ser fabricado con muy diversas características, añadiéndole aditivos que se las proporcionen. Es muy estable, duradero y resistente, pudiéndose hacer menos rígido y más elástico si se le añaden un aditivo más plastificante. Se ablanda y deforma a baja temperatura, teniendo una gran resistencia a los líquidos corrosivos, por lo que es utilizado para la construcción. El PVC en su presentación más rígida se emplea para fabricar tuberías de agua, tubos aislantes y de protección, canalones, revestimientos exteriores, ventanas, puertas y escaparates, conducciones y cajas de instalaciones eléctricas.

Acrílicos: En general se trata de polímeros en forma de gránulos preparados para ser sometidos a distintos procesos de fabricación. Uno de los más conocidos es el polimetacrilato de metilo. (PMMA). Tiene buenas características mecánicas y se puede pulir con facilidad. Por esta razón se utiliza para fabricar objetos de decoración. También se lo emplea como sustitutivo del vidrio para la construcción de vitrinas debido a su resistencia a los golpes.

Las poliamidas: Se designan con las siglas PA. La más conocida es el nylon. Puede presentarse de diferentes formas aunque los dos más conocidos son la rígida y la fibra. Es duro y resistente tanto al rozamiento y desgaste como a los agentes químicos.

1.4 PLÁSTICOS TERMOESTABLES:

“Cuando las moléculas de cadena larga de un polímero están entrelazadas en una organización tridimensional, la estructura se convierte en una molécula

gigantesca con fuertes enlaces covalentes⁶. Cuando esto sucede, se los conoce como plásticos termoestables, sucede durante la polimerización ya que aquí se completa la red y la forma de la pieza se conserva de forma permanente. Esta reacción es irreversible. Cuando la temperatura es lo suficientemente elevada un termoestable se comporta de manera semejante a la de un pastel horneándose o a hervir un huevo. Una vez horneado y enfriado su recalentamiento no modifica su forma.

El proceso de polimerización para los termoestables ocurre en dos etapas: la primera es en la planta química donde las moléculas son parcialmente polimerizadas en cadenas lineales, y la segunda ocurre en la planta de producción de la pieza, donde se completa el entrelazamiento bajo calor y presión durante el moldeo, formado de la pieza. Estos polímeros no poseen una temperatura de transición vítrea definida. Dada la naturaleza de los enlaces, la resistencia y la dureza de un termoestable, éstos no se ven afectados por la temperatura ni por la velocidad de deformación. Por lo general poseen mejores propiedades mecánicas, térmicas y químicas, resistencia eléctrica y estabilidad dimensional. Algunos ejemplos de termoestables son: baquelita, melanina, urea y poliéster.

1.5 ADITIVOS EN LOS PLÁSTICOS:

Con el fin de impartir ciertas propiedades específicas a los polímeros por lo general se los combina con aditivos, los cuales modifican y mejoran ciertas características del polímero como la rigidez, resistencia, color, flamabilidad y resistencia al arco eléctrico.

Los plastificantes se agregan a los polímeros para impartirles flexibilidad y suavidad, mediante la reducción de su temperatura de transición vítrea. Los plastificantes son solventes de bajo peso molecular con elevados puntos de ebullición. Reducen la resistencia en los enlaces secundarios y de esta manera produce un polímero blando y flexible

⁶ Kalpajian, Smchmid. MANUFACTURA, INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA, 2002. Pg. 107.

La radiación ultravioleta y el oxígeno debilitan y rompen los enlaces primarios causando divisiones entre las cadenas largas por lo tanto el polímero se degrada haciéndose rígido y frágil. Para protegerlos de este problema, se realizan varios recubrimientos o añadiendo antioxidantes

Los rellenos sirven para mejorar la resistencia, la dureza, la tenacidad y la resistencia a la abrasión. Los rellenos más comunes son los de aserrín fino, harina de sílice, arcilla, mica en polvo, talco, carbonato de calcio. Estos elementos se los utilizan para reducir el costo de los polímeros.

Colorantes: Se le añade colorante orgánico o inorgánico para poder obtener una gran gama de colores de plásticos.

Lubricantes: Se le puede añadir un lubricante al polímero para de esta manera reducir la fricción durante su procesamiento subsecuente en productos útiles y evitar que las piezas se adhieran a los moldes. Los lubricantes típicos son: aceite de linaza, aceite mineral y ceras. La lubricación es importante a fin de evitar que las películas delgadas se peguen entre sí.

1.6 PLÁSTICOS BIODEGRADABLES:

Los desperdicios plásticos constituyen aproximadamente el 10% de los desperdicios sólidos. Una tercera parte de la producción de plásticos se destina a productos desechables como botellas, empaques y bolsas. Con el crecimiento de uso y con la creciente preocupación sobre los temas ambientales, así como escasez de botaderos, se están generando plásticos totalmente biodegradables. La mayor parte de los productos plásticos tradicionalmente son fabricados a partir de polímeros sintéticos derivados de recursos naturales no renovables y no son biodegradables, por lo tanto difíciles de reciclar. La biodegradabilidad significa que las especies microbianas en el ambiente degradan una porción o incluso la totalidad el material polimérico. Hasta hoy se han desarrollado tres plásticos biodegradables, tienen diferentes características de degradabilidad y se degradan en diferentes periodos de tiempo desde meses hasta años, estos plásticos son basados en almidones, en lácticos y por fermentación de azúcares.

Durante varios años se han hecho grandes esfuerzos por parte de las municipalidades para la recolección y reciclado de productos plásticos usados. Los termoplásticos se reciclan volviéndolos a fundir y volviéndolos a formar después en otro tipo de productos. Estos productos tienen símbolos de reciclado en forma de un triángulo formado por tres flechas en sentido de las manecillas del reloj y un número en el medio. Estos números corresponden a los siguientes plásticos:

1. PET polietileno terefalato.
2. HDPE polietileno de alta densidad.
3. V vinilo.
4. LDPE polietileno de baja densidad.
5. PP polipropileno.
6. PS poliestireno.
7. Otros.

Capítulo II

STRETCH FILM

2.1 STRETCH PARA EMBALAJE:

2.1.1 Introducción:

El stretch film, conocido comúnmente como stretch wrap, es un plástico con propiedades muy altas de elongación que sirven para envolver objetos. Su capacidad de elasticidad y contracción, hace que los objetos se mantengan juntos y unidos entre sí. Es utilizado para mantener las cajas y objetos juntos y protegidos sobre los pallets, pero también se lo utiliza para embalar objetos más pequeños.

Estos rollos de stretch film se los puede conseguir en los siguientes tamaños, como se ilustran en la tabla 2.1. Para uso manual el peso de los rollos es de 4 Kg, mientras que para uso industrial el peso de estos es de 20 Kg, esto comparando con un rollo de 50 cm de ancho.

Ancho (cm.)	Espesor (μm)	Largo (Ft.)	Espesor (μm)	Largo (Ft.)	Peso (Kg.)
12,5	20	1500	25	1250	1
25	20	1500	25	1250	2
37.5	20	1500	25	1250	3
50	20	1500	25	1250	4
75	20	1500	25	1250	6

Tabla 2.1 Tamaños de rollos para uso manual:

2.1.2 Materiales de composición:⁷

El material más común para la fabricación de stretch es el PVC, en la actualidad el uso de este material es cada vez menor ya que no es reciclable, ni biodegradable. Por esta razón se está utilizando materiales como el LDPE (low density polyethylene). El LLDPE (linear low density polyethylene) el cual cada vez capta más mercado para la fabricación de stretch por sus propiedades físicas y facilidad de producción.

La mayoría de stretch films que se encuentran en el mercado tiene una elongación del 500% antes de llegar al punto de ruptura, pero en la realidad y al uso muchos de estos plásticos tienen una elongación útil del 100 al 300 %. Una vez que el plástico está estirado y sujetando algo este se contrae y gracias a esta propiedad se logra que los objetos embalados se mantengan en su puesto y muy seguros entre sí.

2.1.3 Usos y Aplicaciones:

La función primordial de este stretch film como ya se ha mencionado con anterioridad es la de embalar pallets para su transportación, cuando se embala pallets el stretch film nos brinda los siguientes beneficios:

- Formar una sola unidad de carga.
- Da estabilidad a los productos empacados.
- Mayor eficiencia en el traslado y almacenamiento de los productos.
- Cierta grado de protección ante el polvo y la humedad.
- Cierta grado de resistencia al manipuleo y dificulta el hurto.

En la figura 2.1 se puede observar unas perchas y un montacargas almacenando productos los cuales están envueltos en el plástico stretch.

⁷ Todas las ideas e información para esta sección fueron obtenidas de plastics technology www.plasticstechnology.com



Figura. 2.1 Montacargas levantando carga envuelta en plástico stretch

Aparte de lo mencionado anteriormente se lo puede utilizar para:

- **Embalaje y transporte de muebles.**
- **Embalaje de productos pequeños.**
- **Protección y embalaje de papel, maderas y pisos flotantes.**
- **Uso doméstico.**
- **Embalaje de maletas.**
- **Embalaje y transporte de botellas de refresco.**
- **Construcción.**

La manipulación del stretch film puede ser de dos tipos; se lo puede hacer de forma manual, o usando dispensadores especiales que ayudan a sujetar los rollos como se ilustra en la figura 2.2 (a). Para los rollos industriales que son los de 20 kg. de peso se utilizan máquinas empacadoras para realizar el trabajo como se ve en la figura 2.2 (b).

Estas máquinas para embalaje aparte de embalar sirven para controlar la cantidad utilizada, la tensión del plástico y la forma con la cual se embala el pallet.

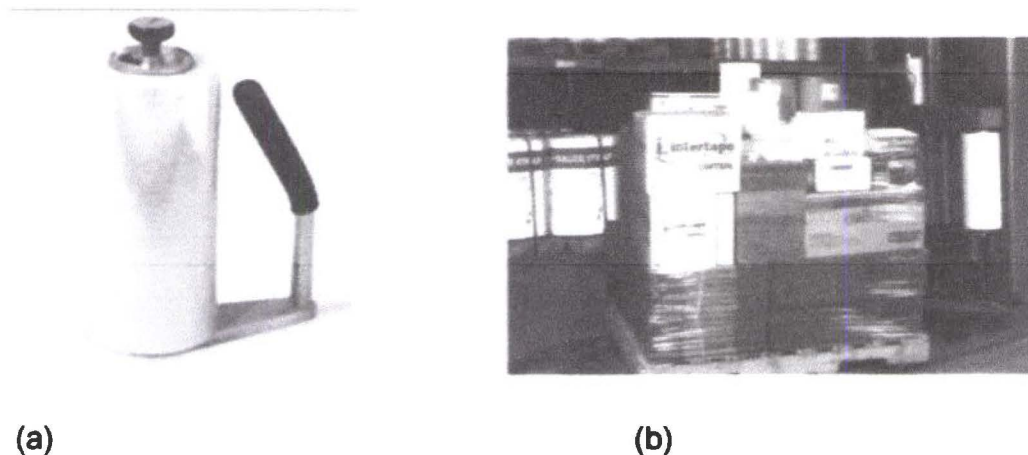


Figura 2.2 muestras de rollos de plástico stretch

2.2 STRETCH PARA USO ALIMENTICIO:⁸

2.2.1 Introducción:

El film estirable para uso doméstico es aplicado para envasar productos frescos y se lo ha utilizado mucho los últimos años. Por su maleabilidad, su facilidad de corte y de pegado con una temperatura baja o sin temperatura, han hecho su utilización frecuente entre los envasadores de productos frescos como la carne, frutas, verduras, productos de pastelería, etc.

Generalmente se lo vende en rollos, dentro de cajas de cartón, la cual tiene una sierra para poder cortar el plástico una vez que ya está definido el tamaño que se va a utilizar. Como se lo puede ver en la figura 2.3. Gracias al cling (adherencia) que contiene este plástico se puede lograr que el plástico se pegue a superficies lisas y las mantenga cerradas sin el uso de ningún material adhesivo extra. El espesor común del film estirable para uso alimenticio es de 0.01 mm (0.004 pulg). Al film estirable se lo conoce de diferentes maneras dependiendo de la localidad: En el Reino Unido se lo conoce como cling-film, mientras que en Australia se lo conoce como cling-wrap. Algunas de las marcas más

⁸Conceptos e ideas obtenidas de http://www.abc-pack.com/product_info.php/products_id/44?osCsid=dd5767289eb0c8be6e639dcb

conocidas a nivel internacional son Glad Wrap, Sarán Wrap y Stretch-Tite.



Figura2.3 Un rollo de Stretch Film para uso alimenticio:

El aumento de la utilización de este plástico en la industria alimenticia ha traído consigo el desarrollo de diversos sistemas semiautomáticos y automáticos, los cuales permiten la aplicación de este film en el envolvimiento de bandejas. A la vez este mismo plástico es muy utilizado en el hogar, ya que permite de manera muy fácil envolver cualquier tipo de alimento o material para su conservación sea esta en el refrigerador o en el congelador.

Inicialmente el film más usado fue el de PVC, pero hoy en día está siendo cada vez más fabricado con polietileno como el LDPE O LLDPE, los cuales se prevé que serán utilizados en los próximos años. Esto se debe a que el PVC tiene una elevada migración de químicos hacia los alimentos, además porque es un producto el cual no se lo puede reciclar y no es biodegradable. Un rollo de stretch fabricado con polietileno rendirá un 10% más que uno fabricado con PVC, esto se debe a que el polietileno tiene una mayor elongación.

2.2.2 Características:

Un Plástico stretch para uso alimenticio debe cumplir con las expectativas del usuario y las normas básicas que imponen los diferentes laboratorios de plásticos. En el Ecuador, el INEN (Instituto ecuatoriano de Normalización) todavía no tiene normas sobre la regulación de este tipo de material, por lo tanto se puede encontrar algunas normas en la Norma Técnica Colombiana que establece que tenga los parámetros correctos para contacto con alimentos, cumpla con los requisitos microbiológicos, la permeabilidad del agua, etc. Estas normas se pueden observar en el capítulo de Anexos (anexo 1).

Algunas de las características adicionales que el plástico debe tener para poder ser caracterizado como un film para alimentos son: buena adherencia con el vidrio, cerámicas y acero inoxidable; y que no se pegue muy fuerte entre sí. El plástico debe tener una transparencia casi total, no tener arrugas, marcas de tensión, y/o un espesor desigual, y una pasta o gel adhesivo. El plástico estirable para uso alimenticio debe tener una alta resistencia a la tensión y a la perforación, estos parámetros se deben cumplir para que el plástico no se rompa con facilidad o se desgarre. Esta es una de las propiedades más difíciles de lograr ya que todo esto se debe lograr con un espesor de 7 a 18 μm .

Para su comercialización, generalmente se lo encuentra en cajas de cartón del tamaño de los rollos, las cuales contienen una sierra para poder cortar el plástico sin que éste se arrugue o pegue entre sí. Además las cajas deben tener las medidas correctas para que el rollo salga de la misma con facilidad.

2.2.3 Usos y Aplicaciones:

El rollo de plástico stretch para alimentos tiene varias aplicaciones sea en el hogar o en la industria alimenticia. En esto último los rollos de stretch tienen 1500 pies de longitud y vienen en tamaños de 30, 40 y

muy rara vez de 50 cm de ancho, vienen con cores (núcleos) de 3 pulgadas de diámetro, estos rollos se los usa comúnmente para:

- Envolver productos congelados.
- En frigoríficos.
- Frutas.
- Tapar platos pre cocidos para luego venderlos.
- En bufetes.
- Restaurantes.
- Supermercados.
- Entre otros.

La aplicación de este rollo a nivel industrial puede ser manual, ó con aplicadores muy simples ó, a la vez con máquinas semiautomáticas. En estas máquinas por lo general se pone la bandeja de carne a un lado mientras que al otro salen las bandejas ya selladas.

Para las aplicaciones en los hogares, los rollos de plástico vienen en distintos tamaños como son los de 25 ó 30 cm de ancho y cada uno de estos rollos tienen como promedio 100 pies de largo, vienen envueltos en cores (núcleos) de 1,5 pulgadas de diámetro, los usos que tienen estos rollos en el hogar son muy diversos tales como:

- Proteger carnes, frutas y vegetales crudos.
- Proteger carnes, frutas y vegetales cocinados.
- Para almacenar alimentos en congeladores o refrigeradores.
- Envoltura para microondas para obtener una cocción más rápida.
- Protección para termos en las loncheras de los niños.

2.3 FABRICACIÓN DEL STRETCH FILM⁹

La fabricación de stretch film se la puede hacer de dos maneras: con extrusión por soplado y por capa plana. A continuación se explicara brevemente el proceso de fabricación de un plástico cualquiera para luego detallar algunas cosas específicas para la fabricación del stretch film para uso alimenticio.

2.3.1 Extrusión

El extrusor consiste de una tolva alimentadora de resina, un cilindro calentado, un tornillo de rotación constante, un cambiador de tamices conocido como filtro, un adaptador a cabezal y una base. En la figura 2.4 podemos observar el gráfico de una extrusora.

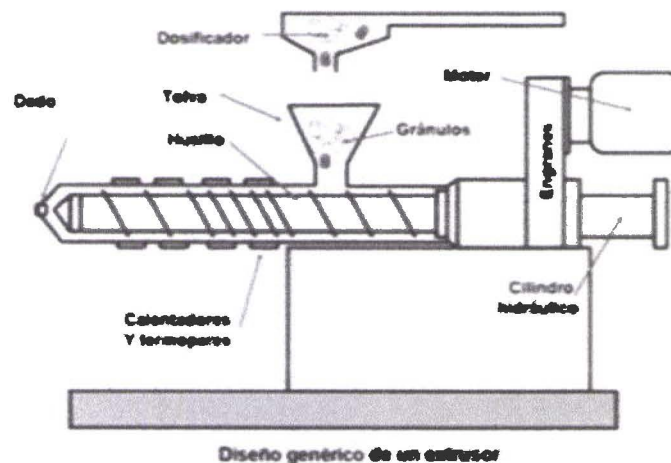


Figura. 2.4 Diagrama de una extrusora de un solo tornillo

La base del extrusor estándar para líneas de películas planas tiene alrededor de un metro, mientras que para las de soplado son muy bajas con el objetivo de minimizar la altura de la torre de recogida sobre el cabezal y su altura.

El funcionamiento de la extrusora es el siguiente: El polímero fundido es forzado a pasar a través de un Dado también llamado boquilla, por medio del empuje generado por la acción giratoria de un tornillo sin fin

⁹ Información para esta sección del capítulo obtenido de Quantum, Guía para la extrusión de películas de poliolefina pg. 23-31

que gira concéntricamente en una cámara a temperaturas controladas llamada cilindro, con una separación milimétrica entre ambos elementos. El material polimérico es alimentado por medio de una tolva en un extremo de la máquina y debido a la acción de empuje se funde, fluye y mezcla en el cilindro y se obtiene por el otro lado.

2.3.2 Cabezal de Película Soplada

En la extrusión de película soplada, la masa fundida entra al cabezal con forma de anillo, ya sea por el fondo o lateralmente como indica la figura 2.5. La mezcla es forzada a través de ranuras espirales alrededor de la superficie de un mandril en el interior del cabezal en forma de un tubo de paredes gruesas. La distribución de la masa fundida puede mejorarse, alargando y/o incrementando el número de ranuras del espiral. El tubo mientras aún está fundido, se expande formando una burbuja del diámetro esperado y el espesor disminuye como corresponde. Esta expansión es el resultado de la presión de aire dentro de la burbuja, que se introduce luego en el tubo a través del centro del mandril. La mayoría de cabezal de película soplada para polietilenos se coloca verticalmente para empujar el tubo hacia arriba

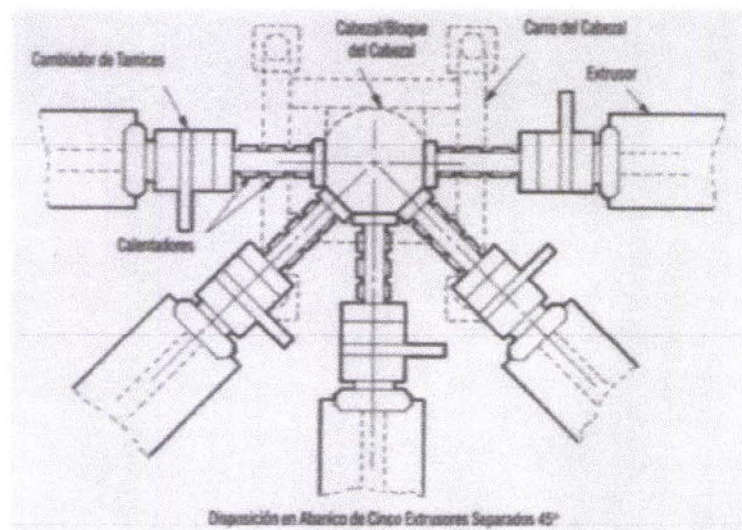


Figura.2.5 Dado o cabezal de película de soplado de 5 capas

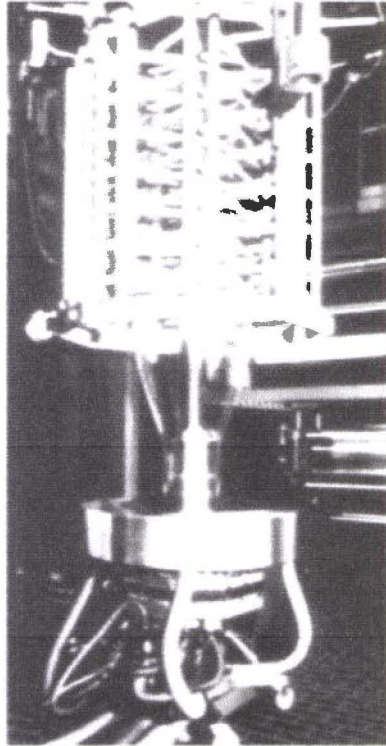


Figura 2.6 Foto de un dado de soplado con una burbuja de plástico siendo elaborada

2.3.3 Cabezales de Película Plana

El tipo más común de cabezal de película plana se llama diseño percha el cual se lo puede ver y entender con facilidad en la figura 2.7. dentro del cuerpo del cabezal, el múltiple del cabezal distribuye la masa fundida que ingresa a lo largo de una área que se hace más y más ancha. El canal de aproximación da al fundido la forma de la película. El labio del cabezal da a la masa fundida el espesor y el ancho transversal deseados.

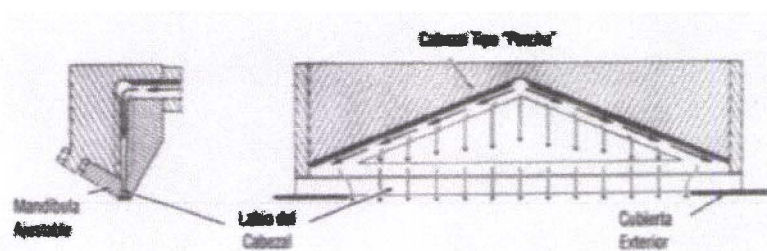


Fig. 2.7 Cabezal de película plana "Percha"

La temperatura del cabezal y la de la resina en los labios del cabezal son normalmente más altas en los cabezales de película plana, que en los de soplado. Un cabezal de película plana tiene siempre un cierto número de zonas de calentamiento, cada una a no más de unos 20 cm. de ancho. Para mantener uniforme el espesor de la película, la temperatura a lo largo del cabezal no debe variar en más de un grado centígrado.

Así como en el caso de los cabezales de película soplada, la película coextruida multicapa puede hacerse usando bloques de alimentación o con cabezales de coextrusión como se puede ver en la figura 2.8. Básicamente un cabezal de coextrusión de película plana tiene múltiples mandriles que alimentan diferentes corrientes de masa fundida al labio plano del cabezal.

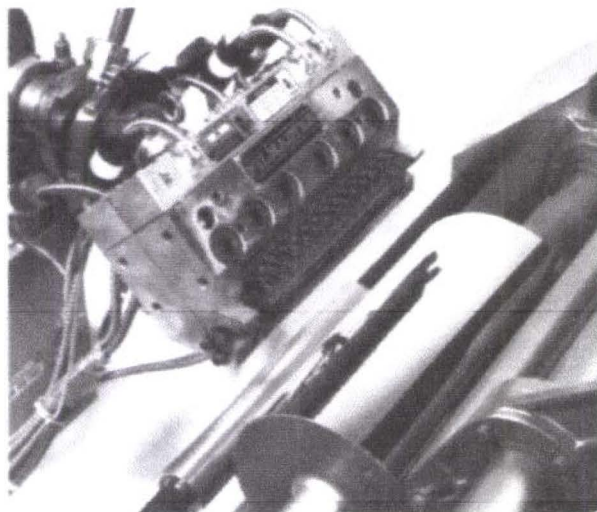


Figura. 2.8 Cabezal de película plana y unidad de rodillo para coextrusión o extrusión simple

2.3.4 Fabricación de película para alimentos.

En el film para uso doméstico es imprescindible que el material lleve un aditivo para evitar la condensación llamado anti-vaho y además la goma la cual confiere la adhesividad. Aparte de estos aditivos comunes si el stretch que se está fabricando es de LDPE se le añade LLDPE a la

mezcla ya que éste confiere mejores propiedades de elongación, resistencia a la tensión y mejor adherencia.

Después de que la mezcla de resinas salen de la extrusión sea de soplado o plana, pasan a ser recogidas para formar los rollos de stretch. En caso de que sea una extrusión soplada esta pasa a una torre de película soplada llamada torre de multinivel. En el nivel uno está el dispositivo de enfriamiento, en el dos el marco plegable y en el tercero el rodillo de presión y el conjunto de tracción de la película para luego ser embobinado en un núcleo de cartón conocidos con el nombre de cores (núcleos).

Si la película sale de un dado plano pasa a un sistema de embobinación conformado por rodillos. En la primera parte se encuentran los rodillos que enfrían la lámina producida, en la segunda parte se encuentran rodillos que sirven para refilar los lados de la lámina que por lo general son un poco más gruesos que el resto de la película, también se encuentra un mecanismo que sirve para tratar la lámina en el caso de que se quiera imprimir algo en ella. Por último se encuentran los embobinadores. Existen algunos tipos de embobinadores de película y se caracterizan por:

- Accionamientos para enrollar, tales como rodillos de fricción, embobinadores axiales y embobinador de fricción con ayuda axial.
- Cambio de rollo, manual, automático o semiautomático.
- Pedestales para rollos, inclusive apilado, cara a cara y/o espalda a espalda.

Los rollos de stretch salen de los embobinadores en su gran mayoría con núcleos de 3 pulgadas de diámetro, de diferentes tamaños según el uso o el tamaño de la máquina para la cual va a trabajar. Para fabricar los rollos de uso doméstico hace falta pasar estos grandes rollos por una etapa más de rebobinación en la cual se logra cambiar el diámetro del

core (núcleo) por uno de 1.5 pulgadas de diámetro, 100 pies de largo y un 25 ó 30 cm de ancho.

A continuación se puede observar un de diagrama de flujo de producción de stretch film figura 2.9 que incluye todos los procedimientos antes descritos. La elaboración es la siguiente:

- Se junta el polietileno con el material reprocesado y se lo mezcla.
- Se verifica que la mezcla este homogénea o de manera contraria se vuelve a mezclar.
- La mezcla sube por medio de mangueras y aire a la tolva de la extrusora.
- Se genera calor a lo largo del tomillo de la extrusora para fundir el plástico.
- El tomillo lleva el plástico fundido al cabezal de la extrusora.
- El cabezal deja salir la lámina de plástico a la calandra donde será embobinado el plástico.
- La primera etapa de la calandra consiste de rodillos que enfrían el plástico por medio de agua que circula por ellos.
- La segunda parte consta del refilado de película que se lo hace por medio de corte con cuchillas, los desperdicios van al molino para que sean picados y regresados a la tolva.
- La lámina ya refilada va a la parte de embobinación.
- Se realiza un inspección de rollo para ver que tenga la apariencia correcta y al adhesión necesaria.
- En caso de que sea stretch para alimentos se tendría que pasar a una etapa final que sea la de rebobinado para cambiar los núcleos de cartón y las dimensiones del mismo.
- Al final se empaca.

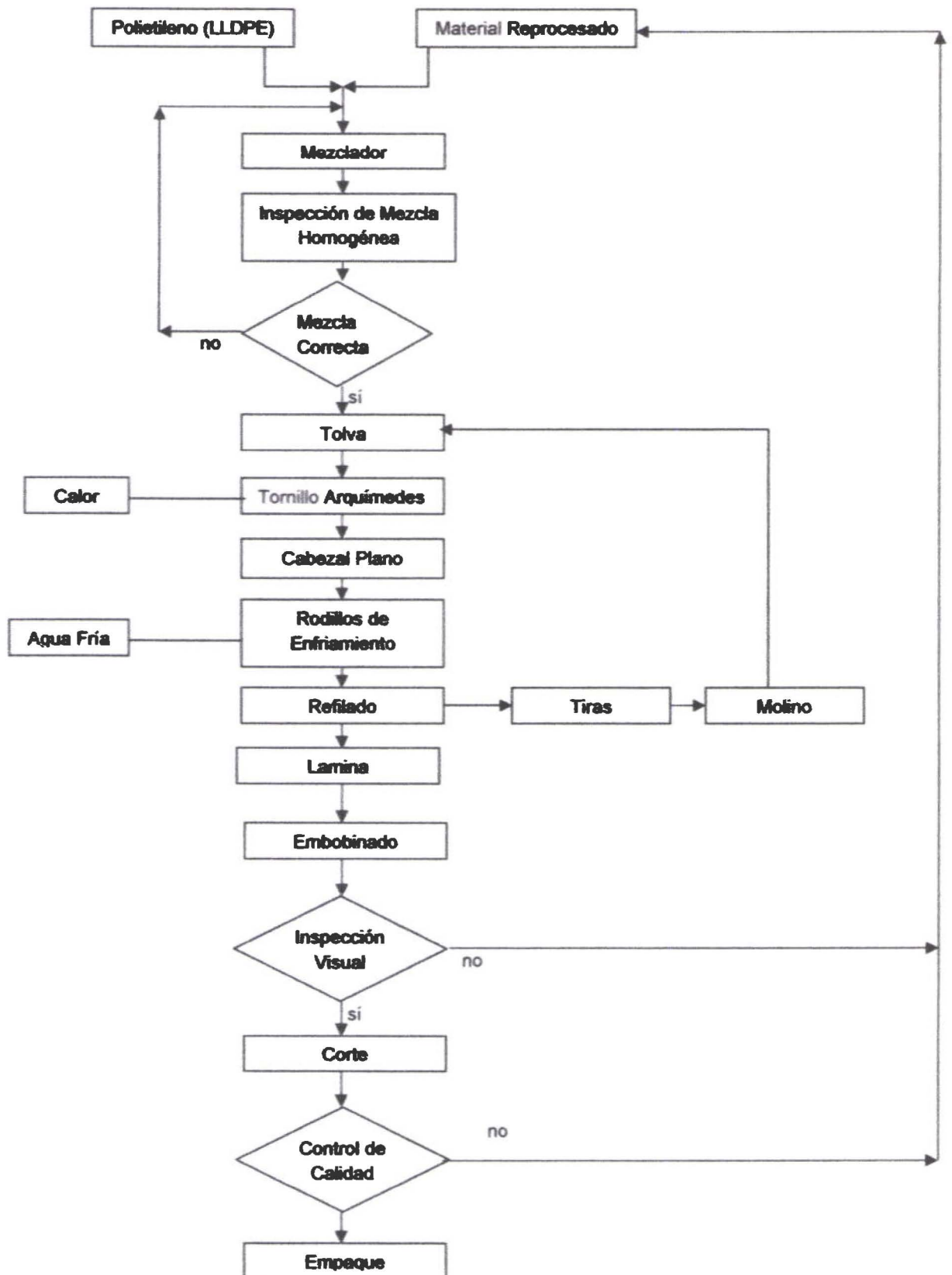


Figura 2.9 Diagrama de flujo de producción de Stretch Film

Capítulo III

SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

Siempre que se va a realizar un trabajo sobre un plástico sea como corte, embobinado, desembobinado de película o cualquier trabajo en general se debe inspeccionar los siguientes parámetros de la película antes de tomar una decisión final: calibre o espesor de la película, densidad, elongación, rigidez, resistencia a la tensión, abrasión y compresión.

3.1 ALTERNATIVAS PARA EL CORTE DE PELICULAS

Los tres métodos más comunes para el corte longitudinal de películas son: el de cuchilla, cizalla y el de presión. Cada uno de estos métodos separa los materiales de la banda mediante principios claramente diferenciados

3.1.1 Corte con cuchillas:

Este método, es el más común para el corte longitudinal de películas, es sencillo, económico y se adapta a cualquier máquina virtualmente en cualquier lugar. El corte se crea al pasar el material a través de la cuchilla estacionaria, induciendo un esfuerzo de fracturamiento por medio de tensión. El borde resultante depende de las características del material, el espesor, la densidad, la rigidez, etc.

“Cuando se cortan películas plásticas con este método, la relación entre la tensión de la película y el umbral de deformación frente a la tensión es significativa.”¹⁰ Esto se debe a que la cuchilla está avanzando contra la película, su resistencia debe agregarse a la fuerza de tensión, y cuenta con el potencial de exceder en el corte el límite elástico de los materiales, estirando o deformando los bordes. Una regla básica en este caso es que la tensión de la banda en la zona del corte longitudinal no debe superar el 10% del límite elástico de los materiales. La tensión de

¹⁰ Quantum Guía para la extrusión de Poliolefinas pg. 47

la banda debe ser igual en ambos lados de la cuchilla para evitar fuerzas asimétricas que pueden ocasionar una línea ondulada de corte, desgarramiento de la película, o que la banda de refile se doble bajo la cuchilla. El corte de cuchilla en un refile de desperdicio angosto sin proporcionarle a la banda la tensión adecuada, sobre todo en el borde del refile, es un camino seguro a la frustración.

Dependiendo de las características de la banda y de la geometría del montaje, el ángulo de incidencia de la cuchilla con respecto a la banda influirá en la calidad del borde de corte. Un ángulo bajo emplea un borde de corte longitudinal más largo. Los ángulos de cuchilla muy inclinados ofrecen un borde de corte longitudinal más corto y una sección transversal de la cuchilla más grueso. En la figura 3.1 se puede observar un diagrama de corte por cuchillas con el método de corte longitudinal envolvente.

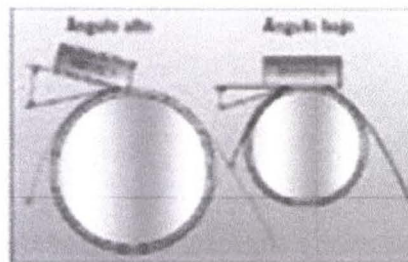


Figura. 3.1 Corte con cuchilla longitudinal

3.1.2 Corte con cizalla

Este es el método más versátil y a diferencia de cualquier otro sistema, puede respaldar una mayor variedad de materiales. Una tensión de cizalla se crea a medida que el material pasa a través del punto de contacto formado por la cuchilla superior y la parte más baja del anillo de corte. De manera general, el establecimiento del punto correcto de contacto para el corte. La configuración apropiada de este punto de contacto debe tomar en consideración factores como: la trayectoria de la banda envolvente contra la trayectoria tangencial, perfil del borde de la

cuchilla, ángulo, y traslape de la cuchilla, sobre la velocidad y la trayectoria de remoción del corte. Cuando el punto de contacto de la cizalla se configura apropiadamente, la calidad del corte longitudinal es insuperable, pero si no es así este corte causará muchos problemas en la lámina y modificaciones. En la figura 3.2 Se muestra el corte realizado con cuchilla de cizalla

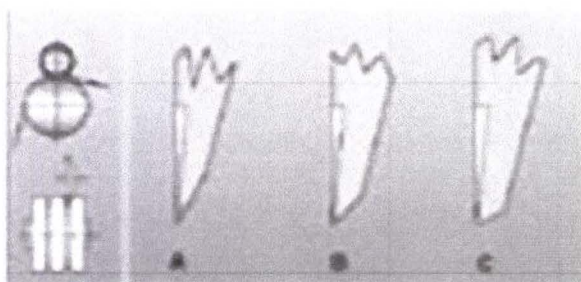


Figura. 3.2 Corte por cizalla

3.1.3 Corte por Presión

Es el menos común, para el corte longitudinal de películas. La presión crea el corte en el punto de contacto entre el rodillo yunque y la rueda de corte. Este es el método que más polvillo crea, y el que ofrece la menor calidad de corte en el borde. La calidad del corte es variable y depende del material que se está cortando, del perfil del borde de la cuchilla, de la terminación del borde y de la suavidad del yunque. En la figura 3.3 Se puede observar un diagrama de corte por presión.

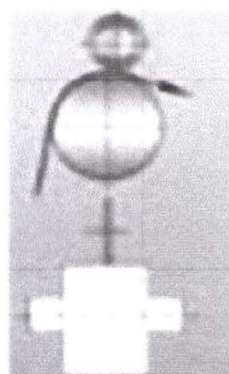


Figura 3.3 Corte longitudinal realizado con presión

3.2 MÉTODOS PARA REMOVER ARRUGAS: ¹¹

Las arrugas en las láminas de plástico se forman por diferentes razones, como son: variación en el calibre del plástico, por diferente tensión en los lados de la película, si el centro de la película esta flojo y los extremos más tensos, o si los extremos están flojos y el centro tenso, si los rodillos están viejos o dañados.

Se deben utilizar rodillos tensores para: poder eliminar las arrugas correctamente, separar las franjas cortadas para que no se enreden con el resto de la película y para extender la película de manera transversal.

A continuación se analizará el caso de tres tipos de rodillos para ver cuál daría el mejor funcionamiento a la máquina.

3.2.1 Rodillo con eje curvo

Este rodillo lleva este nombre, por la manera en la que se lo fabrica ya que el centro del rodillo es arqueado y no lineal. Este rodillo se apoya en una serie de rodamientos los cuales se encuentran sobre el eje central. Por la parte de afuera de este rodillo se encuentra una manga de caucho la cual está apoyada sobre los rodamientos. Como se indica en la figura 3.4. el radio de curvatura del rodillo dependerá del uso o aplicación que vaya a tener.

El funcionamiento de este rodillo se basa en dos principios de expansión que son: primero la película intentará alinearse perpendicularmente con rodillo, siempre y cuando se encuentre en tracción con el mismo. Esto causa que la película se separe en cualquier intervalo de su anchura, mientras intenta mantener una tangente de 90 grados a través de todo el ancho de la película. Segundo, la manga de caucho que atraviesa el rodillo es más estrecha en el lado de entrada que en el de salida, por lo tanto cuando el rodillo rota, la manga de caucho se estira, al igual que el material que se encuentra sobre ella.

¹¹ Toda la información para esta sección se puede encontrar en Rosatos Plastics Encyclopedia and dictionary Pg: 120, 121, 122, 125

Ventajas de utilizar este tipo de rodillos son:

- Es el mejor método para eliminar las arrugas.
- Es uno de los más utilizados, ya que sirve para muchos usos y tiene gran control sea en baja o alta velocidad.
- Se encuentra con una gran variedad de mangas.
- Existen versiones de arcos regulables o fijos.
- La superficie es lisa por lo tanto no marca ni daña la película.

Desventajas de este rodillo:

- Como el rodillo no es lineal, éste puede rasgar o torcer el centro de la lámina.
- Requiere de alto grado de mantenimiento, y por lo general se lo tiene que mandar de regreso a fabricante para que lo haga.
- Es muy costoso.
- Como la manga de caucho se extiende en cada vuelta, ésta se desgasta con facilidad.

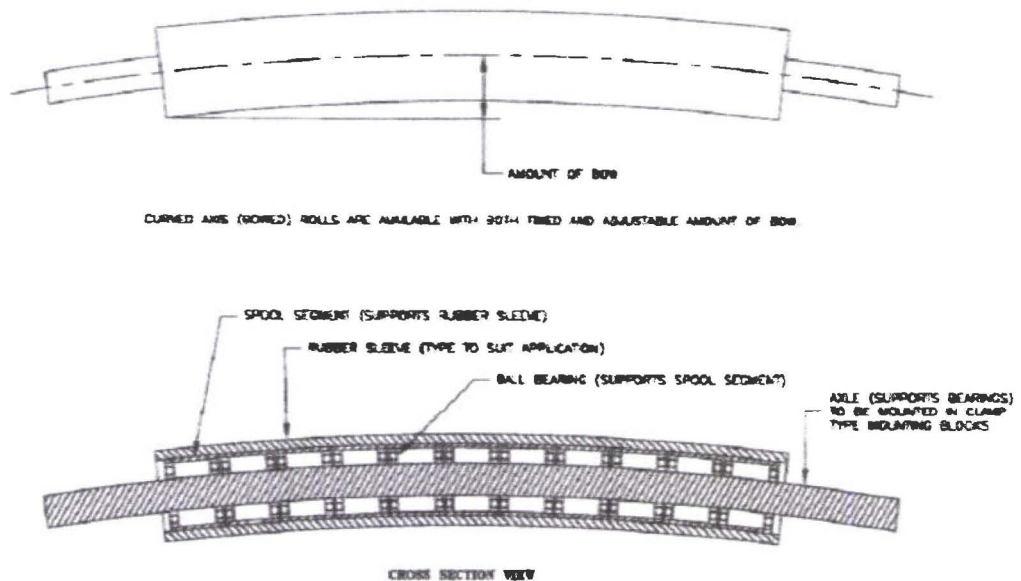


Figura 3.4 Diagrama de un rodillo con eje curvo

3.2.2 Rodillo superficial con espaciador que se amplía – Tipo Listón

Este tipo de rodillos se fabrican con listones que se mueven a lo largo de la cara del rodillo cuando éste rota. Los listones por lo general son fabricados de aluminio, acero o madera. Visto desde afuera los listones parecen estar separados uno de otro. Un ejemplo de este tipo de rodillos se lo puede observar en la figura 3.5.

El modo de funcionamiento de este rodillo es el siguiente: el rodillo está formado por muchos listones los cuales se resbalan a lo largo de la cara del rodillo, desde el centro hacia los dos extremos. mientras que en la entrada los listones están juntos. Los listones se enganchan mecánicamente por debajo de la cara del rodillo, cuando el rodillo ha girado los primeros 180 grados los listones son empujados hacia afuera del centro, mientras que cuando gira los restantes 180 grados los listones son halados de nuevo hacia el centro. La lámina de plástico entra por la sección en donde los listones están más cerca al centro, y sale por la sección en la cual los listones están más separados.

Ventajas de este tipo de rodillo:

- Es un rodillo agresivo para la eliminación de arrugas.
- Es lineal a lo largo de toda su cara, por lo tanto la tensión es igual en toda su cara.
- No dañará ni romperá el centro de la lámina.
- El uso principal de este rodillo es para telas tejidas o no tejidas.

Desventajas:

- La superficie no es lisa por lo tanto las láminas se pueden dañar o marcar.
- Necesita un alto grado de mantenimiento, y tienen muchas partes móviles.
- El grado de expansión no es ajustable.

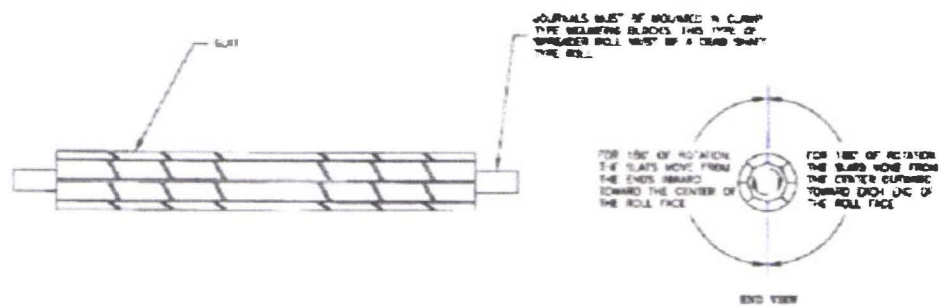


Figura. 3.5 Rodillo Tipo Listón

3.2.3 Eje fijo (sin rotación) con radio de curvatura:

Este tipo de eje o barra fijo, por lo general es fabricado de acero o de aluminio. Muchas veces este dispositivo no es más que un tubo doblado para dar la curvatura necesaria. Para fabricarlo se utiliza un doblador de tubos, el cual le dará la curvatura necesaria para que elimine las arrugas. Este tipo de mecanismo se lo puede observar en la figura 3.6.

Este dispositivo funciona de manera diferente al rodillo con eje curvo ya que la lámina no girará con el rodillo sino que solo resbala sobre él. Por lo tanto el trabajo realizado por la barra está basado en el diferencial de la tensión generado por el arco en el centro de la barra, en este punto la tensión es mayor que los extremos. Esta diferencia en la tensión hace que las arrugas salgan hacia el extremo de la lámina donde existe menos tensión.

Ventajas de utilizar este tipo de mecanismos:

- Este dispositivo es extremadamente fácil de fabricar. Lo único que se requiere es un doblador de tubos.
- La cara es lisa por lo tanto no marca la superficie del plástico.
- No requiere de mucho mantenimiento.
- Este dispositivo separará los fillos refilados, sin embargo la separación depende del grado de tensión que existe.

La desventaja de este método es que no es lineal así que puede rasgar o romper el centro de la lámina plástica.

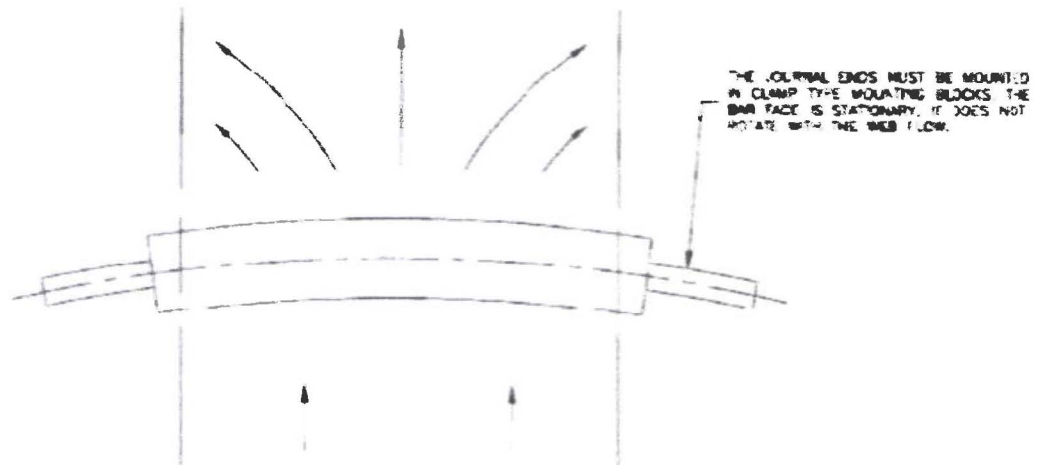


Figura. 3.6 Barra fija con radio de curvatura

3.3 METODOS DE FIJACIÓN DE CORES¹²

3.3.1 Fijación con ajustes laterales

Un tipo de fijación muy común para los cores (núcleos) es utilizar ajustes laterales como por ejemplo conos de aleación de aluminio, ya que es un método barato y sencillo que los asegura al eje. Estos conos son fabricados de una aleación de aluminio, sus cuerpos son rugosos para una correcta fijación y a la vez son muy livianos. La parte frontal de los conos tienen llanuras o dientes, los cuales le permiten fijarse a la base de los cores. En la parte posterior son lisos y se encuentran dos tornillos separados a 90 grados, los cuales sirven para sujetar el cono al eje. En la figura 3.7 podemos ver como se ven estos tipos de conos de sujeción

¹² Información para esta sección hace referencia Rosatos Plastics Encyclopedia and dictionary Pg: 135, 239, 240

Ventajas de este tipo de fijación:

- Los conos son un método muy común y barato de sujeción.
- No requieren mucho mantenimiento.
- Son fáciles de fabricar.

Desventajas del sistema de sujeción por conos

- El núcleo solo está sujeto por los extremos y no en el centro.
- Desgaste de piezas de tanto apretar y zafar los tornillos de fijación.
- Solo puede sostener un core a la vez.
- Una vez que se desgastan no es posible repararlos.



Figura. 3.7 Conos de sujeción de aluminio

3.3.2 Rodillo con presión de aire

Este método es el más eficaz cuando se trata de mantener un core en su puesto, ya que ofrece sujeción a todo lo largo del core. Este mecanismo está formado por una manguera de caucho como un tubo que se infla. En la cara del rodillo se encuentra piezas de aluminio las cuales al ser empujadas por el tubo salen de la superficie y se aprietan en contra del core de cartón, dando como resultado una sujeción total. Para que este mecanismo apriete correctamente se requiere que la presión de aire introducida sea de 90 -110 psi.

Una vez que se quiere sacar el núcleo se desinfla el mecanismo a través de la válvula y de esta manera el núcleo sale resbalando fácilmente. En la figura 3.8 podemos ver un diagrama de estos tipos de rodillos de sujeción.

Las ventajas que obtenemos al utilizar este sistema son las siguientes:

- El mantenimiento es casi nulo.
- Ofrece un agarre a todo lo largo.
- Se disminuye el tiempo de montaje y desmontaje de los cores.
- Una mejor presión de ajuste.
- Las hojas de aluminio que están sobre a cara del rodillo son de bajo desgaste.
- Se los encuentra en gran variedad de largo y para varios anchos de cores.
- Si se daña algún componente se lo puede reemplazar fácilmente.

Algunas desventajas de este sistema son:

- Complejos de fabricar ya que tienen muchos componentes.
- Costosos.

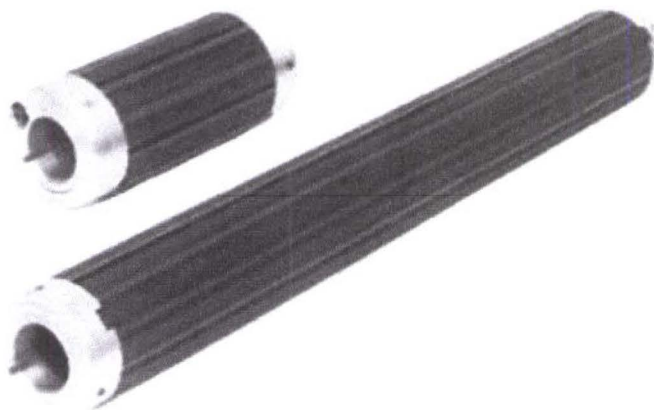


Figura. 3.8 Rodillo con hojas de aluminio de sujeción

3.4 Tablas de Decisión

En las siguientes tablas se analizará y comparará las alternativas antes planteadas para poder llegar a una decisión de las opciones a utilizar para cada una de las etapas del rebobinador. Se comparará cada una de las alternativas con diferentes parámetros básicos y comunes, y al final se seleccionará la mejor alternativa dependiendo de los resultados obtenidos. Dichas alternativas serán evaluadas en una escala del 1 al 10 siendo 1 lo más bajo. Luego se seleccionará la alternativa con el puntaje más alto.

En la Tabla 3.1 se compara los diferentes tipos de cortes que se pueden realizar para refilar la lámina plástica.

Variables/Métodos	Cuchillas	Cizalla	Presión
Calidad de corte	7	8	2
Efectividad	7	8	6
Fabricación	7	8	8
Costo	4	7	9
Acabado final	8	9	2
Grado de Mantenimiento	5	5	7
Adaptación a maquinaria	9	7	7
Total	47	52	41

Tabla 3.1 Resultados sobre tipo de corte.

Después de analizar, comparar las opciones sobre qué tipo de método para cortar el plástico, se llegó al resultado de que el método más indicado para ser utilizado es el de corte por cuchillas, ya que es el método de uso más común para este tipo de trabajos, el que tiene menor costo de fabricación o compra, se lo puede adaptar con mucha facilidad a cualquier maquinaria, tiene una alta calidad y efectividad en el corte.

Tabla 3.2. Comparación entre los diferentes tipos de métodos para eliminar arrugas en las láminas de plástico

Variables/Métodos	Eje Curvo	Tipo Listón	Eje Fijo
Daños a la Lamina	2	8	2
Efectividad	8	8	8
Fabricación	10	9	2
Costo	9	9	3
Mantenimiento de linealidad	3	9	3
Grado de Mantenimiento	8	8	1
Adaptación a maquinaria	6	6	6
Total	46	57	27

Tabla 3.2 Resultados sobre método de eliminación de arrugas.

Luego de analizar los diferentes tipos de métodos para la eliminación de arrugas, se decidió que el método que se va a utilizar en el rebobinador de plástico es el de eje curvo fijo (sin movimiento). Se llegó a este resultado ya que es el método más eficaz de estirar las láminas cuando se trata de películas delgadas, no daña ni marca la lámina ya que su superficie es lisa, es de muy bajo costo y de fabricación, no requiere de mantenimiento ya que una vez que se desgasta sólo se cambia el eje por uno nuevo.

La Tabla 3.3. permite comparar los dos métodos más comunes de sujeción de cores (núcleos) en las máquinas

Variables/Métodos	Conos laterales	Ajuste con Aire
Daños al Core	7	3
Grado de agarre	4	8
Fabricación	5	8
Costo	5	9
Fijación a lo largo	3	9
Grado de Mantenimiento	4	6
Adaptación a maquinaria	9	9
Total	37	52

Tabla 3.3 Decisión sobre métodos de sujeción:

Para esta sección se utilizarán los dos métodos de sujeción ya que en el caso del core que ya contiene plástico o hay esfuerzos muy grandes por lo tanto se lo puede fijar utilizando los conos de fijación. Sin embargo para el core vacío se necesita que tenga fijación a todo lo largo de manera contraria, este puede doblarse o hundirse el momento en el cual se está embobinando plástico, por la tensión que se produce en esta etapa. Por esta razón se utilizara el método de ajuste con aire el cual nos permite tener apoyo a todo lo largo del core.

3.5 DIAGRAMA PREELIMINAR DEL PROTOTIPO:

En la figura 3.9 se puede ver un diseño preliminar de las diferentes vistas e isometría de cómo se verá el prototipo cuando esté construida.

Ésta constará de un rodillo que hará la función de desembobinador, de dos rodillos uno pegado al otro, estos rodillos tienen la función de halar la lámina del rollo a desembobinar de una manera pareja y mantenerla templada todo el tiempo. El siguiente rodillo sería el que realiza el refilado de la lámina. Se diseñará para poder obtener hasta un máximo de 3 rollos de stretch film para alimentos de 25 cm. cada uno. Luego de esto se encuentra el eje curvo fijo el cual tiene la función de eliminar las arrugas y separar las diferentes láminas una de otra antes de que se embobinen. Por último se encuentra el rodillo que halará toda la lámina y embobinará en los distintos cores el stretch film. En la figura 3.9 se puede ver de manera gráfica cómo están distribuidos todos los rodillos en la máquina.

En la figura 3.10 Se puede ver cómo pasa la lámina a través de las diferentes etapas que consta el embobinado.

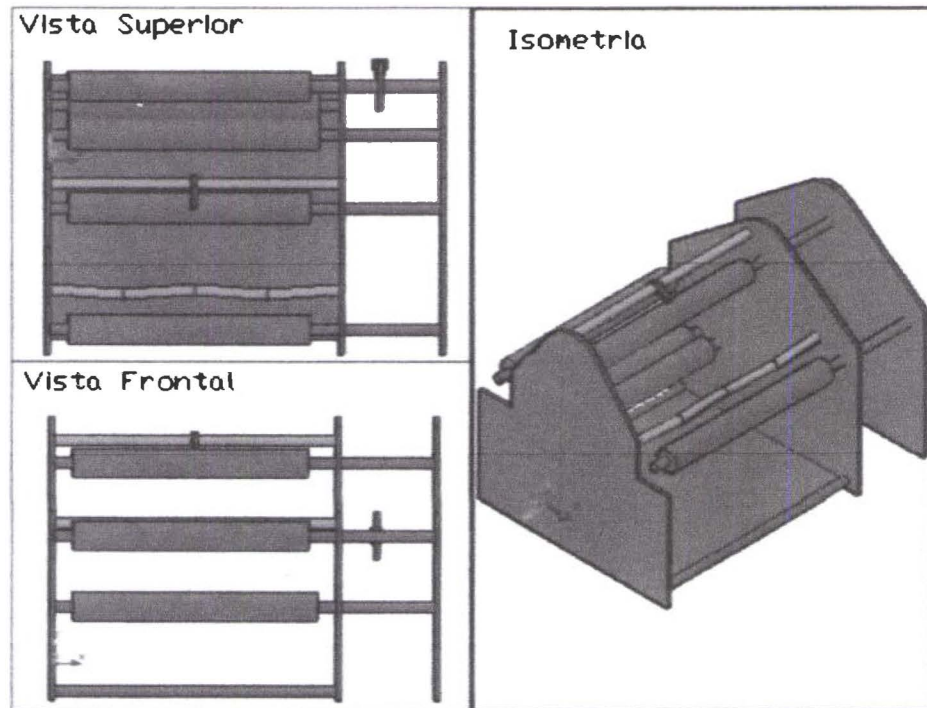


Figura. 3.9 Diagrama preliminar de la rebobinadora de plástico

En el diagrama sólo está dibujada una sola cuchilla ya que es solo una guía de cómo será el rebobinador. Este es solo un dibujo al cual le faltan muchos detalles, los cuales se añadirán después en los planos de montaje y de taller.

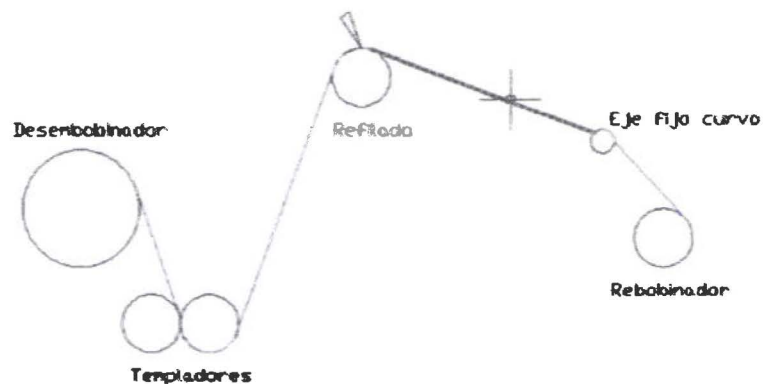


Figura 3.10 Diagrama de cómo se pasará la película a través de la máquina

Capítulo IV

DISEÑO

4.1 DISEÑO MECÁNICO:

Para llevar a cabo un proceso de rebobinación es necesario realizar cálculos básicos que permitan definir valores que guiarán el diseño y construcción del prototipo. Asimismo, estos cálculos juegan un papel aún más vital al tratarse de una máquina rebobinadora real.

Para poder seguir con las diferentes etapas de diseño del rebobinador de plástico es necesario aproximar algunos valores bases o predeterminados. En este caso sería la fuerza necesaria para halar una lámina de stretch, esta fuerza es aproximadamente de 12 lbs. Este valor se lo obtuvo realizando unas pequeñas pruebas.

La prueba realizada fue la siguiente: sacar un rollo de stretch del tamaño y las dimensiones similares al que se utilizará en la máquina es decir de 15 kg. y 85 cm. de largo. Se lo procedió a poner en una base a 1m. de altura, se colgó pesos desde el extremo del rollo y se vio con cuánto peso el rollo empezó a desenvolverse casi sin detenerse. Se hizo este experimento por 10 veces y luego se obtuvo el valor promedio detallado anteriormente, 12 lbs.

4.1.1 Selección de motores

Para calcular la potencia del motor necesaria para la máquina se aplicaron algunas formulas básicas de física como son las de torque, velocidad angular, y potencia. Las formulas se detallan a continuación.

$$T = F * r \quad (4.1)$$

Donde:

T = Torque (Lbs.-Pulg)

F = Fuerza (lbs.)

r = Radio del eje (Pulg)

$$W = \frac{V}{r} \quad (4.2)$$

Donde:

W = Velocidad angular (RPM)

V = Velocidad(m/min)

r = Radio del eje (m)

$$P = \frac{W * F}{63000}$$

Donde:

P = Potencia (Hp)

F = Fuerza (lbs.)

63000 = Valor constante

4.1.1.1 Cálculos de Potencias

Con las formulas antes mencionadas se procede a calcular la potencia para el primer motor, el cual hará girar el eje desembobinador y el eje slitter.

Torque

Siendo :

F = 12 lbs.

r = 7 pulgadas

Aplicando la ecuación (4.1) se obtiene que: T es igual a 84 lbs.-pulgada.

Velocidad angular.

Siendo:

$$V = 30 \text{ m / min}$$

$$r = 0.1778 \text{ m}$$

Aplicando (4.2) se obtiene que: W es igual a 26.85 RPM

Potencia

Siendo:

$$W = 26.85 \text{ RPM}$$

$$F = 12 \text{ lbs.}$$

Aplicando la ecuación (4.3) se obtiene que la potencia necesaria es de 0.05 HP.

Cálculo para seleccionar el motor que hará funcionar el eje de rebobinado.

Torque

Siendo:

$$F = 18 \text{ lbs.}$$

$$r = 0.75 \text{ pulgadas}$$

Aplicando la ecuación (4.1) se obtiene que: T es igual a 13.5 lbs.-pulgada.

Velocidad angular:

Siendo:

$$V = 30 \text{ m / min}$$

$$r = 0.01905 \text{ m}$$

Aplicando (4.2) se obtiene: W es igual a 250 RPM

Siendo:

$W = 250 \text{ RPM}$

$F = 18 \text{ lbs.}$

Aplicando la ecuación (4.3) se obtiene que la potencia es igual a 0.07 hP.

Por lo tanto se necesitaría $\frac{1}{4}$ hp para cada uno de los ejes y con este sobredimensionamiento se asegurará el correcto funcionamiento de la maquina.

4.1.1.2 Selección de motores:

En el mercado de hoy en día se puede encontrar una gran variedad de motores, en varias potencias y costos; por ejemplo existen motores monofásicos, trifásicos a 220v o 440v; de varias potencias que van desde 1/10 de hp hasta valores inmensos como de 50 hp o mucho más.

Un motor monofásico es un motor un poco menos eficiente que un trifásico, pero a la vez es un motor más económico. A este tipo de motores se los puede conectar a corrientes de uso domestico 110 ó 220v. En su gran mayoría los motores monofásicos son de velocidad fija ya que contienen un condensador el cual siempre manda la misma corriente, pero también existen motores sin el condensador los cuales pueden variar la velocidad, como son los motores para ventiladores. Un motor monofásico tiene un torque constante y no se los encuentra con potencias muy grandes.

Un motor trifásico es un motor mucho más eficiente que un monofásico, son de velocidad variable pero el torque no es constante. Son motores de un alto grado de respuesta a los cambios realizados y tienen un gran torque de arranque. Solo se encuentran en 220v ó 440v.

Debido a las exigencias de la máquina que no son muy altas, y los costos de fabricación de la misma, se optó por utilizar motores

monofásicos similares a los de los ventiladores industriales los cuales pueden variar la velocidad y, además, se pueden conectar a una toma corriente de 110v, de esta manera baja también el costo de funcionamiento por electricidad.

Como una alternativa, se puede utilizar un motor trifásico el cual haría que se tenga un mayor control sobre la velocidad de funcionamiento y, además una llegada a la velocidad y torque final con más rapidez.

4.1.2 Diseño de Reducción de Velocidades:

4.1.2.1 Polea ente Motor y Eje reductor:

En este tramo se realiza la primera etapa de la reducción de velocidades de 1 a 2.5 para el eje halador para lo cual se utilizará una polea de 2 pulgadas para el motor y una de 5 para el eje.

“Velocidad Periférica es la velocidad a la cual girará la banda tomando en cuenta el diámetro y la velocidad de giro del motor”¹³ y se la calcula con la siguiente fórmula:

$$V = \pi \frac{dn}{12} \quad (4.4)$$

Siendo:

π = Constante

d = Diámetro de polea = 2.5 pulgadas

n = Velocidad de giro = 680 RPM

Como conclusión aplicando en la ecuación (4.4) se obtiene que V es igual a 445 ft/min.

La longitud de paso de la banda y la distancia entre centros se determina mediante las siguientes fórmulas:

$$Lp = 2C + 1.57(D + d) + \frac{(D-d)^2}{4C} \quad (4.5a)$$

¹³ Shigley, Mischke, Diseño en Ingeniería mecánica, 2002 pg. 1080

$$C = \left\{ \left[\frac{\pi}{2}(D - d) - Lp \right] + \sqrt{\left[\frac{\pi}{2}(D - d) - Lp \right]^2 - 2(D - d)^2} \right\} \quad (4.5b)$$

En este caso por el diseño de la máquina ya se sabe que la distancia de centros entre los ejes es igual a 10 pulgadas por lo tanto solo se debe calcular la longitud de paso de la banda.

Siendo:

C = Distancia entre centros = 2 pulgadas.

D = Diámetro polea mayor = 5 pulgadas.

d = Diámetro polea menor = 2.5 pulgadas.

Aplicando la ecuación (4.5a) se obtiene que la longitud de banda es igual 27.87 pulgadas. Una vez que se obtiene dicha longitud se procede a una tabla de bandas comerciales para ver el código de banda que se debe comprar, según el manual GRAINGER se observa que la banda a utilizar es la A26. Ver anexos (anexo 2).

Ángulos de incidencia de la banda sobre las poleas se calculan de la siguiente manera:

$$\theta d = \pi - 2 \sin^{-1} \left(\frac{D-d}{2c} \right) \quad (4.6)$$

$$e^{0.5123 \cdot \theta d} \quad (4.7)$$

Aplicando los valores en la ecuación (4.6) se obtiene que θd es igual a 3.04 radianes, luego aplicando la ecuación (4.7) se obtiene que es igual 4.74.

Para calcular cuál es la potencia permitida que se puede transmitir por esta banda se utilizará la siguiente fórmula:

$$H_a = K_1 K_2 H_{ab} \quad (4.8)$$

Siendo:

Hab = Potencia permitida tabla 17-12 (anexo 3) 0.76

K_1 = Factor de corrección del ángulo de cobertura tabla 17.13 (anexo 4)
= 0.75

K_2 = Factor de corrección de la longitud de las banda tabla 17.14 (anexo 4)
= 0.85

Aplicando los valores antes mencionados en la ecuación (4.8) se obtiene que H_a es igual 0.40 hp

La potencia transmitida real por la banda se la calcula de la siguiente manera:

$$H_d = H_{nom} K_s n_d \quad (4.9)$$

Siendo:

H_{nom} = La potencia nominal transmitida (hp) = 0.05 hp

K_s = Factor de servicio tabla 17-15 (anexos 4) = 1.0

n_d = 1

Si se reemplaza los valores en la ecuación (4.9) se obtiene que H_d es igual 0.055 Hp

Con este valor obtenido de la ecuación (4.9) se procede a calcular el número de bandas necesaria para transmitir la potencia. Esto se lo hace de la siguiente manera:

$$N_b = \frac{H_d}{H_a} \quad (4.10)$$

Si se reemplaza los resultados logrados anteriormente, se obtiene que N_b es igual 0.07 lo que es igual a 1 banda.

Una vez encontrada la potencia nominal y el real de transmisión de la banda se procede a calcular la tensión centrífuga F_c , que está dada por la siguiente ecuación:

$$F_c = K_c \left(\frac{V}{1000} \right)^2 \quad (4.11)$$

Siendo:

F_c = Tensión centrífuga (lb)

K_c = Constante tabla 17-12 (anexo 3) = 0.47

V = Velocidad periférica (ft/min) = 62.11

Si se reemplaza los valores anteriores con los ya calculados resulta que la F_c es igual 0.0018 lb

La fuerza total que transmite la banda se calcula de la siguiente manera:

$$\Delta F = \frac{63025 H d / N b}{n \left(\frac{d}{2}\right)} \quad (4.12)$$

Siendo:

H_d = Potencia transmitida (hp) = 0.022

N_b = Número de bandas = 1

d = Diámetro de la polea (pulgadas) = 2.5

Remplazando estos valores en la fórmula (4.12) se obtiene que la fuerza total transmitida es de 18.24 lb.

Ahora se procede a calcular los componentes de la fuerza total que son F_1 y F_2 que actúan sobre esta banda y se las calcula de la siguiente manera:

$$F_1 = F_c + \frac{\Delta F \exp f \phi}{\exp f \phi - 1} \quad (4.13)$$

$$F_2 = F_1 - \Delta F \quad (4.14)$$

Siendo:

F_c = Tensión Centrífuga = 0.018 lb.

ΔF = Fuerza total = 18.24 lb

$\text{Exp} = 4.74$

F_1 = Fuerza sobre uno de los lados de la banda (lb)

F_2 = Fuerza sobre el otro lado de las bandas (Lb)

Reemplazando los valores antes mencionados en las ecuación (4.13) y (4.14), respectivamente se obtiene que F_1 es igual a 20.67 lb y que F_2 es igual a 2.43 lb.

Con todos los valores anteriormente obtenidos se puede a calcular el factor de seguridad que nos ofrece esta banda para nuestro sistema. Para luego proceder a calcular la vida útil de esta banda.

Factor de seguridad:

$$F_s = \frac{H_a N b}{H_{nom} k_s} \quad (4.15)$$

Si se reemplazan todos los valores anteriormente logrados de esta fórmula, se obtiene que el factor de seguridad de esta banda es de 13.63.

Para calcular la vida útil de la banda se calcula primero las tensiones que actúan sobre la banda, ya que la misma mientras trabaja se encuentra bajo efectos de flexión. Se calculan los esfuerzos de tensión máximos F_{b1} y F_{b2} y luego se procede al cálculo de las tensiones.

$$F_{b1} = \frac{K_b}{d} \quad (4.16)$$

$$F_{b2} = \frac{K_b}{D} \quad (4.17)$$

Siendo:

K_b = Constantes tabla 17-16 (anexo 5) = 220

d = Diámetro de la polea menor = 2.5 pulgadas

D = Diámetro de la polea mayor = 2.5 pulgadas

Reemplazando estos valores en las ecuaciones (4.16) y (4.17) respectivamente se obtiene que $Fb1 = 88 \text{ lb}$ y que $Fb2 = 88 \text{ lbs}$.

$$T1 = F1 + Fb1 \quad (4.18)$$

$$T2 = F2 + Fb2 \quad (4.19)$$

Reemplazando los valores ya antes calculados en las formulas (4.18) y (4.19) se obtiene que $T1 = 180.67 \text{ Lb}$ y que $T2 = 90.43 \text{ lb}$.

El tiempo de vida útil de la banda se calcula aplicando las siguientes ecuaciones:

$$N_p = \left(\frac{K}{T1}\right)^{-b} + \left(\frac{K}{T2}\right)^{-b} \quad (4.20)$$

$$t = \frac{N_p L_p}{720 V} \quad (4.21)$$

Siendo:

$K = \text{Constantes tabla 17-17 (anexos 5)} = 674$

$B = \text{Constante tabla 17-17 (anexos 5)} = 11.087$

$T1 = 180.67 \text{ lb}$

$T2 = 90.43 \text{ lb}$

$V = 95 \text{ rpm}$

$L_p = 27.3$

Reemplazando estos valores en la ecuación (4.20) se obtiene que N_p es igual 5.44×10^8 . Luego se reemplaza los valores en la ecuación (4.21) y se obtiene que la banda tendrá una vida útil de 217 000 horas.

4.1.2.2 Banda entre eje reductor y halador

Esta reducción se encuentra la parte final para la reducción de velocidades. En la parte anterior se realizó una reducción de 1700 RPM a 680 RPM, en esta etapa se disminuirá aún más las RPM, ya que el eje

debe girar a tan solo 250 RPM. Para realizar esta reducción se utilizará una polea menor de 2 pulgadas y una mayor de 8 pulgadas. Y la distancia de centros entre los ejes es de 19 pulgadas.

Para calcular la banda y ver su vida útil se sigue el mismo procedimiento aplicado anteriormente y se usarán las mismas formulas y pasos. Por lo tanto, se calculará la velocidad periférica y esto se logra utilizando la formula (4.4) donde los valores a reemplazar son:

$$dn = 680$$

Por lo tanto se obtiene que la velocidad periférica es igual a 261.79 ft/min.

El largo de la banda se calcula con la ecuación (4.5^a) donde:

$$C = 19 \text{ pulgadas}$$

$$D = 8 \text{ pulgadas}$$

$$d = 2 \text{ pulgadas.}$$

Por lo tanto el valor obtenido es = 40.44. Si a este valor se suma el valor de corrección se obtiene que L_p es igual a 42.3 Si se compara este valor con la tabla de GRAINGER se saca en conclusión que la banda a utilizar seria la banda A42.

Los ángulos de salida de la banda y su exponente se los calcula con las fórmulas (4.6) y (4.7) respectivamente.

Donde:

$$D = 8 \text{ pulgadas}$$

$$d = 2 \text{ pulgadas}$$

$$c = 19 \text{ pulgadas}$$

Por lo tanto se conoce que el ángulo de incidencia de la banda con la polea es igual 1.682 radianes. Con este valor obtenido se procede a calcular el exponente que sería igual a 2.367.

La potencia transmitida por la banda es igual a 0.30 hp ya que se reemplazan los valores en la ecuación (4.8).

Siendo:

H_{ab} = Potencia permitida tabla 17-12 (anexos3) 0.73

K_1 = Factor de corrección del ángulo de cobertura tabla 17.13 (anexos 4) = 0.47

K_2 = Factor de corrección de la longitud de las banda tabla 17.14 (anexos 4) = 0.85

Para calcular la potencia real transmitida por las bandas se aplica la ecuación (4.9) y los valores a reemplazar son:

H_{nom} = La potencia nominal transmitida (hp) = 0.05 hp

K_s = Factor de servicio tabla 17-15 (anexos 4) = 1.1

N_d = 1

Por lo tanto el resultado es igual a 0.55 hp de potencia real transmitida.

Si se reemplazan los valores antes obtenidos en la ecuación (4.10) se logra saber que el número de bandas necesario para transmitir esta potencia es de 2.

Ahora se procede a calcular las tensiones que actúan sobre la banda, calculando la tensión centrífuga.

Donde:

F_c = Tensión centrífuga (lb)

K_c = Constante tabla 17-12 (anexo 3) = 0.561

$V = \text{Velocidad periférica (ft/min)} = 261.97$

Remplazando los valores anteriormente calculados se obtiene que la F_c es igual a 0.14 lb

La fuerza total de la banda se la calcula con los siguientes datos y reemplazándolos en la fórmula (4.12)

Donde:

$H_d = \text{Potencia transmitida (hp)} = 0.055$

$N_b = \text{Numero de bandas} = 2$

$d = \text{Diámetro de a polea (pulgadas)} = 2$

Remplazando estos valores en la fórmula (4.12) se obtiene que la fuerza total transmitida es igual a 34.66 lb.

Reemplazando los valores obtenidos en las ecuaciones (4.13) y (4.14) respectivamente resulta que F_1 es igual a 60 lb. mientras que F_2 es igual 42.68 lb.

Utilizando la ecuación (4.15) se puede obtener el factor de seguridad de esta banda que sería igual 1.3.

Utilizando las mismas formulas que en el diseño anterior se calcula la vida útil de esta banda. Por lo tanto lo primero que se realiza es calcular las F_{b1} y 2 utilizando las ecuaciones (4.16) y (4.17) y los valores a reemplazar son los siguientes:

$K_b = \text{Constantes tabla 17-16 (anexos 5)} = 220$

$d = \text{Diámetro de la polea menor} = 2 \text{ pulgadas}$

$D = \text{Diámetro de la polea mayor} = 8 \text{ pulgadas}$

Remplazando estos valores en las ecuaciones respectivas se obtiene que $F_{b1} = 110 \text{ lb}$ y que $F_{b2} = 22 \text{ lbs}$.

Las tensiones las se logran utilizando los valores calculados en esta sección y utilizando las ecuaciones (4.18) y (4.19) por lo tanto se obtiene que $T_1 = 170$ lb y que $T_2 = 47.36$ lbs.

Para saber cuántas horas de uso nos da esa banda primero hay que calcular el N_p utilizando la formula (4.20), se obtiene un valor de 4347826.087, si se cambia este y los demás valores en la fórmula (4.21) El resultado obtenido es de 998.79 horas de uso.

4.1.2.3 Banda entre Winder y slitter:

Se encuentra en la última parte de la máquina y la reducción que se tendrá que realizar es de 1 a 2.33 ya que el eje winder gira a 250 rpm mientras que el eje slitter debe girar a 95 rpm aproximadamente. Para realizar esta reducción se usa una polea menor de 3 pulgadas y una mayor de 7pulgadas. Y la distancia de centros entre los ejes es de 10 pulgadas.

Para calcular la banda y ver su vida útil se sigue el mismo procedimiento aplicado anteriormente, y se usarán las mismas formulas y pasos. Por lo tanto lo primero que se calculara será la velocidad periférica y esto lo se lo hará utilizando la formula (4.4), como es la misma velocidad de motor se sabe que la velocidad periférica es = 261.79 ft/min.

El largo de la banda se calcula con la ecuación (4.5a) donde:

$$C = 10 \text{ pulgadas}$$

$$D = 7 \text{ pulgadas}$$

$$d = 3 \text{ pulgadas.}$$

Por lo tanto el valor obtenido es igual 33.5. Sumando el valor de corrección se obtiene que L_p es igual a 34.8. Si se compara este valor con la tabla de GRAINGER se concluye que la banda a utilizar seria la banda A31.

Los ángulos de salida de la banda y su exponente se los calcula con las formulas (4.6) y (4.7), respectivamente.

Donde:

$D = 7$ pulgadas

$d = 3$ pulgadas

$c = 10$ pulgadas

Por lo tanto, el ángulo de incidencia de la banda con la polea es igual 2.80 radianes. Con este valor obtenido se calcula el exponente que sería de 4.19.

Si se reemplazan los valores de a continuación en la ecuación (4.8). Se obtiene que la potencia transmitida por la banda es igual a 0.32 hp.

Siendo:

$H_{ab} =$ Potencia permitida tabla 17-12 (anexos 3) 0.82

$K_1 =$ Factor de corrección del ángulo de cobertura tabla 17.13 (anexo 4)
= 0.47

$K_2 =$ Factor de corrección de la longitud de las banda tabla 17.14 (anexo 4) = 0.85

Para calcular la potencia real transmitida por las bandas se aplica la ecuación (4.9) y los valores a reemplazar son:

$H_{nom} =$ La potencia nominal transmitida (hp) = 0.05 hp

$K_s =$ Factor de servicio tabla 17-15 (anexos 4) = 1.1

$N_d = 1$

Por lo tanto el resultado es igual a 0.55 hp de potencia real transmitida.

Si se reemplazan los valores obtenidos en la ecuación (4.10) se sabe que el número de bandas necesario para transmitir esta potencia es de 2.

Ahora se procede a calcular las tensiones que actúan sobre la banda, calculando la tensión centrífuga.

Donde:

F_c = Tensión centrífuga (lb)

K_c = Constante tabla 17-12 (anexo 3) = 0.561

V = Velocidad periférica (ft/min) = 261.97

Remplazando los valores anteriormente calculados se obtiene que la F_c es igual a 0.32 lb.

La fuerza total de la banda se la calcula con los siguientes datos y reemplazándolos en la fórmula (4.12).

Donde:

H_d = Potencia transmitida (H_p) = 0.055

N_b = Numero de bandas = 2

d = Diámetro de a polea (pulgadas) = 2

Remplazando estos valores en la fórmula (4.12) se obtiene que la fuerza total transmitida es de 34.66 lb.

Reemplazando los valores obtenidos en las ecuaciones (4.13) y (4.14) respectivamente se obtiene que F_1 es igual a 45.91 lb mientras que F_2 es igual a 11.24 lb.

Utilizando la ecuación (4.15) se logra obtener el factor de seguridad de esta banda, que sería igual 1.2.

Utilizando las mismas fórmulas que en el diseño anterior se puede calcular la vida útil de esta banda. Por lo tanto hay que calcular las Fb_1 y Fb_2 utilizando las ecuaciones (4.16) y (4.17), los valores a reemplazar son los siguientes:

$K_b =$ Constantes tabla 17-16 (anexo 5) = 220

$d =$ Diámetro de la polea menor = 2 pulgadas

$D =$ Diámetro de la polea mayor = 4 pulgadas

Reemplazando estos valores en las ecuaciones respectivas se obtiene que $Fb_1 = 110$ lb. y que $Fb_2 = 55$ lbs.

Las tensiones las se las obtiene utilizando los valores calculados en esta sección y utilizando las ecuaciones (4.18) y (4.19) por lo tanto obtenemos que $T_1 = 155.91$ lbs. y que $T_2 = 66.24$ lbs.

Para saber cuántas horas de uso nos da esa banda lo primero que se hace es calcular el N_p utilizando la formula (4.20) y obtenemos un valor de 11222481.1, si se reemplaza este y los demás valores en la fórmula (4.21) se sabe que la bandas nos da 1923 horas de uso antes de ser reemplazadas.

4.1.2.4 Diseño Engranés entre halador y slitter:

Para terminar el diseño de la transmisión de movimiento entre los ejes, se necesita diseñar dos engranes, esto se debe a que los dos ejes giran en sentido contrario, la manera más óptima y segura de realizar esto es a través de un sistema de engranes. En esta etapa no se realizará reducción de velocidades ya que los dos ejes giran a la misma velocidad. La distancia entre centros de engranes es de 6 pulgadas.

Lo que se realizara es el cálculo de cuantos dientes se necesita para poder transmitir el movimiento. Se conoce que el paso diametral de un piñón es :

$$P = N / d \quad (4.22)$$

Donde :

P = paso diametral (pulgadas)

N = Numero de dientes

D = Diámetro

para el modulo sabemos que:

$$M = d / N \quad (4.23)$$

"El diámetro total del engrane es igual al paso diametral mas dos módulos de distancia de dientes."¹⁴ Por lo tanto como se utiliza un módulo de dientes 2 que es igual a 2mm se obtiene que el diámetro externo del piñón será igual a 160 mm.

Si se reemplazan los valores anteriores en la ecuación del modulo obtenemos que el número de dientes para nuestros piñones serán igual a 80 dientes en cada uno.

4.1.3 Diseño de ejes

4.1.3.1 Diseño de eje del desembobinador.

Este es el primer eje del sistema o rodillo como se prefiera llamarlo, en este eje estará asentado el rollo de stretch que va a ser desembobinado. Tiene una longitud de 1.20 m. Es un eje maquinado que será fabricado de acero de transmisión que tiene un S_y de 32 kpsi y un sut de 49.5 kpsi hoja técnica (anexo 6). Sobre este eje se asentará un peso de 15 kg aproximadamente, y se le aplicará una fuerza de 12 lbs. para desenrollarlo. El diseño se lo hará con un factor de seguridad de 3.

Lo primero es realizar es un diseño estático del eje para ver qué diámetro es el necesario para que trabaje bajo estas condiciones.

¹⁴ Shigley, Mischke, Diseño en Ingeniería mecánica, 2002 pg. 842

Luego se diseña el eje calculando el torque bajo el que trabaja y esto lo se lo hace aplicando la siguiente ecuación:

$$T = F * r \quad (4.24)$$

Donde:

T = torque (lb-pulgada)

F = Fuerza (lb) = 12 lbs.

r = Radio del eje total (pulgadas) = 6 pulgadas

Reemplazando estos valores en la ecuación (4.24) se obtiene que el torque es igual a 72 lb-pulgada

Se procede a calcular la fuerza que actúa sobre los apoyos del eje y para esto se aplica el concepto de sumatoria de fuerzas y de momentos por lo tanto las ecuaciones a utilizar son las siguientes:

$$\sum Fy = 0 \quad (4.25)$$

$$\Rightarrow Ra - W + Rb = 0$$

$$\sum Ma = 0 \quad (4.26)$$

$$\Rightarrow W \left(\frac{l}{2} \right) - Rb(l) = 0$$

Donde :

Ra = Reacción sobre él un rodamiento

Rb= Reacción de apoyo sobre el segundo rodamiento

W = Peso del eje (lb) = 33 lbs.

L = Largo del eje (pulgada) = 47.24

Despejando R_b de la ecuación (4.26) se obtiene que R_b es igual a 16.5 lbs. Una vez obtenido este valor se lo reemplaza en la ecuación (4.25) y se concluye que R_a es igual a 55 lbs.

Se procede a calcular los momentos máximos y mínimos que actúan sobre el eje, para de esta manera poder determinar en dónde se va a realizar la mayor carga y esfuerzo.

Primero se analiza el primer tramo del eje desde la chumacera A, hasta el centro del eje donde se concentra el peso del rollo y obtenemos lo siguiente:

$$0 < X < \frac{l}{2}$$

$$M = Ra(X)$$

$$\text{Si } x = 0 \Rightarrow M = 0$$

$$\text{Si } x = \frac{l}{2} \Rightarrow M = 16.5 * 23.62 = 389.73 \text{ lb} - \text{pulg}^2$$

$$l/2 < X < l$$

$$M = Ra(X)$$

$$\text{Si } x = \frac{l}{2} \Rightarrow M = 389.73 \text{ lb} - \text{pulg}^2$$

$$\text{Si } x = l \Rightarrow M = Ra(x) - W \left(x - \frac{l}{2} \right) = 0$$

Esfuerzo cortante :

$$\sigma_{x=} = \frac{M_{\max} \cdot 32}{\pi d^3} \quad (4.27)$$

$$\tau = \frac{T_{\max} \cdot 16}{\pi d^3} \quad (4.28)$$

Si se sabe que $\tau = \frac{S_y}{2n}$ obtenemos la siguiente fórmula:

$$\frac{S_y}{2} = \tau = \sqrt{\left[\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2\right] + \tau^2} \quad (4.29)$$

Donde:

$\tau_{M\acute{a}x.}$ = Esfuerzo cortante máximo,

S_y = Resistencia a la fluencia, = 32 kpsi

η = Factor de seguridad,

σ = Esfuerzo normal,

σ_{xy} = Esfuerzo normal en el eje y o x,

$M_{m\acute{a}x}$ = Momento máximo,

$T_{\tau q m\acute{a}x}$ = Torque máximo.

Debido a que no se analizan esfuerzos en el eje x, se considera que σ_x es equivalente a cero.

Por lo tanto la fórmula (4.29) se la puede modificar y nos queda de la siguiente manera:

$$\frac{S_y}{2n} = \frac{16}{\pi d^3} \sqrt{(M_{max}^2 + T_{max}^2)}$$

Luego se puede despejar d para poder calcular cuál será el diámetro mínimo de nuestro eje y se obtiene la siguiente ecuación final:

$$d^3 = \frac{16 \cdot 2n}{S_y \pi} \sqrt{(M_{max}^2 + T_{max}^2)} \quad (4.30)$$

Reemplazando los valores antes obtenidos en la ecuación (4.30) se obtiene que el diámetro mínimo para nuestro eje es de 0.72 pulgadas.

Luego se realiza un análisis de nuestro eje en fatiga. Para esto se variará el peso del rollo de stretch desde cero hasta su máximo que es igual a 33 lbs.

$$S_e = k_a * k_b * k_c * k_d * k_e * s'_e \quad (4.31)$$

Donde:

S_e = Resistencia final a la fatiga.

S'_e = Límite a la fatiga.

k_a = Factor de superficie.

k_b = Factor de tamaño.

k_c = Factor de carga.

k_d = Factor de temperatura.

k_e = Factor de efectos diversos.

$$S'_e = 0.5 sut \quad sut \leq 200 \text{ kpsi}$$

$$S'_e = 0.5 (49.5) = 24.75$$

$$K_a = a sut^b$$

$$K_a = 2.67(49.5)^{-0.265} = 0.949 \text{ kpsi}$$

Como K_b es lo que se busca, se pone un valor que es igual 1.

K_c es el factor de carga y como se trabaja bajo torsión se obtiene que:

$$K_c = 0.328 sut^{-0.125} = 0.20 \text{ kpsi}$$

K_d es igual a 1 ya que la máquina trabajará a temperaturas menores a 450 °C

$$K_e = 1$$

Reemplazando todos estos valores en la ecuación (4.31) se obtiene que Se es igual a 4.69 kpsi

Para calcular el nuevo diámetro de nuestro eje se despejan las siguientes fórmulas:

$$n_{min} = \frac{S_a}{\sigma_a} = \frac{S_m}{\sigma_m}$$

$$\sigma_a = \sqrt{\left(\frac{32M}{\pi d^3 \cdot 2}\right)^2 + 3\left(\frac{16T}{\pi d^3 \cdot 2}\right)^2} \quad (4.30)$$

Si de la ecuación anterior se despeja d y se reemplazan los valores obtenidos, se logra un valor final de d igual a 1.01 pulgadas.

4.1.3.2 Diseño de eje Slitter.

Para el diseño de este eje se siguen los mismos pasos del primer eje, se aplicaran las mismas formulas. Está fabricado de acero de transmisión de las mismas características del eje anterior tiene un largo 1.40 m. Para diseñarlo correctamente se usará un factor de seguridad de 3.

Por el diseño de bandas se conoce que este eje tiene dos tensiones en la polea que son $T1 = 108.6$ y $T2 = 90.4$ lbs.

Aplicando las fórmulas (4.25) de sumatoria de fuerzas y la (4.26) de sumatoria de momentos se obtiene las siguientes ecuaciones que nos ayudaran a resolver el sistema:

$$R_a + R_b - T1 - T2 = 0$$

$$-R_b \left(\frac{l}{1.16}\right) + T1(l) + T2(l) = 0$$

Si se despeja R_b de la ecuación anterior y reemplazan los valores de $T1$, $T2$ y L , se obtiene que el valor de R_b es igual a 232.15 lb.

Reemplazando este valor en la ecuación de sumatoria de fuerzas se descubre que R_a es igual a 33.1 lbs.

Momentos Flectores:

$$0 < X < \frac{l}{1.16}$$

$$M = R_a(X)$$

$$\text{Si } x = 0 \Rightarrow M = 0$$

$$\text{Si } x = \frac{l}{1.166} \Rightarrow M = 33.1 * 47.27 = 1564.72 \text{ lb} - \text{pulg}^2$$

$$l/1.16 < X < l$$

$$M = R_a(X)$$

$$\text{Si } x = \frac{l}{1.16} \Rightarrow M = 1564.72 \text{ lb} - \text{pulg}^2$$

$$\text{Si } x = l \Rightarrow M = R_a(x) - W \left(x - \frac{l}{1.16} \right) = 0$$

Ahora que se sabe dónde se encuentra el mayor esfuerzo sobre el eje, utilizando la ecuación (4.30) se puede calcular el valor final del eje.

Donde los valores a reemplazar son:

$$M_{\max} = 1564.72 \text{ lbs.} - \text{pulgada}$$

$$N = 3$$

$$T_{\max} = 108.6 \text{ lbs.}$$

$$S_y = 32000 \text{ kpsi}$$

Así se obtiene que el diámetro mínimo para el eje es de 1.04 pulgadas.

Diseño en fatiga:

Para el diseño en fatiga se usa la ecuación (4.31) la cual tendrá mismo resultado que en el eje anterior ya que el eje a utilizar es de las mismas características y trabaja bajo las mismas condiciones por lo tanto Se es igual a 4.69 Kpsi.

Para calcular cuál es el diámetro del eje se aplica la ecuación (4.30) de la cual se despeja d y se obtiene que el diámetro es de 1.61 pulgadas.

4.1.3.3 Diseño de eje Rebobinador:

Para el diseño de este eje se seguirán los mismos pasos del primero, se aplicarán las mismas formulas. Este eje está fabricado de acero de transmisión de las mismas características del eje anterior tiene un largo 1.40 m, Para asegurar el correcto funcionamiento se utilizara un factor de seguridad de 3.

Este eje está conectado por medio de poleas a un motor de 0.5 hp que, y gira a una velocidad de 250 rpm. Por el diseño de bandas se sabe que este eje tiene dos tensiones en la polea que son $T_1 = 155.9$ y $T_2 = 66.24$ lbs. También existe el peso del nuevo rollo de plástico que es aproximadamente de 1.84 lbs.

Aplicando las fórmulas (4.25) de sumatoria de fuerzas y la (4.26) de sumatoria de momentos se obtiene las siguientes ecuaciones que nos ayudaran a resolver el sistema

$$R_a + R_b - T_1 - T_2 - W = 0$$

$$-R_b \left(\frac{l}{1.16} \right) + T_1(l) + T_2(l) + W \left(\frac{l}{2.2} \right) = 0$$

Si se despeja R_b de la ecuación anterior y luego se reemplaza los valores de T_1 , T_2 y L , se obtiene que el valor de R_b es igual a 232.15 lb. Reemplazando este valor en la ecuación de sumatoria de fuerzas se descubre que R_a es igual a 33.1 lbs.

Momentos Flectores:

$$0 < X < \frac{l}{2.2}$$

$$M = Ra(X)$$

$$\text{Si } x = 0 \Rightarrow M = 0$$

$$\text{Si } x = \frac{l}{2.2} \Rightarrow M = 832.63 \text{ lb} - \text{pulg}^2$$

$$l/2.2 < X < l/1.16$$

$$M = Ra(X) - W\left(X - \frac{l}{2.2}\right)$$

$$\text{Si } x = \frac{l}{2.2} \Rightarrow M = 832.63 \text{ lb} - \text{pulg}^2$$

$$\text{Si } x = \frac{l}{1.16} \Rightarrow M = Ra(x) - W\left(x - \frac{l}{2.2}\right) = 1790.39 \text{ lb} - \text{pulg}^2$$

$$l/1.16 < X < l$$

$$M = Ra(X) - W\left(X - \frac{l}{2.2}\right) - Rb(x - l/1.16)$$

$$\text{Si } x = \frac{l}{2.2} \Rightarrow M = 1790.39 \text{ lb} - \text{pulg}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Si } x = l \Rightarrow M &= Ra(x) - W\left(x - \frac{l}{2.2}\right) - Rb(x - l/1.16) \\ &= 0.36 \text{ lb} - \text{pulg}^2 \end{aligned}$$

Ahora que se sabe dónde ese encuentra el mayor esfuerzo sobre nuestro eje utilizando la ecuación (4.30) se puede calcular el valor final del eje.

Donde los valores a reemplazar son:

$M_{max} = 1790.39.72 \text{ lbs.-pulgada}$

$N = 1.5$

$T_{max} = 155.9 \text{ lbs.}$

$S_y = 32 \text{ kpsi}$

Reemplazando los valores se obtiene que el diámetro mínimo para el eje es de 0.95 pulgadas.

Diseño en fatiga:

Para el diseño en fatiga se usa la ecuación (4.31) la cual tendrá el mismo resultado que los ejes anteriores, ya que el eje a utilizar es de las mismas características y trabaja bajo las mismas condiciones por lo tanto S_e es igual 4.69 Kpsi.

Para calcular cual es el diámetro de el eje se aplica la ecuación (4.30) de la cual despejando el diámetro se obtiene, que el diámetro del eje es de 1.32 pulgadas.

4.1.3.4 Diseño de ejes tensores y locos:

Para el diseño de estos ejes solo se realizara un diseño estacionario, ya que no se encuentran bajo condiciones de trabajo tan fuertes, sólo giran mientras la lámina plástico va pasando sobre ellos, la función de estos ejes es la de mantener la lamina de plástico sin arrugas y estirado.

Estos ejes tienen 1.20m de longitud y son fabricados de acero de transmisión con las mismas características de los anteriores y la máxima fuerza que pasara sobre ellos es de 12 lbs.

Primero se calcula el torque máximo que va a sostener el eje y esto lo se lo realiza aplicando la ecuación (4.24) y reemplazando los valores se obtiene que el $T = 24 \text{ lbs./pulgada}$.

Aplicando las ecuaciones (4.25) de sumatoria de fuerzas y la (4.26) de sumatoria de momentos se obtiene las siguientes ecuaciones que ayudarán a resolver el sistema

$$R_a + R_b - F = 0$$

$$F\left(\frac{l}{2}\right) - R_b(l) = 0$$

Si se despeja R_b de la ecuación anterior y reemplazando los valores de T_1 , T_2 y L , se obtiene que el valor de $R_b = 3$ lb. Reemplazando este valor en la ecuación de sumatoria de fuerzas se obtiene que $R_a = 3$ lbs.

Momentos Flectores:

$$0 < X < \frac{l}{2}$$

$$M = R_a(X)$$

$$\text{Si } x = 0 \Rightarrow M = 0$$

$$\text{Si } x = \frac{l}{2} \Rightarrow M = 3 * 23.6 = 70.86 \text{ lb} - \text{pulg}^2$$

$$l/2 < X < l$$

$$M = R_a(X) - F\left(X - \frac{l}{2}\right)$$

$$\text{Si } x = \frac{l}{2} \Rightarrow M = 70.86 \text{ lb} - \text{pulg}^2$$

$$\text{Si } x = l \Rightarrow M = R_a(x) - F\left(x - \frac{l}{2}\right) = 0 \text{ lb} - \text{pulg}^2$$

Se puede calcular el valor final del eje utilizando la ecuación (4.30).

Donde los valores a reemplazar son:

$$M_{\max} = 70.82 \text{ lbs.-pulgada}$$

$$N = 3$$

$$T_{\max} = 24 \text{ lbs.}$$

$$S_y = 32 \text{ kpsi}$$

Reemplazando se obtiene que el diámetro mínimo para el eje es de 0.38 pulgadas.

4.1.3.5 Diseño de halador:

Para lograr diseñar este eje, se necesita realizar un análisis en dos planos XY y XZ. Esto se debe que existen tensiones en tres dimensiones por lo que el eje esta bajo la influencia de dos poleas diferentes. Primero se analiza el comportamiento en el plano XY. Para esto se aplican la sumatoria de fuerzas y de momentos de nuestro eje, aplicando las ecuaciones (4.25) y (4.26)

$$R_a + R_b - T_1 - T_2 + T_3 + T_4 = 0$$

$$-R_b \left(\frac{l}{1.25} \right) + T_1(l) + T_2(l) - \left(\frac{T_3}{1.02} \right) - \left(\frac{T_4}{1.02} \right) = 0$$

Resolviendo las ecuaciones se encuentra que los valores de R_a y R_b son igual a 41.3 para R_a y 180.68 para R_b .

Momentos Flectores:

$$0 < X < \frac{l}{1.25}$$

$$M = R_a(X)$$

$$\text{Si } x = 0 \Rightarrow M = 0$$

$$\text{Si } x = \frac{l}{1.25} \Rightarrow M = 41.3 * 47.24 = 1951.01 \text{ lb} - \text{pulg}^2$$

$$l/1.25 < X < l/1.07$$

$$M = Ra(X) + Rb(X - \frac{l}{1.25})$$

$$\text{Si } x = \frac{l}{1.25} \Rightarrow M = 1951.01 \text{ lb} - \text{pulg}^2$$

$$\text{Si } x = \frac{l}{1.07} \Rightarrow M = 41.3 * 55 + 180.68(55 - 47.24) = 869.42 \text{ lb} - \text{pulg}^2$$

$$l/1.07 < X < l$$

$$M = Ra(X) + Rb(X - \frac{l}{1.25}) + T3(X - \frac{l}{1.07}) + T4(X - \frac{l}{1.07})$$

$$\text{Si } x = \frac{l}{1.25} \Rightarrow M = 869.42 \text{ lb} - \text{pulg}^2$$

$$\text{Si } x = \frac{l}{1.07} \Rightarrow M = 0 \text{ lb} - \text{pulg}^2$$

Se procede a realizar un análisis igual para el plano XZ para esto se aplica la sumatoria de fuerzas y de momentos de el eje, aplicando las ecuaciones (4.25) y (4.26)

$$Ra + Rb - T4 - T3 = 0$$

$$-Rb \left(\frac{l}{1.25} \right) - \left(\frac{T3}{1.07} \right) - \left(\frac{T4}{1.07} \right) = 0$$

Resolviendo las ecuaciones se encuentra que los valores de Ra y Rb son igual a 22.19 para Ra y 157.31 para Rb.

Momentos Flectores:

$$0 < X < \frac{l}{1.25}$$

$$M = Ra(X)$$

$$\text{Si } x = 0 \Rightarrow M = 0$$

$$\text{Si } x = \frac{l}{1.25} \Rightarrow M = 22.19 \cdot 47.24 = 1048.25 \text{ lb} - \text{pulg}^2$$

$$l/1.25 < X < l/1.07$$

$$M = Ra(X) + Rb\left(X - \frac{l}{1.25}\right)$$

$$\text{Si } x = \frac{l}{1.25} \Rightarrow M = 1048.25 \text{ lb} - \text{pulg}^2$$

$$\text{Si } x = \frac{l}{1.07} \Rightarrow M = 0 \text{ lb} - \text{pulg}^2$$

Una vez que se analizó los dos planos se procede a calcular dónde se encuentra el momento máximo y para lograrlo se realiza un gráfico el cual ayudara a visualizar dónde se encuentra los dos momentos más altos esto se puede ver en la figura 4.1. Luego se aplica la siguiente ecuación:

$$M_{max} = \sqrt{M_{xy}^2 + M_{xz}^2}$$

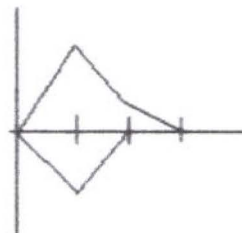


Figura 4.1 acciones de las fuerzas sobre el eje

$$M_{max} = \sqrt{1048.25^2 + 1951.01^2} = 2214.78 \text{ lb} - \text{pulg}$$

Por último se la ecuación (4.28) se puede calcular el valor final del eje.

Donde los valores a reemplazar son:

$$M_{\max} = 2214.78 \text{ lbs.-pulgada}$$

$$N = 3$$

$$T_{\max} = 170 \text{ lbs.}$$

$$S_y = 32000 \text{ kpsi}$$

Reemplazando se obtiene que el diámetro mínimo para nuestro eje es de 1.29 pulgadas.

Diseño en fatiga:

Para el diseño en fatiga se utiliza la ecuación (4.31) la cual tendrá el mismo resultado que el de los ejes anteriores ya que el eje a utilizar es de las mismas características y trabaja bajo las mismas condiciones por lo tanto $S_e = 4.69 \text{ Kpsi}$.

Para calcular cuál es el diámetro de nuestro eje se aplica la ecuación (4.30) la cual nos da un diámetro igual 1.81 pulgadas.

4.1.4 Diseño de Cuñas:

Rebobinador:

Esta cuña está diseñada de acero de transmisión AISI 1018, su propósito es el de sostener la polea sobre un eje de 1.68 pulgadas. Las dimensiones de la cuña serán de $\frac{1}{4} \times \frac{1}{4}$. A continuación se diseña el largo de la cuña.

Lo primero que se debe calcular, es el torque que será aplicado sobre la cuña aplicando la siguiente fórmula.

$$T = \frac{63000 \cdot P}{RPM} \quad (4.32)$$

Donde:

T = Torque (lb-pulgada)

P = Potencia (Hp) = 0.5 Hp

RPM = Revoluciones Por Minuto = 250

Reemplazando los valores se obtiene que T es igual a 126 lbs.-pulgada.

Luego se calcula la fuerza total aplicada sobre la cuña. Para hacer esto se procede a despejar la fuerza de la ecuación (4.1) y reemplazando los valores se obtiene que la fuerza aplicada sobre la cuña es = 150 lb.

Aplicando la fórmula del esfuerzo cortante se consigue la longitud de la cuña y la formula es la siguiente:

$$\tau = \frac{F}{\text{area de reaccion}} = \frac{sy}{\pi \sqrt{3}} \quad (4.33)$$

Donde:

Área de reacción = W¹

Sy= Resistencia a la fluencia propio del material = 32 kpsi

N= Factor de seguridad = 3

Si se despeja L de la ecuación anterior y reemplazan los valores en la ecuación (4.32) se obtiene que el largo de la cuña tiene que ser igual a 0.098 pulgadas.

Slitter:

Para esta cuña se sigue el mismo procedimiento anterior, lo único que cambia son los valores a reemplazar en las ecuaciones.

Para la primera parte los valores son los siguientes:

P = Potencia (Hp) = 0.02 Hp

RPM = Rev. Por minuto = 95

Reemplazando los valores se obtiene que T = 13.26 lbs.-pulgada.

La fuerza que se aplica sobre la cuña es igual a 16.47 lbs.

Por último el largo de la cuña es igual a 0.010 pulgadas.

4.1.5 Selección de Rodamientos:

Para la selección de rodamientos se utilizaran las tablas y cálculos de la página de internet de SKF. En donde se pueden encontrar todos los tipos de rodamientos que ofrecen, en todo tipo de bases para el montaje, además de ayuda virtual para los cálculos de vida útil del rodamiento, entre otras.

Se utilizarán rodamientos rígidos de bolas, ya que son los más comunes, y se los utiliza en muchas aplicaciones. Por esto se los encuentra en varios tamaños y formas, además son los más económicos.

Para el eje desembobinador se utilizara un rodamiento de las siguientes características:

Diámetro interno = 25.4 mm

Unidad de rodamiento: FYJ 1.TF

Soporte: FYJ 505

Rodamiento: YAR 205-100-2F

Vida Útil > 1000000 horas de uso

Para los ejes haladores y locos se utilizaran rodamientos de las con las siguientes características:

Diámetro interno = 12.7 mm que es el más pequeño que ofrecen en este tipo de rodamientos para acoples a maquinas tipo chumaceras.

Unidad de rodamiento: FY 1/2.RM

Soporte: FY 503M

Rodamiento: YAR 203/12-2F

Vida Útil >1000000 horas de uso

Para el eje slitter se utilizara un rodamiento de las siguientes características:

Diámetro interno = 41.275 mm

Unidad de rodamiento: FY 1.5/8 TF

Soporte: FY 509U

Rodamiento: YAR 209-110-2F

Vida Útil >1000000 horas de uso

Para el eje halador se utilizará un rodamiento con las siguientes características:

Diámetro interno = 45 mm que es lo más aproximado que se encuentra en el mercado

Unidad de rodamiento: FY 45 TR

Soporte: FY 509M

Rodamiento: YAR 209-2RF

Vida Útil >1000000 horas de uso

Para verificar las propiedades y ver un diagrama de este tipo de rodamientos, los documentos se encuentran en el (anexo 7).

Todos los cálculos para la vida útil del rodamiento se los realizó utilizando una hoja de de la página principal de SKF. (anexo 8).

4.2 DISEÑO DE SOPORTES DE ESTRUCTURA

Para diseñar los soportes de la estructura lo primero que hay que realizar es: calcular el peso total de la máquina y esto se lo logra calculando el peso de cada eje para luego sumar todo.

Para calcular el peso de cada eje se utiliza la densidad del material para luego aplicarlo en las siguientes fórmulas:

$$M = \text{densidad} * \text{volumen} \quad (4.34)$$

$$V = \pi * r^2 * h \quad (4.35)$$

$$W = M * g \quad (4.36)$$

El peso del eje desembobinador es el siguiente:

$$\text{Densidad} = 7.87 \text{ g/cm}^3$$

$$L = 120 \text{ cm}$$

Aplicando estos dos valores, la densidad total del eje es de 2.56 y el volumen del eje es igual a 617.66 cm^3 . Una vez encontrado este valor se puede calcular la masa del eje, que será igual a 480.98 gr. Y por último con todos los valores se puede calcular el peso del eje, que es igual 47637 gr.

Se realiza la misma operación para todos los ejes del sistema y una vez calculados, se suman y de esta manera se consigue el peso total de la máquina, que es igual a 27.9 Kg.

Los soportes de la máquina para la estructura serán de tornillos sin fin del largo correspondiente, por esta razón se realizará un análisis de flexión de los tornillos para ver el diámetro mínimo que deben tener para que no se doblen, y puedan aguantar el peso del equipo.

$$\text{Número de tornillos} = 3$$

$$\text{Peso total del equipo} = 28 \text{ Kg}$$

$$S_y \text{ de tornillos} = 32 \text{ kpsi}$$

$$\text{Factor de seguridad} = 3$$

$$\frac{F}{A_c} = \frac{S_y}{N}$$

$$F = \frac{Wt}{3} = \frac{28}{3} = 9.33$$

$$Ac = \frac{F * N}{Sy} = \frac{9.33 * 3}{32000} = 8.75 \times 10^{-4} \text{ pulg}$$

Con el valor redondeado obtenido del diámetro de tornillo es igual a 0.02 mm, significa que se puede utilizar un tornillo de cualquier diámetro, y por esto el diámetro de los tornillos serán de 12.5 mm cada uno.

4.3 DISEÑO ELÉCTRICO

El diseño eléctrico de esta máquina es sencillo ya que constará de la instalación del motor a un variador de velocidad, el mismo se lo conectará a la toma de luz para poder pasar corriente al motor y empezar el funcionamiento del prototipo.

El variador de velocidades nos permite ir graduando la velocidad del motor hasta obtener la correcta para el funcionamiento del prototipo. El variador que se construirá es para un motor de 110V, el cual no tenga un capacitor en su armazón ya que si es así el capacitor siempre estará cargado y no permitirá variar la frecuencia de funcionamiento del mismo.

Los materiales que se utilizan para esta construcción son los siguientes:

C1 = Capacitor 0.047 uF

C2 y C3 = Capacitores de 0.1uF

DIAC = 2 A y 250 mV

TRIAC = 25 A y 400 V

L1 = Bobina de bronce

R1 = Potenciómetro de 60 – 100 K ohm

R2 = Resistencias de 22 K ohm

En la figura 4.1 se puede observar el diagrama de construcción de este variador de velocidad.

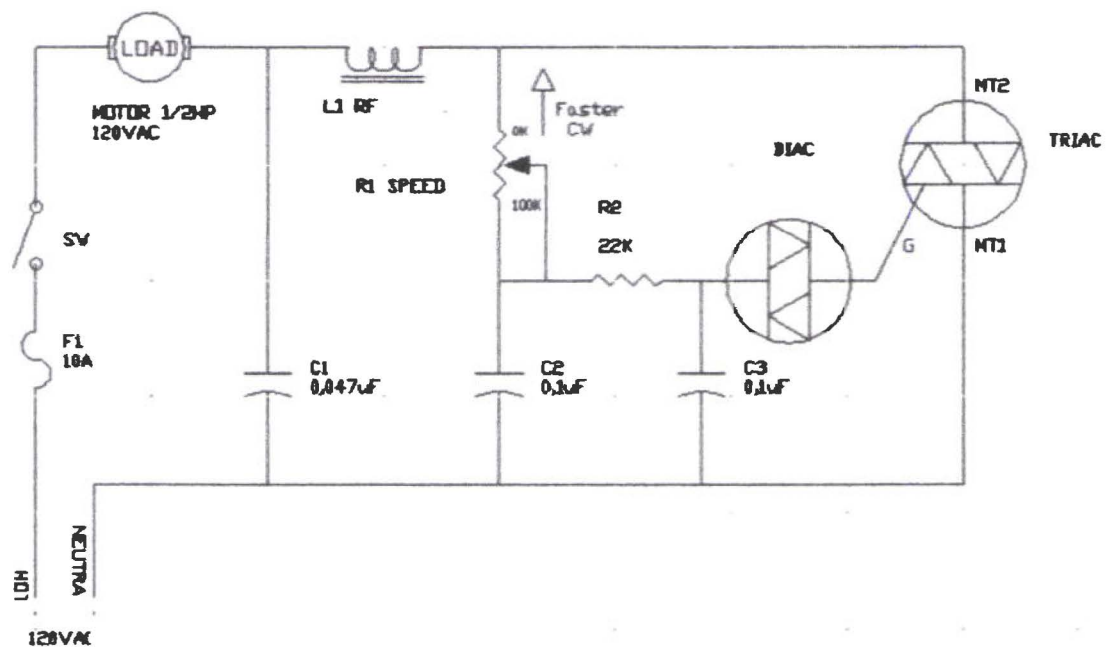


Figura 4.1 Diagrama Eléctrico de variador de velocidades

4.4 SISTEMAS DE CONTROL

El Sistema de control de este prototipo ayudará a tener control sobre la velocidad de funcionamiento de la máquina, asimismo sobre el número de metros de plástico que se han rebobinado.

4.4.1 Lector de Velocidad

El primer dispositivo de control será un lector de velocidades, el cual ayudará a ver la velocidad de funcionamiento de la máquina en metros por minutos. Está construido en base a microcontroladores. La velocidad promedio de este prototipo es de 25 m/min, por lo tanto si se observa en el LCD que no es la correcta se puede pasar directamente al variador y modificar la velocidad del motor hasta obtener la correcta.

Los materiales necesarios para la construcción de este dispositivo son los siguientes:

- LCD 2 X 16
- Resistencia de 10 ohm ,330 ohm , de 4.7 k ohm y de 1k ohm
- Potenciómetro de 10 K ohm
- Un eje independiente de giro con un disco de plástico
- Opto acoplador

En la figura 4.2se puede observar el diagrama de construcción de este dispositivo

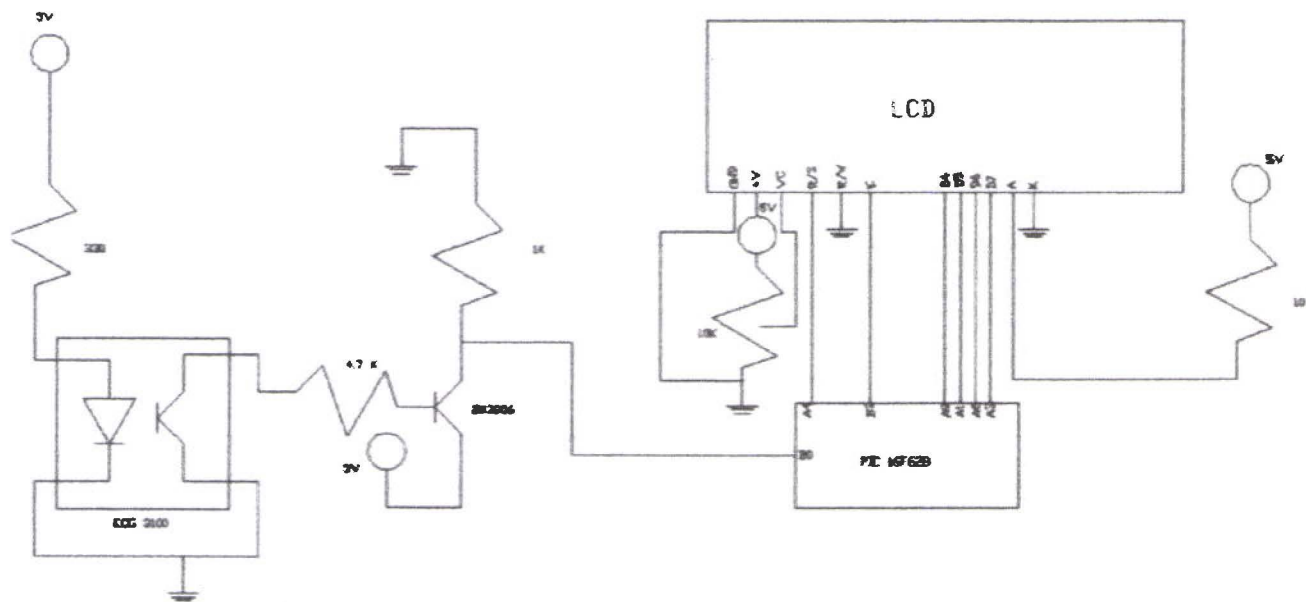


Figura 4.2 Diagrama Eléctrico de medidor de velocidad

La programación para este dispositivo es la siguiente y se encuentra en lenguaje Pic Basic.

- `CMCOM = 7` convierte los puertos en digitales
- `Vel VAR WORD` variables
- `Prog:`
- `COUNT portb. 0, 1000, vel` cuenta los pulsos en el Puertob,0
- `Vel = vel *60`
- `Vel = vel(2π)`

- $Vel = vel * 0.001$ calcula la velocidad en m/min
- `LCDOUT $fe, 1, "Velocidad "` Limpia el LCD y escribe
- `LCDOUT $fe.$c3, vel` imprime en el LCD la velocidad
- `GOTO prog`
- `END.`

4.4.2 Medidor de vueltas

El segundo dispositivo de control permite ir viendo en cuántos metros se encuentra el rollo rebobinador de plástico, para de esta manera saber cuándo se debe detener el motor para cambiar el core. Este dispositivo cuenta con un medidor de vueltas, un contador digital que se lo puede comprar y un sensor que permanentemente abierto. El funcionamiento de este dispositivo es el siguiente: El momento en el que el sensor detecta que la señal a sido interrumpida este produce un impulso el cual es detectado por el contador, que marca una vuelta. Se sabe que el radio del rodillo es de 1.75 pulgadas por lo tanto si aplicamos la siguiente fórmula para el perímetro se puede calcular cuantas vueltas debe dar el rodillo para completar 30m.

$$P = 2\pi r \quad (4.39)$$

Se obtiene que el perímetro del rodillo es de 10.99 pulgadas (280 mm). Se conoce que un rollo de stretch consta de 30 metros por lo tanto si se divide 30000mm. para 280mm. se obtiene el número de vueltas que debe marcar el contador para realizar el cambio que es igual a 107 vueltas

Capítulo V

PROCESOS DE CONSTRUCCIÓN.

5.1 PROCESOS IMPLÍCITOS EN LA CONSTRUCCIÓN:

Para la construcción del prototipo se involucraron algunos procesos de máquinas herramientas. A continuación se detallan los procesos más destacados y los más comunes para cualquier fabricación de piezas de Ingeniería o maquinaria: Torno, fresado, soldadura y taladrado. También es importante destacar la importancia de las tolerancias en la construcción de piezas, ya que estas son las que nos ayudan a montar y desmontar piezas con cierto grado de facilidad y ajuste.

5.1.1 Torno:

Se denomina torno a un conjunto de máquinas herramientas que permiten mecanizar piezas de forma geométrica de revolución. Operan haciendo girar la pieza a mecanizar, sujeta en el cabezal o fijada entre los puntos de centraje mientras una o varias herramientas de corte son empujadas en un movimiento regulado de avance contra la superficie de la pieza, cortando la viruta de acuerdo con las condiciones de mecanizado deseadas.

El torno es una máquina que trabaja en el plano porque sólo tiene dos ejes de trabajo, normalmente denominados Z y X. La herramienta de corte va montada sobre un carro que se desplaza sobre unas guías o rieles paralelos al eje de giro de la pieza que se torneá llamado eje Z; sobre este carro hay otro que se mueve en el eje X, en dirección radial a la pieza que se está tomeando, y puede haber un tercer carro llamado charriot que se puede inclinar, para hacer conos, y donde se apoya la portaherramientas. Cuando el carro principal desplaza la herramienta a

lo largo de la pieza, produce tomeados cilíndricos, y cuando el carro transversal se desplaza de forma perpendicular al eje de simetría de la pieza se realiza la operación denominada refrentado. Los tornos copiadores, automáticos y de Control Numérico llevan sistemas que permiten trabajar a los dos carros de forma simultánea, consiguiendo cilindrados cónicos y esféricos.

5.1.2 Fresado:

Una fresadora es una máquina herramienta utilizada para dar formas complejas a piezas de metal u otros materiales. También se le conoce como "ruteadora". Son máquinas que pueden ejecutar una gran cantidad de operaciones de mecanizado complejas como cortes de ranuras, planificación, perforaciones, encaminado, etc.

Dependiendo de la complejidad de la fresadora, puede o no tener un control numérico por computadora (CNC) el cual es capaz de recibir instrucciones para su operación automática.

Los movimientos en el trabajo realizado con una fresadora se basan en los planos cartesianos; en el caso sencillo de una fresadora manual, la acción será la de una vertical u horizontal, en una máquina más sofisticada, la dirección de movimientos puede ser combinada, aún en mayor cantidad de movimientos axiales, los cuales se subscriben a la regla de la mano derecha.

Su forma básica es la de un cortador rodante que gira en el eje vertical. El cortador se puede mover en tres dimensiones, lo puede hacer con diversas orientaciones con relación a la pieza a mecanizar. Esto contrasta con el taladro que sólo se puede mover en una dimensión mientras corta.

El movimiento a lo largo de la superficie de la pieza a mecanizar se lleva a cabo, generalmente, mediante una tabla móvil en la que se monta la

pieza a mecanizar, preparada así para moverse en dos dimensiones. Se puede operar las máquinas fresadoras tanto manualmente como mediante CNC (control numérico computarizado).

5.1.3 Soldadura:

La soldadura es un proceso de fabricación en donde se realiza la unión de dos materiales, usualmente logrado a través de la fusión. En esta las piezas son soldadas derritiendo ambas y agregando un material de relleno derretido, el cual tiene un punto de fusión menor al de la pieza a soldar; de esta manera se convierte en un charco de material fundido que al enfriarse, se convierte en un empalme fuerte. A veces la presión es usada conjuntamente con el calor, o por sí misma, para producir la soldadura.

Muchas fuentes de energía diferentes pueden ser usadas para la soldadura, incluyendo una llama de gas, arco eléctrico, láser, rayo de electrones, procesos de fricción o ultrasonido. La energía necesaria para formar la unión entre dos piezas de metal generalmente proviene de un arco eléctrico. La energía para soldaduras de fusión o termoplásticos generalmente proviene del contacto directo con una herramienta o un gas caliente.

Frecuentemente la soldadura es un proceso industrial pero puede ser hecha en muchos ambientes diferentes, incluyendo al aire libre, debajo del agua y en el espacio. Sin importar la localización, la soldadura sigue siendo peligrosa, y se deben tomar precauciones para evitar quemaduras, descarga eléctrica, humos venenosos y sobreexposición a la luz ultravioleta.

Las soldaduras pueden ser preparadas geométricamente de muchas maneras diferentes. Los cinco tipos básicos de uniones de soldadura son: por extremos, de regazo, de esquina, de borde, y la unión-T.

Para realizar una soldadura por arco eléctrico se induce una diferencia de potencial entre el electrodo y la pieza a soldar, con lo cual ioniza el aire entre ellos y pasa a ser conductor, de modo que se cierra el circuito y se crea el arco eléctrico. El calor del arco funde parcialmente el material de base y funde el material de aporte, el cual se deposita y crea el cordón de soldadura.

La soldadura por arco eléctrico es utilizada comúnmente debido a la facilidad de transportación y a la economía del proceso.

5.1.4 Taladrado:

De todos los procesos de mecanizado, el taladrado es considerado como uno de los más importantes debido a su amplio uso y facilidad de realización, puesto que es una de las operaciones de mecanizado más sencillas de realizar y que se hace necesario en la mayoría de componentes que se fabrican.

El taladro es la máquina herramienta donde se mecanizan la mayoría de los agujeros que se hacen a las piezas en los talleres mecánicos. Destacan estas máquinas por la sencillez de su manejo. Tienen dos movimientos: el de rotación de la broca que le imprime el motor eléctrico de la máquina a través de una transmisión por poleas y engranajes, y el de avance de penetración de la broca, que puede realizarse de forma manual sensitiva o de forma automática.

Se llama taladrar a la operación de mecanizado que tiene por objeto producir agujeros cilíndricos en una pieza cualquiera, utilizando como herramienta una broca. La operación de taladrar se puede hacer con un taladro portátil, con una máquina taladradora, en un torno, en una fresadora, en un centro de mecanizado CNC (control numérico computarizado).

5.1.5 Tolerancias:

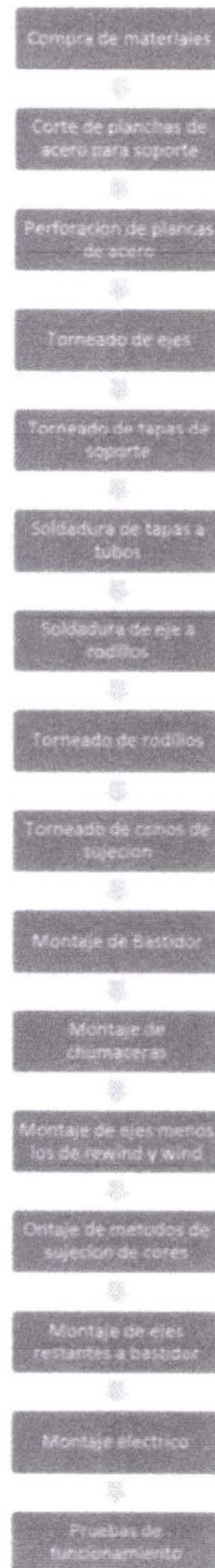
"La tolerancia es el margen permisible, en la dimensión nominal o el valor especificado de una pieza manufacturada."¹⁵ El propósito de una tolerancia es especificar un margen para las imperfecciones en la manufactura de una parte o un componente. Esto se debe a que las mediciones varían según el tipo de instrumento que se utiliza, la precisión de medición del instrumento, la habilidad de quien lee la medida, etc.

El valor de tolerancias para cada dimensión se determina a partir de una gama de tolerancias ó tablas de ajustes. El valor de tolerancia sea grande o chico se lo denomina calidad.

Existen tres tipos de tolerancias:

- Tolerancia por desviaciones: Respecto al valor nominal de una medida cuanto es la desviación que puede tener. Ejemplo: Si tenemos un valor nominal de 25 una posible desviación podría ser +/- 0.5. Por lo tanto la medida superior sería 25.5 y la inferior 24.5
- Por extremos o tolerancias por máximos y mínimos: Este tipo de tolerancias es muy impreciso ya que deja abierto muchos rangos de posibilidades. Ejemplo: Se necesita un eje con una longitud de 50 es decir la medida puede ser 54, 47, 49 etc.
- Tolerancias normalizadas: Se guía a partir de la línea de desviación referencia, y según esta línea se han determinado unas posiciones y dependiendo de la calidad con la que se debe trabajar se designan con caracteres alfa numéricos unos valores que tienen su valor de desviación ya tabulado. Ejemplo: Para un eje de 20 cm que va a ser maquinado se puede usar 20H5.

¹⁵ Vargas, Jaime, Ajustes Mecánicos. Pg.31



5.2 Diagrama de Flujo de construcción

Capítulo VI

PRUEBAS

Las pruebas de funcionamiento se las realizará en las instalaciones de Bixby Industrias. Donde será el sitio de trabajo final del prototipo. Y las pruebas que se realizarán serán las siguientes:

1. Verificar las conexiones eléctricas.
2. Encender el prototipo.
3. Verificar el correcto funcionamiento de los ejes y el sentido de giro de los mismos.
4. Cargar el prototipo con el rollo máximo de plástico que será desembobinado.
5. Verificar si el espacio libre entre rodillos es el correcto para al manipulación de la lámina.
6. Verificar el estado del plástico en cada uno de los rodillos.
7. Verificar el correcto rebobinado de plástico.
8. Verificar el tiempo que toma rebobinar un rollo de plástico de 30 m.
9. Verificar la velocidad de inicio de embobinado cada vez que se cambia un rollo para definir si el arranque es rápido o gradual. Comparar el comportamiento del plástico en cada caso.
10. Apagar el motor.
11. Encender el motor, volver a realizar otra corrida de rebobinado, tomar los tiempos de rebobinado y revisar sus características.

6.1 Primera Prueba:

Hoja de Verificación de Pruebas				
Paso	Prueba	Paso		Observaciones
		Si	No	
1	Verificar conexiones eléctricas	X		No se encontró ningún inconveniente
2	Encendido	X		El motor y los sistemas eléctricos arrancaron correctamente
3	Verificar funcionamiento y giro de ejes		X	El eje halador gira en sentido contrario
4	Cargar el prototipo	X		El eje y el prototipo soportaron el peso
5	Verificar el peso del plástico por los rodillos	X		Se puede pasar la lámina sin problemas
6	Verificar el estado del plástico	X		No se produjeron rasguños ni daños durante el paso de la lámina
7	Verificar el correcto rebobinado del plástico		X	Se produjeron arrugas ya que el eje halador estuvo parado
8	Verificar el tiempo que toma rebobinar		X	
9	Verificar la velocidad de inicio		X	
10	Apagado del prototipo		X	

Tabla 6.1 Hoja de verificación para prueba número 1

Luego de concluir la primera prueba se obtuvo como resultado, la necesidad de buscar un nuevo modo de transmitir el movimiento entre los ejes, para poder cambiar el sentido de giro de uno de ellos. Por esta razón se optó por fabricar dos engranes de seis pulgadas de diámetro, ya que los engranes nos permiten cambiar el sentido de giro de los ejes. Luego de esta modificación se procederá otra prueba de funcionamiento. No se pudo completar la prueba en su totalidad ni medir el tiempo total que toma rebobinar un rollo de plástico por las presencias de arrugas y el incorrecto funcionamiento del prototipo.

6.2 Segunda Prueba:

Hoja de Verificación de Pruebas				
Paso	Prueba	Paso		Observaciones
		Si	No	
1	Verificar conexiones eléctricas	X		No se encontró ningún inconveniente
2	Encendido	X		El motor y los sistemas eléctricos arrancaron correctamente
3	Verificar funcionamiento y giro de ejes	X		Todos los ejes giran en sentido correcto
4	Cargar el prototipo	X		El eje y el prototipo soportaron el peso
5	Verificar el peso del plástico por los rodillos	X		Se puede pasar la lámina sin problemas
6	Verificar el estado del plástico	X		No se produjeron rasguños ni daños durante el paso de la lámina
7	Verificar el correcto rebobinado del plástico		X	Se produjo una arruga en el core final
8	Verificar el tiempo que toma rebobinar	X		Se logra rebobinar 30 metros en menos de un minuto
9	Verificar la velocidad de inicio	X		La velocidad de arranque es lenta y aumenta gradualmente
10	Apagado del prototipo	X		El frenado es rápido el apagado del prototipo es correcto

Tabla 6.2 Hoja de verificación para prueba número 2

Luego de realizar el segundo set de pruebas, se descubrió que la velocidad de arranque de cada rollo es lenta y se debe tener una rampa de aceleración de 1-2 segundos antes de llegar a su velocidad final. Esto se debe a que si se tiene un arranque brusco se producen arrugas y estiramientos en la película plástica. La velocidad de frenado se la realiza en una rampa de desaceleración de 1 segundo, casi instantánea. Para eliminar esa arruga es necesario lograr frenar el rollo de stretch que se está desarrollando para lograr mantener la tensión. Ó también disminuir la velocidad de funcionamiento del prototipo, ya que con las primeas mediciones de velocidad se puede ver que se estaba corriendo a una velocidad de 60 metros por minuto, lo cual es demasiado rápido.

6.3 Tercera Prueba

Hoja de Verificación de Pruebas				
Paso	Prueba	Paso		Observaciones
		Si	No	
1	Verificar conexiones eléctricas.	X		No se encontró ningún inconveniente
2	Encendido.	X		El motor y los sistemas eléctricos arrancaron correctamente
3	Verificar funcionamiento y giro de ejes	X		Todos los ejes giran en sentido correcto
4	Cargar el prototipo	X		El eje y el prototipo soportaron el peso
5	Verificar el paso del plástico por los rodillos.	X		Se puede pasar la lámina sin problemas.
6	Verificar el estado del plástico	X		No se produjeron rasguños ni daños durante el paso de la lámina
7	Verificar el correcto rebobinado del plástico	X		No se produjeron arrugas ni daños en el embobinado final
8	Verificar el tiempo que toma rebobinar.	X		Se logra rebobinar 30 metros en menos de un minuto
9	Verificar la velocidad de inicio.	X		La velocidad de arranque es lenta y aumenta gradualmente
10	Apagado del prototipo	X		El frenado es rápido, el apagado del prototipo es correcto

Tabla 6.3 Hoja de Verificación para prueba número 3

Después de la tercera prueba se logró completar el correcto funcionamiento del prototipo, se obtuvo un resultado muy satisfactorio, y se puede concluir que sí se puede rebobinar este tipo de plástico con un rebobinadora relativamente sencilla; siempre y cuando se mantenga una velocidad menor a 25 metros por minuto, ya que pasada esta velocidad se producen arrugas y daños en el plástico. También se pudo concluir que le toma al prototipo que le toma aproximadamente al prototipo un minuto y medio el rebobinar los 30 metros de plástico que se estimaba lograr.

Capítulo VII

MANUALES

7.1 MANUAL DE USUARIO:

Debido a que este prototipo será operado por un tercero que no está familiarizado con el sistema, es necesario realizar un Manual del Usuario que esté sintetizado, pero que sea lo suficientemente claro para que cualquier operador pueda hacer que la máquina entre en funcionamiento de forma segura y sin riesgo de alterar ningún sistema.

El manual del usuario sólo se enfocará en el uso intrínseco del prototipo, es decir, no contendrá instrucciones sobre cómo se fabricaron las piezas o que procesos pasaron antes de llegar a ser utilizadas en el prototipo. También se incluirán recomendaciones y alertas especiales para poder reconocer cuando un sistema ha comenzado a fallar o cuando es necesario realizar mantenimiento correctivo. Es necesario que el operador encargado de poner en funcionamiento el prototipo siga estrictamente los pasos descritos en el Manual del Usuario; esto prolongará la vida útil de los sistemas de control, asegurará que el proceso sea correcto y que el producto final sea apropiado.

Previo a poner el prototipo en funcionamiento se deberá verificar que la bisagra de seguridad que sujeta el extremo del eje wind este cerrada y asegurada correctamente, al igual que los conos de sujeción del eje unwind. Luego de esto se puede proceder con los siguientes pasos del proceso de funcionamiento:

PROTOTIPO DE UN REBOBINADOR DE PLÁSTICO STRETCH FILM PARA ALIMENTOS		
MANUAL DE USUARIO		
PASO	ACTIVIDADES	OBSERVACIONES
1	Conectar todas las alimentaciones eléctricas 110 v. y las electrónicas a 5v.	Conectar todo al voltaje correcto para su funcionamiento y para que este en capacidad de operación
2	Encender la maquina en standby.	Deje a la maquina con todos los sistemas prendidos y listos para funcionar. Se enciende el switch del variador y luego el del motor
3	Cargar el rollo plástico que será desembobinado.	Es indispensable que se cargue el rollo con el filo apuntando hacia abajo ya que esta es la dirección que se debe seguir, asegurarse de lubricar las bases del eje.
4	Asegurar el rollo usando los conos de fijación	Este proceso es indispensable ya que si los conos no están bien ubicados y fijados al eje, el core patinara o no girará de manera correcta, lo que causara defectos de funcionamiento.
5	Cargar el core al cual el plástico será embobinado.	Es donde el nuevo rollo se formará,
6	Asegurar el core utilizando el método de sujeción con caucho.	Si el core no está bien apretado el eje girará pero el core no. Lo cual causara que no haya embobinamiento.
7	Cerrar la bisagra de seguridad y apretar.	Revisar que todo esté bien apretado ya que si no, el eje tendrá un cabeceo y se corre riesgo se que se rompa la lámina.
8	Pasar la lámina de plástico por todos los rodillos de manera correcta.	La lámina debe pasar por los rodillos como se indica en la fig. 7.1.
9	Poner pegante en el core a rebobinar.	Poner el pegante para asegurarse que la lámina de plástico se quede pegada al core cuando este gire.
10	Pegar la lámina al core (núcleo de cartón).	Se debe pegar la lámina de manera recta y por igual. Es importante que no se formen arrugas el momento de pegar la lámina, ya que esto dará un mal acabado al rollo final y el producto que no cumplirá con los parámetros deseados.
11	Verificar que el contador se encuentre en cero.	Siempre que se carga un rollo al prototipo o que se inicia una comida es necesario presionar el botón de RESET para encerrar el contador, para que no se produzcan fallos en el metraje final.
12	Poner en funcionamiento el motor.	El motor inicia a girar el momento en el que se acciona el embrague. Verificar que la velocidad sea de 25 m/min. Utilizando el LCD de control de

		manera contraria variar la velocidad con el variador.
13	Apagar el motor.	Cuando ya se terminó el embobinado se pone el motor en standby soltando el embrague y de esta manera se puede proceder a retirar el core lleno.
14	Retirar el core con el producto final.	Abrir el seguro del eje rebobinador, aflojar la tuerca que presiona la manguera de sujeción y remover el core lleno de la maquina.
15	Cargar un nuevo core.	Se carga un nuevo core vacío para repetir el funcionamiento desde el paso 9.
16	Apagar el prototipo.	Una vez terminado el trabajo es necesario apagar el prototipo y sacar todos los cores llenos o vacíos dependiendo el caso.
17	Limpieza.	Es indispensable limpiar la máquina terminado el día de trabajo como se indica en el manual de mantenimiento, para de esta manera dar más vida a sus componentes y cumplir con los requerimientos de limpieza de plástico para alimentos.

Tabla 7.1 Manual de Usuario

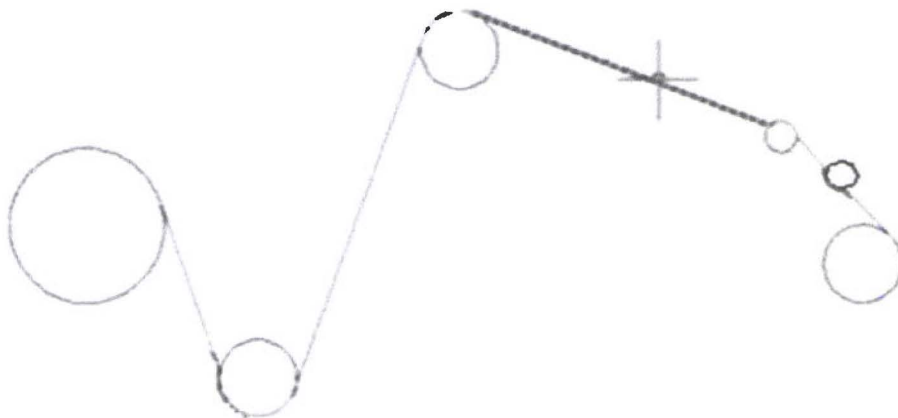


Fig.7.1 Modo en que el plástico debe pasar a través del prototipo para que este funcione de forma correcta

7.2 MANUAL DE MANTENIMIENTO:

Las operaciones de mantenimiento que deberán llevarse a cabo en el prototipo serán presentadas a manera de sinopsis. Si bien, estas actividades son las recomendadas para la prolongación de la vida útil del equipo, está abierta a modificaciones que representen cambios positivos en el proceso.

Dentro del mantenimiento del prototipo se debe poner énfasis en el cuidado de los sistemas de control, debido a que son éstos los que permiten que el proceso sea llevado a cabo, además de ser la parte más costosa del mismo.

Todas las actividades de mantenimiento, sin excepción, deberán ser realizadas solamente si los interruptores del prototipo se encuentran en la posición de OFF (apagado).

En caso de que se haya derramado agua sobre el panel o sistemas de control, se procederá a hacer lo siguiente:

- Verificar que todo interruptor se coloque en posición de OFF (apagado) y que no exista alimentación eléctrica de ningún tipo.
- Con el uso de un ventilador o secador de cabello a temperatura media se procederá a retirar el exceso de agua existente en la superficie de los elementos electrónicos.
- El prototipo deberá mantenerse fuera de funcionamiento por lo menos durante 48 horas.
- En caso de que el líquido derramado sea alcohol se esperarán 4 horas antes de poner al prototipo en funcionamiento.

Como se puede observar, fallas en el mantenimiento pueden producir no solamente retrasos en la producción sino también la pérdida total de elementos electrónicos.

PROTOTIPO DE UN REBOBINADOR DE PLÁSTICO STRETCH FILM PARA ALIMENTOS MANUAL DE MANTENIMIENTO SINOPSIS			
INTERVALO	LUGAR	MEDIO AUXILIAR	PROCEDIMIENTO
DIARIO	Rodillos	- Tela y Alcohol	Limpieza y desinfección de los rodillos después de cada uso. Mojar el trapo en alcohol. Mientras los ejes rotan, pasar el trapo de manera perpendicular y a lo largo de todo el rodillo.
		- Tela Seca	Con una tela secar el alcohol y quitar todas las manchas de los rodillos
	Máquina general	- Aire comprimido	Soplar toda la máquina con aire comprimido para eliminar polvo o desechos acumulados alrededor de la misma.
	Área de trabajo	- Aire comprimido	Soplar todos los desechos del área de trabajo para luego ser recogidos con una escoba.
MENSUAL	Rodillos	- Tela y alcohol	Limpieza y desinfección de los rodillos después de cada uso. Mojar el trapo en alcohol. Mientras los ejes rotan, pasar el trapo de manera perpendicular y a lo largo de todo el rodillo.
		- Visual	Revisar las condiciones físicas de los rodillos, en caso de daños cambiar el rodillo
	Bandas	- Aire Comprimido	Limpiar las bandas con aire comprimido para eliminar impurezas
		- Herramientas	Revisar la tensión de las bandas y de ser necesario apretarlas usando los tensores correspondientes.
	Máquina General	- Tela y gasolina	Mojar un trapo con gasolina y pasarlo a través de toda la estructura
		- Tela seca	Secar toda la máquina y de esta manera eliminar manchas u opacos causadas por la gasolina

SEMESTRAL	Bandas	- Cambio de bandas	Cambiar las bandas que ya cumplieron su vida útil o las que estén muy deterioradas
	Chumaceras	- Aire Comprimido	Soplar las chumaceras con aire para eliminar polvo o impurezas que se pudieran haber pegado a las mismas
		- Tela de limpieza	Pasar una tela de limpieza por todas las chumaceras para que queden totalmente limpias, de esta manera evitar que se piquen los rodamientos. Y así alargar la vida útil de las piezas.
		- Engrasadora	Engrasar las chumaceras por medio de los graseros
	Sistema Eléctrico y control	- Aire Comprimido	Soplar todos los componentes eléctricos y de control con aire NO TOCAR , inspeccionar visualmente por daños o rupturas en los mismos. Cambiar o reparar según lo necesario
	Máquina general	- Visual	Revisar las condiciones de la máquina, reparar lo que sea necesario y apretar todas las tuercas, tornillos, prisioneros, etc.

Tabla7.2 Manual de mantenimiento para el prototipo

Capítulo VIII

COSTOS

8.1 COSTOS DE CONSTRUCCIÓN:

El análisis de costos para este proyecto se lo hará desde cuatro aspectos fundamentales que son:

- Costo de materiales de construcción
- Costo de maquinado
- Costo de pruebas de funcionamiento
- Costo de Ingeniería

Luego de analizar estos cuatro costos, se dará el costo final del prototipo.

8.1.1 Costos de materiales:

Los costos de materiales se pueden dividir en dos categorías las de materiales eléctricos y la de materiales de construcción. El costo de los materiales eléctricos se pueden observar en la tabla 8.1, mientras que los de materiales de construcción se pueden encontrar en la tabla 8.2.

Material Eléctrico			
Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Costo Total \$
Motor Eléctrico	1	65	65
LCD 2 X 16	2	8,5	17
Regleta 40 Pines	1	0,75	1,5
Resistencia	8	0,03	0,24
Potenciómetro	2	0,4	0,8
Microcontrolador	2	3,95	7,9

Zócalo	2	0,15	0,3
Variador	1	45	45
Transistor PNP	2	0,2	0,4
TOTAL			138,14

Tabla 8.1 Material Eléctrico

Costo de materiales					
Descripción	Cantidad		Precio Unitario		Precio Total \$
Acero de transmisión 1"	18	Kg.	2,30	\$/m	30,50
Tubo Vapor	0,7	m.	28,18	\$/m	15,85
Acero transmisión 4"	16,8	Kg.	2,60	\$/m	35,50
Acero SKF 280	1,7	Kg.	4,27	\$/m	5,95
Polea 2 "	2	uni	1,91	\$	3,82
Polea 8"	1	uni	5,29	\$	5,29
Polea 3"	1	uni	2,98	\$	2,98
Polea 5"	1	Uni	4,40	\$	4,40
Polea 7"	1	uni	5,45	\$	5,45
Chumac. Pared 1"	9	uni	6,18	\$	55,62
Chumac. Pared 1.5"	1	uni	15,00	\$	9,88
Rodamiento bolas 15X28 cm	2	uni	0,73	\$	1,46
Chumac. Piso 1"	2	uni	5,35	\$	10,70
Chaveta 1010 cuadrada 1/4	0,07	Kg.	5,45	\$	0,38
Tapas Acero 6mm	2	uni	17,55	\$	35,10
Plancha Acero 6mm	1	uni	22,00	\$	22,00
Grlon 7"	2	uni	22,55	\$	45,10
Material de Ferretería				\$	38,50
Bandas	3	uni	6,05	\$	18,15
Manguera de 1,25 "	0,5	m.	4,60	\$	2,30
TOTAL					348,93

Tabla 8.2 Costo de materiales de construcción

8.1.2 Costo de Maquinado:

En la tabla 8.3 se podrá ver los costos de ensamblaje y maquinado del prototipo.

Costo de Fabricación			
Descripción	Precio Unitario	Cantidad	Costo Total \$
Tomeado	14 \$/h	18 Horas	252
Fresado	0,75 \$/diente	82 Dientes	60
Ensamblaje	10 \$/h	15 Horas	150
TOTAL			462

Tabla 8.3 Costos de maquinado

8.1.3 Costos de Pruebas:

Los costos de pruebas solamente constan del costo de comprar los rollos de plástico stretch con los cuales se realizarán las pruebas. Estos se venden a un precio de 2.80 dólares el kilo, por lo tanto como los rollos que se utilizaron son de 3 kilos el precio final del rollo fue de 9.40 incluido IVA. La cantidad de rollos que se utilizaron para realizar estas pruebas fueron dos por lo tanto los costos de pruebas fueron de 18.82 incluido IVA.

8.1. 4 Costos de Ingeniería:

El costo de ingeniería es de 1500 dólares y este proyecto espera realizarse en un período máximo de 2 meses lo cual quiere decir que el costo mensual de ingeniería es de 700 dólares.

El costo final del prototipo lo podemos obtener sumando los cuatro costos anteriores, esto se lo puede observar en la tabla 8.4 costos finales

Costo Total	
Materiales	487,07
Costo Mano de Obra	462
Costo Pruebas	18,81
Costo Ingeniería	1500
Costo Total	2467,88

Tabla 8.4 Costos finales

8.2 COSTO DE FABRICACIÓN DE ROLLO:

A continuación, se realiza un análisis rápido de cuánto nos costaría fabricar un rollo de stretch film, incluyendo costos directos e indirectos de fabricación.

Los costos directos de fabricación son: materia prima, sueldo del operario, energía eléctrica, costos de inversión en maquinaria y funda para el empaque.

Los costos indirectos de fabricación serían: papelería, transporte y teléfono,

A continuación se detalla los costos de cada uno de los elementos anteriores.

Se sabe que el rollo de 30 cm y 300 metros de stretch film cuesta \$ 5.60 incluido IVA, además sabemos que de cada uno de estos rollos podemos obtener 10 rollos de stretch para alimentos. Por lo tanto el costo que se carga a cada rollo es de \$ 0.56.

Cada core de cartón tiene un precio de \$ 0.03

El precio de la funda es de \$ 0.015

El costo del prototipo para iniciar la fabricación es de \$ 2467. Si se requiere que esta inversión sea recuperada en un año con una producción de 38400 rollos aproximadamente en un año, el valor que se le debería sumar al precio de estos sería de \$ 0.032.

El sueldo del operario sería aproximadamente de unos \$ 200 mensuales, si a éste le dividimos 3200 rollos que se producen en promedio al mes, el cargo a precio del rollo sería de \$ 0.06.

Los costos indirectos se los puede variar dependiendo los factores externos que rodeen a la empresa por lo tanto dando un estimado podemos decir que el costo que se le añadirá al rollo es de \$ 0.03.

Si se suman todos estos costos el precio final de producción de un rollo de este tipo es de \$ 0.73. Y de esta manera llegar al punto de equilibrio entre los costo de fabricación y el precio de venta del producto.

CAPITULO IX

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9.1 CONCLUSIONES:

1. En conclusión la hipótesis de la tesis si se cumplió satisfactoriamente y que luego de diseñar un prototipo sencillo, construirlo y realizando pruebas de funcionamiento, se logró rebobinar el plástico cumpliendo las siguientes condiciones:
 - Se logró rebobinar plástico stretch a una velocidad de 20 a 25 metros por minuto que es cercana a la meta propuesta de 30 m/minuto.
 - Se logró rebobinar el plástico cambiando el diámetro de los cores de 3.5 pulgadas y con pared de 6 milímetros a cores de 1.5 pulgadas de diámetro con pared de 2 milímetros.
 - Se logró el rebobinado de plástico sin la formación de arrugas en el mismo el cual permite obtener la apariencia correcta para la futura comercialización del producto.
2. Se tuvieron que realizar algunos cambios al diseño original como fueron el de diseñar y ensamblar un sistema de engranaje el cual hizo cambiar el sentido de giro de los ejes. También se añadió una etapa más de reducción de velocidades ya que el motor comprado no dio los resultados esperados, y de esta manera se logro completar satisfactoriamente el funcionamiento del prototipo.
3. Bajo las condiciones de fabricación de los componentes se concluye que el costo de inversión y fabricación de esta máquina es menos elevado que una importada, ya que los componentes se los puede encontrar o fabricar aquí solo con la ayuda de máquinas herramientas comunes como son: torno, suelda, fresa, etc.

4. El precio final de producción es competitivo para el mercado ya que es un costo relativamente bajo. Actualmente, el costo de estos rollos es de aproximadamente \$1.50, por lo tanto el producto genera una rentabilidad. La apariencia final de este rollo de stretch será en cores de cartón de 1.5 pulgadas de diámetro interno, el cual contiene 30 metros de plástico stretch film de 30 centímetros de longitud dentro de una funda plástica con todas las indicaciones correspondientes
5. Para lograr un mayor control sobre la tensión del film, la eliminación de arrugas fue necesario tener una velocidad de funcionamiento de máximo 25 metros por minuto, ya que si es superior causa que el film se arrugue y que la tensión sea inestable en las diferentes etapas de rebobinación.
6. Aunque un sistema de cadenas es muy eficiente para transmitir energía y movimiento, presenta un problema con el ruido que produce, además hubiera incrementado el precio de construcción del prototipo.
7. Aunque en el diseño de ejes se obtuvo que el prototipo funcionaría con ejes de una pulgada aproximadamente, en la realidad se hicieron rodillos de tres pulgadas y media, no por resistencia, sino por obtener un mayor control sobre las revoluciones por minuto y aumentar la vida útil de los rodamientos.
8. Cuando se diseña y se construye en el mayor número de los casos se podría entrar en procesos de rediseño, para de esta manera optimizar el prototipo y lograr los resultados deseados.

9.2 RECOMENDACIONES:

- Poner un motor individual sobre cada uno de los rodillos ya que de esta manera se logra un control más preciso y justo sobre cada etapa del rebobinado.
- Lubricar el punto de apoyo en el cual se asienta el rollo a desembobinar ya que el roce entre los dos metales causa desgaste en este punto.
- Diseñar un apoyo basándose en rodamientos el cual haga girar el eje sin ningún desgaste.

- Este prototipo siempre debe estar al final de la línea de producción ya que es la etapa final en el transformamiento de la materia prima para el producto final
- Cumplir con los requisitos de mantenimiento como son lubricación, cambio de bandas, limpieza como se indica en el manual de mantenimiento, para prevenir daños y el pronto envejecimiento del prototipo.
- No se recomiendan sobrecargar prototipo ya que esto pueda causar daños a los componentes o el incorrecto funcionamiento de los mismos.
- El momento de construir el prototipo se debe verificar el funcionamiento del mismo, comparándolo con lo establecido en los planos de diseño, de ser necesario rediseñar.
- Incluir los nuevos resultados, cambios y rediseños en el diseño original.

BIBLIOGRAFIA

1. Shigley, Joseph, Mishke Charles. DISEÑO EN ING. MECÁNICA, México , Mac Graw Hill, sexta edición, 2002
2. GRAINGER CATÁLOGO DE MÁQUINAS.
3. Bohler, CATÁLOGO DE ACEROS
4. Reyes, Carlos, MICROCONTROLADORES PIC, Quito Ecuador, Rispergraf, 2006
5. Vargas, Jaime. AJUSTE MECÁNICO, ESCUELA Politécnica Nacional, Quito
6. Kalpajian, Smchmid. MANUFACTURA,INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA, México, Prentice Hall, cuarta edición, 2002
7. Quantum. GUIA PARA LA EXTRUSIÓN DE PELICULAS DE POLIOLEFINA
8. SKF, CATÁLOGO GENERAL SKF
9. Film Estirable http://www.abc-pack.com/product_info.php/products_id/44?osCsid=dd5767289eb0c8be6e639dcb
10. Hollowrap machinery, <http://home2.btconnect.com/hollowrap/machinery.htm>
11. Máquinas industriales, <http://www.smartslitters.com/en/home.php4>
12. Perryvidex, Catálogo de maquinaria
13. Rockis. Gary, ELECTRICAL MOTORS CONTROLS, New York, ATP publications, tercera edición,2000
14. Apuntes cuadernos de la Universidad
15. Plastics tecnology: www.plastics.com
16. Rosato`s, PLASTICS ENCYCLOPEDIA AND DICTIONARY, Estados Unidos, Hanser, 1993

ANEXO 1

NORMA INEN COLOMBIANA

**PLÁSTICOS.
PELÍCULAS DE POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD
PARA EMPAQUES DE ALIMENTOS**

INEN
INSTITUTO ECUATORIANO
DE NORMALIZACIÓN
BIBLIOTECA

1. OBJETO

Esta norma establece los requisitos que deben cumplir las películas de polietileno de baja densidad en el intervalo de $910,0 \text{ kg/m}^3$ a 925 kg/m^3 para el empaque de alimentos.

2. DEFINICIONES Y CLASIFICACIÓN

2.1 DEFINICIONES

Para efectos de esta norma se establece la siguiente:

2.1.1 Películas de polietileno de baja densidad: aquellas que son obtenidas a partir de homopolímero de etileno, copolímero de etileno o una mezcla de éstas, de tal manera que cumpla con la densidad en un intervalo de $910,0 \text{ kg/m}^3$ - $925,0 \text{ kg/m}^3$.

2.2 CLASIFICACIÓN

Las películas se clasifican de acuerdo con la NTC 1007 (Primera actualización).

3. CONDICIONES GENERALES

3.1 APARIENCIA

Las películas deben estar libres de burbujas, de motas, de arrugas, de ojos de pescado, de partículas extrañas, de agujeros o de otros defectos que afecten su uso.

3.2 La película debe estar libre de agentes tóxicos o de contaminantes.

3.3 La película debe ser incolora (esencialmente sin color).

3.4 El ancho máximo de la lámina o el tubular abierto es de 3,00 m.

4. REQUISITOS

4.1 Las películas deberán cumplir con los requisitos físicos establecidos en los Capítulos 6, 7 y 8 de la NTC 1007, cuando se evalúen de acuerdo con el numeral 6.1.

4.2 REQUISITOS MICROBIOLÓGICOS

Quando se ensayen las películas para empaque de alimentos, según lo indicado en el numeral 6.2, el recuento total de bacterias aerobias mesófilas por área será máximo 10 gérmenes/100 cm².

El recuento de hongos y de levaduras no deberá ser mayor de 2/100 cm² con ausencia total de patógenos.

4.3 PERMEABILIDAD AL VAPOR DE AGUA

Quando se ensayen las películas para empaque, según lo indicado en el numeral 6.3, éstas deberán cumplir con los siguientes datos de permeabilidad:

Calibre 1: 8,1 g/m² /24 h a 30 °C y 85 % H.R.

Calibre 2: 2,5 g/m² /24 h a 30 °C y 85 % H.R.

Calibre 3: 2,0 g/m² /24 h a 30 °C y 85 % H.R.

Calibre 4: 1,3 g/m² /24 h a 30 °C y 85 % H.R.

5. TOMAS DE MUESTRAS Y CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O RECHAZO

Para efectos de esta norma se deberán establecer los siguientes planes de muestreo.

5.1 Para verificar la conformidad del lote con el requisito del numeral 4.2 la toma de muestras se deberá efectuar al azar de acuerdo con el plan indicado en la Tabla 1.

Tabla 1. Plan de muestreo (AQL = 4,0)

Tamaño del lote	Tamaño de la muestra	Ac	Re
2 a 1 200	3	0	1
1 201 y más	13	1	2

Plan de muestreo simple normal. Nivel de inspección especial S - 2.

5.1.1 Aceptación o rechazo

Si después de efectuar los ensayos respectivos, el número de muestras defectuosas encontradas es menor o igual al especificado en la columna Ac de la Tabla 1, se aceptará el lote. Si es igual o mayor al especificado en la columna Re de la misma tabla se rechazará el lote.

ANEXO 2

TABLA DE BANDAS

POWER TRANSMISSION

A, B, & C V-Belts and Accessories

A, B, and C V-Belts



1/2 X 5/16"



21/32 X 13/32"



7/8 X 17/32"

Nominal Length (In.)	RMA Belt No.*	Item No.	S Each	Shpg. Wt.	Nominal Length (In.)	RMA Belt No.*	Item No.	S Each	Shpg. Wt.	Nominal Length (In.)	RMA Belt No.*	Item No.	S Each	Shpg. Wt.	Nominal Length (In.)	RMA Belt No.*	Item No.	S Each	Shpg. Wt.
A Type (1/2" Top Width by 5/16" Thick)																			
28	A25	3X687	9.19	0.2	50	A48	3X472	12.85	0.3	71	A68	6L153	16.49	0.5	92	A50	3X631	21.26	
29	A27	6A139	9.23	0.2	51	A49	1A096	13.03	0.4	72	A70	6A151	16.51	0.5	93	A51	6L193	21.27	
30	A28	6A140	9.41	0.2	52	A50	3X546	13.15	0.4	73	A71	3X627	16.92	0.5	94	A52	6A152	22.24	
31	A29	6A141	9.49	0.2	53	A51	3X473	13.35	0.4	74	A72	5A292	17.01	0.5	95	A53	6L194	22.41	
32	A30	1A095	9.69	0.2	54	A52	3X782	13.45	0.4	75	A73	6L184	17.13	0.5	96	A54	6L195	22.61	
33	A31	3X654	9.53	0.3	55	A53	6X565	13.60	0.4	76	A74	5A293	17.26	0.5	97	A55	6L196	22.81	
34	A32	6A142	10.05	0.3	56	A54	3X700	13.80	0.4	77	A75	3X628	17.56	0.6	98	A56	3X632	23.11	
35	A33	5X955	10.16	0.2	57	A55	3X622	13.93	0.4	78	A76	6L185	17.79	0.5	99	A57	6L197	23.43	
36	A34	6A143	10.42	0.3	58	A56	3X704	14.17	0.4	79	A77	6L186	18.10	0.5	100	A58	6L190	23.84	
37	A35	3X620	10.52	0.3	59	A57	6A148	14.19	0.4	80	A78	6X570	18.36	0.5	101	A59	6L199	24.04	
38	A36	6A144	10.74	0.3	60	A58	3X547	14.44	0.4	81	A79	6L187	18.62	0.5	102	A60	6L200	24.25	
39	A37	6A145	11.04	0.3	61	A59	6A149	14.58	0.4	82	A80	3X629	18.90	0.6	103	A61	3X351	25.25	
40	A38	3X545	11.26	0.3	62	A60	3X523	14.72	0.4	83	A81	6L188	19.14	0.6	104	A62	6L201	25.25	
41	A39	6A146	11.42	0.3	63	A61	6A150	14.94	0.5	84	A82	6L189	19.42	0.6	105	A63	3X352	25.26	
42	A40	1A109	11.57	0.3	64	A62	3X624	15.07	0.4	85	A83	6L190	19.77	0.6	106	A64	3X371	26.35	
43	A41	1A100	11.74	0.5	65	A63	5A290	15.26	0.4	86	A84	5A294	20.01	0.6	107	A65	3X633	27.25	
44	A42	3X521	12.83	0.3	66	A64	3X625	15.41	0.4	87	A85	3X630	20.32	0.6	108	A66	6L202	27.60	
45	A43	3X659	12.90	0.3	67	A65	5A291	15.55	0.5	88	A86	6L318	20.50	0.6	109	A67	6L203	28.75	
46	A44	6A147	12.38	0.3	68	A66	6X569	15.74	0.4	89	A87	6L191	20.91	0.5	110	A68	6L204	31.31	
47	A45	1A105	12.56	0.3	69	A67	6L182	16.02	0.5	90	A88	5A295	21.17	0.6	111	A69	6L205	41.15	
48	A46	3X471	12.56	0.5	70	A68	3X626	16.07	0.4	91	A89	6L192	21.43	0.6	112	A70	6L206	45.95	
49	A47	1A098	12.72	0.4															
B Type (21/32" Top Width by 13/32" Thick)																			
51	B28	6A207	12.17	0.3	57	B54	6X675	20.13	0.6	83	B83	5X476	27.10	0.9	115	B112	3X352	33.21	
52	B29	6A208	12.46	0.3	58	B55	3X612	20.32	0.6	84	B84	3X645	27.45	0.9	116	B113	6A167	38.48	
53	B30	1A103	12.72	0.4	59	B56	6X676	20.46	0.7	85	B85	1A101	28.20	0.9	117	B114	3X354	40.35	
54	B31	6L209	13.83	0.4	60	B57	3X706	20.68	0.6	86	B86	3X646	28.55	0.9	118	B115	6A168	41.60	
55	B32	6A163	13.26	0.4	61	B58	6X998	20.71	0.6	87	B87	6A162	28.60	0.9	119	B116	3X372	42.25	
56	B33	1A099	13.50	0.4	62	B59	1A100	20.91	0.7	88	B88	3X647	28.90	0.9	120	B117	6A169	45.35	
57	B34	6A154	13.72	0.4	63	B60	3X639	20.97	0.7	89	B89	6A163	29.15	0.9	121	B118	5X483	41.65	
58	B35	3X534	14.00	0.4	64	B61	1A104	21.32	0.7	90	B90	6A164	29.35	0.9	122	B119	6A160	41.25	
59	B36	6A155	14.44	0.4	65	B62	3X513	21.58	0.7	91	B91	3X701	29.70	0.9	123	B120	3X651	48.10	
60	B37	6L210	14.95	0.4	66	B63	3X703	21.88	0.7	92	B92	6L212	30.10	0.9	124	B121	6A219	50.00	
61	B38	3X635	15.47	0.4	67	B64	3X614	22.10	0.7	93	B93	3X648	30.45	0.9	125	B122	6L220	50.85	
62	B39	6L211	15.74	0.4	68	B65	6X999	22.47	0.8	94	B94	6L213	30.70	0.9	126	B123	6L221	51.71	
63	B40	3X698	16.07	0.5	69	B66	3X640	22.67	0.7	95	B95	6A165	31.25	1.0	127	B124	3X374	52.90	
64	B41	6A156	16.49	0.5	70	B67	6A157	22.89	0.8	96	B96	5X477	31.90	1.0	128	B125	6A170	55.00	
65	B42	3X636	16.84	0.5	71	B68	3X541	23.11	0.7	97	B97	6L214	32.25	1.0	129	B126	5X484	57.75	
66	B43	1A107	17.13	0.5	72	B69	1A102	23.43	0.7	98	B98	5X478	32.70	1.0	130	B127	6A171	60.25	
67	B44	6X571	17.54	0.5	73	B70	5X475	23.71	0.6	99	B99	5X479	33.00	1.0	131	B128	6L222	61.75	
68	B45	1A094	17.85	0.5	74	B71	3X642	24.02	0.7	100	B01	3X649	33.35	1.0	132	B129	6A172	65.61	
69	B46	3X637	18.21	0.5	75	B72	3X615	24.26	0.8	101	B02	6L215	33.50	1.0	133	B130	5L223	66.55	
70	B47	1A106	18.50	0.6	76	B73	3X705	24.61	0.8	102	B03	6A166	33.65	1.0	134	B131	6L224	70.45	
71	B48	3X474	18.80	0.6	77	B74	6A158	24.95	0.8	103	B04	5X480	34.05	1.2	135	B132	6L225	74.85	
72	B49	1A097	19.08	0.6	78	B75	3X643	25.25	0.8	104	B05	6L216	34.25	1.2	136	B133	6L226	78.80	
73	B50	3X475	19.38	0.5	79	B76	6A159	25.60	0.8	105	B06	5X481	34.80	1.3	137	B134	6L227	84.85	
74	B51	3X638	19.62	0.8	80	B77	6A160	26.05	0.8	106	B07	6L217	35.30	1.2	138	B135	6L228	91.85	
75	B52	6X674	19.83	0.6	81	B78	3X644	26.35	0.8	107	B08	5X482	36.70	1.3					
76	B53	3X511	19.96	0.6	82	B79	6A161	26.70	0.8	108	B09	6L217	37.50	1.3					
C Type (7/8" Top Width by 17/32" Thick)																			
85	C51	4FJ14	22.61	0.9	103	C86	4FJ23	42.20	1.8	121	C190	4FH89	52.45	2.5	184	C183	4FH90	71.05	
86	C52	4FJ15	24.36	1.0	104	C87	4FJ24	42.65	1.8	122	C191	4FH90	54.20	2.5	185	C184	4FH91	84.00	
87	C53	4FJ16	26.65	1.1	105	C88	4FJ25	43.45	1.8	123	C192	4FH91	55.75	2.4	186	C185	4FH92	97.40	
88	C54	4FJ17	30.10	1.3	106	C100	4FH83	43.85	1.9	140	C193	4FH92	59.25	2.5	227	C205	4FJ02	97.40	
89	C55	4FJ18	31.90	1.3	107	C101	4FH84	45.95	1.9	143	C144	4FH93	62.70	2.7	242	C249	4FJ03	103.75	
90	C56	4FJ19	33.20	1.3	112	C108	4FH85	47.25	2.0	144	C189	4FH94	65.35	2.7	267	C265	4FJ04	113.31	
91	C57	4FJ20	35.70	1.6	113	C109	4FH86	47.75	2.0	147	C195	4FH95	68.75	2.9					
92	C58	4FJ21	37.50	1.6	116	C112	4FH87	49.10	2.1	166	C192	4FH96	70.45	3.0					
93	C59	4FJ22	39.65	1.7	119	C115	4FH88	50.25	2.1	172	C173	4FH97	75.15	3.2					

(* Manufactured to tolerances set by the RMA (Rubber Manufacturers' Association).

V-Belt Accessories



No. 3HX33 Tension Checker



No. 3HX32 Belt Rule



No. 2X907 Belt Rack

TENSION CHECKER

Indicates tension on all V-belt drives (3L, 4L, 5L, A, B, C, D, 3V, 5V, and 8V). Compact, spring-loaded design. Adjustable for 10' to 170' belt span and up to 35 lbs. of tension.

Description	Item No.	S Each	Shpg. Wt.
V-Belt Tension Checker	3HX33	22.75	0.9
V-Belt Rule	3HX32	31.25	2.0
V-Belt Rack	2X907	9.56	2.0

ANEXO 3

TABLAS DE DISEÑO DE POLEAS

Sección de banda	Diámetro de paso de polea, pulg	Velocidad de la banda, ft/min				
		1 000	2 000	3 000	4 000	5 000
A	2.6	0.47	0.62	0.53	0.15	
	3.0	0.66	1.01	1.12	0.93	0.38
	3.4	0.81	1.31	1.57	1.53	1.12
	3.8	0.93	1.55	1.92	2.00	1.71
	4.2	1.03	1.74	2.20	2.38	2.19
	4.6	1.11	1.89	2.44	2.69	2.58
	5.0 y mayor	1.17	2.03	2.64	2.96	2.89
B	4.2	1.07	1.58	1.68	1.26	0.22
	4.6	1.27	1.99	2.29	2.08	1.24
	5.0	1.44	2.33	2.80	2.76	2.10
	5.4	1.59	2.62	3.24	3.34	2.82
	5.8	1.72	2.87	3.61	3.85	3.45
	6.2	1.82	3.09	3.94	4.28	4.00
	6.6	1.92	3.29	4.23	4.67	4.48
7.0 y mayor	2.01	3.46	4.49	5.01	4.90	
C	6.0	1.84	2.66	2.72	1.87	
	7.0	2.48	3.94	4.64	4.44	3.12
	8.0	2.96	4.90	6.09	6.36	5.52
	9.0	3.34	5.65	7.21	7.86	7.39
	10.0	3.64	6.25	8.11	9.06	8.89
	11.0	3.88	6.74	8.84	10.0	10.1
	12.0 y mayor	4.09	7.15	9.46	10.9	11.1
D	10.0	4.14	6.13	6.55	5.09	1.35
	11.0	5.00	7.83	9.11	8.50	5.62
	12.0	5.71	9.26	11.2	11.4	9.18
	13.0	6.31	10.5	13.0	13.8	12.2
	14.0	6.82	11.5	14.6	15.8	14.8
	15.0	7.27	12.4	15.9	17.6	17.0
	16.0	7.66	13.2	17.1	19.2	19.0
17.0 y mayor	8.01	13.9	18.1	20.6	20.7	
E	16.0	8.68	14.0	17.5	18.1	15.3
	18.0	9.92	16.7	21.2	23.0	21.5
	20.0	10.9	18.7	24.2	26.9	26.4
	22.0	11.7	20.3	26.6	30.2	30.5
	24.0	12.4	21.6	28.6	32.9	33.8
	26.0	13.0	22.8	30.3	35.1	36.7
	28.0 y mayor	13.4	23.7	31.8	37.1	39.1

donde D = diámetro de paso de la polea mayor

d = diámetro de paso de la polea menor

En el caso de bandas planas, casi no hay límite para la distancia entre centros. Las grandes distancias entre centros no se recomiendan para bandas en V porque la vibración excesiva del lado flojo disminuirá la vida de la banda. En general, la distancia entre centros no deberá ser mayor que tres veces la suma de los diámetros de la polea y no debe ser menor que el diámetro de la polea mayor. Las bandas en V de tipo de eslabón experimentan menos vibraciones, debido al mejor equilibrio; así que se pueden usar con distancias entre centros más grandes.

La base para las clasificaciones de potencia de las bandas en V depende en cierto grado de los fabricantes; con frecuencia no se menciona de manera cuantitativa en la literatura de los distribuidores, pero se puede obtener de ellos. Algunas bases son un número de horas, por ejemplo 24 000 o una vida de 10^5 o 10^7 pasadas de la banda. Como

ANEXO 4

TABLAS DE DISEÑO 17-13,17-14, 1715

Tabla 17-13

Factor de corrección del ángulo de contacto K_1 para transmisiones de banda plana VV* y en V

$\frac{D-d}{C}$	θ , grados	K_1	
		VV	Plana en V
0.00	180	1.00	0.75
0.10	174.3	0.99	0.76
0.20	166.5	0.97	0.78
0.30	162.7	0.96	0.79
0.40	156.9	0.94	0.80
0.50	151.0	0.93	0.81
0.60	145.1	0.91	0.83
0.70	139.0	0.89	0.84
0.80	132.8	0.87	0.85
0.90	126.5	0.85	0.85
1.00	120.0	0.82	0.82
1.10	113.3	0.80	0.80
1.20	106.3	0.77	0.77
1.30	98.9	0.73	0.73
1.40	91.1	0.70	0.70
1.50	82.8	0.65	0.65

* Un ajuste de curva para la columna VV en términos de θ es

$$K_1 = 0.143\ 543 + 0.007\ 468\ \theta - 0.000\ 015\ 052\ \theta^2$$

en el intervalo $90^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$.

Tabla 17-14

Factor de corrección de longitud de banda K_2

Factor de longitud	Longitud nominal de la banda, pulg				
	Bandas A	Bandas B	Bandas C	Bandas D	Bandas E
0.85	Hasta 35	Hasta 46	Hasta 75	Hasta 128	Hasta 192
0.90	38-46	48-60	81-96	144-162	Hasta 192
0.95	48-55	62-75	105-120	173-210	210-240
1.00	60-75	78-97	128-158	240	270-300
1.05	78-90	105-120	162-195	270-330	330-390
1.10	96-112	128-144	210-240	360-420	420-480
1.15	120 y mayor	158-180	270-300	480	540-600
1.20		195 y mayor	330 y mayor	540 y mayor	660

* Multiplique la potencia nominal de banda por este factor para obtener la potencia corregida.

Tabla 17-15

Factores de servicio sugeridos K_s para transmisiones de banda en V

Maquinaria impulsada	Fuente de potencia	
	Característica de par de torsión normal	Par de torsión alto o no uniforme
Uniforme	1.0 a 1.2	1.1 a 1.3
Impacto ligero	1.1 a 1.3	1.2 a 1.4
Impacto medio	1.2 a 1.4	1.4 a 1.6
Impacto pesado	1.3 a 1.5	1.5 a 1.8

el número de bandas debe ser entero, un juego de banda subdimensionada que se monta mediante una banda, se sobredimensiona de manera sustancial.

ANEXO 5

TABLAS DE DISEÑO 17-16, 17-17

17-16

parámetros de
en V*

Sección de banda	K_b	K_c
A	220	0.561
B	576	0.965
C	1 600	1.716
D	5 680	3.498
E	10 850	5.041
3V	230	0.425
5V	1 098	1.217
8V	4 830	3.288

* Datos cortesía de Gates Rubber Co., Denver, Co.

17-17

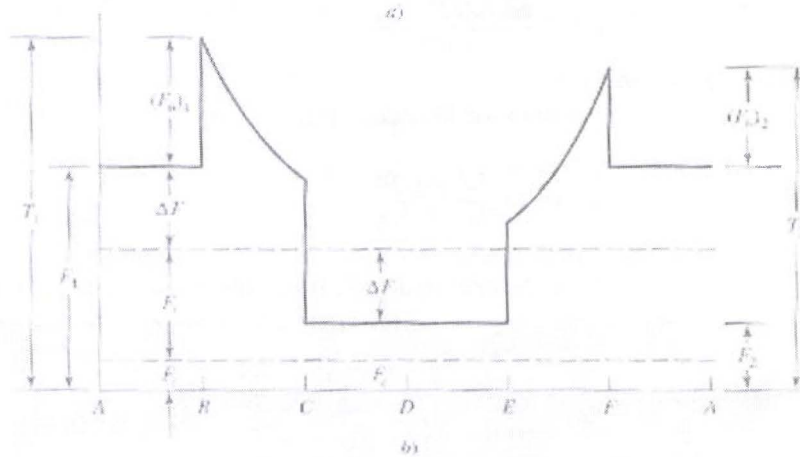
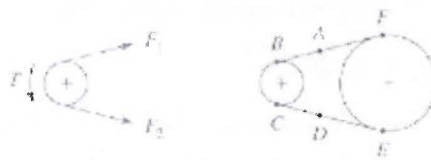
os de durabilidad
as secciones de
-V

Spots, Design of
ments, 6a. ed., Prentice
ad Cliffs, Nueva Jersey.

Sección de banda	10 ⁸ a 10 ⁹ picos de fuerza		10 ⁹ a 10 ¹⁰ picos de fuerza		Diámetro mínimo de polea, pulg
	K	b	K	b	
A	674	11.089			3.0
B	1 193	10.926			5.0
C	2 038	11.173			8.5
D	4 208	11.105			13.0
E	6 061	11.100			21.6
3V	728	12.464	1 062	10.153	2.65
5V	1 654	12.593	2 394	10.283	7.1
8V	3 638	12.629	5 253	10.319	12.5

17-14

onda en V.



La clasificación, ya sea en términos de horas o pasadas de banda, se da para una banda que opera en poleas de diámetros iguales (cobertura de 180°), de longitud moderada y que transmite una carga constante. Las desviaciones de estas condiciones de prueba de laboratorio se reconocen mediante un ajuste multiplicativo. Si la potencia tabulada para una banda de sección C es 9.42 hp, para una polea de diámetro de 12 pulg a una

ANEXO 6

**HOJAS DE ESPECIFICACIONES DE
METALES**

BÖHLER E 920 TRANSMISIÓN



Tipo de aleación: C 0.18 Si 0.25 Mn 0.70 %

Color de identificación: Naranja
 Estado de suministro: Treflado h 11

AIS: 1018
DN ---
No Mat ---

PROPIEDADES:

Acero para cementación no aleado para piezas pequeñas exigidas principalmente al desgaste, donde la tenacidad del núcleo no sea importante. Buena soldabilidad.

EMPLEO:

Para la construcción de levas uniones, bujes, pines, pivotes, partes prensadas o troqueladas, pernos grado 2, ejes de transmisión con baja exigencia la torque.

TRATAMIENTO TÉRMICO:

Recocido:	650 - 700 °C
Normalizado:	800 - 820 °C
Cementación:	880 - 920 °C
Temple:	770 - 800 °C
Dureza obtenible:	
En el núcleo:	25 HRC
En la capa cementada:	55 - 60 HRC
Revenido:	150 - 200 °C

PROPIEDADES MECÁNICAS EN ESTADO RECOCIDO

Dureza Brinell	Resistencia a la tracción (N/mm²)	Resistencia a la tracción (ksi)	Resistencia a la tracción (MPa)	Resistencia a la tracción (ksi)	Resistencia a la tracción (MPa)	Resistencia a la tracción (ksi)	Resistencia a la tracción (MPa)	Resistencia a la tracción (ksi)
143 min	235	410-520	20	19	45	31	24	450-620

SOLDADURA DE UNIÓN O REPARACIÓN

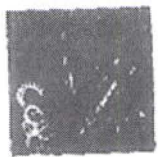
Electrodo recomendado: UTP 7018

Sin precalentamiento y enfriamiento lento después de soldar.

MEDIDAS EN STOCK:

E 920	redondo	6.40	0.25
E 920	redondo	7.90	0.39
E 920	redondo	7.94	0.39
E 920	redondo	9.50	0.56
E 920	redondo	12.70	1.00
E 920	redondo	14.30	1.27
E 920	redondo	15.90	1.57
E 920	redondo	22.20	3.06
E 920	redondo	28.60	5.08
E 920	redondo	31.80	6.27
E 920	redondo	34.90	7.56
E 920	redondo	38.10	9.01
E 920	redondo	41.30	10.58
E 920	redondo	44.50	12.29
E 920	redondo	50.80	16.01
E 920	redondo	57.20	20.30
E 920	redondo	60.30	22.56
E 920	redondo	63.50	25.02
E 920	redondo	69.90	30.32
E 920	redondo	82.55	42.28
E 920	redondo	82.60	42.33
E 920	redondo	88.90	49.04
E 920	redondo	101.60	64.05
E 920	redondo	114.30	81.06
E 920	redondo	127.00	100.07
E 920	redondo	139.70	121.09
E 920	redondo	152.30	143.92
E 920	redondo	152.40	144.11

BARRA PERFORADA



Tipo de aleación: C 0.22 Si 0.35 Mn 1.60 V 0.12 %
 Color de identificación: Azul
 Estado de suministro: Recocido 170 HB

1	AIISI	---
2	DIN	---
3	No. Mat.	---

PROPIEDADES:

Acero para cementación de mayor resistencia mecánica en estado de suministro que otros aceros de bajo carbono por su microaleación de vanadio, tratado con aluminio, de grano fino y baja aleación, con características de maquinado y de soldadura comparables a los aceros convencionales. Puede ser bonificado.

EMPLEO:

Para elementos de maquinaria como bocines, piñones, cuerpos de bombas, anillos, separadores, casquillos de protección, bujes, ejes, rodillos, accesorios de perforación de pozos de petróleo.

TRATAMIENTO TÉRMICO:

Recocido:	550 - 730 °C
Distensionado:	670 °C
Temple:	850 - 950 °C
Revenido:	150 - 200 °C

PROPIEDADES MECÁNICAS

Propiedades Mecánicas		
Límite Rotura Máximo Rm		N/mm² 650/800
Límite elástico Rp 0.2 mB	Espesor de pared < 16mm > 16-20mm > 30mm	N/mm² 460 500 620
Elongación A 5 mm 5.65V 5e		18%
Dureza		200 - 240 HB

TOLERANCIAS

Diámetro exterior	< 75mm + 1.00mm - 0 75 - 100mm + 1.20mm - 0 > 100mm + 1.40% - 0	< 45mm + 0.25mm - 0 > 45mm + 0.30mm - 0
Pared	Espesor mínimo no mayor a 5% debajo del espesor nominal	Espesor mínimo no mayor a 5% debajo del espesor nominal
Rectitud	1 en 1000 medido sobre el largo total	1 en 1500 medido sobre el largo total

SOLDADURA DE UNIÓN O REPARACIÓN

Electrodo recomendado: UTP 6020
 Precalentamiento: 120 °C
 Post-calentamiento: recocido a 600 °C

MEDIDAS EN STOCK:

Barra Perf. redondo	32.00	16.00	4.77
Barra Perf. redondo	32.00	20.00	3.87
Barra Perf. redondo	36.00	16.00	6.45
Barra Perf. redondo	36.00	20.00	5.56
Barra Perf. redondo	40.00	20.00	7.45
Barra Perf. redondo	50.00	25.00	11.63
Barra Perf. redondo	50.00	32.00	9.16
Barra Perf. redondo	50.00	36.00	7.47
Barra Perf. redondo	56.00	28.00	14.59
Barra Perf. redondo	63.00	32.00	18.27
Barra Perf. redondo	63.00	33.00	17.87
Barra Perf. redondo	63.00	40.00	14.70
Barra Perf. redondo	71.00	36.00	23.24
Barra Perf. redondo	71.00	45.00	18.71
Barra Perf. redondo	71.00	56.00	11.82
Barra Perf. redondo	75.00	40.00	24.97
Barra Perf. redondo	75.00	45.00	22.34
Barra Perf. redondo	75.00	50.00	19.39
Barra Perf. redondo	75.00	56.00	15.44
Barra Perf. redondo	80.00	40.00	29.78
Barra Perf. redondo	80.00	45.00	27.15
Barra Perf. redondo	80.00	50.00	24.20
Barra Perf. redondo	80.00	63.00	15.08
Barra Perf. redondo	85.00	45.00	32.26
Barra Perf. redondo	85.00	55.00	26.06
Barra Perf. redondo	90.00	50.00	34.75
Barra Perf. redondo	90.00	56.00	30.80
Barra Perf. redondo	95.00	56.00	36.54
Barra Perf. redondo	95.00	63.00	31.37
Barra Perf. redondo	95.00	67.00	28.14
Barra Perf. redondo	100.00	56.00	42.59
Barra Perf. redondo	100.00	63.00	37.42
Barra Perf. redondo	100.00	80.00	22.34
Barra Perf. redondo	106.00	56.00	50.26
Barra Perf. redondo	106.00	63.00	45.09
Barra Perf. redondo	106.00	71.00	38.44
Barra Perf. redondo	106.00	80.00	30.01
Barra Perf. redondo	112.00	63.00	53.20
Barra Perf. redondo	112.00	90.00	27.57
Barra Perf. redondo	118.00	63.00	61.77
Barra Perf. redondo	118.00	80.00	46.68
Barra Perf. redondo	125.00	71.00	65.67
Barra Perf. redondo	125.00	90.00	46.69
Barra Perf. redondo	132.00	71.00	76.83
Barra Perf. redondo	132.00	106.00	38.39
Barra Perf. redondo	140.00	80.00	81.90
Barra Perf. redondo	150.00	80.00	99.90
Barra Perf. redondo	160.00	90.00	108.58
Barra Perf. redondo	160.00	112.00	81.01
Barra Perf. redondo	170.00	118.00	92.52
Barra Perf. redondo	180.00	112.00	123.20
Barra Perf. redondo	180.00	125.00	104.08
Barra Perf. redondo	200.00	140.00	126.58
Barra Perf. redondo	203.00	187.00	38.72
Barra Perf. redondo	212.00	170.00	99.55
Barra Perf. redondo	224.00	180.00	110.29
Barra Perf. redondo	236.00	190.00	121.59
Barra Perf. redondo	250.00	150.00	248.19
Barra Perf. redondo	250.00	180.00	186.76
Barra Perf. redondo	250.00	200.00	139.60

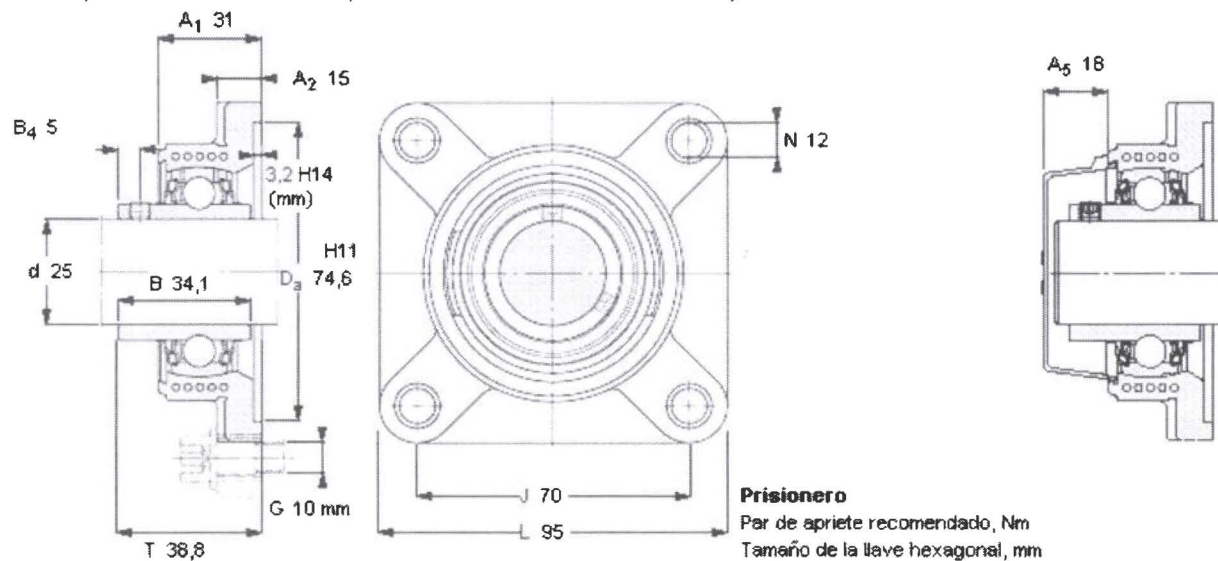
ANEXO 7

DIAGRAMA DE RODAMIENTOS

Diagrama de un Rodamiento

Soportes de brida con rodamientos Y, Y-TECH, soporte cuadrado, prisionero

Dimensiones					Capacidades de carga		Velocidad	Masa	Designaciones		
d	A ₁	J	L	T	C	C ₀	límite con eje de tolerancia h6		Unidad de rodamiento	Soporte	Rodamiento
mm					kN		rpm	kg	-		
25	31	70	95	38,8	14	7,8	4300	0,33	FYK 25 TR	FYK 505	YAR 205-2RF



Prisionero
 Par de apriete recomendado, Nm
 Tamaño de la llave hexagonal, mm
Tapa

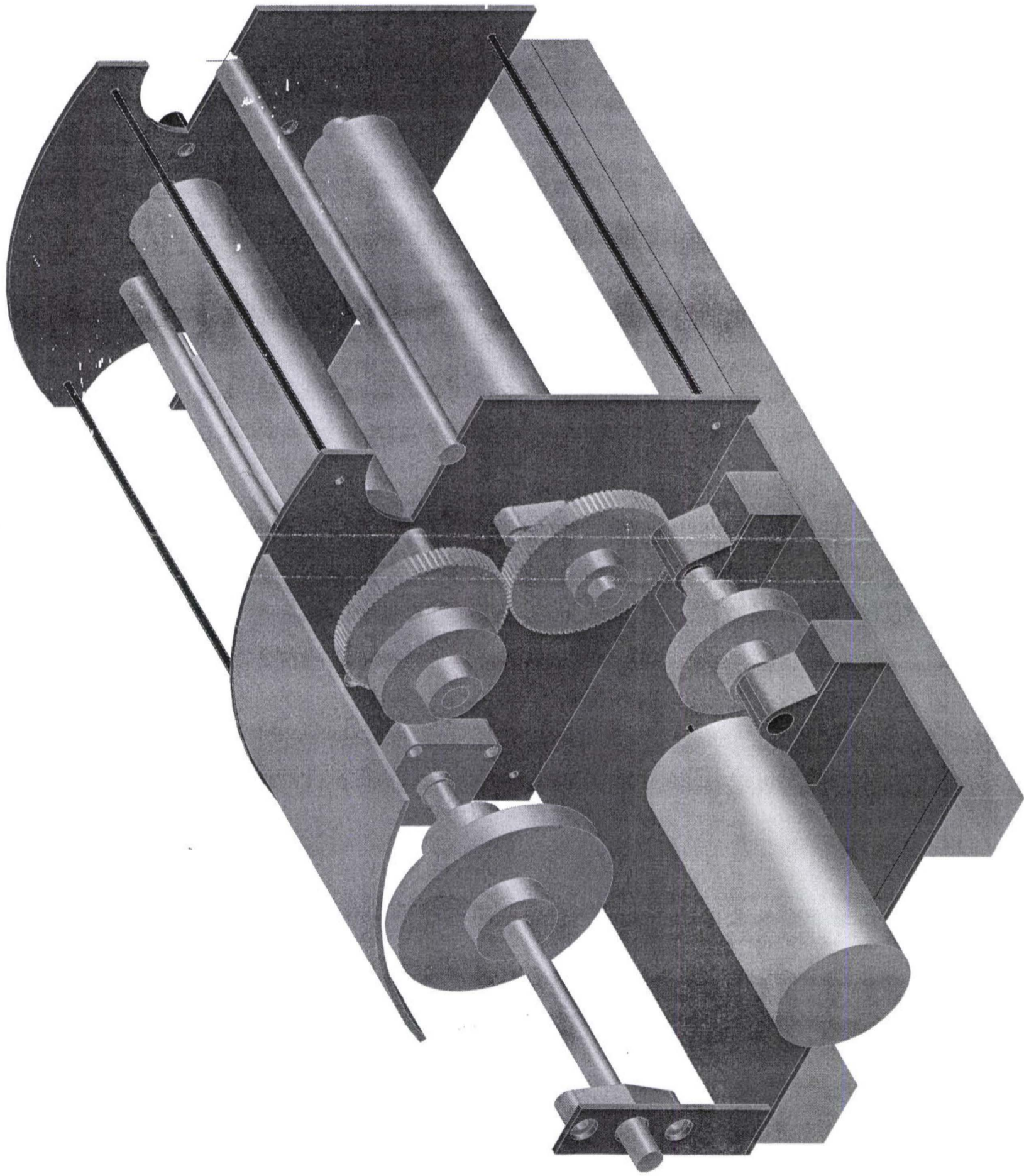
M 6x0 75
 4
 3
 ECY 205

ANEXO 8

TABLA DE CALCULOS DE VIDA UTIL DE RODAMIENTOS

ANEXO 9

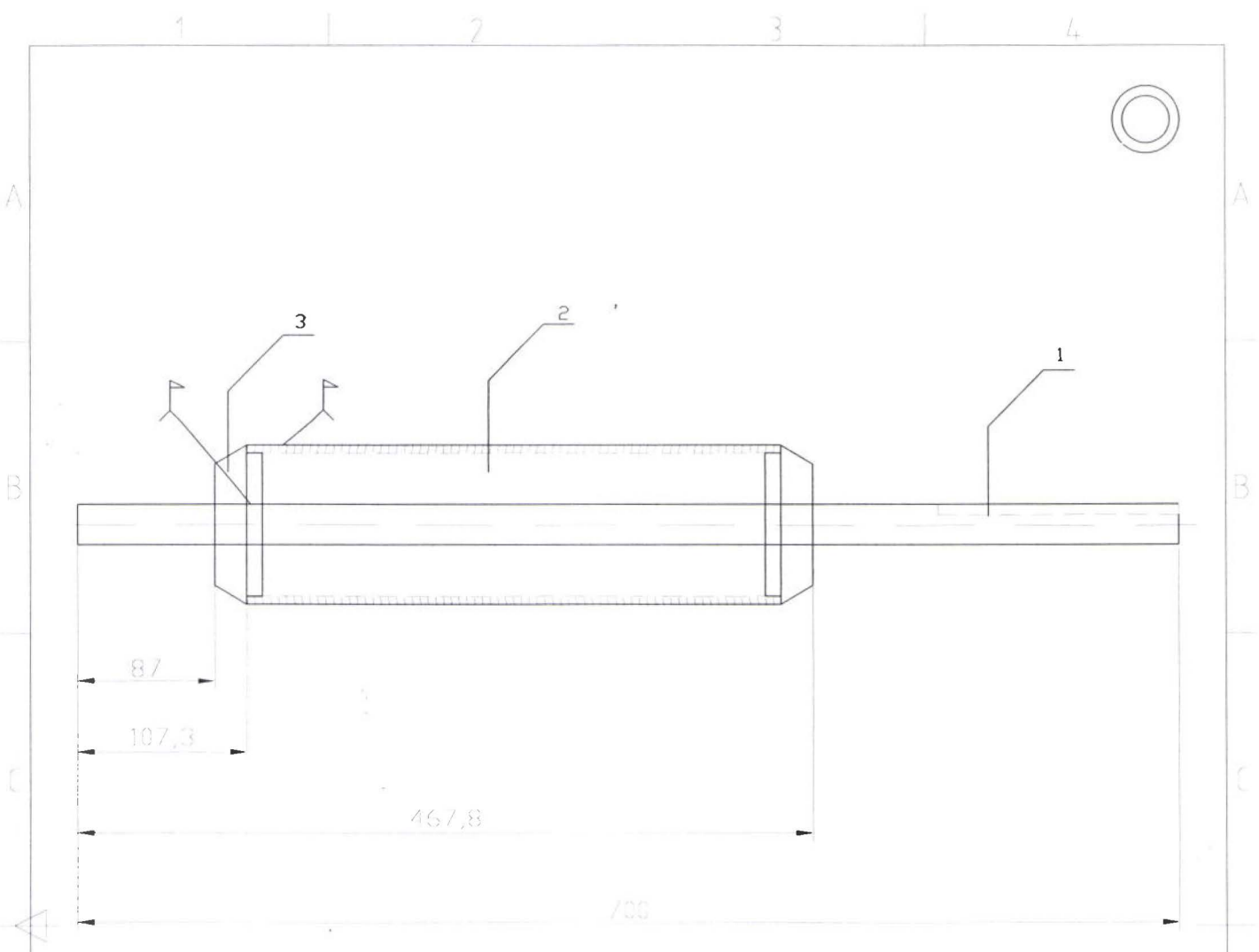
PLANOS DE MONTAJE DE PROTOTIPO



ITEM	CANTIDAD	TOLERANCIA	DESCRIPCION	MATERIAL
1	1	± 0.5	Isometria Maquina	
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:	Fecha Aprobacion:	Fecha Creacion
Santiago Bvby	Ing. Diego Albuja	Ing. Diego Albuja	20/08/2007	16/02/2008
Escala:	Universidad de Las Americas	Isometria Final Maquina		
14	Ing. Produccion		Codigo: 0101001	

ANEXO 10

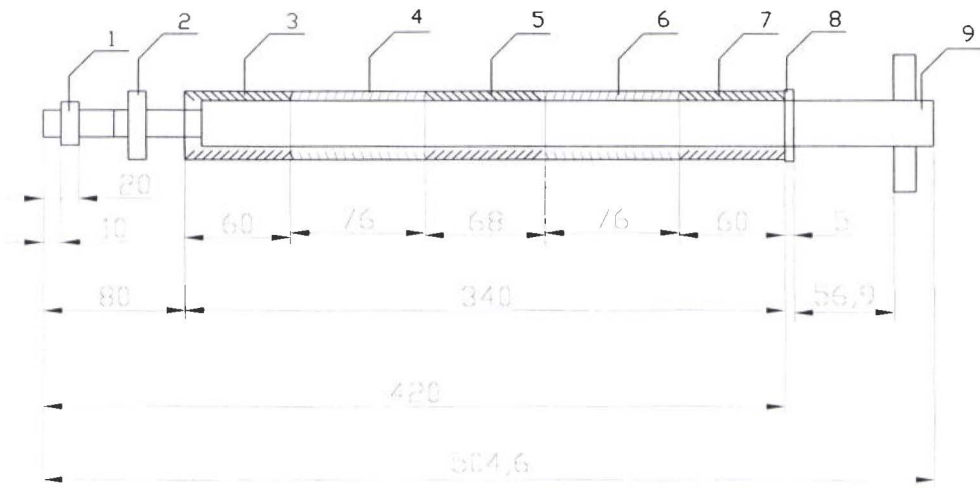
**PLANOS DE TALLER DEL
PROTOTIPO**



NOTAS

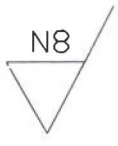
- Soldadura típica UTP 7018
- liminar defectos de soldadura
- Verificar que el eje este centrado

3	2	Tapas extremas para rodillos	Acero de Transmision 1045	15	
2	1	Tubos para rodillos	Acero de Transmision 1045	16	
1	1	Base para eje	Acero de Transmision 1045	.10	
Pos.	Cant.	Denominación	Material	No. Plano/ Norma	Notas
ITEM	CANTIDAD	TOLERANCIA	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	
3	2 rodillos	+/-0.5	Montaje para ejes haladores y slitter		
Elaborado por:		Revisado por:	Aprobado por:	Fecha Aprobación:	Fecha Creación:
Santiago Bixby		Ing. Diego Albuja	Ing. Diego Albuja	20/08/2008	16/02/2008
Escala:		Montaje de ejes			
1:4		Universidad de Las Américas		Ing. Producción	Código: 01.01.001.04



9	1	Eje de rebobinación	Acero de Transmision 1045	18	
8	1	Arandela M3B	Acero		
7	1	Soporte para cores	Tubo Galvanizado		
6	1	Soporte para cores	Manguera de caucho de 1 1/4		
5	1	Soporte para cores	Tubo Galvanizado		
4	1	Soporte para cores	Manguera de caucho de 1 1/4		
3	1	Soporte para cores	Tubo Galvanizado		
2	1	Tuerca M15	Acero		
1	1	Rodamiento	Acero	SKF	De Bolas
Pos.	Cant.	Denominación	Material	No. Plano/ Norma	Notas
ITEM	CANTIDAD	TOLERANCIA	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	
4	1	+/- 0.5	Eje rebobinado	Acero de transmision	
Elaborado por:		Revisado por:	Aprobado por:	Fecha Aprobación:	Fecha Creación:
Santiago Bixby		Ing. Diego Albuja	Ing. Diego Albuja	20/08/2008	16/02/2008
Escala:		MONTAJE de eje de rebobinacion			
14	Universidad de Las Américas		Ing. Producción	Código: 01.01.001.05	

1 2 3 4



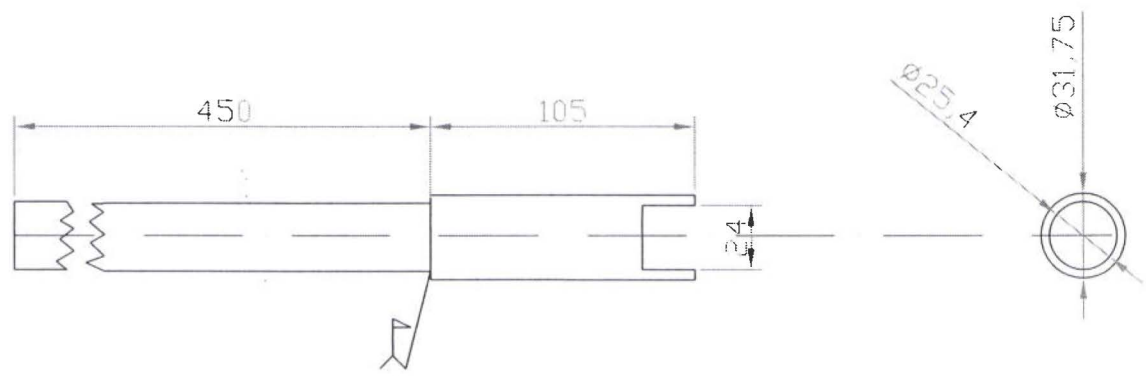
A

B

C

D

E



TOLERANCIAS	
AJUSTE	LIMITES
25.4m5	25.415 25.407

NOTAS
 -Eliminar aristas vivas
 -Soldadura electrica electro 1680

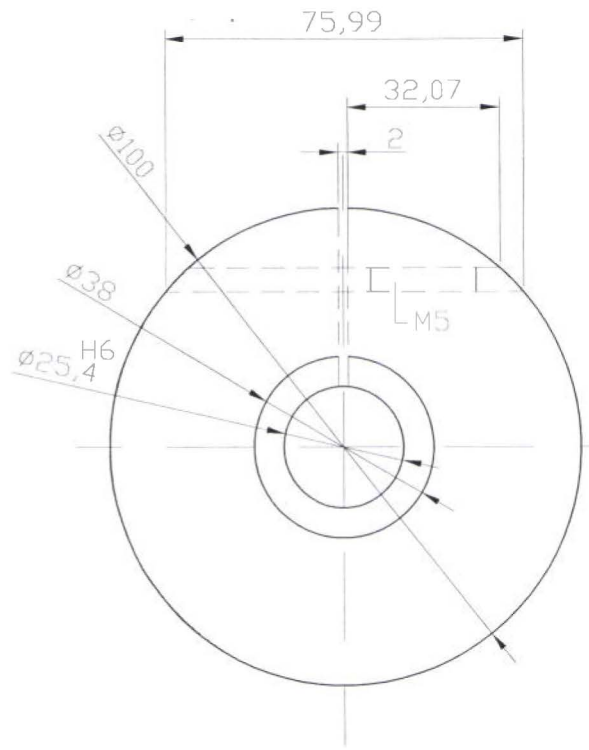
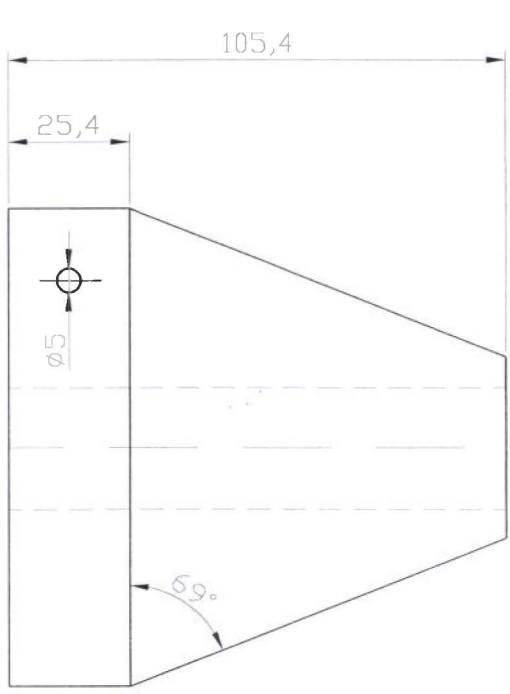
ITEM	CANTIDAD	TOLERANCIA	DESCRIPCIÓN	MATERIAL
7	1	+/- 0.5	Pieza hembra para eje de rebobinado	Acero de Transmision
Elaborado por: Santaigo Bixby	Revisado por: Ing. Diego Albuja	Aprobado por: Ing. Diego ALBUJA	Fecha Aprobación: 20/08/2008	Fecha Creación: 16/02/2008
Escala: 1:1	Universidad de Las Américas	Base para eje de rebobinado		
		Ing. Producción	Código: 01.01.001.07	

F

F

1 4

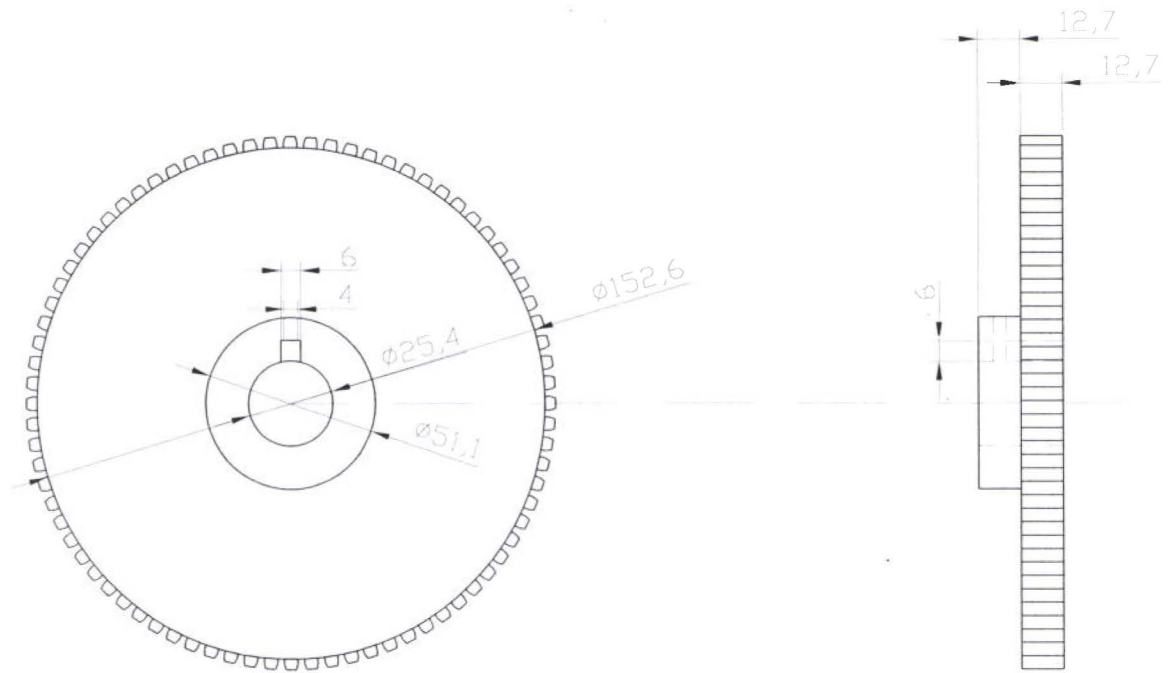
N8



TOLERANCIAS	
AJUSTE	LIMITES
25.4 H6	25.400 25.413

NOTAS
 - Eliminar aristas vivas
 - Perforacion broca 4mm Rosca

ITEM	CANTIDAD	TOLERANCIA	DESCRIPCIÓN	MATERIAL
8	2	+/- 0.5	Conos de sujecion	Acero 1045
Elaborado por: Santiago Bixby	Revisado por: Ing. Diego Albuja	Aprobado por: Ing. Diego Albuja	Fecha Aprobación: 20/08/2008	Fecha Creación: 17/02/2008
Escala: 1:1	Universidad de Las Américas	Conos de Sujecion para cores		
		Ing. Producción	Código: 01.01.001.08	

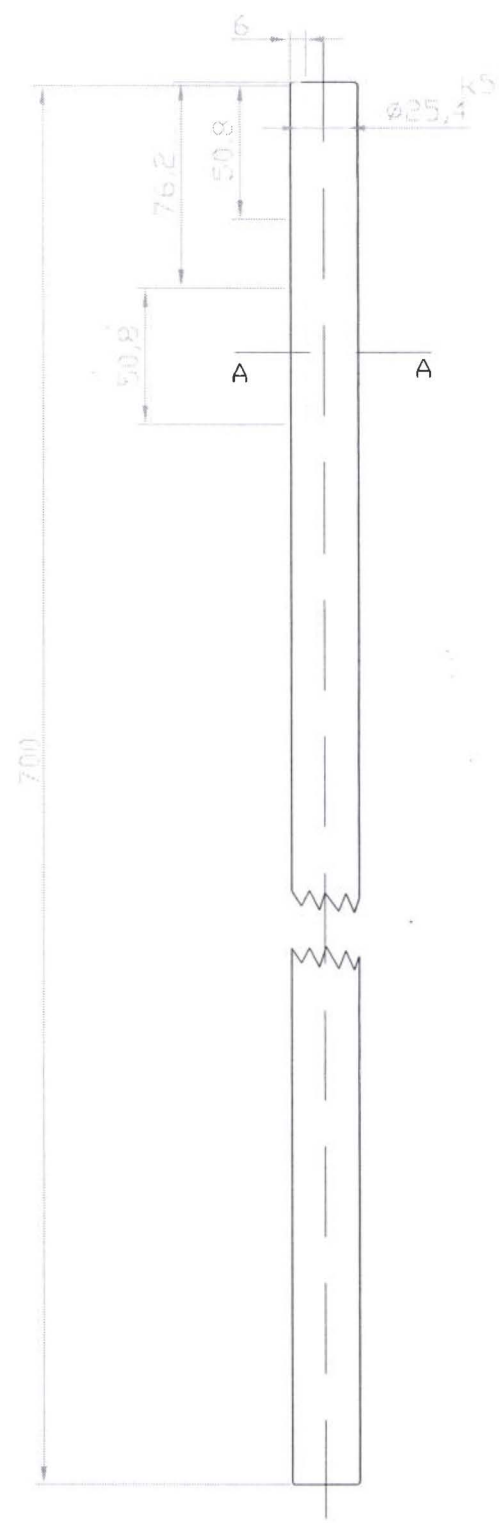


TOLERANCIAS	
AJUSTE	LIMITES
25.4m5	25.415 25.407

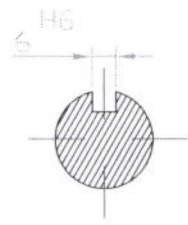
- NOTAS
- Eliminar aristas vivas
 - Rosca
 - Profundidad para binchas 2mm
 - Soldadura típica UTP 7018
 - Eliminar defectos de soldadura

ITEM	CANTIDAD	TOLERANCIA	DESCRIPCIÓN	MATERIAL
9	2	+/- 0.5	Engranes	Grulon
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:	Fecha Aprobación:	Fecha Creación:
Santiago Bixby	Ing. Diego Albuja	Ing. Diego Albuja	20/08/2008	16/02/2008
Escala:	Universidad de Las Américas	Engranes		
13		Ing. Producción	Código: 01.01.001.09	

N8



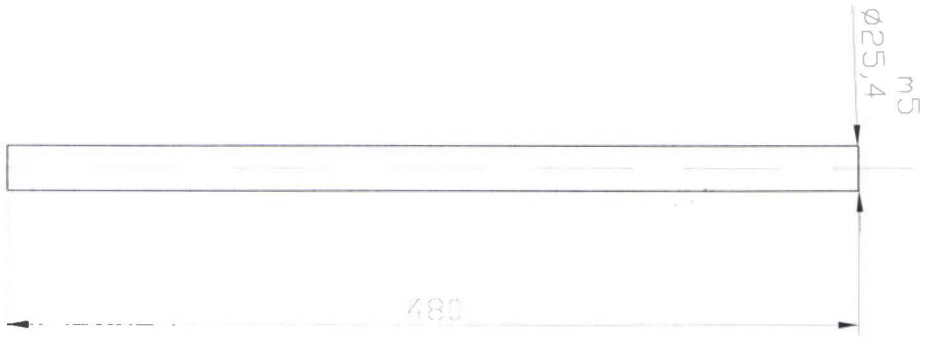
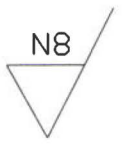
SECCION A-A



TOLERANCIAS	
AJUSTE	LIMITES
25.4k5	25.415 25.407
6H6	6.000 6.013

- NOTAS
- Eliminar aristas vivas
 - Radios no acotados $r = 2$
 - Cuñeros realizados con fresadora

ITEM	CANTIDAD	TOLERANCIA	DESCRIPCIÓN	MATERIAL
10	1 eje	+/- 0.5	Eje base para eje halador	Acero de Transmision
Elaborado por: Santiago Bixby	Revisado por: Ing. Diego Albuja	Aprobado por: Ing. Diego Albuja	Fecha Aprobación: 20/08/2008	Fecha Creación: 16/02/2008
Escala: 1:2.5	Universidad de Las Américas	Base para eje Halador		
		Ing. Producción	Código: 01.01.001.10	

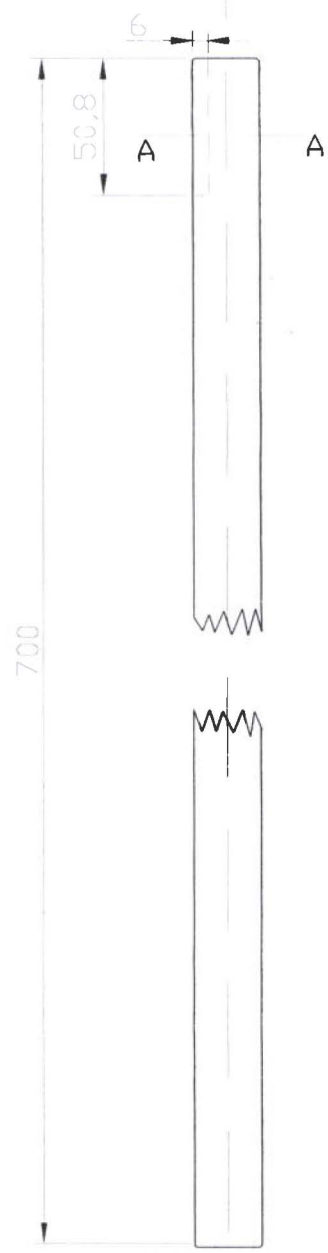


TOLERANCIAS	
AJUSTE	LIMITES
25.4m5	25.415 25.407

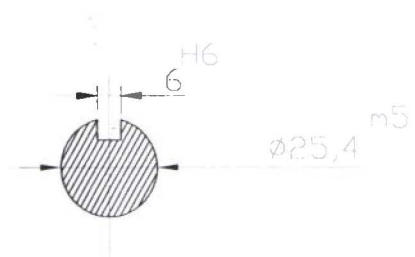
NOTAS
- Eliminar aristas vivas

ITEM	CANTIDAD	TOLERANCIA	DESCRIPCIÓN	MATERIAL
11	1	+/- 0.5	Eje IDLE	Acero de Transmision
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:	Fecha Aprobación:	Fecha Creación:
Santiago Bixby	Ing. Diego Albuja	Ing. Diego ALbuja	20/08/2008	16/02/2008
Escala:	Universidad de Las Américas	Eje Tensor		
14		Ing. Producción	Código: 01.01.001.11	

N8



SECCION A-A



TOLERANCIAS	
AJUSTE	LIMITES
25.4m5	25.415 25.407
6H6	6.000 6.007

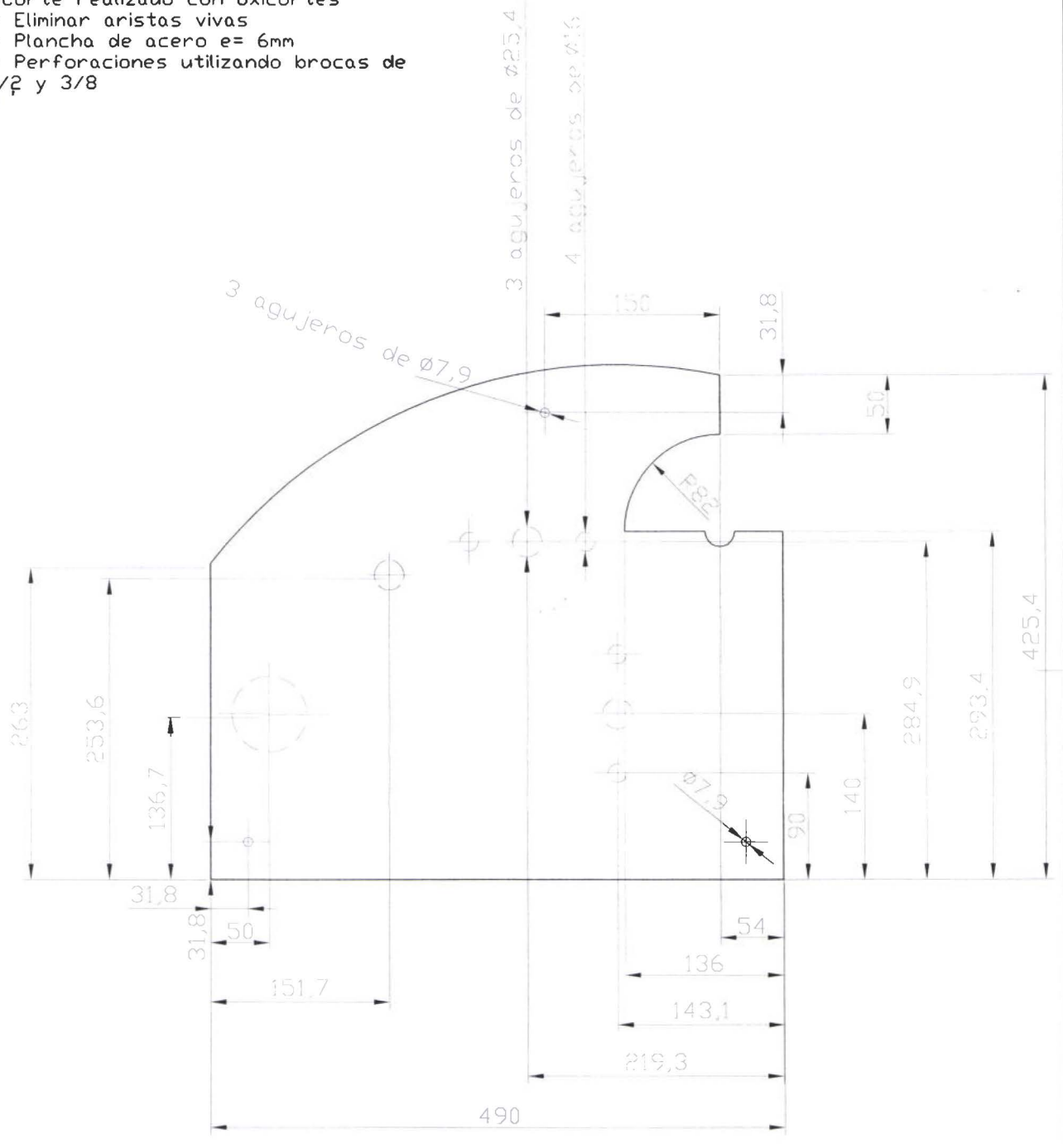
- NOTAS
- Eliminar aristas vivas
 - Cuñero realizado en fresadora
 - radios de acuerdo no acotados $r = 2$

ITEM	CANTIDAD	TOLERANCIA	DESCRIPCIÓN	MATERIAL
12	2	+/- 0.5	Eje Base para slitter	Acero de Transmision
Elaborado por: Santiago Bixby	Revisado por: Ing. Diego Albuja	Aprobado por: Ing. Diego Albuja	Fecha Aprobación: 20/08/2008	Fecha Creación: 16/02/2008
Escala: 1:2.5	Universidad de Las Américas	Eje Base de Slitter		
		Ing. Producción	Código: 01.01.001.12	

N8

NOTAS

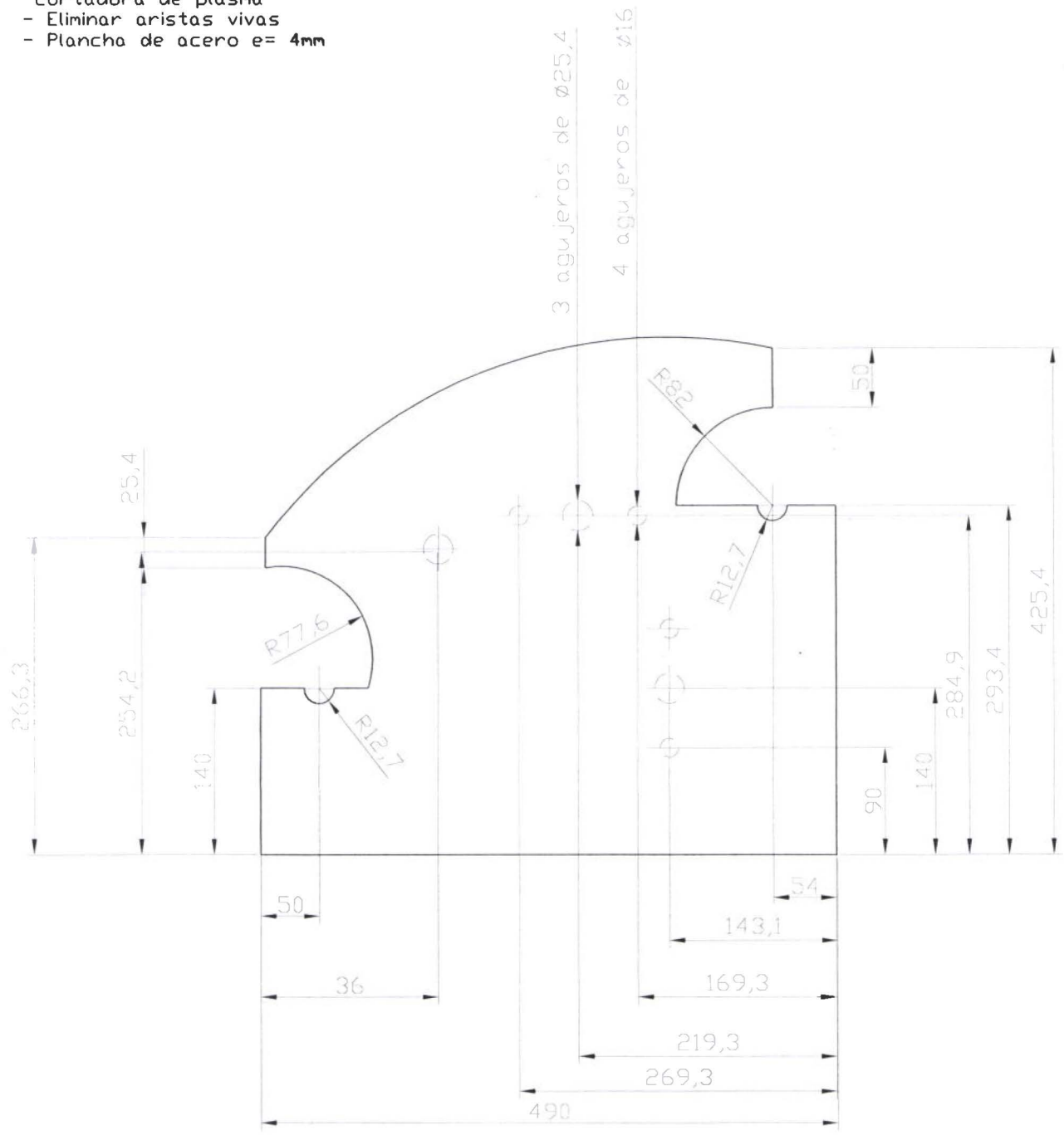
- Corte realizado con oxicortes
- Eliminar aristas vivas
- Plancha de acero e= 6mm
- Perforaciones utilizando brocas de 1/2 y 3/8



ITEM	CANTIDAD	TOLERANCIA	DESCRIPCIÓN	MATERIAL
13	1 tapa	+/- 0.1	Tapa de estructura de la lado derecho.	Lamina de acero 4mm
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:	Fecha Aprobación:	Fecha Creación:
Santiago Bixby	Ing. Diego Albuja	Ing. Diego Albuja	20/08/2008	16/02/2008
Escala:	Universidad de Las Américas	Soporte de estructura lado derecho		
1:4.25		Ing. Producción	Código: 01.01.001.13	

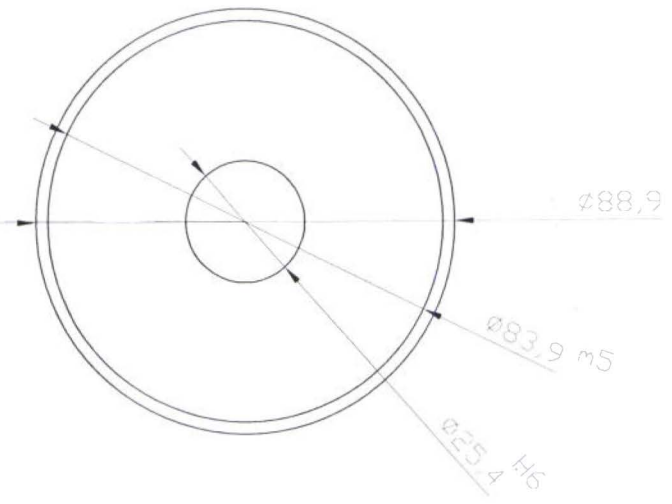
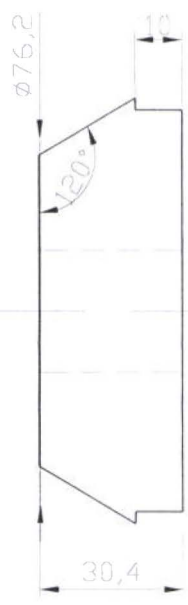


- NOTAS**
- Corte y perforaciones hechas con cortadora de plasma
 - Eliminar aristas vivas
 - Plancha de acero e= 4mm



ITEM	CANTIDAD	TOLERANCIA	DESCRIPCIÓN	MATERIAL
14	1	+/- 0.1	Tapa izquierda de soporte	Lamina de acero de 4mm
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:	Fecha Aprobación:	Fecha Creación:
Santiago Bixby	Ing. Diego Albuja	Ing. Diego Albuja	20/08/2008	16/02/2008
Escala:	Universidad de Las Américas	Soporte de la estructura del lado izquierdo		
1:4.25		Ing. Producción	Código: 01.01.001.14	

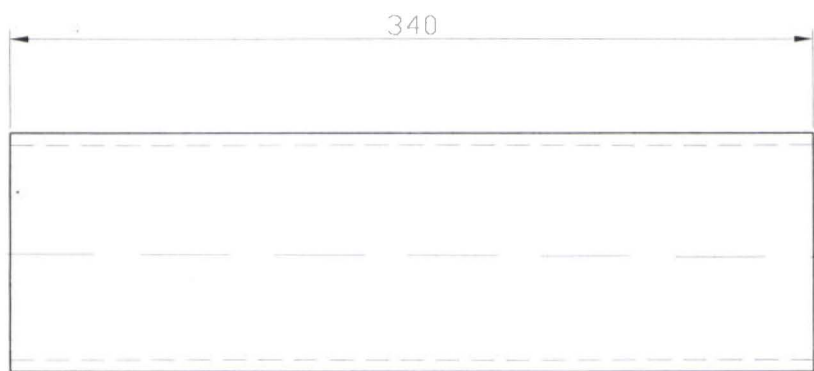
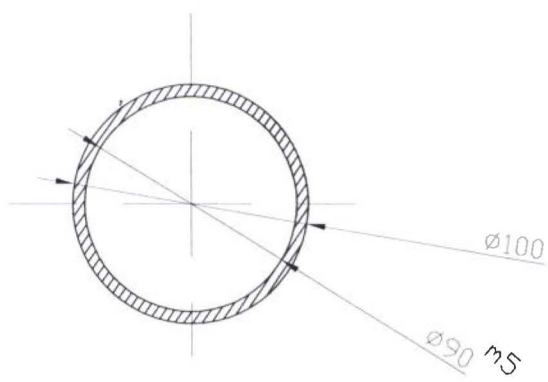
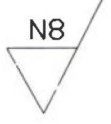
N8



TOLERANCIAS	
AJUSTE	LIMITES
90m5	74.615 74.607
25.4H6	25.400 25.413

NOTAS
-Eliminar aristas vivas

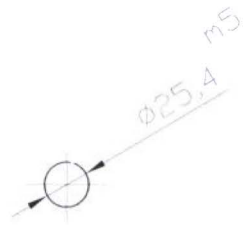
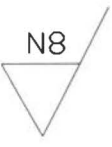
ITEM	CANTIDAD	TOLERANCIA	DESCRIPCIÓN	MATERIAL
15	4	+/- 0.5	Tapas para rodillos	Acero 1045
Elaborado por: Santiago Bixby	Revisado por: Ing. Diego Albuja	Aprobado por: Ing. Diego Albuja	Fecha Aprobación: 20/08/2008	Fecha Creación: 17/02/2008
Escala: 1:15	Universidad de Las Américas	Tapas extremos para formar rodillos		
		Ing. Producción	Código: 01.01.001.15	



TOLERANCIAS	
AJUSTE	LIMITES
90m5	90.015 90.007

NOTA
- Eliminar aristas vivas

ITEM	CANTIDAD	TOLERANCIA	DESCRIPCIÓN	MATERIAL
16	2	+/- 0.5	Tubos para ejes	Acero 1045
Elaborado por: Santiago Bixby	Revisado por: Ing. Diego Albuja	Aprobado por: Ing. Diego Albuja	Fecha Aprobación: 20/08/2008	Fecha Creación: 17/02/2008
Escala: 1:2	Universidad de Las Américas	Tubos		
		Ing. Producción	Código: 01.01.001.16	

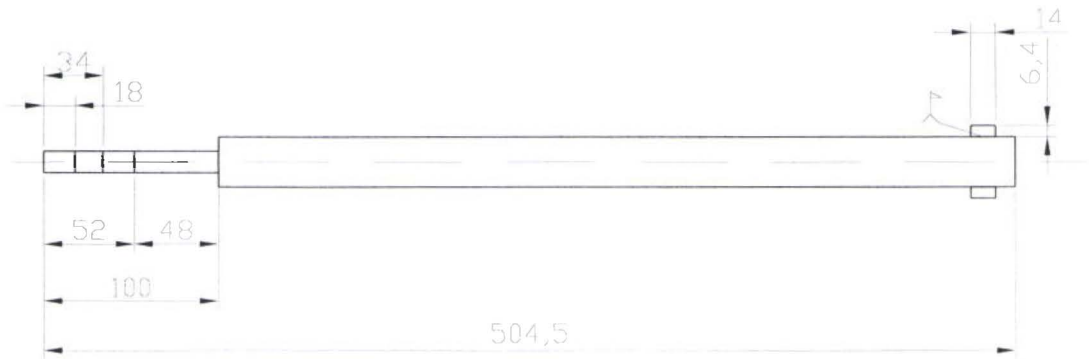
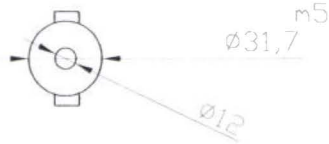


TOLERANCIAS	
AJUSTE	LIMITES
25.4m5	25.415 25.407

NOTA
- Eliminar aristas vivas

ITEM	CANTIDAD	TOLERANCIA	DESCRIPCIÓN	MATERIAL
17	2	+/- 2.00	Eje Desembobinador	Acero de Transmision
Elaborado por: Santaigo Bixby		Revisado por: Ing. Diego Albuja		Aprobado por: Ing. Diego ALbuja
Escala:		Fecha Aprobación: 20/08/2008		Fecha Creación: 16/02/2008
14	Universidad de Las Américas	Eje Desembobinador		
		Ing. Producción		Código: 01.01.001.17

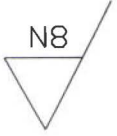
N8



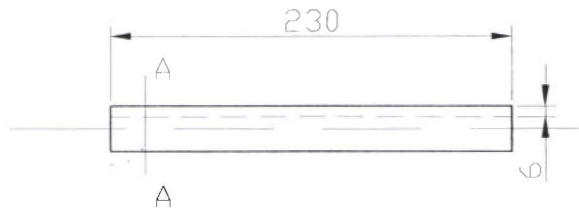
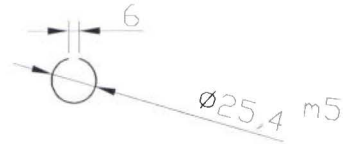
TOLERANCIAS	
AJUSTE	LIMITES
25.4m5	25.415 25.407

- NOTAS
- Eliminar aristas vivas
 - Rosca
 - Profundidad para binchas 2mm
 - Soldadura típica UTP 7018
 - Eliminar defectos de soldadura

ITEM	CANTIDAD	TOLERANCIA	DESCRIPCIÓN	MATERIAL
18	1	+/- 0.5	Eje rebobinado	Acero de transmision
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:	Fecha Aprobación:	Fecha Creación:
Santiago Bixby	Ing. Diego Albuja	Ing. Diego Albuja	20/08/2008	16/02/2008
Escala:	Universidad de Las Américas	Eje de rebobinacion		
14		Ing. Producción	Código: 01.01.001.18	



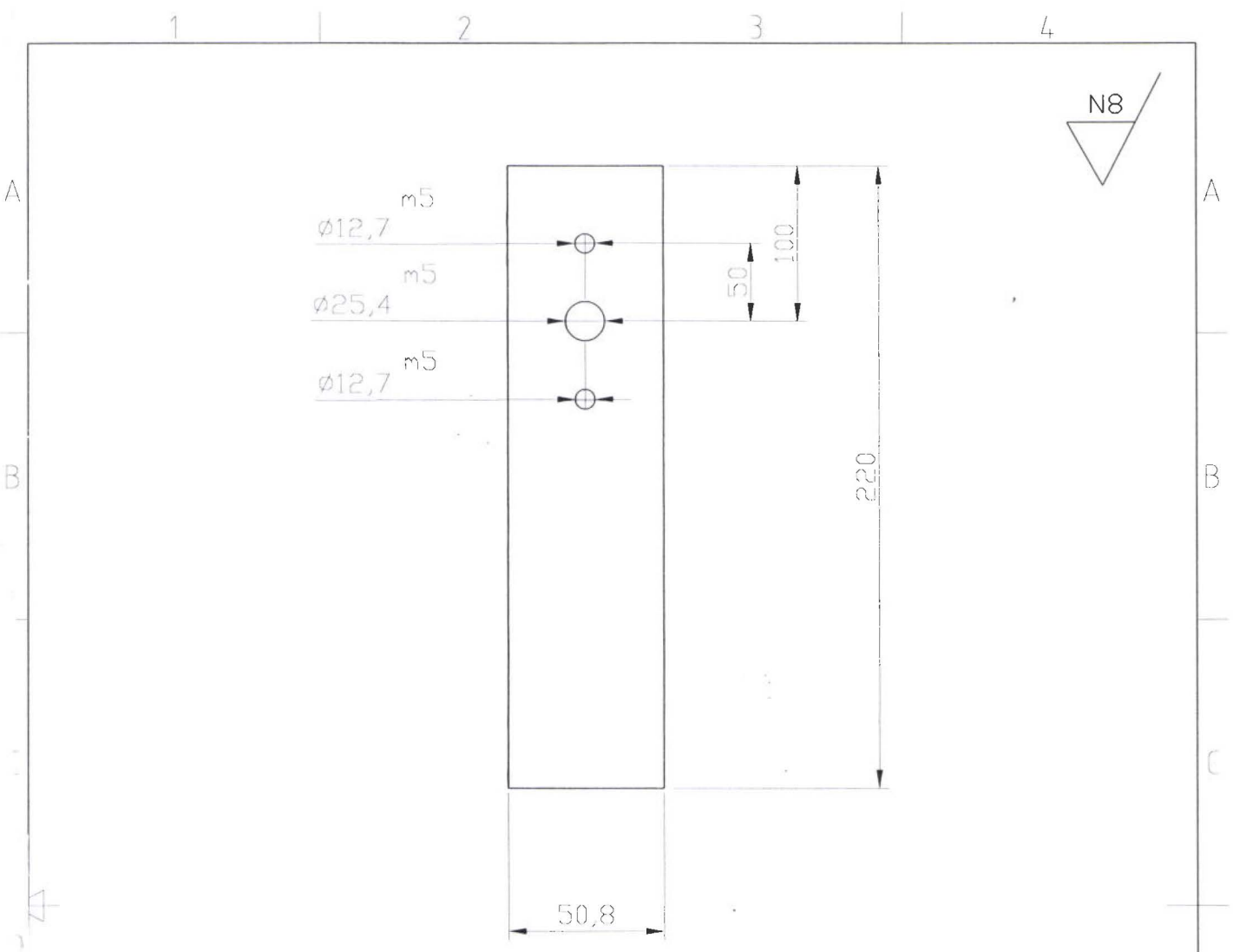
SECCION A-A



TOLERANCIAS	
AJUSTE	LIMITES
25.4m5	25.415 25.407

NOTA
- Eliminar aristas vivas

ITEM	CANTIDAD	TOLERANCIA	DESCRIPCIÓN	MATERIAL
19	2	+/- 2.00	Eje Reductor	Acero de Transmision
Elaborado por: Santaigo Bixby	Revisado por: Ing. Diego Albuja	Aprobado por: Ing. Diego Albuja	Fecha Aprobación: 20/08/2008	Fecha Creación: 16/02/2008
12	Universidad de Las Américas	Eje Reductor		Código: 01.01.001.19
		Ing. Producción		



TOLERANCIAS	
AJUSTE	LIMITES
25.4m5	25.415 25.407

NOTA
- Eliminar aristas vivas

ITEM	CANTIDAD	TOLERANCIA	DESCRIPCIÓN	MATERIAL
20	2	+/- 2.00	Soporte para base de eje	Plancha acero 6 mm
Elaborado por: Santaigo Bixby	Revisado por: Ing. Diego Albuja	Aprobado por: Ing. Diego ALbuja	Fecha Aprobación: 20/08/2008	Fecha Creación: 16/02/2008
12	Universidad de Las Américas	Soporte para eje de rebobinacion		
		Ing. Producción	Código: 01.01.001.20	