UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

FACULTAD DE INGENIERÍAS

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA CORTADORA REBOBINADORA DE ROLLOS DE PAPEL

REALIZADO POR:

ALEX VINICIO QUISHPE LLIVE Y

DIEGO MIGUEL PLAZARTE CUMBAL

DIRIGIDO POR:

ING. PABLO ALMEIDA

D.M. QUITO, FEBRERO DEL 2014

CONTENIDO

INDICE I
DECLARACIÓN IX
CERTIFICACIÓN X
AGRADECIMIENTO XI
DEDICATORIA XII
CAPÍTULO 1 1
FUNDAMENTO TEÓRICO 1
1.1 INTRODUCCIÓN 1
1.2 EL PAPEL 1
1.2.1 Sentidos del papel 2
1.2.2 Propiedades físicas del papel 2
1.2.3 TIPOS DE PAPEL 5
1.2.4 Transformación del papel 6
1.3 MÁQUINAS CONVERTIDORAS DE PAPEL 7
1.4 TIPOS DE MÁQUINAS REBOBINADORAS 7
1.4.1 Rebobinadora horizontal de alimentación lateral 7
1.4.2 Rebobinadora horizontal de alimentación central 8
1.4.3 Máquinas rebobinadoras verticales 9
1.5 MECANISMOS DE CORTE DE PAPEL 9
1.5.1 Sistema de corte por cuchillas planas 10
1.5.2 Sistema de corte por cuchillas circulares y rotatorias 11
1.6 CONTROL DE LA TENSIÓN 15
1.6.1 Comportamiento del papel al aplicar una tensión 16
1.6.2 Dispositivos de control de tensión 17
1.6.3 La tensión 17
1.6.4 Importancia del control de la tensión 18
1.7 TIPOS DE CONTROL DE LA TENSIÓN 20

1.7.1 Control manual de la tensión.....20
1.7.2 Control de tensión por medio de la medida del diámetro 21
CAPÍTULO II 26
SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS.....26
2.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA 26
2.2 LIMITACIONES 27
2.3 ELEMENTOS DE LA MÁQUINA CORTADORA-REBOBINADORA.....27
2.4 ESPECIFICACIONES DE MATERIA PRIMA UTILIZADA 28
2.5 ESPECIFICACIONES DEL ROLLO TERMINADO.....28
2.6 ESPECIFICACIONES DIMENSIONALES DE LA MÁQUINA 28
2.7 APARIENCIA DE LA MÁQUINA 29
2.8 PARÁMETROS PARA LA SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS 29
2.9 SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA A FABRICAR.....30
2.9.1 Valoracion, factores de incidencia y puntaje 30
2.10 SELECCIÓN DE MÁQUINA CORTADORA-REBOBINADORA 31
2.11 SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE LOS SISTEMAS.....32
2.11.1 Sistemas de corte.....32
2.11.2 Sistema de control de tensión.....32
2.11.3 Sistemas de transmisión 33
2.11.4 Sistema de sujección de bobinas 34
2.11.5 Sistema de conteo de papel 34
2.12 DESCRIPCIÓN DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA 35
CAPÍTULO III.....37
DISEÑO 37
3.1 INTRODUCCIÓN 37
3.2 Elementos para el diseño.....38
3.3 CÁLCULO DE LA POTENCIA DEL MOTOR 38
3.4 INERCIA DE LAS MASAS EN MOVIMIENTO 39
3.5 VELOCIDAD Y ACELERACIÓN ANGULAR.....40
3.6 TORQUE 41
3.7 POTENCIA 42

3.8 POTENCIA PARA MOVER LOS RODILLOS 43
3.8.2 Cálculo de la potencia 44
3.9 POTENCIA SUMINISTRADA POR EL MOTOR.....45
3.10 TENSION DEL PAPEL EN LA ZONA DE DESBOBINADO.....46
3.11 CALCULO DEL FRENO 49
3.11.1 Generalidades sobre frenos y embragues 49
3.11.2 Momento de frenado 55
3.12 CALCULO DE EJES 59
3.12.1 Generalidades 59
3.12.2 Eje de desbobinado (EDB).....60
3.12.2.1 Flexión EDB en el eje "Z" 61
3.12.2.2 Aplicación de software de diseño Msolid 3.5 63
3.12.3 Flexión EDB en el eje "Y".....67
3.12.4 Torsión en el eje EDB 69
3.12.5 Cálculo de rodillos giratorios 72
3.12.6 Cálculo de eje de bobinado EB 76
3.12.6.1 Flexión EB en el eje "Z" 77
3.12.6.2 Flexión EDB en el eje "Y".....78
3.12.6.3 Torsión en el eje EB.....81
3.13 Cálculo del resorte.....83
3.14 Diseño de placa de soporte.....85
3.14.1 Pandeo 87
3.15 Rodamientos.....90
3.15.1 Selección de rodamientos.....91
CAPÍTULO IV 95
COSTOS 95
4.1 INTRODUCCIÓN 95
4.1.1 Costo de diseño 95
4.1.2 Costos de materiales.....96
4.1.3 Costo de mano de obra.....96
4.1.4 Costo del sistema eléctrico.....96

4.1.5 Imprevistos 96
4.2 DETALLES DE COSTOS DE MATERIALES 96
4.3 DETALLE DE COSTOS DE MANO DE OBRA 99
4.4 COSTO TOTAL DE MAQUINA CORTADORA-REBOBINADORA 101
CONCLUSIONES 102
RECOMENDACIONES 103
BIBLIOGRAFÍA 104
CONSULTAS WEB 105

INDICE DE FIGURAS

CAPITULO 1

Fig. 1 - 1 Máquina rebobinadora horizontal de alimentación lateral 8
Fig. 1 - 2 Máquina rebobinadora horizontal de alimentación central 8
Fig. 1 - 3 Máquina rebobinadora vertical.....9
Fig. 1 - 4 Esquema de cuchillas planas 10
Fig. 1 - 5 Cuchilla circular de corte a presión 12
Fig. 1 - 6 Sistema de corte cuchilla circular a tijera.....13
Fig. 1 - 7 Esquema sistema rotatorio cuchilla circular de corte a navaja. 14
Fig. 1 - 8 Dispositivo de control de la tensión 17
Fig. 1 - 9 Aplicación de tensión a una banda de papel.....18
Fig. 1 - 10 Defectos por ausencia de tensión: rollos cóncavos y telescópicos.....19
Fig. 1 - 11 Control de la tensión en la zona de desbobinado 19
Fig. 1 - 12 Control de tensión manual.....20
Fig. 1 - 13 Control de la tensión con brazo seguidor y medición de diámetro 21
Fig. 1 - 14 Control de la tensión por ultrasonido y medición del diámetro 23
Fig. 1 - 15 Control de la tensión por cálculo de velocidades y medición del diámetro ...24

CAPITULO II

Fig. 2 - 1 Máquina cortadora -rebobinadora 26

CAPITULO III

Fig. 3 - 1 Partes de la máquina cortadora - rebobinadora 37
Fig. 3 - 2 Sistema de los rodillos.....43
Fig. 3 - 3 Diagrama de sistema de rodillos.....43
Fig. 3 - 4 Notación usada para una zapata exterior 50
Fig. 3 - 5 Ubicación de rodillos.....60

Fig. 3 - 6 Diagrama de eje de desbobinado 60
Fig. 3 - 7 Fuerzas en eje EDB 61
Fig. 3 - 8 Flexión eje EDB 62
Fig. 3 - 9 Flexión eje EDB 62
Fig. 3 - 10 Ingreso datos: longitud de eje y ubicación de apoyos 63
Fig. 3 - 11 Ingreso magnitud de w, inicio y final actuación de fuerza distribuida 64
Fig. 3 - 12 Tabla de resultados 65
Fig. 3 - 13 Flexión eje EDB 67
Fig. 3 - 14 Cálculos de EDB en plano “y” 68
Fig. 3 - 15 Diagrama de torsión eje EDB 69
Fig. 3 - 16 Esquema rodillo giratorios 72
Fig. 3 - 17 Resultados rodillo giratorio 74
Fig. 3 - 18 Desperdicios en la máquina cortadora rebobinadora 76
Fig. 3 - 19 Esquema del eje EB 77
Fig. 3 - 20 Tabla de resultados eje EB 78
Fig. 3 - 21 Flexión EDB en eje “y” 79
Fig. 3 - 22 Resultados EB en el eje “y” 80
Fig. 3 - 23 Diagrama de torsión EB 81
Fig. 3 - 24 Resorte helicoidal con carga axial 84
Fig. 3 - 25 Esquema de aplastamiento 85
Fig. 3 - 26 Esquema de pandeo 87

INDICE DE TABLAS

CAPITULO II

Tabla 2 - 1 Parámetros y factores de incidencias para selección de alternativas.....30
Tabla 2 - 2 Selección de tipo de máquina cortadora-rebobinadora.....31
Tabla 2 - 3 Selección del sistema de corte.....32
Tabla 2 - 4 Selección del sistema de tensión.....33
Tabla 2 - 5 Selección del sistema de transmisión.....33
Tabla 2 - 6 Selección del sistema de sujección de bobinas.....34
Tabla 2 - 7 Selección del sistema de conteo de papel.....35

CAPITULO III

Tabla 3 - 1 Sistemas y elementos de la máquina cortadora-rebobinadora.....38
Tabla 3 - 2 Dimensiones de los rodillos.....44
Tabla 3 - 3 Inercias de los rodillos del sistema.....44
Tabla 3 - 4 Cálculo de la potencia.....45
Tabla 3 - 5 Tensión nominal recomendada para papel bond.....49
Tabla 3 - 6 Datos para cálculo de freno.....56
Tabla 3 - 7 Cálculos zapata superior.....57
Tabla 3 - 8 Cálculos de resultantes fuerza externa.....57
Tabla 3 - 9 Cálculos zapata inferior.....57
Tabla 3 - 10 Resultado capacidad del freno.....57
Tabla 3 - 11 Cálculo de resultantes totales.....58
Tabla 3 - 12 Requerimiento de frenado.....58
Tabla 3 - 13 Dimensiones de rodillos.....60
Tabla 3 - 14 Ss según código asme para acero comercial.....71
Tabla 3 - 15 Factores Kb y Kt para ejes.....71
Tabla 3 - 16 Tabla cargas en los rodillos.....86
Tabla 3 - 17 Duración nominal de un rodamiento en horas de servicio.....92
Tabla 3 - 18 Cálculo de capacidad de carga (c).....93

CAPITULO IV

Tabla 4 - 1 Materiales del bastidor.....97
Tabla 4 - 2 Materiales cargador de bobina.....97
Tabla 4 - 3 Materiales caja porta rodillos.....98
Tabla 4 - 4 Materiales control de encendido.....99
Tabla 4 - 5 Mano de obra del bastidor 99
Tabla 4 - 6 Mano de obra cargador de bobina 100
Tabla 4 - 7 Mano de obra caja porta rodillos 100
Tabla 4 - 8 Mano de obra control de encendido.....101
Tabla 4 - 9 Costo total máquina cortadora rebobinadora.....101

DECLARACIÓN

Nosotros, Alex Vinicio Quishpe Llive y Diego Miguel Plazarte Cumbal, declaramos que el presente trabajo descrito es de nuestra autoría y que los conceptos y análisis son de exclusiva responsabilidad de los autores.

Alex Vinicio Quishpe Llive	Diego Miguel Plazarte Cumbal

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por los señores Alex Vinicio Quishpe Llive y Diego Miguel Plazarte Cumbal, bajo mi supervisión.

Ing. Pablo Almeida

DIRECTOR

AGRADECIMIENTO

A Dios, por estar a nuestro lado,
no solamente en la vida estudiantil,
sino en la vida profesional y personal,
Ayudándonos a cada día ser mejores personas
para el bien de la sociedad.

Al Ing. Pablo Almeida por su acertada dirección en
la elaboración de este proyecto.

A todas aquellas personas que sin esperar nada a cambio,
lograron convertir este esfuerzo en realidad.

Alex - Diego

DEDICATORIA

A mis padres, Manuel y Anita, que a lo largo de mi vida, siempre fueron y seguirán siendo un gran apoyo, su acertada educación desde el hogar me ha llevado a cumplir mis metas y muchas que aún están por realizarse.

A mi mamá Anita, que desde pequeño me inculcó el valor del estudio, y ahora desde el cielo sé que me protege.

A mis tíos Jaime y Miriam, que fueron un gran ejemplo de superación pese a las adversidades.

A mi tía Sor María Emilia, pilar fundamental en la fe y la constancia.

A mi tierno bebé, Diego Alexander, que con su llegada me enseño la responsabilidad de ser Padre, y a su madre por darme este maravilloso regalo.

A mis hermanos y amigos, que con su paciencia lograron levantarme en situaciones difíciles.

A ustedes, los llevo en el corazón.

Alex

DEDICATORIA

A Dios Todopoderoso y a la Santísima Virgen María, por darme la vida a través de mis queridos padres.

A mi esposa Lorena, por su cariño, confianza, paciencia, comprensión y apoyo incondicional. Su bondad y sacrificio me inspiró a ser mejor, ahora puedo decir que ésta tesis lleva mucho de ella, gracias por estar siempre a mi lado para cumplir otra etapa en mi vida.

A mis preciosos hijos, que son el motivo y la razón que me ha llevado a seguir superándome día a día para alcanzar mis más preciados ideales, ellos fueron quienes en los momentos más difíciles me dieron su amor y compresión para poderlos superar, quiero también dejar a cada uno de ellos una enseñanza que cuando se quiere alcanzar algo en la vida, no hay tiempo ni obstáculo que lo impida para lograrlo.

A mis padres quienes con mucho cariño, amor y ejemplo han hecho de mí una persona con valores para poder desenvolverme como: esposo, padre y profesional.

A mis hermanos Rodrigo y Verónica, amigos inseparables por darme su ejemplo de superación.

Diego

CAPÍTULO 1

FUNDAMENTO TEÓRICO

1.1 INTRODUCCIÓN

En la industria gráfica se utilizan diferentes procesos y tipos de máquinas para transformar el papel en varias formas, tamaños, calidades, etc., utilizando máquinas manuales, semiautomáticas y automáticas como guillotinas, troqueles, procesadoras de tubos de cartón, cortadoras, rebobinadoras, etc.

Una cortadora-rebobinadora realiza estos dos trabajos a paso seguido, beneficiando de esta manera la eficiencia del proceso en la elaboración de rollos.

Este tipo de máquinas trabajan con un factor importante que es la tensión del papel, dicha tensión es controlada por ejes tensores por el cual cruza el trayecto del papel antes de ser cortado y posteriormente rebobinado.

Para entender mejor el tema se pone a consideración el estudio de varios aspectos previos al diseño de la máquina propuesta.

1.2 EL PAPEL [1]

El papel es una delgada hoja elaborada con pasta de fibras vegetales que son molidas, blanqueadas, desleídas en agua, secadas y posteriormente endurecidas, a la pulpa de celulosa normalmente se le añaden sustancias como el polipropileno o el polietileno con el fin de proporcionar diversas características.

[1] Enciclopedia Virtual Wikipedia; Recuperado de: http://es.wikipedia.org/wiki/Papel

1.2.1 Sentidos del papel[2]

El papel tiene dos sentidos, debido a la mayor orientación que sufren las fibras en la dirección en que corre la máquina y también al esfuerzo de tensión que se aplica durante el prensado y el secado. Se denominan sentido de fabricación o de máquina (SF o SM) y sentido transversal (ST).

Al sentido de fabricación también se le llama hilo o grano. Cuando el papel está cortado en hojas con el sentido de fabricación paralelo al lado más largo de la hoja se denomina de grano largo, y en el caso de que el sentido de fabricación sea paralelo al lado corto de la hoja será de grano corto.

Los sentidos del papel se deben tener en cuenta al realizar las determinaciones de algunas de sus propiedades físicas.

Por ejemplo, para las pruebas de resistencia a la tensión, al rasgado y al doblez, se deben cortar especímenes en ambas direcciones del papel. En algunas otras pruebas también es necesario cortar los especímenes en los dos sentidos del papel, sin embargo esto se mencionará en la hoja técnica correspondiente a cada una de las determinaciones.

1.2.2 Propiedades físicas del papel[3]

Las propiedades proporcionan mayor información sobre la calidad del papel y dan una base para estimar cómo será su comportamiento durante la transformación y el uso para el cual está destinado.

Estas propiedades se dividen en cuatro grupos:

a) **Propiedades mecánicas y de resistencia**

---

[2] GARCÍA HORTAL, José. A; *Fibras Papeleras*; Ediciones UPC; Barcelona 2007

[3] Enciclopedia Virtual Wikipedia; Recuperado de : http://es.wikipedia.org/wiki/Papel

- **Peso base o gramaje.-** es el peso en gramos por unidad de superficie (g/m^2). El gramaje se puede aumentar agregando mayor cantidad de fibras en la pasta, es decir incrementando la densidad de ésta.

- **Volumen específico.-** para comparar el espesor de la lámina de papel con diferentes gramajes se necesita el volumen específico.

- **Longitud de rotura.-** se mide la cantidad de papel (en miles de metros) necesaria para romper una tira de papel por su propio peso.

- **Desgarro.-** resistencia que ofrece el papel a la continuación de un desgarro.

- **Resistencia al estallido.-** resistencia que ofrece el papel a la rotura por presión en una de sus caras.

- **Estabilidad dimensional.-** básicamente la estabilidad dimensional hace referencia a las modificaciones en tamaño de una hoja de papel dependiendo de las condiciones de humedad en el ambiente. Esto quiere decir que dependiendo de la humedad el papel tenderá a variar su tamaño, suele hacerlo en dirección de las fibras (fusiforme) por lo que se puede predecir aproximadamente como se deforma.

- **Rigidez.-** resistencia al plegado de una muestra de papel.

- **Resistencia a la tensión.-** es la resistencia que presenta el material cuando está sometido a esfuerzos de tensión, se expresa en (lb/plg) en unidades inglesas o en (KN/m) en unidades métricas.

b) Propiedades de la superficie:

- **Porosidad.-** se mide la cantidad de aire que atraviesa una muestra de papel.

- **Lisura o rugosidad.-**se define como la desviación de esta superficie en relación a la superficie plana ideal, mientras más plana es la superficie, más liso es el papel.

c) Propiedades ópticas:

- **Blancura.-** grado de blancura.

- **Opacidad.-** es la propiedad del papel que reduce o previene el paso de la luz a través de la hoja. Es lo contrario a la transparencia.

- **Brillo.-** indica el porcentaje de luz reflejada con una proyección de luz en un ángulo definido. Cuanto mayor es el brillo, mayor es la reflexión de la luz.

d) Permeabilidad a los fluidos (agua y aceite) y a los gases (aire)

Entre estos se tiene:

- **Encolado.-** penetración de agua o tinta, absorción de agua.

- **Penetración de aceite.-** absorción de aceite.

- **Ascensión capilar.-** altura en milímetros que alcanza el agua en una muestra parcialmente sumergida.

1.2.3 TIPOS DE PAPEL [4]

1.2.3.1 Papel cristal

Es un papel traslúcido, muy liso y resistente a las grasas, fabricado con pastas químicas muy refinadas. La transparencia es la propiedad esencial, es rígido y bastante sonante. Por su impermeabilidad y su bella presentación, se emplea en empaquetados de lujo, como en perfumería, farmacia, confitería y alimentación. Similar al papel celofán.

1.2.3.2 Papel kraft

Papel de elevada resistencia, fabricado a partir de pasta química kraft. Puede ser crudo o blanqueado. También se refiere al papel fabricado con pastas crudas kraft de maderas de coníferas. Los crudos se usan ampliamente para envolturas y embalajes y los blanqueados, para contabilidad, registros, actas, documentos oficiales, etc.

1.2.3.3 Papel liner

Papel de gramaje ligero o medio que se usa en las cubiertas, caras externas, de los cartones ondulados.

1.2.3.4 Papel (cartón) multicapa

Producto obtenido por combinación en estado húmedo de varias capas o bandas de papel formadas separadamente, de composiciones iguales o distintas, que se adhieren por compresión y sin la utilización de adhesivo alguno.

1.2.3.5 Papel tisúe

[4] Análisis gráfico (2006); *Los diferentes tipos de papel*. Recuperado de http: //analisisgrafico.wordpress. com/2006/07/16/los-diferentes-tipos-de-papel-algunas-definicione/

Papel de bajo gramaje, suave, compuesto por fibras naturales de pasta química virgen o reciclada, a veces mezclada con pasta de alto rendimiento (químico- mecánicas). Dependiendo de los requerimientos se suelen combinar dos o más capas.

Se caracteriza por su buena flexibilidad, suavidad superficial, baja densidad y alta capacidad para absorber líquidos.

Se usan para fines higiénicos y domésticos, tales como pañuelos, servilletas, toallas y productos absorbentes similares que se desintegran en agua.

1.2.3.6 Papel permanente

Un papel que puede resistir grandes cambios físicos y químicos durante un largo período (varios cientos de años). Este papel es generalmente libre de ácido, con una reserva alcalina y una resistencia inicial elevada.

1.2.3.7 Papel fluting

Papel fabricado expresamente para su ondulación obteniendo propiedades de rigidez y amortiguación. Normalmente fabricado de pasta semiquímica de frondosas, pasta de alto rendimiento de paja de cereales o papel recuperado, se usa en la fabricación de cartones ondulados.

1.2.4 Transformación del papel[5]

Para transformar el papel a la necesidad que se requiera, existen una serie de máquinas que facilitan este trabajo, todo depende de la utilización final que se dará al producto procesado.

[5] Enciclopedia virtual Wikipedia; Recuperado de : http://es.wikipedia.org/wiki/Papel#cite_note-1

Los tipos de máquinas convertidoras o transformadoras más utilizadas son las cortadoras, rebobinadoras, resmadoras, etc.

También existen máquinas para reducir rollos de gran tamaño, en rollos de tamaños y formas más manejables, a estas máquinas se las conoce como máquinas cortadoras-rebobinadoras, la cual será el objeto de estudio y que llevará el nombre de cortadora-rebobinadora a lo largo del presente trabajo.

1.3 MÁQUINAS CONVERTIDORAS DE PAPEL[6]

1.4 TIPOS DE MÁQUINAS REBOBINADORAS

No existe una clasificación definida, sin embargo se cree conveniente distinguir dos tipos de acuerdo a la posición de la bobina respecto a la máquina y la forma como se alimenta el material. Así se tiene:

- **Máquinas rebobinadoras horizontales.-** estas pueden ser de alimentación lateral y de alimentación central.

- **Máquinas rebobinadoras verticales.**

1.4.1 Rebobinadora horizontal de alimentación lateral

A este tipo de rebobinadora también se la conoce como rebobinadora de ejes en cantiléver, ya que los ejes en los que se monta las bobinas tienen un punto de apoyo en uno de los extremos, por lo que es recomendada para pesos no mayores a los que puede ser levantado por un solo operador sin la necesidad de ayuda de algún mecanismo como brazo elevador o montacargas, se recomienda para pesos máximos de 50kg.Ver Fig.1-1.

[6] Propia: Quishpe Alex- Plazarte Diego- Gráficas García

Fig. 1 - 1 Máquina rebobinadora horizontal de alimentación lateral[7]

1.4.2 Rebobinadora horizontal de alimentación central

En estas rebobinadoras, los ejes en los cuales se coloca las bobinas están apoyados en los extremos.

Estas cortadoras-rebobinadoras pueden ser de diferentes tamaños dependiendo de las dimensiones de las bobinas que se instalarán en la máquina, por ser de pesos y dimensiones considerables siempre se necesita la ayuda de un brazo elevador o un montacargas. Ver Fig. 1-2.

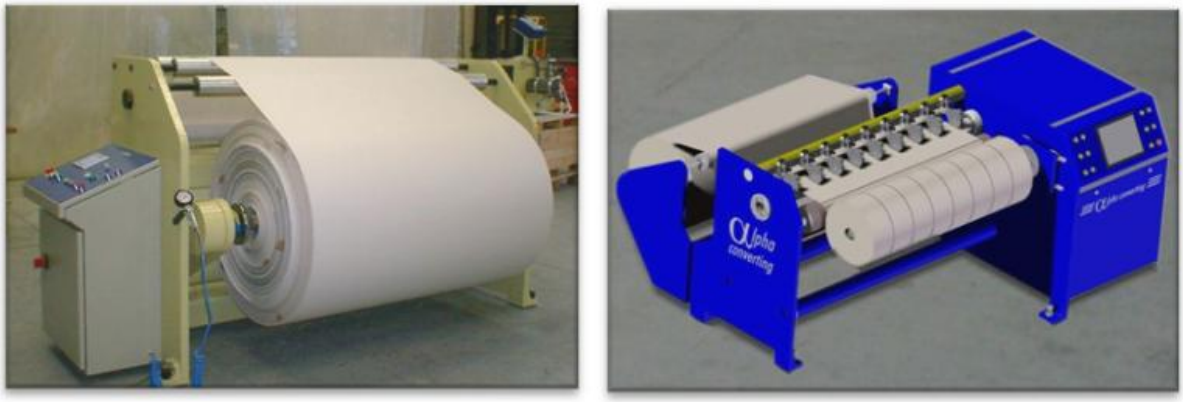


Fig. 1 - 2 Máquina Rebobinadora horizontal de alimentación central[8]

[7] http://www.alpha-converting.co.uk/esp/unwind-rewind-cantilevered.htm

[8] http://www.alpha-converting.co.uk/esp/unwind-rewind-cantilevered.htm

1.4.3 Máquinas rebobinadoras verticales

Estas rebobinadoras tienen ubicado el eje de desbobinado en forma vertical sobre el bastidor de la máquina, por lo que es complicado realizar el montaje del carrete sobre la plataforma giratoria. Ver Fig. 1-3.

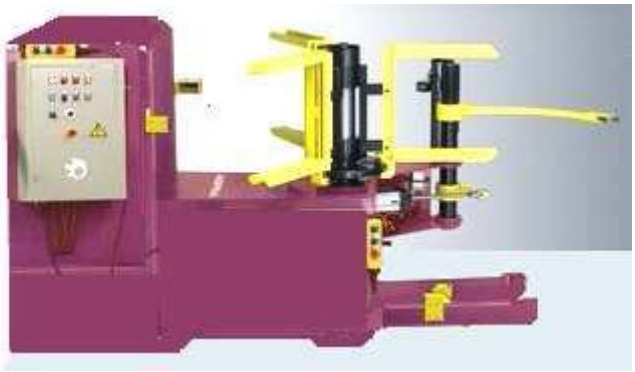


Fig. 1 - 3 Máquina Rebobinadora Vertical[9]

1.5 MECANISMOS DE CORTE DE PAPEL[10]

Para realizar el corte longitudinal del papel cada una de las máquinas descritas emplean diferentes métodos, caracterizados por el tipo de herramienta cortante que utiliza, éstas se distinguen por la forma geométrica y el filo de corte. Así se tiene:

- Cuchillas planas o rectas
- Cuchillas circulares o rotatorias

Para seleccionar el sistema de corte es necesario conocer las características de cada método, identificando las ventajas y desventajas de cada uno de estos.

[9] http://www.alpha-converting.co.uk/esp/salvage-rewinders-doctor.htm

[10] http://www.delsarlame.com/cforbice.html

1.5.1 Sistema de corte por cuchillas planas

También llamado corte a navaja, es un sistema sencillo y económico de fácil adaptación a cualquier tipo de máquina en cualquier posición.

El proceso de corte con este sistema es bastante limpio ya que al cortar no existe desprendimiento de partículas de papel nocivas para el operador. El corte se produce al arrastrar el material a través de una cuchilla plana estacionaria.

La calidad de los bordes cortados depende del espesor, densidad, rigidez, plasticidad, recubrimientos y otras características propias del material.

Uno de los tipos de papel que más se adapta a este sistema es el papel bond, ya que el acabado de los bordes es excelente. Ver Fig. 1-4.

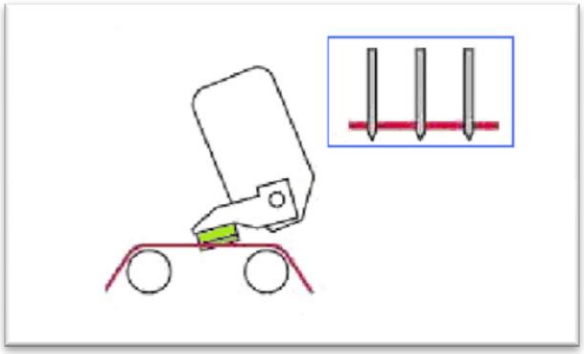


Fig. 1 - 4 Esquema de cuchillas planas[11]

Desventajas:

- **Vida útil de la herramienta**.- es una de las principales desventajas, ya que solamente una mínima porción de la hoja afilada se inserta en la zona de corte, el

[11] http://www.delsarlame.com/ccontrocoltelli.html

desgaste del filo es rápido, y falla con frecuencia en las horas críticas causando pérdidas de tiempo durante el proceso de fabricación.

- **La calidad de los bordes.-** es muy baja en los materiales más gruesos y densos.

- **Seguridad.-** ocasiona accidentes frecuentes por la manipulación de las cuchillas en cada reemplazo.

Ventajas:

- La cuchilla tiene dos filos, que se los puede utilizar cuando el primero ya se desgastó.

- La inclinación del ángulo de ataque puede variar para que tenga mayor área de corte.

1.5.2 Sistema de corte por cuchillas circulares y rotatorias

Este sistema se clasifica en tres tipos:

- Sistema de corte por cuchillas circulares a presión.

- Sistema de corte por cuchillas circulares a tijera.

- Sistema rotatorio de corte a navaja.

1.5.2.1 Sistema de corte por cuchillas circulares a presión

Es un sistema más complejo que el sistema de corte con cuchillas planas, ya que necesita de un rodillo endurecido superficialmente para apoyo de corte. Ver Fig. 1-5.

El corte se produce al presionar el papel entre el rodillo y las cuchillas.

Tiene la ventaja de que estas cuchillas no son fijas, se las puede desplazar transversalmente para obtener rollos de anchos diferentes, además que la regulación de la presión de las cuchillas es individual, permitiendo calibrar o recambiar solamente la cuchilla averiada. La vida útil de la herramienta es más larga que el sistema de cuchillas planas.

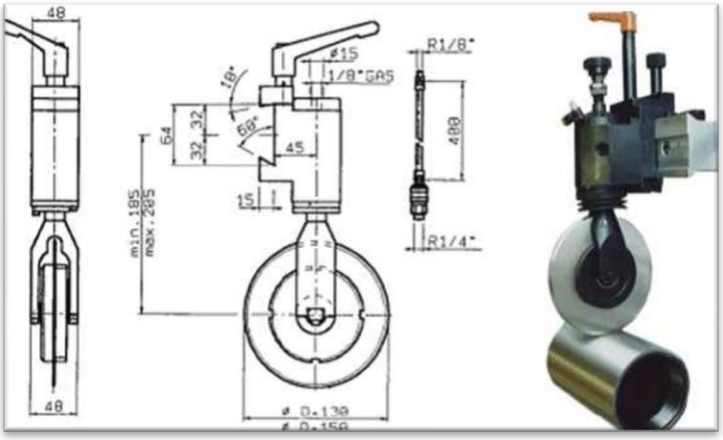


Fig. 1 - 5 Cuchilla circular de corte a presión[12]

Desventajas:

- **Vida útil de la herramienta.-** la vida útil de las cuchillas es corta, ya que al ejercer una presión considerable sobre el rodillo endurecido el filo de la cuchilla tiende a fracturarse.

- **Calidad de los bordes.-** al fracturarse los filos de corte ocasiona que los bordes del papel sean de baja calidad**.**

[12] http://www.delsarlame.com/cpressione.html

Ventajas:

- Al cortar bajo presión, se evita el desprendimiento de pelusas nocivas para el operador.

- El corte es más limpio.

1.5.2.2 Sistema de corte por cuchillas circulares a tijera

Este sistema es muy versátil ya que puede emplearse para cortar una amplia variedad de materiales.

El efecto de corte se produce cuando el material pasa entre dos discos rotatorios, el uno es la cuchilla circular y el otro es un anillo maquinado en el mismo rodillo y dado un tratamiento de endurecido, el material a ser cortado debe pasar tangente a los discos rotatorios los cuales deben estar calibrados de forma tal de obtener buenos resultados de corte. Ver Fig.1-6.

Fig. 1 - 6 Sistema de corte cuchilla circular a tijera[13]

[13] http://www.delsarlame.com/clongitudinale.html

Desventajas:

- **Variación de ancho de corte.-** debido a que el segundo disco de cortes es maquinado en el mismo rodillo, no se puede variar el ancho.

- **Calibración de la herramienta.-** la calibración debe ser exacta para que los filos de corte trabajen adecuadamente, caso contrario se produce desgarro del material afectando así la calidad del corte.

Ventajas:

- **Desgaste de la herramienta.-** las cuchillas tienen mayor tiempo de duración ya que el corte lo realizan las dos cuchillas.

1.5.2.3 Sistema rotatorio de corte a navaja

Este sistema emplea cuchillas finas instaladas sobre un disco rotatorio que gira a altas velocidades que al tomar contacto con el papel éstas lo penetran, produciendo de esta manera el corte. Ver Fig. 1-7.

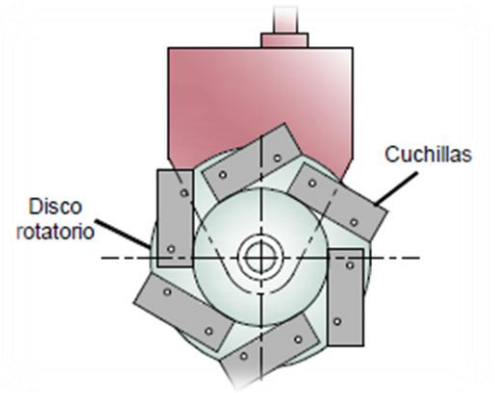


Fig. 1 - 7 Esquema sistema rotatorio cuchilla circular de corte a navaja.[14]

[14] http://www.delsarlame.com/clongitudinale.html

Desventajas:

- **Elementos extras para transmitir el movimiento.-** ya que se necesita que la velocidad de giro del eje que mueve las cuchillas sea muchísimo mayor al del giro del los ejes de bobinado y desbobinado, encareciendo de esta manera la máquina**.**

Ventajas:

- Mayor duración de los filos de corte de cada cuchilla.

- El recambio de cuchilla es individual y no todo el juego.

1.6 CONTROL DE LA TENSIÓN[15]

Uno de los principales elementos a considerar en una máquina rebobinadora es el control de la tensión, ya que de esta depende que el proceso de rebobinado tenga las características deseadas. Para esto se estudiará la incidencia de la tensión en el proceso de rebobinado.

La óptima calidad de rebobinado es el resultado de una tracción firme y constante del papel durante todo el proceso mientras circula a lo largo de los rodillos tensores, ésta fuerza de tracción se la denomina tensión del papel.

Los principales factores que afectan a la bobina son: la tensión, el flujo y el módulo de elasticidad del papel. Ambos están interrelacionados y la alteración de uno de ellos afecta a los otros.

[15] Ciencia del empaque y embalaje ; Recuperado de http: //consultoresfca.blogspot.com /2008/09/ tecnología-tension-del-papel-en-la.html

El módulo de elasticidad está determinado por la estructura física o composición del papel.

Ignorando el deslizamiento, afirmamos que la velocidad superficial de los rodillos traccionados determina la velocidad del papel.

Una variación de la velocidad superficial se produce cuando el diámetro de los cilindros se altera, por lo que teóricamente la tensión cambiaría, sin embargo la tensión se la puede controlar por métodos que se explicarán en el apartado 1.7.

El papel es un material elástico debido a su composición o naturaleza, gracias a ello resiste la tracción, deformándose longitudinalmente igual que una banda elástica ,este estiramiento se denomina módulo de elasticidad del papel, se estira bajo la acción de una fuerza y recupera su dimensión original cuando la fuerza deja de actuar. No obstante, su recuperación no es perfecta ya que parte del estiramiento es permanente, hecho que complica el control o ajuste de la tensión.

Este módulo, depende de la composición o naturaleza del papel y varía de acuerdo con su estructura físico-química, contenido de masa, compresión de las fibras, tipo y contenido de cargas minerales, contenido de humedad, éstos pueden variar durante la fabricación, pueden existir variaciones del módulo de elasticidad en diferentes áreas de una misma bobina.

1.6.1 Comportamiento del papel al aplicar una tensión

Variaciones en la tensión durante el bobinado, variaciones en la masa de papel, bobinas excéntricas, ovaladas o cónicas, causan variaciones de tensión durante el bobinado, para evitar esto, se utiliza rodillos compensadores cuya función es compensar esas variaciones y son importantes puntos de control de la tensión.

1.6.2 Dispositivos de control de tensión[16]

En la actualidad los sistemas de control de tensión incorporan los dispositivos compensadores (denominados bailarines). Ver Fig. 1-8.

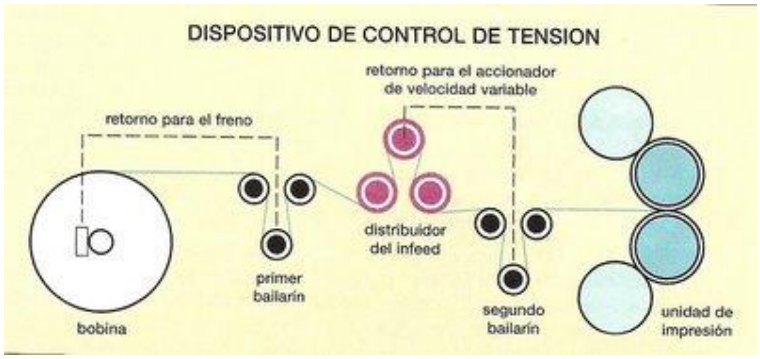


Fig. 1 - 8 Dispositivo de control de la tensión [17]

Otros sistemas actúan directamente en el eje de desbobinado aplicando un freno o un embrague.

1.6.3 La tensión

La tensión es la fuerza que se aplica a una banda continua de material en la dirección longitudinal de la máquina, se mide en Newton por metro lineal (NML) en el sistema internacional o en libras por pulgada lineal en el sistema inglés.

$$\text{NML} = \frac{\text{tensión total (N)}}{\text{ancho de la banda de papel (m)}}$$

La tensión total aplicada a una banda de papel se puede definir como el estiramiento que alcanza al colgar un peso del borde de la banda. La tensión total en el papel será igual al

[16] http://consultoresfca.blogspot.com/2008/09/tecnologia-tension-del-papel-en-la.html

[17] http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lim/jimeno_l_aa/capitulo6.pdf

valor del peso. Entonces, un NML será igual al peso dividido para el ancho de la banda de papel. Ver Fig. 1-9.

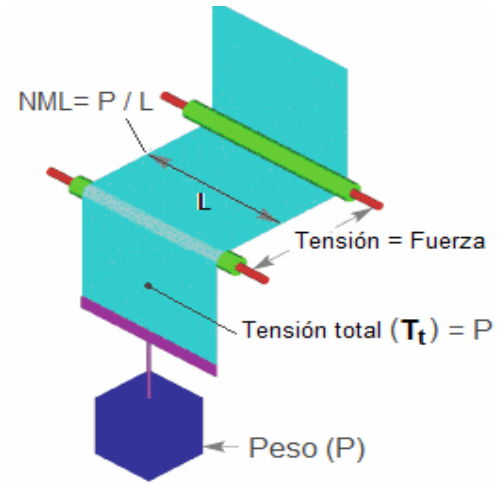


Fig. 1 - 9 Aplicación de tensión a una banda de papel[18]

1.6.4 Importancia del control de la tensión

Como ya se explicó anteriormente, la tensión es un factor determinante en el proceso de bobinado, por lo que sin la aplicación de la tensión adecuada entre todos los rodillos guías y los rodillos impulsores de la máquina, no se garantiza la dirección y el control apropiado en este proceso.

Además esta tensión ayuda a que la alineación de los rodillos respecto a la banda de papel en todo el trayecto del proceso sea perpendicular, por lo que si la tensión no es suficiente perderá esta perpendicularidad tendiendo a que la faja de papel se deslice sobre la superficie de los rodillos de un lado hacia el otro, o si la tensión es excesiva puede provocar sobres tiramiento del papel, obteniendo la formación de rollos con defectos como rollos telescópicos, rollos cóncavos, rollos arrugados, etc. Ver Fig.1-10.

[18] Timothy J. Walker (2008); *WINDING CONTROL: CREATING WOUND-ON TENSION*; Revista PFFC. Recuperado de : http://pffc-online.com/mag/paper_web_tension/

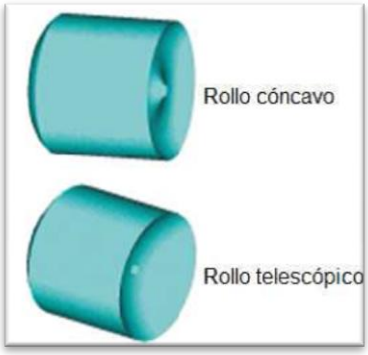


Fig. 1 - 10 Defectos por ausencia de tensión: rollos cóncavos y telescópicos[19]

El esfuerzo de torsión requerido para proporcionar una determinada tensión a una banda de papel es la tensión total medida sobre la banda por el radio del rollo, es decir que el torque que controla al eje desbobinador debe decrecer proporcionalmente con el radio del rollo desbobinado y de esta manera mantener constante la tensión, y en el caso del bobinado, el torque que controla el eje bobinador debe incrementarse proporcionalmente con el radio del rollo bobinado.

La tensión en las zonas de bobinado y desbobinado es muy dinámica, ya que los diámetros de los rollos cambian constantemente, por lo tanto el torque y la velocidad deben ser ajustadas continuamente. Ver Fig. 1-12.

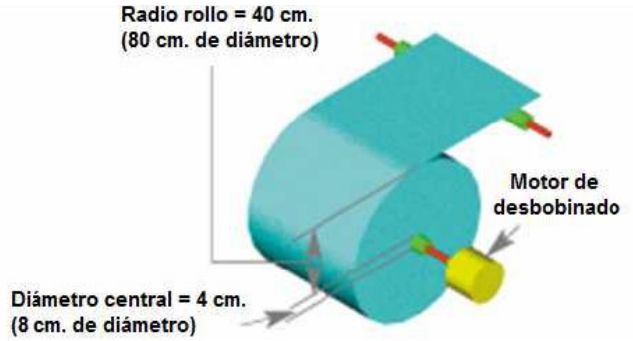


Fig. 1 - 11 Control de la tensión en la zona de desbobinado[20]

[19] Jeff Damour (2004); *Mechanic of tension control* Part II; Revista PFFC; Recuperado de: www.pffc-online.com/mag/paper_web_tension
[20] Indent 19

La tensión y la velocidad en las zonas intermedias son estables, ya que los diámetros de los rodillos guías e impulsores no cambian.

1.7 TIPOS DE CONTROL DE LA TENSIÓN[21]

1.7.1 Control manual de la tensión

Entre estos se tiene:

- Potenciómetro que regula el torque de un motor.
- Control del torque de salida a través de un embrague de partículas magnéticas.
- Control del torque de salida a través de un embrague neumático o manual.

Estos dos últimos sistemas son menos precisos de todos los tipos de control, ya que se deja a criterio del operador la regulación de la tensión. Debido al constante cambio de los diámetros, las zonas de desbobinado y bobinado son las que presentan mayor dificultad al momento de controlar la tensión manualmente. Ver Fig. 1-13.

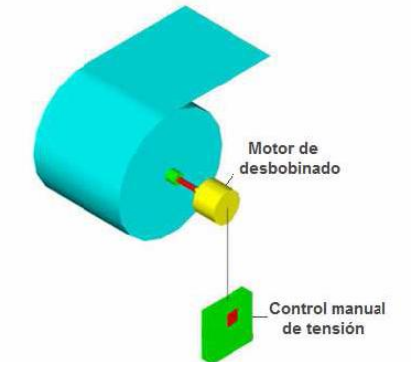


Fig. 1 - 12 Control de tensión manual[22]

[21] Jeff Damour (2004); *Mechanic of tension control* Part II; Revista PFFC; Recuperado de: www.pffc-online.com/mag/paper_web_tension
[22] Indent 21

1.7.2 Control de tensión por medio de la medida del diámetro[23]

Este tipo de sistemas regulan el torque proporcional al aumento del diámetro del rollo bobinado o al decrecimiento del rollo desbobinado, una desventaja de estos sistemas es que no controlan la tensión en la zona intermedia de la máquina.

1.7.2.1 Medición del diámetro con brazo seguidor

Este sistema consta de una rueda o rodillo que sigue el crecimiento o decrecimiento del diámetro del rollo, ésta rueda está montada a un brazo pivotante con un dispositivo de detección que generalmente es un potenciómetro, o un sensor de proximidad. Este sensor envía una señal al control para que este regule el torque del motor o embrague. Ver Fig. 1-14.

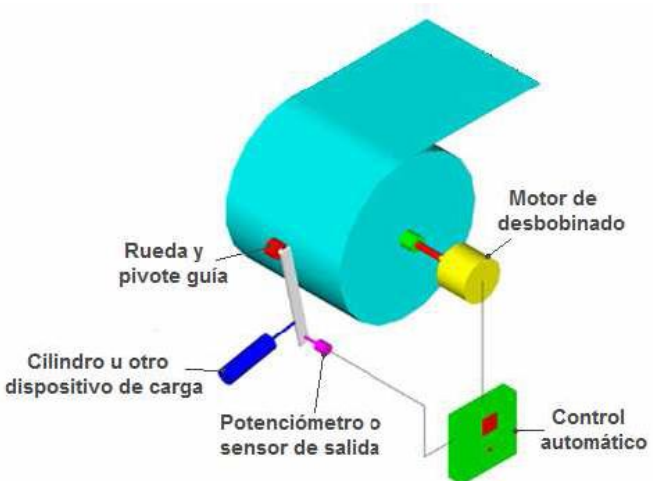


Fig. 1 - 13 Control de la tensión con brazo seguidor y medición de diámetro[24]

Ventajas:

- Control simple.

---

[23] Jeff Damour (2004); *Mechanic of tension control* Part II; Revista PFFC; Recuperado de: www.pffc-online.com/mag/paper_web_tension

[24] Indent 23

- Económico.

- De fácil instalación.

Desventajas:

- No tiene compensación de rollos descentrados.

- El brazo seguidor interfiere en el cambio de rollos.

- No es versátil, ya que necesita varias modificaciones cuando se quiere procesar bobinas de mayor tamaño.

- Ya que es un sistema mecánico necesita mayor cantidad de mantenimientos.

- El material debe estar en contacto directo con el brazo seguidor, lo cual no es recomendable para materiales delicados.

1.7.2.2 Medida del diámetro por ultrasonido

El sensor ultrasónico emite una señal que incide en la superficie del rollo, rebotando en este y regresando al sensor, un control lógico mide el tiempo que tarda la señal en recorrer la distancia entre el diámetro externo del rollo y el sensor, determinando así el radio.

Conociendo la variación del diámetro del rollo, se puede variar el torque del eje conductor. Ver fig. 1-15.

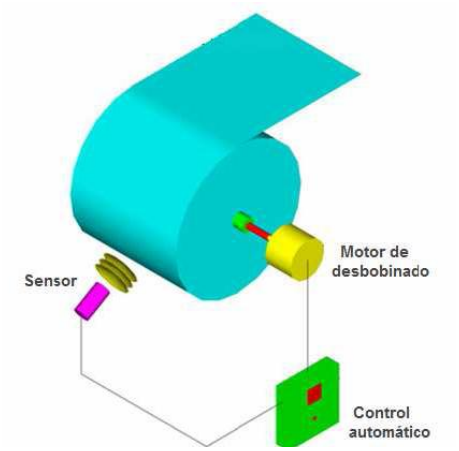


Fig. 1 - 14 Control de la tensión por ultrasonido y medición del diámetro[25]

Ventajas:

- Económico, sencillo y fácil de instalar.
- Este sistema tiene compensación para rodillos descentrados.
- El sensor puede ser montado en cualquier lugar de la máquina facilitando las maniobras del operador.
- No tiene partes mecánicas que se desgasten.
- No existe contacto con el material.

Desventajas:

- Cualquier objeto que interfiera la señal entre el diámetro externo del rodillo y el transductor afecta el funcionamiento.

[25] Jeff Damour (2004); *Mechanic of tension control* Part II; Revista PFFC; Recuperado de: www.pffc-online.com/mag/paper_web_tension

- Es necesario una calibración electrónica cada vez que se varié la capacidad del rollo.

- Es necesario que el sensor se encuentre perpendicular a la línea de centro del rollo, si se encuentra desviado no funcionaría correctamente.

- Algunos materiales tienen la propiedad de absorber señales de ultrasonido, si la señal no vuelve al sensor, no funcionará.

1.7.2.3 Medida del diámetro por cálculo de velocidades

Este control utiliza sensores en el eje bobinador o desbobinador y en el rodillo impulsor o en uno de los rodillos guías, los cuales detectan las RPM de cada uno.

La velocidad de la máquina es constante y las velocidades del rollo bobinador y desbobinador varían relativamente con el diámetro del rollo, comparando éstas velocidades con la velocidad constante de la máquina, el diámetro del rollo puede ser calculado. Ver fig. 1-16.

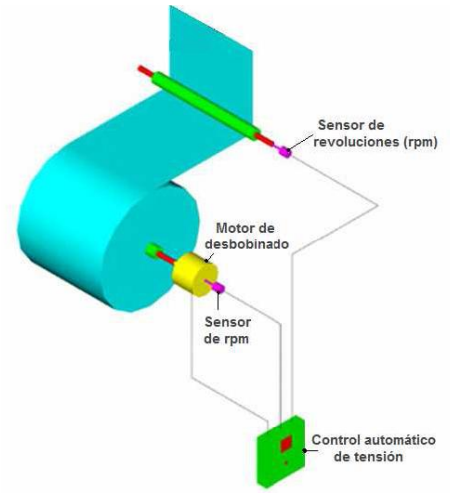


Fig. 1 - 15 Control de la tensión por cálculo de velocidades y medición del diámetro[26]

[26] Jeff Damour (2004); *Mechanic of tension control* Part II; Revista PFFC; Recuperado de: www.pffc-online.com/mag/paper_web_tension

Ventajas:

- Relativamente económico.
- Fácil de instalar.
- Permite aumentar la capacidad de los rollos bobinados o desbobinados, ya que sólo se varía la posición del sensor y se calibra a la nueva posición.
- No tiene partes mecánicas que se desgasten.
- No interfiere en el montaje y desmontaje de los rollos.

Desventajas:

- Es un control de lazo abierto, no controla la tensión por medio del valor de tensión en la banda, solo controla la tensión midiendo el diámetro del rollo, asumiendo que todas las condiciones que afectan a la banda son correctas.
- Solo se puede controlar las zonas de bobinado y desbobinado, excluyendo la zona intermedia.
- El control lógico es más complejo comparado con los otros sistemas.

CAPÍTULO II

SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

2.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La necesidad surge a partir del proceso manual con el que se realiza el bobinado de los rollos de papel, es por eso que Gráficas García, solicita el diseño de una máquina cortadora-rebobinadora, adecuándose al espacio, funcionalidad requerida y capacidad económica disponible.

En el mercado existen máquinas mucho más sofisticadas y costosas, valores que a la empresa no le resulta rentable adquirir, a más de esto, serían sub utilizadas ya que vienen incorporadas con otras funciones que no serían empleadas, extendiendo así la recuperación de la inversión.

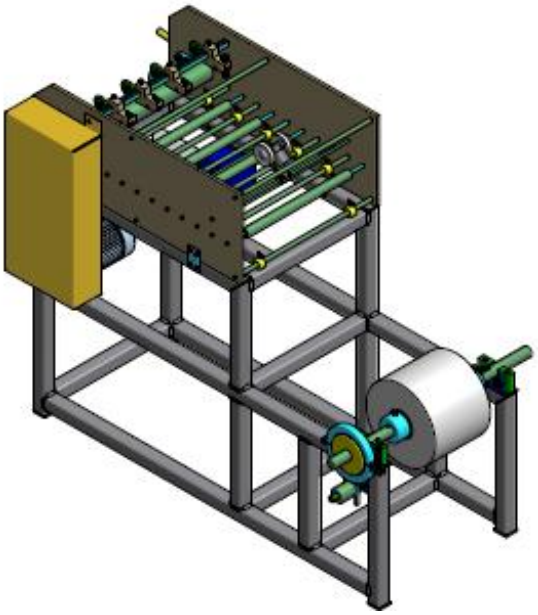


Fig. 2 - 1 Máquina cortadora -rebobinadora[27]

[27] PROPIA: Alex Quishpe / Diego Plazarte

La máquina que se diseñará deberá producir rollitos de papel de un diámetro máximo de 100 mm y una longitud máxima de 225 mm. También contará la cantidad de metros bobinados y permitirá la regulación de la tensión en todo el proceso por medio de un freno en el eje de desbobinado.

2.2 LIMITACIONES

La principal limitación es el costo que implicaría la construcción de la máquina, es por ello que todos los elementos constitutivos deben ser sencillos, fácil de fabricar, de bajo costo y de existencia en el mercado local.

2.3 ELEMENTOS DE LA MÁQUINA CORTADORA-REBOBINADORA

La máquina contará con los siguientes elementos:

- Sistema de corte.
- Sistema de regulación de tensión.
- Sistema para regular la velocidad de enrollado.
- Controlador de paradas.
- Contador de metros enrollados.
- Alimentación eléctrica : 220V
- Peso máximo: 200Kg

2.4 ESPECIFICACIONES DE MATERIA PRIMA UTILIZADA

El papel que se utilizará como materia prima para cortar y rebobinar viene en bobinas de diámetro máximo 1000mm dependiendo de la necesidad y del tipo.

En la máquina que se diseñará hay que tomar en cuenta las dimensiones de acuerdo a los siguientes criterios:

- El ancho máximo del rollo madre es 270 mm.
- Tipo de papel bond 40 – 120 gr/m^2

2.5 ESPECIFICACIONES DEL ROLLO TERMINADO

El rollo terminado deberá tener las siguientes características:

- Diámetro externo: en función de los metros enrollados, hasta un máximo de 100 mm de diámetro.
- Diámetro interno: nucleo de cartón de 12 mm.
- Ancho : variable hasta máximo 225 mm.
- Peso : variable,en función de los metros enrollados.

2.6 ESPECIFICACIONES DIMENSIONALES DE LA MÁQUINA

- Dimensiones máximas por cuestión de espacio: largo, ancho y altura: 1m x 1m x 1.5m respectivamente.

2.7 APARIENCIA DE LA MÁQUINA

- Se diseñará de acuerdo al requerimiento solicitado por el cliente, sin embargo se presentarán alternativas en cuanto a elementos constitutivos como accesorios de corte, sistema de transmisión, sistema de control de tensión, sistema de transmisión, sistema de sujección de bobina, sistema de conteo de papel, operación y control, mantenimiento, funcionalidad y fabricación.

- Se tomará en cuenta el punto ergonómico del operador.

- Se diseñará elementos que garanticen la seguridad del operador.

2.8 PARÁMETROS PARA LA SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

2.8.1 Costos

Es un factor determinante al elegir la alternativa, por lo que en el diseño se tomará muy en cuenta el costo de los materiales, dificultad de construcción, mano de obra y tiempos.

2.8.2 Características geométricas, tamaño y peso

La limitación del espacio físico donde será colocada la máquina requiere que no exceda de : largo, ancho y altura: 1m x 1m x 1.5m, respectivamente.

2.8.3 Operación y control

Esta relacionado con la ergonomía del trabajador respecto a la máquina, la facilidad de manipulación tanto de accesorios como de materia prima y puesta en marcha de la máquina.

2.8.4 Mantenimiento

El mantenimiento involucra un factor económico de gran incidencia, ya que un mantenimiento caro no representa una inversión, sino todo lo contrario, por lo que la alternativa seleccionada deberá constar de elementos y partes de fácil mantenimiento, así como de fácil cambio y adquisición .

2.8.5 Funcionalidad

Involucra el desempeño que tendrá la alternativa seleccionada para la aplicación que fue diseñada con el fin de no ser sub utilizada.

2.8.6 Fabricación y montaje

Toma en cuenta el grado de dificultad en la construcción y montaje de cada elemento constitutivo de la máquina.

2.9 SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA A FABRICAR

2.9.1 Valoracion, factores de incidencia y puntaje

La calificación es sobre 10 puntos, los cuales son multiplicados por un factor de incidencia de acuerdo a la importancia de los parámetros de evaluación, cuadro que se muestra en la Tabla 2-1.

PARAMETRO DE EVALUACION	FACTOR DE INCIDENCIA f/1
Costos	0,3
Tamaño y peso	0,1
Operación y control	0,1
Mantenimiento	0,2
Funcionalidad	0,1
Fabricación y montaje	0,2
TOTAL	1

Tabla 2 - 1 Parámetros y factores de incidencias para selección de alternativas

A mayor puntaje será la mejor alternativa.

2.10 SELECCIÓN DE MÁQUINA CORTADORA-REBOBINADORA

Como se revisó en el capitulo anterior, existen tres tipos de máquinas cortadoras-rebobinadoras que se presentan como posibles alternativas, se varía en cada una de ellas las características geométricas y dimensionales, para su selección se evaluará los parámetros arriba indicados. Ver Tabla 2-2.

- Alternativa 1: Máquinas rebobinadoras horizontales de alimentación lateral.
- Alternativa 2: Máquinas rebobinadoras horizontales de alimentación central.
- Alternativa 3: Máquinas rebobinadoras verticales.

PARAMETROS	FACTOR DE INCIDENCIA	ALTERNATIVAS					
		ALTERNATIVA 1		ALTERNATIVA 2		ALTERNATIVA 3	
		10	VAL	10	VAL	10	VAL
COSTOS	0,3	6	1,8	7	2,1	2	0,6
TAMAÑO Y PESO	0,1	5	0,5	8	0,8	4	0,4
OPERACIÓN Y CONTROL	0,1	7	0,7	8	0,8	5	0,5
MANTENIMIENTO	0,2	8	1,6	6	1,2	5	1
FUNCIONALIDAD	0,1	6	0,6	8	0,8	5	0,5
FABRICACION Y MONTAJE	0,2	6	1,2	8	1,6	5	1
EVALUACION			6,4		**7,3**		4
SELECCIÓN				**X**			

Tabla 2 - 2 Selección de tipo de máquina cortadora-rebobinadora

De las alternativas presentadas, se selecciona la alternativa 2 ya que ofrece mayores ventajas respecto a las otras dos.

2.11 SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE LOS SISTEMAS

2.11.1 Sistemas de corte

- Alternativa 1: Corte por cuchilllas planas o tipo navaja.
- Alternativa 2: Corte por cuchilllas circulares a presión.
- Alternativa 3: Corte por cuchillas circulares a tijera.

PARAMETROS	FACTOR DE INCIDENCIA	ALTERNATIVAS					
		1		2		3	
		10	VAL	10	VAL	10	VAL
COSTO	0,3	5	1,5	8	2,4	4	1,2
OPERACIÓN Y CONTROL	0,1	6	0,6	8	0,8	6	0,6
MANTENIMIENTO	0,2	7	1,4	8	1,6	4	0,8
FUNCIONALIDAD	0,2	6	1,2	7	1,4	4	0,8
FABRICACION Y MONTAJE	0,2	8	1,6	7	1,4	5	1
EVALUACION			6,3		7,6		4,4
SELECCIÓN				X			

Tabla 2 - 3 Selección del sistema de corte

2.11.2 Sistema de control de tensión

- Alternativa 1: Control manual.
- Alternativa 2: Control por medición de diámetro.
- Alternativa 3: Control de transductores y sensores de carga.

PARAMETROS	FACTOR DE INCIDENCIA	ALTERNATIVAS					
		1		2		3	
		10	VAL	10	VAL	10	VAL
COSTO	0,3	10	3	7	2,1	6	1,8
OPERACIÓN Y CONTROL	0,1	5	0,5	8	0,8	10	1
MANTENIMIENTO	0,2	8	1,6	7	1,4	7	1,4
FUNCIONALIDAD	0,2	8	1,6	9	1,8	10	2
FABRICACION Y MONTAJE	0,2	10	2	6	1,2	6	1,2
EVALUACION			8,7		7,3		7,4
SELECCIÓN		X					

Tabla 2 - 4 Selección del sistema de tensión

2.11.3 Sistemas de transmisión

- Alternativa 1: Por bandas trapezoidales.
- Alternativa 2: Por bandas dentadas.
- Alternativa 3: Por cadenas

PARAMETROS	FACTOR DE INCIDENCIA	ALTERNATIVAS					
		1		2		3	
		10	VAL	10	VAL	10	VAL
COSTO	0,3	10	3	8	2,4	6	1,8
OPERACIÓN Y CONTROL	0,1	8	0,8	7	0,7	7	0,7
MANTENIMIENTO	0,2	10	2	10	2	7	1,4
FUNCIONALIDAD	0,2	9	1,8	9	1,8	9	1,8
FABRICACION Y MONTAJE	0,2	9	1,8	8	1,6	7	1,4
EVALUACION			9,4		8,5		7,1
SELECCIÓN		X					

Tabla 2 - 5 Selección del sistema de transmisión

2.11.4 Sistema de sujección de bobinas

- Alternativa 1: Manual de ejes excéntricos.
- Alternativa 2: Neumático con ejes expansibles.
- Alternativa 3: Sujección manual por conos.

PARAMETROS	FACTOR DE INCIDENCIA	ALTERNATIVAS					
		1		2		3	
		10	VAL	10	VAL	10	VAL
COSTO	0,3	7	2,1	5	1,5	9	2,7
OPERACIÓN Y CONTROL	0,1	8	0,8	9	0,9	8	0,8
MANTENIMIENTO	0,2	7	1,4	5	1	9	1,8
FUNCIONALIDAD	0,2	8	1,6	9	1,8	8	1,6
FABRICACION Y MONTAJE	0,2	7	1,4	5	1	9	1,8
EVALUACION			7,3		6,2		8,7
SELECCIÓN						X	

Tabla 2 - 6 Selección del sistema de sujección de bobinas

2.11.5 Sistema de conteo de papel

- Alternativa 1: Conteo por tacómetro digital.
- Alternativa 2: Conteo por tacómetro mecánico.
- Alternativa 3: Conteo por medición de diámetro.

PARAMETROS	FACTOR DE INCIDENCIA	ALTERNATIVAS					
		1		2		3	
		10	VAL	10	VAL	10	VAL
COSTO	0,3	10	3	7	2,1	8	2,4
OPERACIÓN Y CONTROL	0,1	9	0,9	10	1	8	0,8
MANTENIMIENTO	0,2	9	1,8	8	1,6	9	1,8
FUNCIONALIDAD	0,2	8	1,6	10	2	7	1,4
FABRICACION Y MONTAJE	0,2	8	1,6	8	1,6	8	1,6
EVALUACION			8,9		8,3		8
SELECCIÓN		X					

Tabla 2 - 7 Selección del sistema de conteo de papel

2.12 DESCRIPCIÓN DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA

- **Alternativa seleccionada:** rebobinadora horizontal con alimentación central , este modelo ofrece ventajas constructivas, económicas y ergonómicas para el operador.

- **Sistemas de corte:** por cuchillas circulares a presión, es un sistema económico, de fácil construcción, se puede obtener en el mercado local y son de fácil calibración.

- **Sistema de control de tensión:** mediante un sistema manual de embrague, teniendo en cuenta que los rollos tienen un diámetro pequeño, la tensión variará en un mínimo, por lo tanto no justifica incorporar un sistema de control electrónico.

- **Sistema de transmisión:** por bandas trapezoidales, puede transmitir torques grandes, no requieren mayor mantenimiento, su montaje es fácil, se consigue facilmente en el mercado.

- **Sistema de sujección de la bobinas:** sujección manual por conos regulables, es un sistema económico y para la aplicación requerida ofrece la misma funcionalidad que sistemas más costosos.

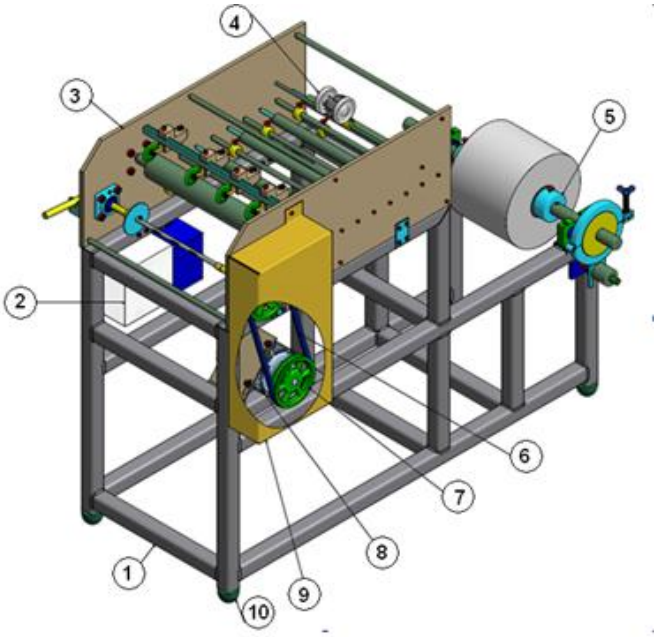
- **Sistema de conteo:** por tacómetro digital (contador con acumulador, encoder longitudinal), su montaje es fácil y se lo puede conseguir en el mercado local , conectado a un control lógico se puede programar la cantidad de metros de papel a rebobinar.

CAPÍTULO III

DISEÑO

3.1 INTRODUCCIÓN

Una vez seleccionada la alternativa que cumpla con los requerimientos establecidos, en éste capítulo se presenta el diseño detallado de los elementos, sistemas y subsistemas que conforman la máquina rebobinadora de rollos de papel. Ver Fig. 3-1.



1	Bastidor
2	Control de encendido
3	Caja porta rodillos
4	Encoder
5	Cargador de bobina
6	Banda
7	Polea
8	Motor
9	Protector de polea
10	Base de caucho

Fig. 3 - 1 Partes de la máquina cortadora rebobinadora

3.2 Elementos para el diseño

En la tabla 3-1, se muestra los sistemas y subsistemas que forman parte de la máquina cortadora-rebobinadora.

ELEMENTOS,SITEMAS Y SUBSISTEMAS PARA EL DISEÑO		
ELEMENTO/SISTEMA	**SUB ELEMENTOS/SUB SISTEMAS**	**DATOS PRINCIPALES PARA DISEÑO O SELECCIÓN**
SISTEMA DE TRANSMISION DE POTENCIA	POLEAS	CARGAS. POTENCIA A TRANSMITIR. RELACIONES DE VELOCIDAD.
	BANDAS	
	CHUMACERAS	
	POTENCIA DE MOTOR	
	VARIADOR DE VELOCIDAD	
SISTEMA DE DESBOBINADO	EJE DE DESBOBINADO	CARGAS,TENSION DEL PAPEL,VEOCIDAD DE TRABAJO
	SUBSISTEMA DE SUJECCION DE	
	RODAMIENTOS	
SISTEMA DE CONTROL DE TENSION	SUBSISTEMA DE FRENADO	VELOCIDADES LINEALES. RADIO DE LA BOBINA ALIMENTADORA TENSION DEL PAPEL
RODILLLOS GUIAS FIJOS Y GIRATORIOS	CUERPO DE RODILLO	TENSION,CARGA,POTENCIA
	EJE DE SOPORTE	
	RODAMIENTOS	
SISTEMA DE BOBINADO	RODILLOS DE BOBINADO	VELOCIDAD DE BOBINADO,DIAMETRO DE EJE DE BOBINADO
	RODAMIENTOS	
	PERNOS DE SUJECCION	
	BOBINAS	
SISTEMA DE CORTE	CUCHILLAS	GEOMETRIAS DE LAS CUCHILLAS. PROPIEDADES DEL PAPEL.
	PORTACUCHILLAS	
	RESORTE	
SISTEMA DE CONTEO	ENCODER DE CONTEO	ESPECIFICACIONES TECNICAS DE OPERACON DE LA MAQUINA
	SUBSISTEMA DE CONTROL	
	SENSORES	
ESTRUCTURA	PLACAS DE SOPORTE	CARGAS.

Tabla 3 - 1 Sistemas y elementos de la máquina cortadora-rebobinadora

3.3 CÁLCULO DE LA POTENCIA DEL MOTOR

La potencia del motor viene dada por el trabajo que se necesita para que la bobina gire, es decir parte del reposo hasta que gira a la velocidad de trabajo.

De acuerdo a la experiencia de la empresa que solicita el diseño, uno de los requerimientos para evitar la rotura y no obtener bobinas defectuosas es que el rango de la velocidad lineal del papel esté entre mínimo 10m/min y máximo 100m/min.[28]

La potencia requerida del motor, se determina calculando primeramente el torque necesario para mover los elementos y para esto se necesita conocer los siguientes parámetros:

- Inercia de las masas en movimiento.
- Aceleración angular desde una velocidad angular inicial hasta una velocidad angular nominal.

3.4 INERCIA DE LAS MASAS EN MOVIMIENTO

Para calcular la inercia de un cuerpo, se tomará en cuenta su geometría, para este caso, los elementos giratorios de la máquina tienen forma cilíndrica maciza, por lo que la inercia de un eje macizo está dada por la siguiente ecuación:

$$I = \frac{m \times d^2}{8} \qquad \text{(Ec. 3.1)}$$

Donde:

$I = Inercia\ del\ cuerpo\ kg.m^2$

$d = diámetro\ externo\ \ (m)$

$m = masa\ del\ cuerpo\ (kg)$

Para determinar el volumen de un cilindro se emplea la siguiente ecuación:

$$V = \pi \times r^2 \times L \qquad \text{(Ec. 3-2)}$$

[28] Datos proporcionados por *GRÁFICAS GARCIA*

La masa está definida por:

$$m = V \times \rho \qquad \text{(Ec. 3-3)}$$

Donde:

$V = volumen\ (m^3)$

$\rho = densidad\ del\ material\ (\frac{kg}{m^3})$

$m = masa\ del\ cuerpo\ (kg)$

$L = longitud\ del\ cilindro\ (kg)$

La densidad del acero es igual a 7850 kg/m^3

La masa de la bobina de papel es de 50 kg.

3.5 VELOCIDAD Y ACELERACIÓN ANGULAR

Para el cálculo de la velocidad angular se emplea la siguiente ecuación:

$$\omega = \frac{v}{r} \qquad \text{(Ec. 3-4)}$$

Donde:

$\omega = velocidad\ angular\ \left(\frac{rad}{s}\right)$

$v = velocidad\ lineal\ (\frac{m}{s})$

$r = radio\ (m)$

La aceleración angular viene dada por la siguiente ecuación:

$$\omega = \omega_o + \alpha \times t \qquad \text{(Ec. 3-5)}$$

Donde:

$\omega = velocidad\ angular\ final\ \left(\frac{rad}{s}\right)$

$\omega_0 = velocidad\ angular\ inicial\ \left(\frac{rad}{s}\right)$

$\alpha = aceleración\ angular\ \left(\frac{rad}{s^2}\right)$

$t = tiempo\ (s)$

Teniendo en cuenta que el sistema parte desde el reposo ($\omega_0 = 0$), la aceleración angular de la Ec. 3.5 es igual a:

$$\propto = \frac{\omega}{t} \qquad \text{(Ec. 3-6)}$$

Los elementos móviles de la máquina serán acelerados partiendo desde el reposo, por lo que la velocidad angular inicial es igual a cero ($\omega o = 0$) hasta alcanzar la velocidad angular de funcionamiento (ω) de cada uno de ellos.

El tiempo de arranque es el tiempo en alcanzar la velocidad angular de funcionamiento.

Para el diseño se tomará un valor de tiempo de arranque igual a 5 segundos.

3.6 TORQUE

Para el cálculo del torque se emplea la siguiente ecuación:

$$T = I \times \alpha \qquad \text{(Ec. 3-7)}$$

Donde:

$T = Torque\ (Nm)$

$I\ = Inercia\ del\ cuerpo\ kg.m^2$

$\alpha = aceleración\ angular\ \ (\frac{rad}{s^2})$

3.7 POTENCIA

La potencia necesaria para poner en rotación los elementos móviles de la máquina está definida por la siguiente ecuación:

$$P = T \times\ \omega \qquad \text{(Ec. 3-8)}^{29}$$

Donde:

$P = potencia\ (Kw)$

$T = Torque\ (Nm)$

$\omega = velocidad\ angular\ \left(\frac{rad}{s}\right)$

Equivalencias:

1rpm = 0,105(rad/s)[30]

1Kw = 1000(Nm/s)[31]

Equivalencia: 1HP = 0.736 Kw

[29] Enciclopedia virtual Wikipedia; Recuperado de : http://en.wikipedia.org/wiki/Power_(physics)
[30] Enciclopedia virtual Wikipedia; Recuperado de http: //es.wikipedia.org/wiki/Revoluci%C3%B3n _ por _ minuto
[31] Convertidor de unidades ; Recuperado de :http://www.convertunits.com/from/kilowatt/to/N-m/s

3.8 POTENCIA PARA MOVER LOS RODILLOS

El sistema de rodillos consta de ocho ejes y la bobina de papel, los cuales intervienen en el cálculo de la potencia del motor.

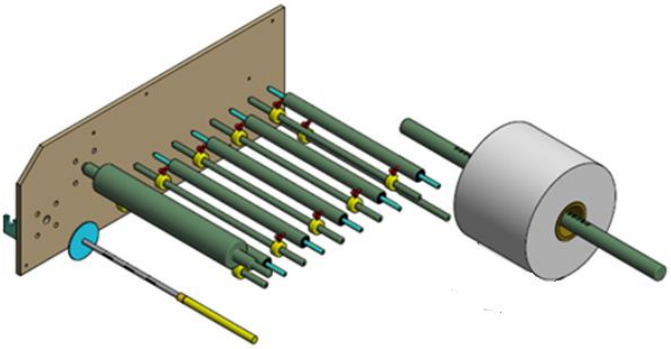


Fig. 3 - 2 Sistema de los rodillos

3.8.1 Inercia de los rodillos

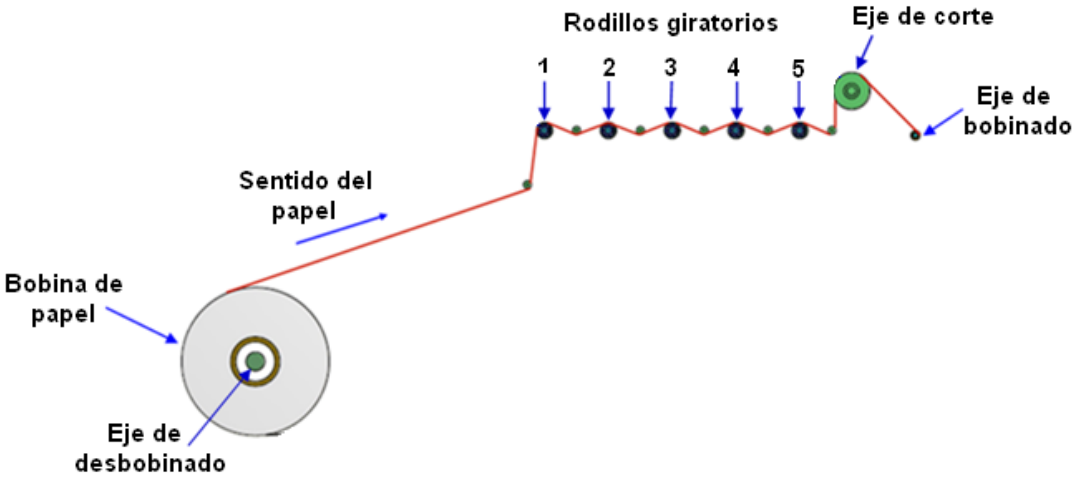


Fig. 3 - 3 Diagrama de sistema de rodillos

Los rodillos tienen las dimensiones que se muestran en la Tabla 3-2:

ELEMENTO	LONGITUD [m]	RADIO[m]
EJE DE BOBINADO (EB)	0,4	0,00635
EJE DE CORTE (EC)	0,6	0,0375
RODILLO GIRATORIO 1	0,6	0,016
RODILLO GIRATORIO 2	0,6	0,016
RODILLO GIRATORIO 3	0,6	0,016
RODILLO GIRATORIO 4	0,6	0,016
RODILLO GIRATORIO 5	0,6	0,016
BOBINA DE PAPEL	0,241	0,35
EJE DE DESBOBINADO (EDB)	0,85	0,038

Tabla 3 - 2 Dimensiones de los rodillos[32]

Utilizando las ecuaciones de volumen (Ec. 3-2), masa (Ec. 3-3) e inercia (Ec. 3-1) y con la ayuda de una hoja electrónica de cálculo, se obtienen los siguientes resultados:

ELEMENTO	DENSIDAD[kg/m³]	VOLUMEN[m³]	MASA CILINDRO[kg]	INERCIA[kg-m²]
EJE DE BOBINADO	7850	0,00005	0,397765371	0,0000080
EJE DE CORTE (EC)	7850	0,00265	20,80814259	0,0146307
RODILLO PRINCIPAL 5	7850	0,00048	3,788006758	0,0004849
RODILLO PRINCIPAL 4	7850	0,00048	3,788006758	0,0004849
RODILLO PRINCIPAL 3	7850	0,00048	3,788006758	0,0004849
RODILLO PRINCIPAL 2	7850	0,00048	3,788006758	0,0004849
RODILLO PRINCIPAL 1	7850	0,00048	3,788006758	0,0004849
BOBINA DE PAPEL	1400	0,09275	129,8467368	7,9531126
EJE DE DESBOBINADO	7850	0,00386	30,26952796	0,0218546

Tabla 3 - 3 Inercias de los rodillos del sistema

3.8.2 Cálculo de la potencia

La velocidad lineal mínima y máxima con la que funcionará la máquina es de 10 m/min. (0.167 m/s) a 100 m/min. (1.67 m/s) y el diámetro exterior de la bobina alimentadora al iniciar su desbobinado es igual a 700 mm. (0.7 m).

[32] Dimensiones estimadas de acuerdo a los requerimientos geométricos de las piezas

Empleando las ecuaciones de ω (Ec.3-4), α (Ec.3-6), *T* (Ec. 3-7), *P* (Ec. 3-8) y con los datos obtenidos en la Tabla 3-2, se tiene:

ELEMENTO	VELOCIDAD ANGULAR ω[rad/s]	ACELERACION ANGULAR α[rad/s²]	TORQUE[Nm]	POTENCIA[W]
EJE DE BOBINADO	262,5	524,9	0,0	1,1
EJE DE CORTE (EC)	44,4	88,9	1,3	57,8
RODILLO PRINCIPAL 5	104,2	208,3	0,1	10,5
RODILLO PRINCIPAL 4	104,2	208,3	0,1	10,5
RODILLO PRINCIPAL 3	104,2	208,3	0,1	10,5
RODILLO PRINCIPAL 2	104,2	208,3	0,1	10,5
RODILLO PRINCIPAL 1	104,2	208,3	0,1	10,5
BOBINA DE PAPEL	4,8	9,5	75,7	360,7
EJE DE DESBOBINADO	43,9	87,7	1,9	84,1
			POTENCIA TOTAL	556,284

Tabla 3 - 4 Cálculo de la potencia

Al sumar los valores de cada sistema, se obtiene la potencia necesaria para accionar todos los elementos móviles de la máquina.

$$\boldsymbol{P = 556,284\ W}$$

3.9 POTENCIA SUMINISTRADA POR EL MOTOR

El motor seleccionado debe satisfacer la potencia requerida ($\boldsymbol{P_{requerida}}$) para accionar los diferentes elementos de la máquina.

En un motor es importante seleccionar un factor de servicio adecuado, considerando algunos aspectos, entre ellos los siguientes: bandas mal tensadas, vibraciones excesivas, mal anclaje del motor, prolongadas horas de operación, numerosos arranques, instalaciones eléctricas defectuosas, etc.

Se recomienda un factor de servicio de 1,5[33], es decir la potencia del motor es:

$$P = 556{,}284\ W\ \times 1{,}5\ = 834{,}43W$$

Tomando en cuenta que:

$$1\ HP = 745{,}7W$$

Por lo tanto:

$$P_{requerida}\ = 1.2\ HP$$

Verificando en el mercado, se selecciona un motor de inducción con rotor jaula de ardilla para baja tensión, de corriente alterna de 1.5HP ,1650 rpm, 60Hz, trifásico, regulado con un variador de frecuencia compatible con este motor, para este caso se utiliza un SIEMENS SINAMICS G110[34].

3.10 TENSION DEL PAPEL EN LA ZONA DE DESBOBINADO

El rango en el que se encuentra la tensión de rotura del papel bond normal es de 2Kgf/cm (20N/cm) a 5Kgf /cm (50 N/cm)[35].

El valor de la tensión es mayor en la dirección de la máquina (MD) que en la dirección transversal (TD), esto se debe a que las fibras están fuertemente orientadas en la dirección de la máquina.

En el arranque de la máquina, la tensión que se aplique al papel no debe superar estos valores. En este caso para la condición de aceleración a velocidad máxima (0 a 100 m/min).

---

[33]Roldán J. *Prontuario de Mecánica Industrial Aplicada*; Editorial Paraninfo; Pág. 168.

[34] SIEMENS: Catálogos y hojas técnicas del proveedor.

[35] Arclad; *Especificaciones técnicas Papel Bond mate*; Recuperado de : http://sficr.com/docs/mate/bond-arclad.pdf

Teniendo en cuenta que:

$$P = T_{\mathrm{m}} \times \omega \qquad \text{(Ec. 3-9)}$$

Donde:

$P = potencia\ (W)$

$W = \frac{Nm}{s}$

$T_m = Torque\ del\ motor\ (Nm)$

$\omega = velocidad\ angular\ \left(\frac{rad}{s}\right)$

Se despeja T_m:

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

Reemplazando:

$$Tm = \frac{834{,}43W}{262{,}47\ rad/s}$$

$$Tm = 3{,}1\ Nm$$

La fuerza tensión F_t que se aplica al arranque se obtiene con la siguiente ecuación:

$$F_t = \frac{Tm}{r} \qquad \text{(Ec. 3-10)}$$

Donde:

$r = radio\ del\ eje\ de\ bobinado$

$F_t = fuerza\ de\ tensión\ que\ se\ genera\ en\ la\ banda\ de\ papel\ en\ el\ arranque\ (N)$

Reemplazando en la ecuación:

$$F_t = \frac{3{,}1Nm}{0{,}00635m} = 500{,}6\ N$$

Para calcular la fuerza de tensión total o σ_p , se divide F_t para el ancho de la bobina (l) de papel que se consideró en el diseño (0,241 m). Esto es igual a:

$$\sigma_p = \frac{F_t}{l} \qquad \text{(Ec. 3-11)}$$

$$\sigma_p = \frac{500{,}6N}{0{,}241m}$$

$$\sigma_p = 2074{,}7\ \frac{N}{m}$$

Con esto se comprueba que la tensión aplicada a la banda de papel durante el arranque está en el rango de tensión de rotura del papel bond normal.

Al alcanzar la velocidad nominal, el torque generado por la fuerza $\boldsymbol{F_t}$ desaparece, actuando únicamente en la bobina de papel un torque de fricción generado por el freno del rodillo de desbobinado. Este torque es el que se debe regular para aplicar la tensión adecuada a la banda de papel en la zona de desbobinado.

TENSION RECOMENDADA PARA EL PAPEL		
GRAMAJE	TENSION	
g/m²	lb/inch	N/m
24	0,5	88
33	0,75	131
49	1	175
65	1,5	263
75	1,73	305
98	2	350

Tabla 3 - 5 Tensión nominal recomendada para papel bond[36]

3.11 CALCULO DEL FRENO

3.11.1 Generalidades sobre frenos y embragues[37]

Tanto los frenos como los embragues son acoplamientos entre ejes que permiten transmitir el movimiento de un eje a otro en el caso de los embragues y detenerlo o reducir su velocidad en el caso de los frenos.

Un freno es un dispositivo utilizado para detener o disminuir el movimiento de algún cuerpo, generalmente, un eje, árbol o tambor.

Los frenos son transformadores de energía, por lo que pueden ser entendidos como una máquina per se, ya que transforman la energía cinética de un cuerpo en calor o trabajo y en este sentido pueden visualizarse como “extractores“ de energía.

A pesar de que los frenos son también máquinas, generalmente se les encuentra en la literatura del diseño como un elemento de máquina y en literaturas de teoría de control pueden encontrarse como actuadores.

[36] Web Tensión Handbook: www .cmccontrols.com.
[37] http://es.scribd.com/doc/49884795/13/Calculo-de-embragues-y-frenos

Existe varios tipos de frenos, en la máquina cortadora-rebobinadora se utilizará un freno tipo aro con zapatas exteriores.

En este tipo de frenos, la fricción se causa por un par de zapatas que presionan contra la superficie de un tambor giratorio, el cual está conectado al eje o la rueda.

La notación que generalmente se utiliza en el cálculo de una zapata exterior se muestra en la Fig. 3-4.

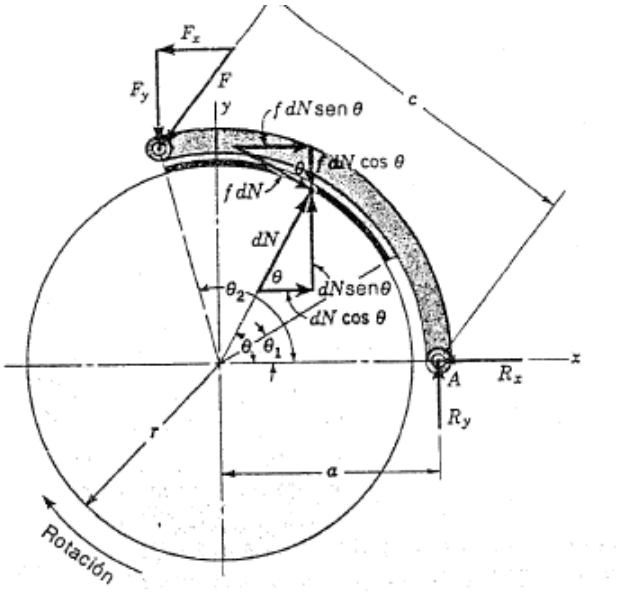


Fig. 3 - 4 Notación usada para una zapata exterior

$f = coeficiente\ de\ rozamiento$

$r = radio\ del\ eje\ (cm)$

$F = fuerza\ externa\ (kgf)$

$b = ancho\ de\ cara\ de\ zapata (cm)$

$P_a = presión\ máxima\ del\ material \left(\frac{kgf}{cm^2}\right)$

Para el cálculo se emplearán las siguientes ecuaciones[38]:

[38] SHIGLEY; *Diseño en Ingeniería Mecánica*; Cuarta Edición; Editorial McGraw-Hill; Pág. 768.

$$M_f = \frac{f\ p_\alpha br}{Sen\ \theta_\alpha} \int_{\theta_1}^{\theta_2} sen\,\theta(r - a\cos\theta)d\theta \quad \text{(Ec. 3-12)}$$

$$M_N = \frac{p_\alpha bra}{Sen\ \theta_\alpha} \int_{\theta_1}^{\theta_2} sen^2\theta\, d\theta \quad \text{(Ec. 3-13)}$$

Donde:

$M_f = momento\ de\ fricción$

$M_N = momento\ de\ fuerzas\ normales$

Integrando estas ecuaciones se tiene:

$$M_f = \frac{f\ p_\alpha br}{Sen\ \theta_\alpha}\ [r - rcos\theta_2 - \frac{a}{2} sen^2\theta_2\ ] \quad \text{(Ec. 3-14)}$$

$$M_N = \frac{p_\alpha bra}{Sen\ \theta_\alpha} [\frac{\theta_2}{2} - \frac{1}{4}\ sen2\theta_2] \quad \text{(Ec. 3-15)}$$

Las ecuaciones 3-14 y 3-15 dan como resultado valores positivos para momentos en el sentido del reloj cuando se emplean en zapatas exteriores.

La fuerza de trabajo debe ser bastante grande para equilibrar ambos momentos.

En la zapata superior la fuerza de trabajo viene dada por la ecuación[39]:

$$F = \frac{Mn - Mf}{c} \quad \text{(Ec. 3-16)}$$

[39] SHIGLEY; *Diseño en Ingeniería Mecánica*; Cuarta Edición; Editorial McGraw-Hill; Pág. 769

El torque producido por la zapata superior[40] (kgf.cm):

$$T_s = \frac{fp_\alpha br^2(\cos\theta_1 - \cos\theta_2)}{Sen\ \theta_\alpha} \qquad \text{(Ec. 3-17)}$$

En la zapata inferior:

$$F = \frac{Mn + Mf}{c} \qquad \text{(Ec. 3-18)}$$

Para hallar el valor de *Pa',* de las Ec (3-15) y (3-16):

$$M_f = \frac{f\ br}{Sen\ \theta_\alpha}\ [r - rcos\theta_2 - \frac{a}{2}sen^2\theta_2\ ]p_{a'}$$

$$M_N = \frac{bra}{Sen\ \theta_\alpha}[\frac{\theta_2}{2} - \frac{1}{4}\ Sen2\theta_2]\ p_{a'}$$

Mediante un artificio, sea:

$$C = \frac{f\ br}{Sen\ \theta_\alpha}\ [r - rcos\theta_2 - \frac{a}{2}sen^2\theta_2\ ] \qquad \text{(Ec. 3-19)}$$

$$D = \frac{bra}{Sen\ \theta_\alpha}\left[\frac{\theta_2}{2} - \frac{1}{4}\ Sen2\theta_2\right] \qquad \text{(Ec. 3-20)}$$

Por lo tanto, despejando *Pa':*

[40] SHIGLEY; *Diseño en Ingeniería Mecánica*; Cuarta Edición; Editorial McGraw-Hill; Pág. 762

$$F = \frac{Cp_{a'} + Dp_{a'}}{c}$$

$$F = \frac{p_{a'}(C + D)}{c}$$

$$p_{a'} = \frac{Fc}{C+D} \qquad \text{(Ec. 3-21)}$$

El torque producido por la zapata inferior (kgf.cm)

$$T_i = \frac{f p_{a'} \alpha br^2 (\cos\theta_1 - \cos\theta_2)}{Sen\ \theta_\alpha} \qquad \text{(Ec. 3-22)}$$

La capacidad del freno es:

$$T = T_s + T_i \qquad \text{(Ec. 3-23)}$$

El torque *T* debe ser el necesario para frenar la inercia de la bobina de papel en un tiempo determinado *t*.

Las reacciones en el pasador se determinan por suma de fuerzas en dirección horizontal y vertical tanto para la zapata superior como para la inferior, donde se empleará las siguientes ecuaciones[41]:

En el caso de rotación en el sentido del reloj, las reacciones en la articulación son:

$$Rx = \frac{p_a br}{\sin\ \theta_a}(A - fB) - Fx \qquad \text{(Ec. 3-24)}$$

[41] SHIGLEY; *Diseño en Ingeniería Mecánica*; Cuarta Edición; Editorial McGraw-Hill; Pág. 763

$$Ry = \frac{p_a br}{\sin\ \theta_a}(B + fA) - \ Fy \qquad \text{(Ec. 3-25)}$$

En el caso de rotación en sentido contrario al del reloj las reacciones son:

$$Rx' = \frac{p_a' br}{\sin\ \theta_a}(A + fB) - \ Fx \qquad \text{(Ec. 3-26)}$$

$$Ry' = \frac{p_a' br}{\sin\ \theta_a}(B - fA) - \ Fy \qquad \text{(Ec. 3-27)}$$

Para hallar los valores de A y B[42] :

$$A = \left(\frac{1}{2} sen^2\theta\right) \qquad \text{(Ec. 3-28)}$$

$$B = \left(\frac{\theta}{2} - \frac{1}{4}\sin 2\theta\right) \qquad \text{(Ec. 3-29)}$$

Al utilizar estas ecuaciones el sistema de referencia siempre tendrá su origen en el centro del tambor. La parte positiva del eje *x* pasa por el punto de articulación y la del eje *y* está siempre en el sentido general de la aplicación de la zapata y del lado de ésta.

La resultante que actúa sobre el pasador es:

$$R = \sqrt{\sum R_{x^2} + \sum R_{y^2}} \qquad \text{(Ec. 3-30)}$$

[42] SHIGLEY; *Diseño en Ingeniería Mecánica*; Cuarta Edición; Editorial McGraw-Hill; Pág. 763

3.11.2 Momento de frenado

El torque que produce el freno debe ser igual a ∑Mo para que el conjunto se detenga en un tiempo prudencial, para este caso se trabajará con 5 segundos.

$$\sum M_o = I \times \alpha$$

$$\omega_f = \omega_o + \alpha t$$

$$\alpha = -\frac{\omega_o}{t}$$

$$\sum M_o = I \frac{\omega_o}{t} \qquad \text{(Ec. 3-31)}$$

Donde:

I = Inercia de la bobina

α = Aceleración angular (rad/s²)

t = tiempo de frenado (s)

DATOS PROPORCIONADOS		
DESCRIPCION	**DESIGNACION/UNIDAD**	**VALOR**
Brazo del momento de la fuerza actuante F	**c[cm]**	0,23
Distancia centro tambor a la articulación de la zapata	**a[cm[**	0,106
Coeficiente de rozamiento asbesto tramado sobre hierro	**f**	0,15
Radio del tambor	**r[cm]**	0,0595
Fuerza externa	**F**	
Ancho de cara de la zapata	**b[cm]**	0,0254
Presion máxima del material,asbesto tramado sobre hierro	**pa[psi]**	50
	pa[kgf/cm²]	3,5225
Angulo central desde articulación de zapata hasta punto de maxima presión,si $\theta_2 > 90° \rightarrow \theta_a = 90°$	θ_a	90
Angulo de abertura de pivote a inicio de zapata	θ_1	0
Angulo de abertura de zapata	θ_2	165
Angulo de abertura para ajuste	α	15
	θ_a a[rad]	1,570796327
	θ_1[rad]	0
	θ_2[rad]	2,879793266
Angulo de abertura para ajuste de tensión	**α[rad]**	0,261799388
	Sen θ_a	1

Tabla 3 - 6 Datos para cálculo de freno

Con los datos proporcionados y utilizando una tabla en Excel se obtiene los siguientes resultados:

ZAPATA SUPERIOR		
ECUACION UTILIZADA	DESIGNACION	RESULTADO
Ec (3-15)	Mf[kgf-cm]	90,57143303
Ec (3-16)	Mn[kgf-cm]	883,0660848
Ec (3-17)	F[kgf]	34,45628921
Ec (3-18)	Ts[kgf-cm]	93,40648663

Tabla 3 - 7 Cálculos zapata superior

RESULTANTES DE FUERZA EXTERNA		
ECUACION UTILIZADA	DESIGNACION	RESULTADO
Fx = F Senα (F de zapata superior)	**Fx[kgf]**	8,917943871
Fy = Fcosα (F de zapata superior)	**Fy[kgf]**	33,28221962

Tabla 3 - 8 Cálculos de resultantes fuerza externa

ZAPATA INFERIOR		
ECUACION UTILIZADA	DESIGNACION	RESULTADO
Ec (3-20)	**C**	25,7122592
Ec (3-21)	**D**	250,6929978
Ec (3-22)	**pa´[kgf/cm²]**	2,867147537
Ec (3-23)	**Ti[kgf-cm]**	76,02843948

Tabla 3 - 9 Cálculos zapata inferior

CAPACIDAD DEL FRENO		
ECUACION UTILIZADA	DESIGNACION	RESULTADO
Ec (3-24)	**T[kgf-cm]**	169,4349261

Tabla 3 - 10 Resultado capacidad del freno

ECUACION UTILIZADA	DESIGNACION	RESULTADO
Ec (3-29)	**A**	0,033493649
Ec (3-30)	**B**	1,564896633
Ec (3-25)	**Rx[kgf]**	-19,63110947
Ec (3-26)	**Ry[kgf]**	50,29335947
Ec (3-27)	**Rx´[kgf]**	2,704703676
Ec (3-28)	**Ry´[kgf]**	34,30893248
Rx + Rx'	**SUMATORIA X[kgf]**	-16,9264058
Ry + Ry'	**SUMATORIA Y[kgf]**	84,60229195
Ec (3-31)	**Resultante[kgf]**	86,27891409

Tabla 3 - 11 Cálculo de resultantes totales

REQUERIMIENTO DE FRENADO		
ECUACION UTILIZADA	**DESIGNACION**	**RESULTADO**
	Inercia bobina[kgm²]	21,73276632
Dato de diseño	**t[s]**	5
	ω inicial[rad/s]	3,703703704
	aceleracion angular[rad/s²]	0,755857899
Ec (3-32)	**Momento de frenado[N-m]**	16,42688309
	Momento de frenado[kgf-cm]	167,621256

Tabla 3 - 12 Requerimiento de frenado

Como se puede observar la capacidad de frenado es mayor que el momento de frenado, por lo tanto se demuestra que bajo este diseño el freno si cumplirá su función.

3.12 CALCULO DE EJES

3.12.1 Generalidades

Un eje de transmisión o árbol es un elemento cilíndrico de sección circular, que puede estar fijo o estar girando, sobre los que se puede montar engranes, poleas, volantes, ruedas de cadena, manivelas, así como otros elementos mecánicos de transmisión de fuerza o potencia.

Los ejes de transmisión o simplemente ejes, son barras sometidas a cargas de flexión, tensión, compresión o torsión que actúan individualmente o combinadas, en este último caso es de esperar que la resistencia estática y la de fatiga sean consideraciones importantes de diseño, puesto que un eje puede estar sometido en forma simultánea a la acción de esfuerzos estáticos.

Cuando la deformación lateral o torsional de un eje debe mantenerse dentro de límites estrechos, entonces hay que fijar sus dimensiones considerando tal deformación antes de analizar los esfuerzos. La razón es que si un eje se hace los bastante rígidos para que esas deformaciones no sean considerables, es probable que los esfuerzos resultantes no rebasen la seguridad, pero de ninguna manera debe suponer el diseñador que son seguros, por lo que casi siempre en necesario calcularlos para comprobar que están dentro de los límites aceptables.

Siempre que sea posible los elementos de transmisión de potencia, como engranes o poleas, deben montarse cerca de los cojinetes de soporte, esto reduce el momento flexionante y en consecuencia la deflexión y el esfuerzo por flexión[43].

Para la máquina cortadora-rebobinadora se tiene los ejes que se muestra en la Fig.3-5.

[43] SHIGLEY; *Diseño en Ingeniería Mecánica*; Cuarta Edición; Editorial McGraw-Hill; Pág. 729

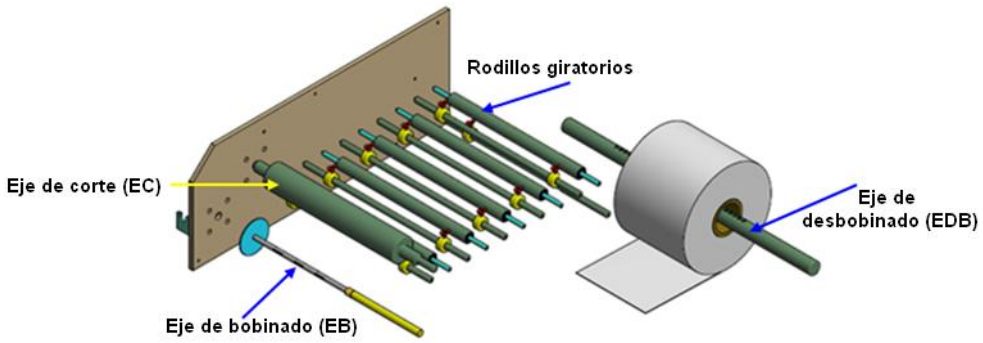


Fig. 3 - 5 Ubicación de rodillos

ELEMENTO	LONGITUD [m]
EJE DE BOBINADO (EB)	0,4
EJE DE CORTE (EC)	0,6
RODILLO GIRATORIO 1	0,6
RODILLO GIRATORIO 2	0,6
RODILLO GIRATORIO 3	0,6
RODILLO GIRATORIO 4	0,6
RODILLO GIRATORIO 5	0,6
BOBINA DE PAPEL	0,241
EJE DE DESBOBINADO (EDB)	0,85

Tabla 3 - 13 Dimensiones de rodillos

3.12.2 Eje de desbobinado (EDB)

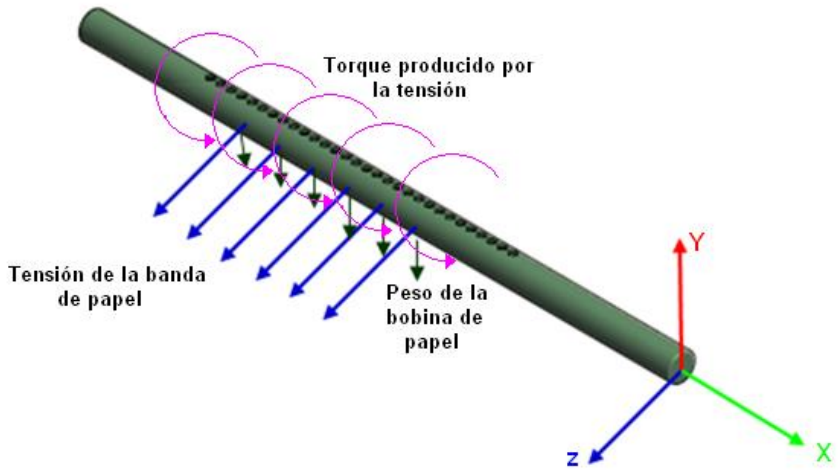


Fig. 3 - 6 Diagrama de eje de desbobinado

El eje de desbobinado está ubicado en la parte posterior de la máquina, en este eje existe la presencia de dos flexiones, una producida en el "*eje Z*" debido a la tensión del papel y en el "*eje Y*", que se produce por el peso de la bobina.

Para el cálculo del eje de desbobinado (EDB), se muestra el esquema en la Fig. 3-7.

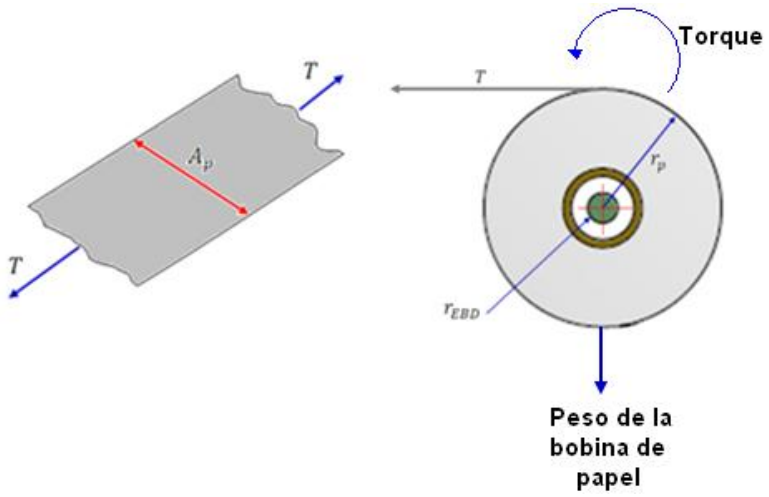


Fig. 3 - 7 Fuerzas en eje EDB

r_p = Radio bobina de papel (m)

r_{EBD} = Radio eje de bobinado(m)

T = Tensión = $[\sigma]_p$ = Resistencia del papel $\left(\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}}\right)$

A_p = Ancho papel (m)

3.12.2.1 Flexión EDB en el eje "Z"

En este plano, el eje EDB está sometido a una carga distribuida debido a la tensión del papel y a un momento torsor distribuido debido al traslado de la fuerza *T*.

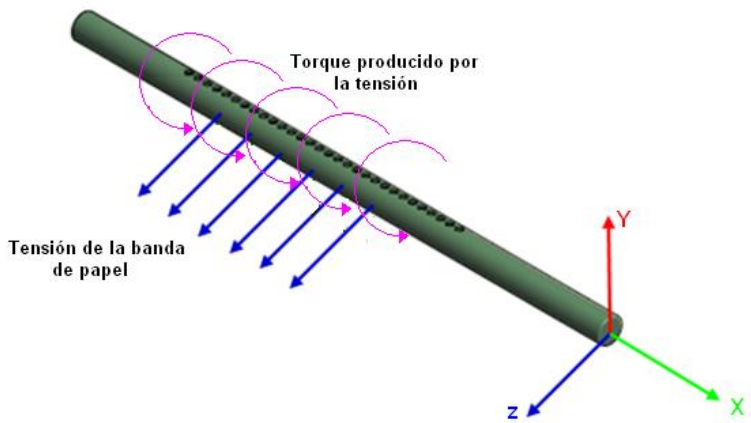


Fig. 3 - 8 Flexión eje EDB

Empleando los siguientes datos, se calculará la flexión en esta plano, producido por la tensión *T* del papel:

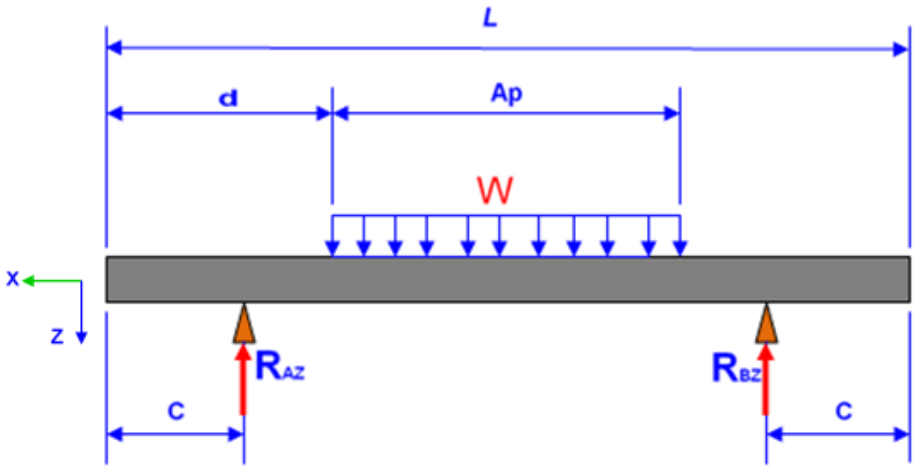


Fig. 3 - 9 Flexión eje EDB

$\sigma_p = W = 2074{,}7\ \frac{N}{m}$

$L = 0{,}85\ m$

$A_p\ (ancho\ del\ papel) = 0{,}241m$

$c = 0{,}125\ m$

$d = 304{,}5\ m$

3.12.2.2 Aplicación de software de diseño Msolid 3.5

Para utilizar el software, se ingresará los datos ya indicados.

- Abrir el programa y seleccionar el tipo de caso que corresponde y las unidades de medida, para este caso una viga simplemente apoyada, se ingresa los valores de longitud y la ubicación de los apoyos tomados desde el eje de referencia. Ver Fig. 3-10.

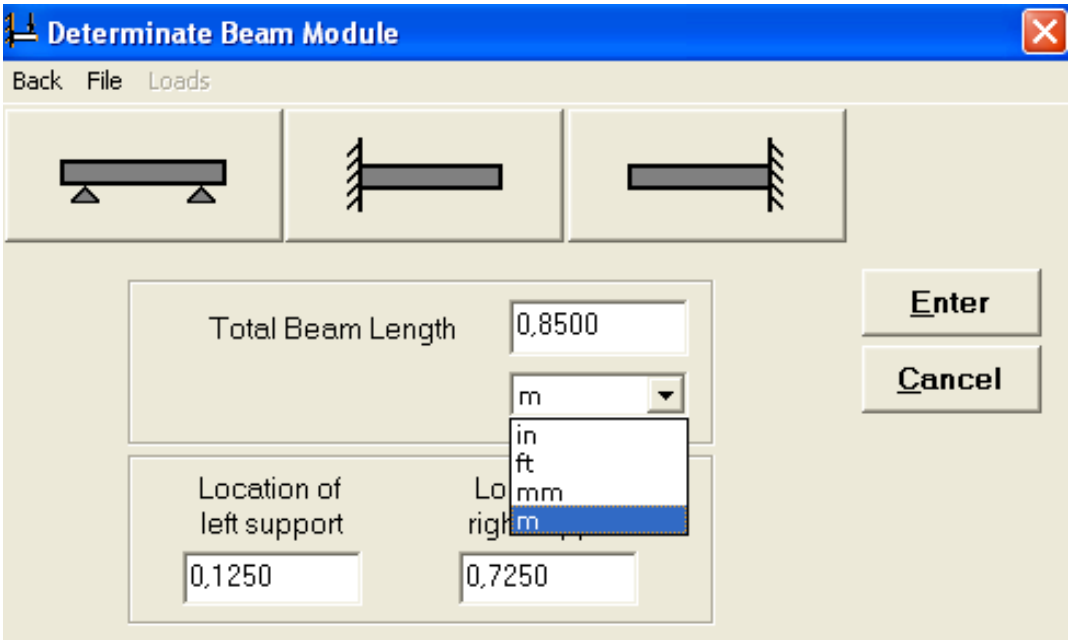


Fig. 3 - 10 Ingreso datos: longitud de eje y ubicación de apoyos

- Seleccionar el tipo de carga, para este caso es una carga distribuida, se ingresa los datos de distancia desde donde inicia y donde termina la acción de la fuerza distribuida. Ver Fig.11.

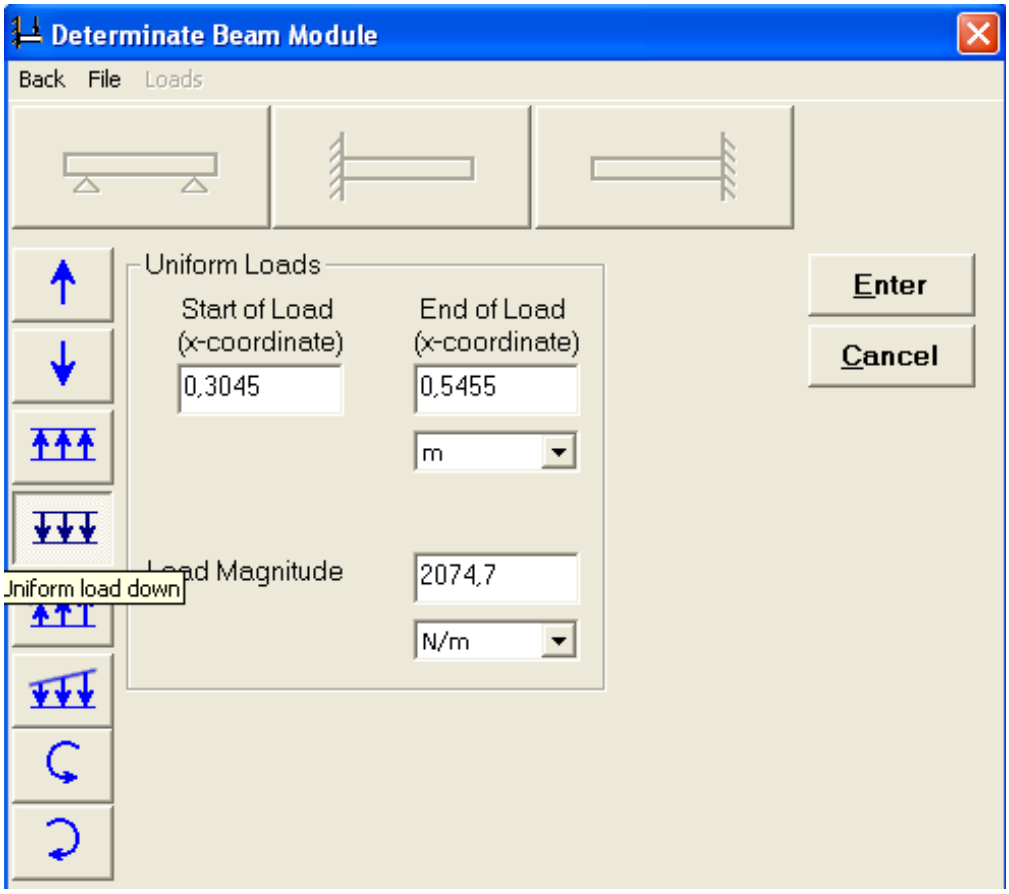


Fig. 3 - 11 Ingreso de magnitud W, inicio y final actuación de fuerza distribuida

- Con ENTER se valida la información ingresada dando como resultado la Tabla 3-12.

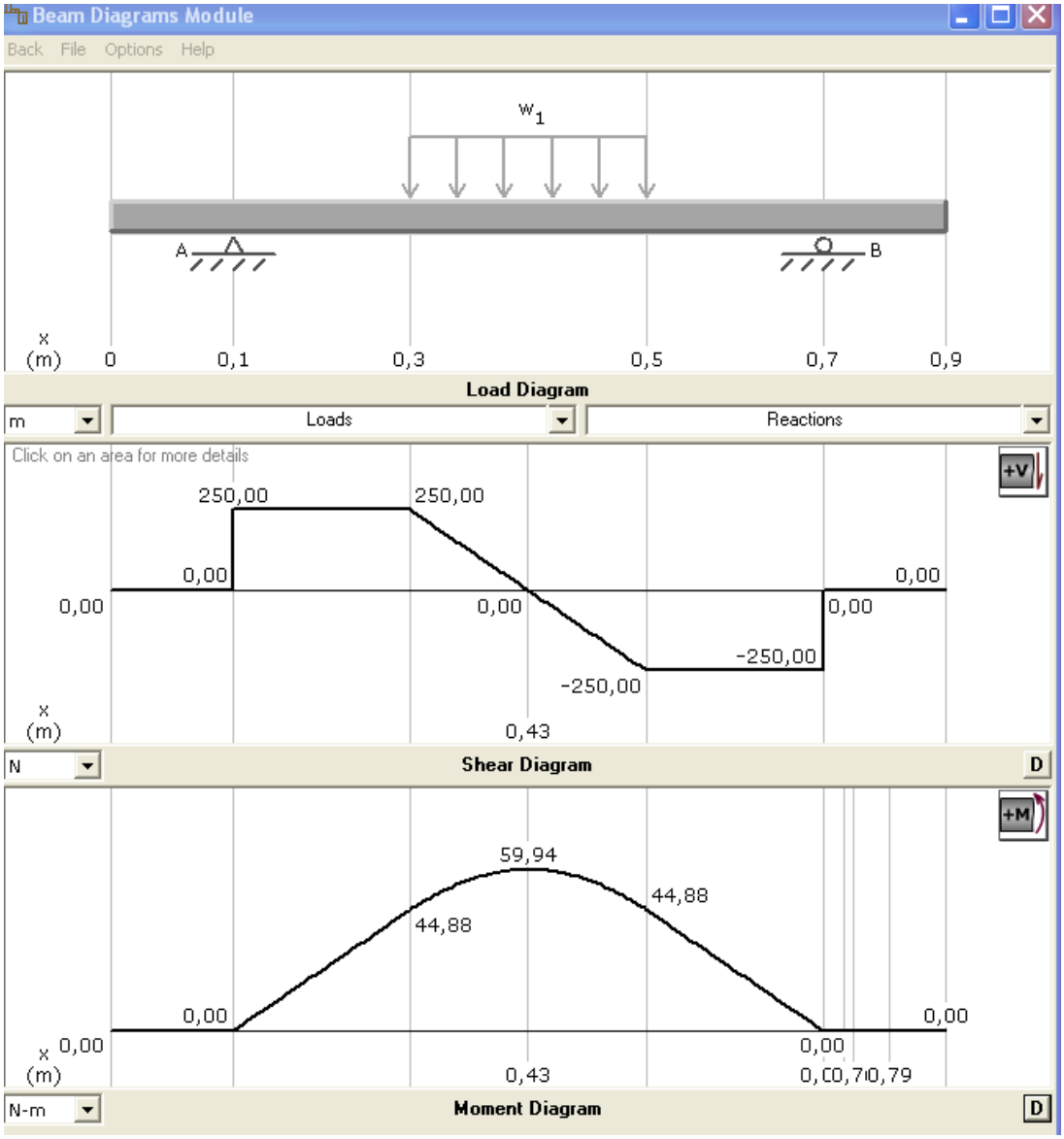


Fig. 3 - 12 Tabla de resultados

Para comprobar estos resultados, se calculará de forma manual, empleando las ecuaciones de equilibrio[44], utilizando los mismos datos del literal 3.14.2.1:

Tomando en cuenta que R_{A_Z} es igual a R_{B_Z}

$$\sum_{\cdot}^{\vec{+}} M_A = 0$$

[44] SINGER; *Resistencia de materiales*;4ta Ed. Editorial LIMUSA

$$M = F \times d \qquad \text{(Ec. 3-32)}$$

$$\left(w \times A_p\right) \times \left(c + \frac{A_p}{2}\right) - (R_{B_Z} \times L) = 0$$

$$\left(w \times A_p\right) \times \left(c + \frac{A_p}{2}\right) = R_{B_Z} \times L$$

$$0{,}425m \times (2074{,}7\frac{N}{m} \times 0{,}241m) = R_{B_Z} \times 0{,}85m$$

$$\frac{0{,}425m \times 500\ N}{0{,}85m} = R_{B_Z}$$

$$\boldsymbol{250\ N = R_{B_Z}}$$

Momento máximo:

$$\sum_{\cdot}^{\vec{+}} F_Z = 0$$

$$M_{max} = \frac{w\left(\frac{A_p}{2}\right)\left(l - \frac{Ap}{2}\right)}{2} \qquad \text{(Ec. 3-33)}$$

$$M_{max} = \frac{2074{,}7\frac{N}{m}\left(\frac{0{,}241m}{2}\right)\left(0{,}6m - \frac{0{,}241m}{2}\right)}{2}$$

$$M_{max} = \frac{2074{,}7\frac{N}{m}(0{,}1205m)(0{,}4795m)}{2}$$

$$\boldsymbol{M_{max} = 59{,}94\ Nm}$$

3.12.3 Flexión EDB en el eje "Y"

En este plano, el eje EDB está sometido al peso de la bobina.

Fig. 3 - 13 Flexión eje EDB

Empleando los siguientes datos, se calculará la flexión en este plano:

$Peso\ bobina = 50kg$

$Peso\ del\ eje = 30kg$

$A_p\ (ancho\ del\ papel) = 0{,}241m$

$$w = \frac{m}{A_p} = \frac{80\ kgf}{0{,}241m} = 332\frac{kgf}{m} = 3253{,}1\frac{N}{m}$$

Empleando el mismo procedimiento anterior se procede a realizar los respectivos cálculos.

Utilizando el software de diseño MDsolid3.5, se obtiene los resultados mostrados en la Fig. 3.14.

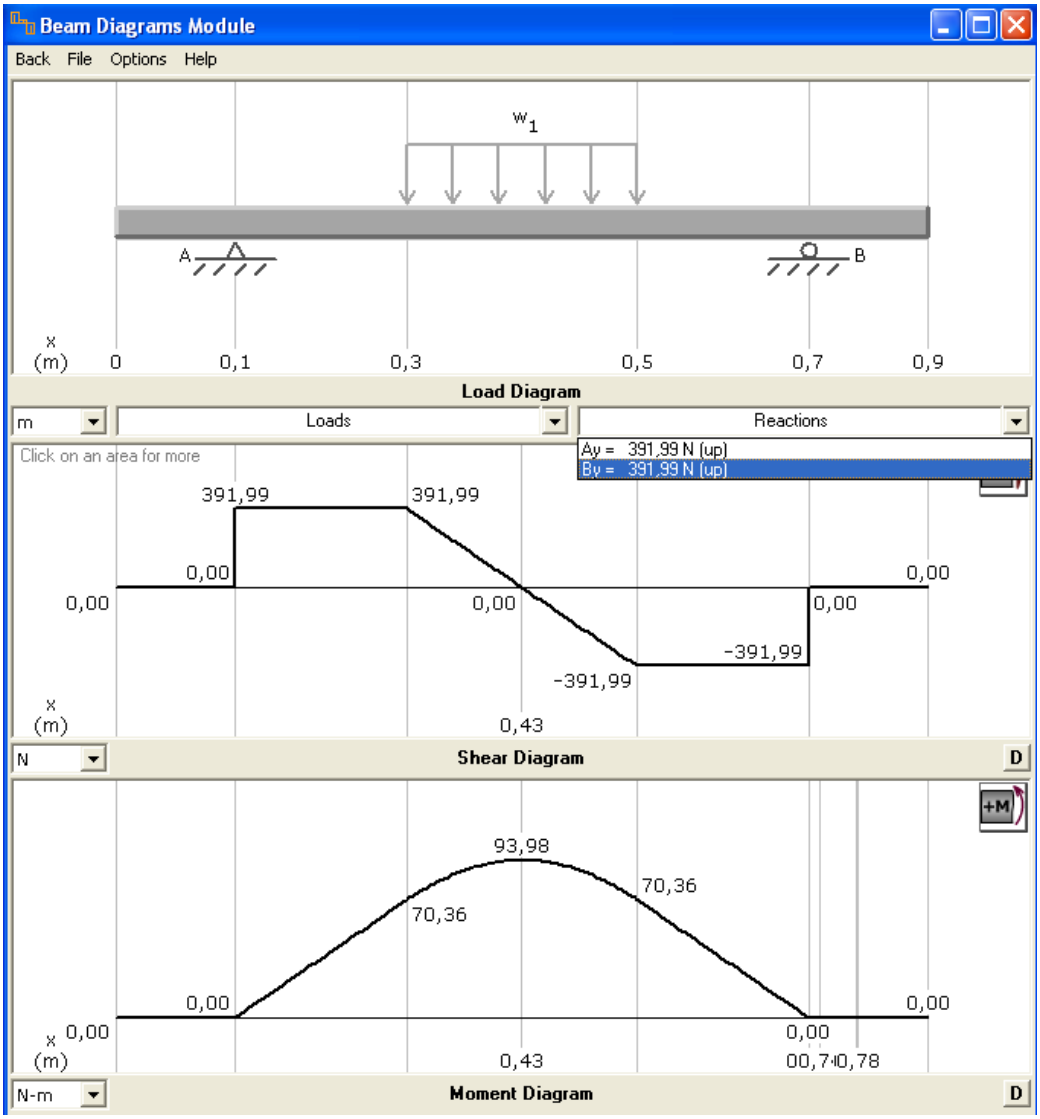


Fig. 3 - 14 Cálculos de EDB en plano "Y"

Como existe la presencia de dos flexiones, es decir flexiones en los 2 planos, el esfuerzo máximo se produce con el momento resultante de la suma vectorial de los momentos máximos en dicho eje. Por lo tanto:

$$M_R = \sqrt{\left(M_{max\,y}\right)^2 + \left(M_{max\,z}\right)^2} \qquad \text{(Ec. 3-34)}$$

$$M_R = \sqrt{(59{,}94)^2 + (93{,}98)^2}$$

$$\boldsymbol{M_R = 111{,}46\ Nm}$$

3.12.4 Torsión en el eje EDB

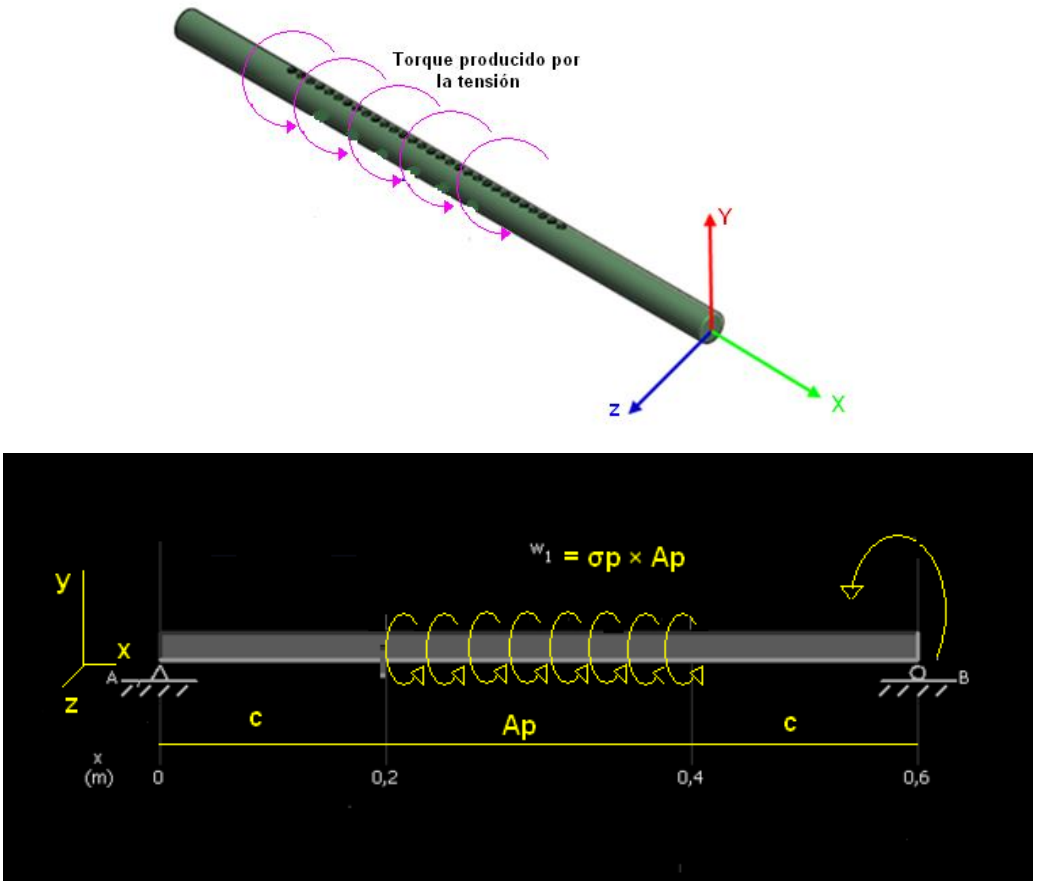


Fig. 3 - 15 Diagrama de torsión Eje EDB

Considerando que:

$$T = F \times d$$

$$T = (\sigma_p \times A_p) \times r_{p_{EDB}} \qquad \text{(Ec. 3-35)}$$

Donde:

$T = Torque$

$F = Fuerza$

$\sigma_p = Resistencia\ del\ papel$

$A_p = Ancho\ del\ papel$

$r_{p_{EDB}} = Radio\ rollo\ desbobinado$

$$T = \left(2074{,}7\frac{N}{m} \times 0{,}241m\right) \times 0{,}35m$$

$$T = M_{max}$$

$$\boldsymbol{T = 175\ Nm = M_{max}}$$

Una vez encontrados el momento de tensión máximo y el momento de torsión, se aplica la ecuación del código ASME para un eje macizo con carga axial pequeña o nula[45]:

$$d^3 = \frac{16}{\pi_{S_s}}\sqrt{(K_b M_b)^2 + (K_t M_t)^2} \qquad \text{(Ec. 3-36)}$$

Donde:

$M_t = momento\ de\ torsión\ (Nm)$

$M_b = momento\ de\ flexión\ (Nm)$

$K_b = factor\ combinado\ de\ choque\ y\ fatiga, aplicado\ al\ momento\ flector$

$K_t = factor\ combinado\ de\ choque\ y\ fatiga, aplicado\ al\ momento\ de\ torsión$

$S_s permisible = para\ ejes\ de\ acero\ comercial\ (Nm)$

[45] SCHAUM; Allen S. Hall; *Diseño de máquinas*; Editorial MCGRAW-HILL; Capítulo 9; Pág. 113

Ss permisible = 8000 PSI para ejes sin cuñero
Ss permisible = 6000 PSI para ejes con cuñero

Tabla 3 - 14 Ss según código ASME para acero comercial

Para ejes estacionarios	Kb	Kt
Carga aplicada gradualmente	1	1
Carga aplicada repentinamente	1,5 a 2	1,5 a 2
Para ejes en rotación	**Kb**	**Kt**
Carga aplicada gradualmente	1,5	1
Carga repentina (choque menor)	1,5 a 2	1 a 1,5
Carga repentina (choque fuerte)	2 a 3	1,5 a 3

Tabla 3 - 15 Factores kb y kt para ejes

De las tablas 3-14 y 3-15, se toma los siguientes valores:

$$S_s = 6000\ PSI = 41368542\ \frac{N}{m^2}$$

$$K_b = 1{,}5$$

$$K_t = 1$$

$$M_b = Momento\ máximo\ de\ flexión\ = 111{,}5\ Nm$$

$$M_t = Momento\ torsor = 175\ Nm$$

Reemplazando en la ecuación (Ec. 3-36)

$$d^3 = \frac{16}{\pi 41368542\ \frac{N}{m^2}} \sqrt{(1{,}5\ \times 111{,}5)^2 + (1 \times 175)^2}$$

$$d^3 = \frac{16}{\pi 41368542\ \frac{N}{m^2}} \times 242{,}1\ Nm$$

$$d = 0{,}032m = 32mm$$

Se empleará un eje de acero de transmisión de 1 ½”.

3.12.5 Cálculo de rodillos giratorios

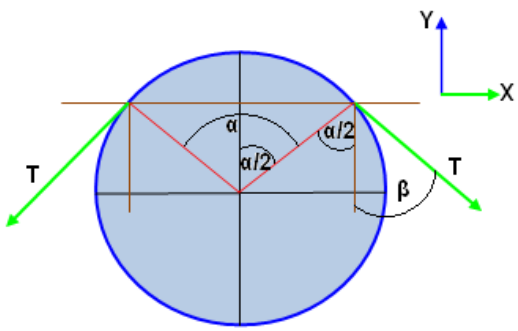


Fig. 3 - 16 Esquema rodillo giratorios

Una vez que se ha vencido la inercia para mover todo el conjunto, la tensión que se produce en el papel se estabiliza, para este cálculo se utilizará el valor de $\sigma_p = 2074{,}7\,\frac{N}{m}$.

Para hallar el valor q que actúa en el eje, primero se encontrará la resultante $/\overrightarrow{R_{EP}}/$.

$$\frac{\alpha}{2} + \beta = 90^{\circ}$$

$$\beta = 90^{\circ} - \frac{\alpha}{2}$$

$$\vec{R} = \vec{T} + \vec{T}$$

$$/\overrightarrow{R_{EP}}/ = T\sin\beta\,\vec{\imath} - T\cos\beta\,\vec{\jmath} - T\sin\beta\,\vec{\imath} - T\cos\beta\,\vec{\jmath}$$

$$/\overrightarrow{R_{EP}}/ = -2T\cos\beta\,\vec{\jmath}$$

Donde:

$T = \sigma_p \times A_p$

$T = 2074{,}7\frac{N}{m} \times 0{,}241m = 500N$

$\alpha = 44°$

$\beta = 90^{\circ} - \frac{44°}{2} = 68°/\frac{\pi rad}{180°}/= 1{,}18rad$

Esta resultante, actuará solo en el lugar donde se encuentra la banda de papel.

$$q = \frac{/\overrightarrow{R_{EP}}/}{A_p}$$

$$/\overrightarrow{R_{EP}}/= -2(500\ N)\cos 1{,}18$$

$$/\overrightarrow{R_{EP}}/= 381N$$

$$q = \frac{381N}{0{,}241m}$$

$$q = w = 1581\frac{N}{m}$$

El procedimiento de análisis será idéntico al ya analizado, salvo que la flexión solo existe en un eje.

Nuevamente se utilizará el software de diseño MDsolid3.5, se obtiene los resultados mostrados en la Fig. 3-17.

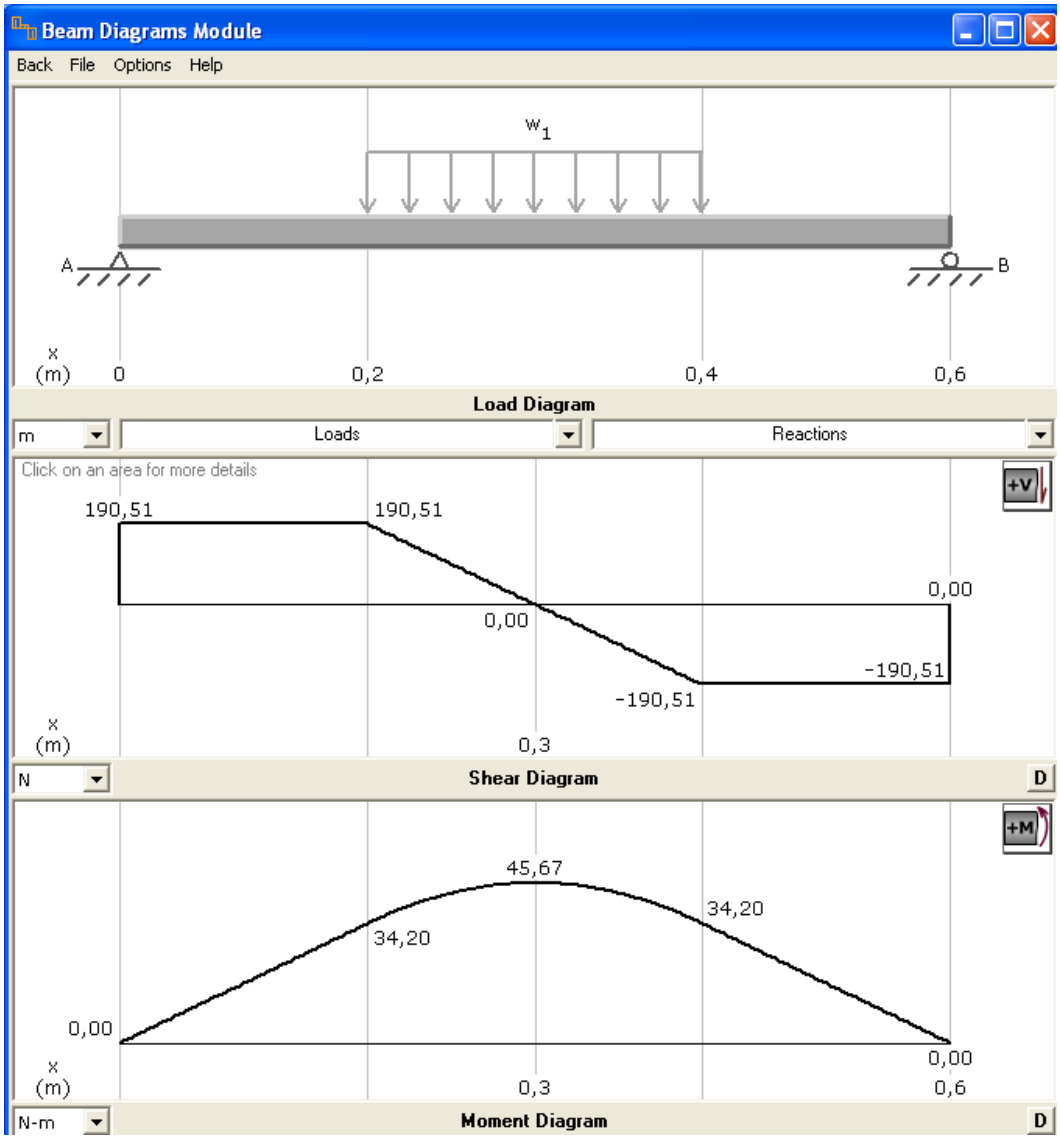


Fig. 3 - 17 Resultados rodillo giratorio

Utilizando la (Ec. 3-36), y teniendo en cuenta que Mt = 0

$$d^3 = \frac{16}{\pi_{S_s}} \sqrt{(K_b M_b)^2}$$

Donde:

$M_t = 0\ momento\ de\ torsión\ (Nm)$

$M_b = momento\ de\ flexión\ (Nm)$

$K_b = factor\ combinado\ de\ choque\ y\ fatiga, aplicado\ al\ momento\ flector$

$S_s permisible = para\ ejes\ de\ acero\ comercial\ (Nm)$

De las tablas 3-14 y 3-15, tomamos los siguientes valores:

$S_s = 8000\ PSI = 55158056\ \frac{N}{m^2}$

$K_b = 1{,}5$

$K_t = 1$

$M_b = Momento\ máximo\ de\ flexión\ = 45{,}67\ Nm$

$M_t = Momento\ torsor = 0$

Reemplazando en la ecuación (Ec. 3-36)

$$d^3 = \frac{16}{\pi\ 55158056\frac{N}{m^2}}\sqrt{(1{,}5\ \times 45{,}67)^2}$$

$$d^3 = \frac{16}{\pi 55158056\ \frac{N}{m^2}} \times\ 68{,}5Nm$$

$$d = 0{,}01146 = 11{,}46mm$$

Se empleará un eje de acero de transmisión de ½” (12,7mm), material que se encuentra fácilmente en el mercado y este diámetro es importante para colocar los rodamientos en los ejes giratorios.

3.12.6 Cálculo de eje de bobinado EB

La tensión que se produce en el sistema, está influenciado mayormente por el eje de desbobinado, ya que al tener mayor masa, mayor radio y mayor torque, genera la fuerza de tensión máxima del papel.

De esta manera se asume que la tensión será la misma en todo el sistema, específicamente en esta máquina, ya que en otros tipos de máquinas hay diferentes zonas de tensión de acuerdo a la posición de los rodillos.

El esquema de cálculo es similar al del eje de desbobinado (EDB), tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

$L = 0{,}3m$

$m = 1{,}8kg$

$\sigma_p = 2074{,}7\frac{N}{m}, se\ mantiene\ por\ considerarla\ constante$

$A_p = 0{,}225m$

El ancho del papel que actuará en este eje será de 225mm, la máquina procesará 3 rollos por parada con una longitud de 75mm, el resto de papel respecto al ancho del rollo de materia prima quedará como desperdicio. Ver Fig. 3-18.

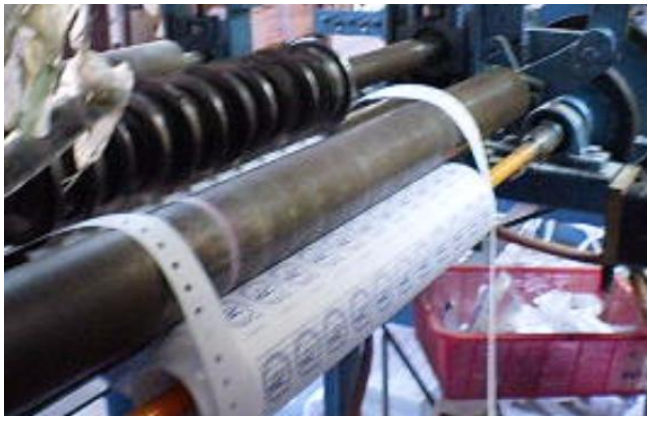


Fig. 3 - 18 Desperdicios en la máquina cortadora rebobinadora

Tiene flexión en 2 planos, uno por la tensión y otro por el peso del rollo.

3.12.6.1 Flexión EB en el eje "Z"

En este plano, el eje EB está sometido a una carga distribuida debido a la tensión del papel y a un momento torsor distribuido debido al traslado de la fuerza *T*.

Empleando los siguientes datos, se calculará la flexión en este plano:

$L = 0,3m$

$C = 0,0375m$

$A_p\ (ancho\ del\ papel) = 0{,}225m$

$w = 2074{,}7N/m$

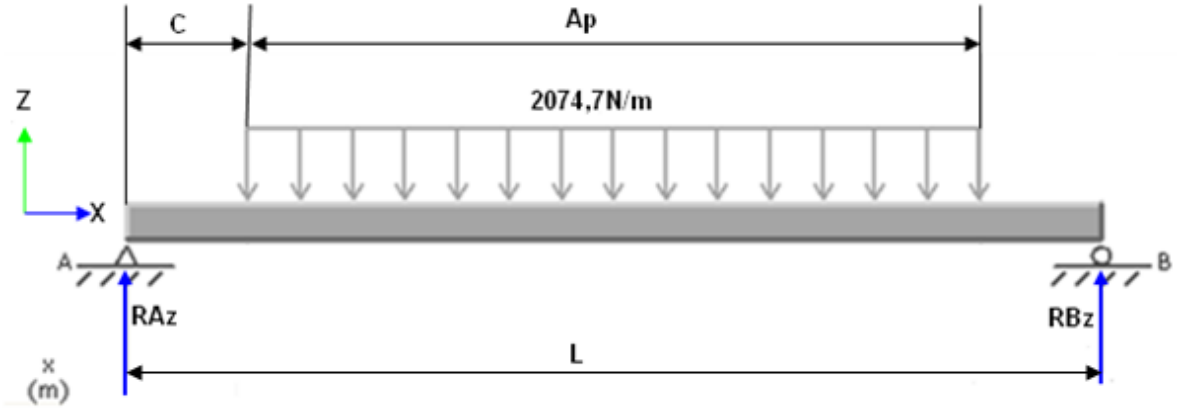


Fig. 3 - 19 Esquema del eje EB

Utilizando el software de diseño MDsolid3.5 se obtiene los resultados mostrados en la Fig. 3-20.

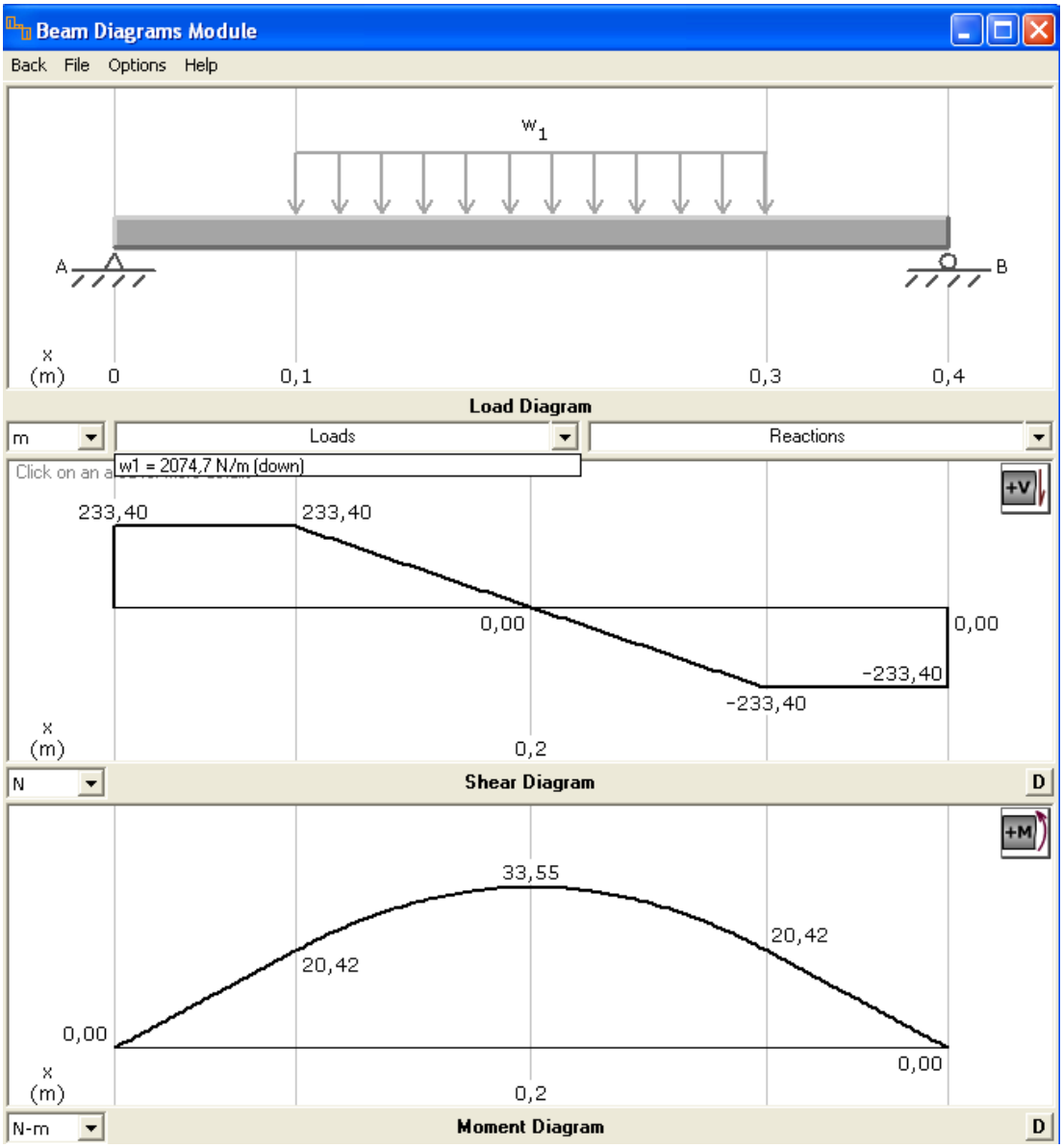


Fig. 3 - 20 Tabla de resultados eje EB

3.12.6.2 Flexión EDB en el eje "Y"

En este plano, el eje EDB está sometido al peso de la bobina.

Empleando los siguientes datos, se calculará la flexión en este plano.

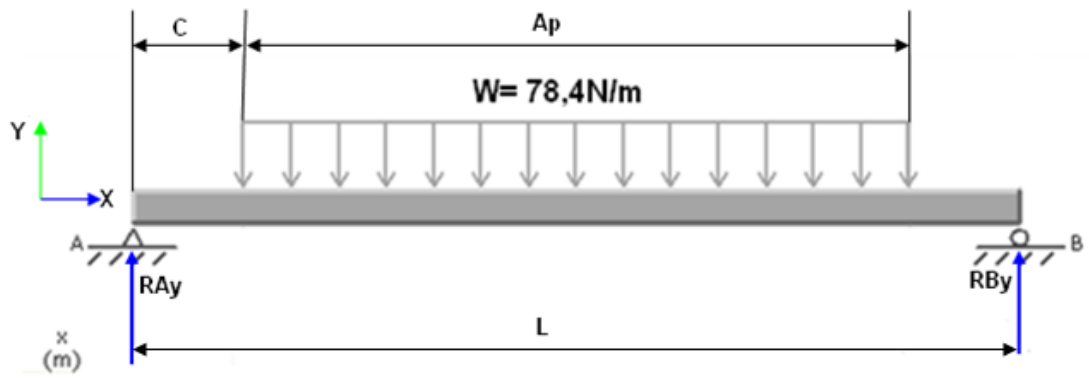


Fig. 3 - 21 Flexión EDB en eje "Y"

$L = 0,3m$

$C = 0,0375m$

$A_p\ (ancho\ del\ papel) = 0{,}225m$

$m = 1{,}8kg$

$$w = \frac{m}{A_p} = \frac{1{,}8\ kgf}{0{,}225m} = 8\frac{kgf}{m} = 78{,}4\frac{N}{m}$$

Con el mismo procedimiento anterior se realizará los respectivos cálculos.

Utilizando el software de diseño MDsolid3.5, se obtiene los siguientes resultados mostrados en la Fig. 3-22.

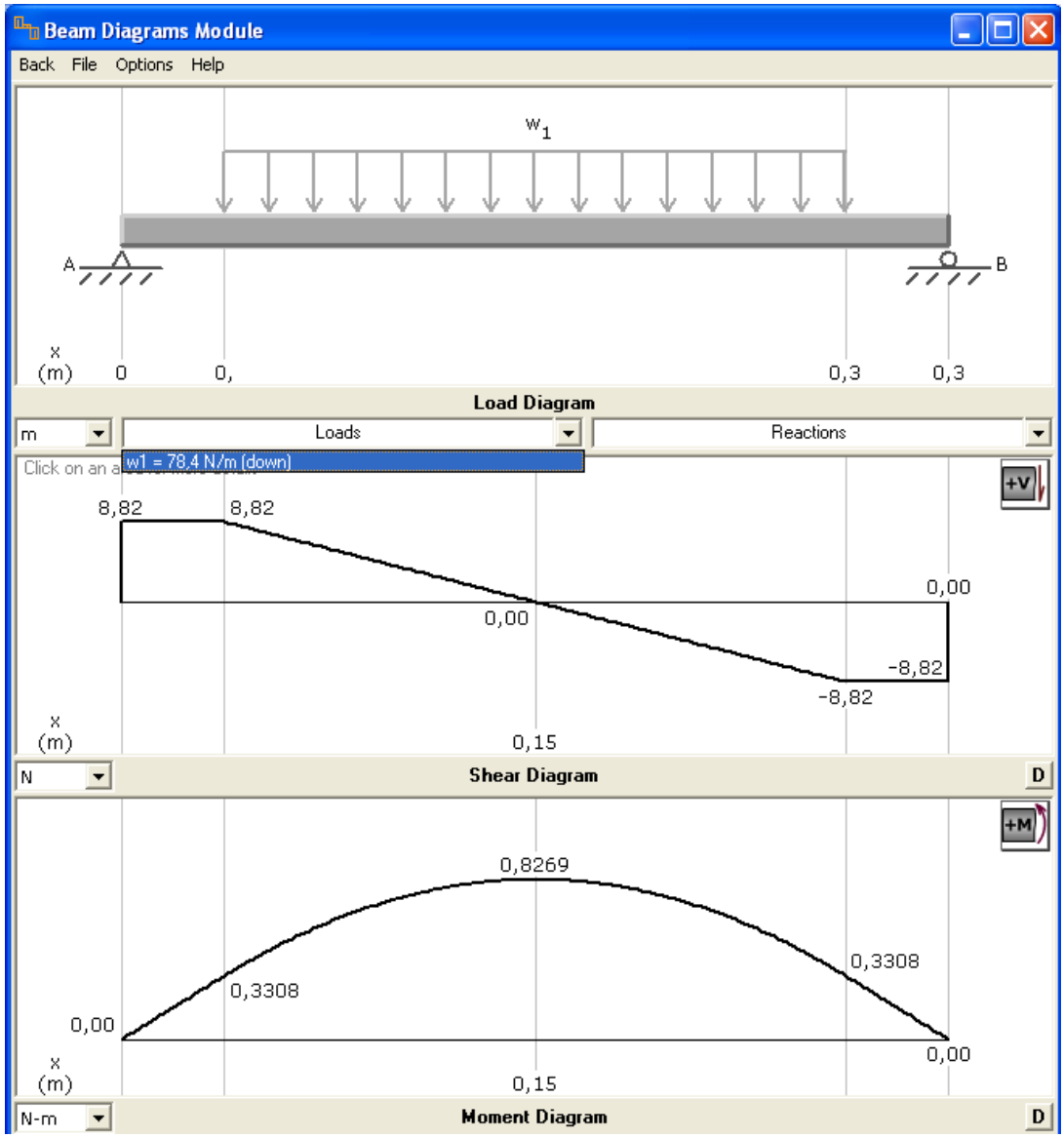


Fig. 3 - 22 Resultados EB en el eje "Y"

Como existe la presencia de dos flexiones, es decir flexiones en los 2 planos, el esfuerzo máximo se produce con el momento resultante de la suma vectorial de los momentos máximos en dicho eje. Por lo tanto utilizando (Ec. 3-34).

$$M_R = \sqrt{\left(M_{max\,y}\right)^2 + \left(M_{max\,z}\right)^2}$$

$$M_R = \sqrt{(0{,}82)^2 + (33{,}5)^2}$$

$$\boldsymbol{M_R = 33,5\ Nm}$$

3.12.6.3 Torsión en el eje EB

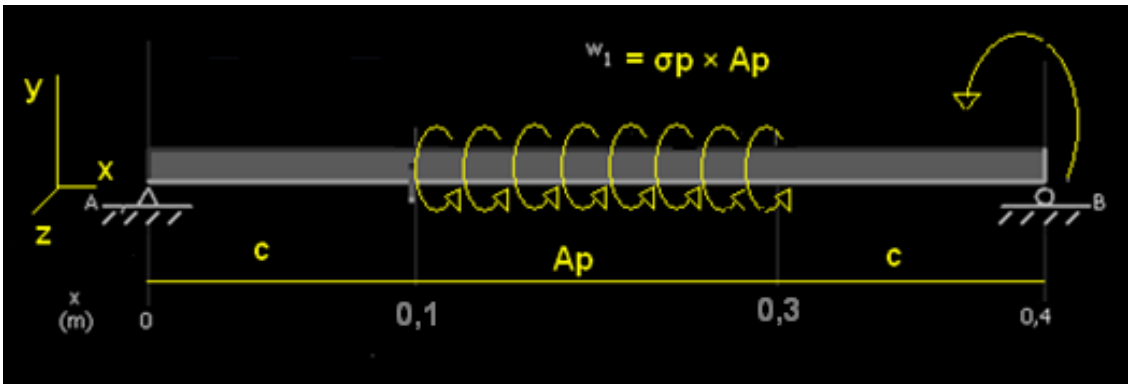


Fig. 3 - 23 Diagrama de torsión EB

Considerando que:

$$T = F \times d$$

$$T = \left(\sigma_p \times A_p\right) \times r_{p_{EDB}} \qquad \text{(Ec. 3-37)}$$

Donde:

$T = Torque$

$F = Fuerza$

$\sigma_p = Resistencia\ del\ papel$

$A_p = ancho\ del\ papel$

$A_p = ancho\ del\ papel$

$r_{p_{EDB}} = Radio\ rollo\ desbobinado$

$$T = \left(2074{,}7\frac{N}{m} \times 0{,}225m\right) \times 0{,}05m$$

$$T = M_{t_{max}}$$

$$\boldsymbol{23,34Nm = M_{t_{max}}}$$

Nuevamente se emplea (Ec. 3-36)

$$d^3 = \frac{16}{\pi_{S_s}} \sqrt{(K_b M_b)^2 + (K_t M_t)^2}$$

De las tablas 3-14 y 3-15, se toma los siguientes valores:

$S_s = 8000\ PSI = 55158056 \frac{N}{m^2}$

$K_b = 1{,}5$

$K_t = 1$

$M_b = Momento\ máximo\ de\ flexión = 33{,}5\ Nm$

$M_t = Momento\ torsor = 23{,}34\ Nm$

Reemplazando en la ecuación (Ec. 3-36)

$$d^3 = \frac{16}{\pi\ 55158056 \frac{N}{m^2}} \sqrt{(1{,}5 \times 33{,}5)^2 + (1 \times 23{,}34)^2}$$

$$d^3 = \frac{16}{\pi\ 55158056 \frac{N}{m^2}} \times 55\ Nm$$

$$d = 0{,}017m = 17\ mm$$

Como resultado se obtiene que el diámetro requerido es de 17 mm, sin embargo por asunto de diseño se empleará un material con mayor resistencia para disminuir el diámetro, ya que el máximo que se necesita es de ½" (12,7mm), este eje debe ingresar en los tubos interiores de los rollos para que puedan ser bobinados.

3.13 Cálculo del resorte

El diseño de resortes se basa en las relaciones entre fuerza, momento de torsión, deformación y esfuerzo.

Los resortes tienen muchas aplicaciones en relación con el diseño de máquinas, tales como amortiguar impactos y choques por carga, almacenar energía, mantener el contacto entre los miembros de una máquina, para dispositivos de medición de fuerzas, para control de vibraciones y para otras funciones relacionadas[46]

En general pueden clasificarse como de alambre, planos o con formas especiales, teniendo variaciones en estas divisiones .Los de alambre incluyen a los helicoidales, que pueden ser de sección cuadrada o redonda y se fabrican con el fin de resistir cargas de tensión, compresión o torsión.

Para la máquina propuesta, se empleará un resorte helicoidal.

Los resortes helicoidales generalmente se hacen de alambre o varilla de sección transversal circular.

[46] SCHAUM Allen S.Hall; *Diseño de máquinas* ;McGraw-Hill; Capítulo 16; pág. 190

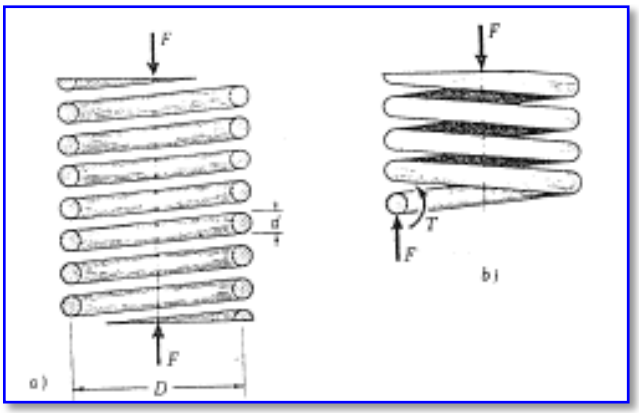


Fig. 3 - 24 Resorte helicoidal con carga axial[47]

Estos resortes están sometidos a un esfuerzo cortante de torsión y a un esfuerzo cortante transversal. Existe además un esfuerzo adicional debido a la curvatura de la hélice.

El proceso de diseño del resorte es iterativo, es decir que se debe probar algunas veces hasta llegar al valor deseado.

Se va a calcular si bajo la fuerza aplicada, el resorte utilizado generará la deformación necesaria para mantener dicha fuerza.

$$y = \frac{8FD^3}{d^4G} \qquad \text{(Ec. 3-38)}^{48}$$

Donde:

$y = Deformación\ de\ un\ resorte\ helicoidal\ debido\ a\ una\ fuerza\ axial$

$F = fuerza\ aplicada$

$D = diámetro\ de\ la\ bobina$

$d = diámetro\ del\ alambre$

$G = módulo\ de\ rigidez$

[47] SHIGLEY; *Diseño en Ingeniería Mecánica*; McGraw-Hill; Pág. 467

[48] SCHAUM; *Diseño de máquinas* ; McGraw-Hill; Pág. 190

Empleando la (Ec.3-38)

$F = 337{,}12N$

$D = 0{,}02m$ Alambre de cuerda de piano

$d = 0{,}002m$

$G = 7{,}5 \times 10^{10} \frac{N}{m^2}$

$$y = \frac{8(337{,}12)0{,}02^3}{0{,}002^4(7{,}5 \times 10^{10})\frac{N}{m^2}}$$

$y = 0{,}0072m$

Para que se mantenga esta fuerza, el resorte de tener máximo 72mm de longitud.

3.14 Diseño de placa de soporte[49]

Para diseñar la placa de soporte, se debe verificar que por acción de las fuerzas, la placa no se aplaste en las zonas acopladas con los pernos y además la placa no debe pandearse por efecto de estas mismas cargas.

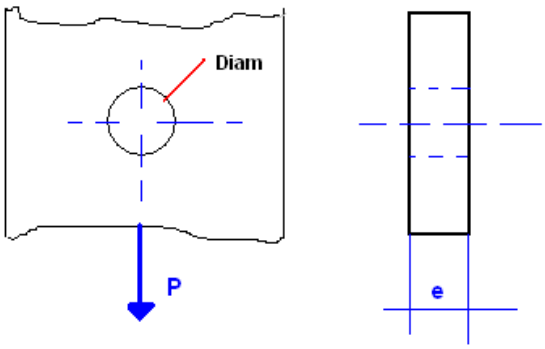


Fig. 3 - 25 Esquema de aplastamiento

$$\sigma_{aplastamiento} = \frac{R_c}{D\ e} \qquad \text{(Ec. 3-39)}$$

[49] SHIGLEY; *Diseño en Ingeniería Mecánica*; McGraw-Hill;pág 151

Donde:

$Rc = reacción\ en\ el\ eje"\ Y"$

$D = diámetro\ de\ la\ perforación$

$e = espesor\ de\ la\ placa\ (0{,}012m)$

$$\sigma_{aplastamiento} < S_y \qquad \text{(Ec.3-40)}$$

Donde S_y es el esfuerzo de fluencia.

Para un acero A36:

$$S_y = 36\ kpsi = 248{,}54 \times 10^6 \frac{N}{m^2}$$

DENOMINACION	DIAMETRO[m]	Rc[N]	sigma aplastamiento[N/m²]
EJE DE BOBINADO	0,021	8,82	35000
EJE DE CORTE	0,021	232,1	921031,746
RODILLO GIRATORIO 5	0,008	190,51	1984479,167
RODILLO GIRATORIO 4	0,008	190,51	1984479,167
RODILLO GIRATORIO 3	0,008	190,51	1984479,167
RODILLO GIRATORIO 2	0,008	190,51	1984479,167
RODILLO GIRATORIO 1	0,008	190,51	1984479,167
EJES FIJOS	0,008	118,56	1235000

Tabla 3 - 16 Tabla cargas en los rodillos

Como se puede observar, ningún valor de los calculados es mayor al S_y por lo que no existirá aplastamiento.

3.14.1 Pandeo

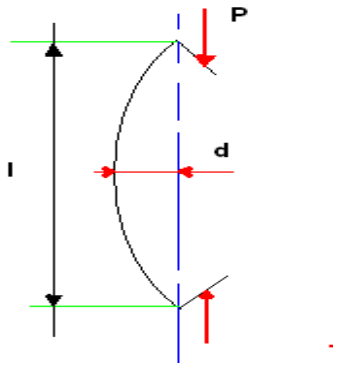


Fig. 3 - 26 Esquema de pandeo

Hay que verificar que el esfuerzo sea menos que el de fluencia y que la deformación sea menor a:

$$\delta < \frac{l}{1000} \qquad \text{(Ec. 3-41)}^{50}$$

Para esto se empleará la siguiente ecuación:

$$\delta = e\left[sec\left(\frac{l}{2}\sqrt{\frac{P}{EI}}\right) - 1\right] \qquad \text{(Ec. 3-42)}$$

Además:

$$\sigma_c = \frac{P}{A} - \frac{Mc}{AK^2} \qquad \text{(Ec. 3-43)}$$

$$\sigma_c < S_y \qquad \text{(Ec. 3-44)}$$

$$M = P(e + \delta) \qquad \text{(Ec. 3-45)}$$

Donde:

$\delta = deformación\ (m)$

[50] McCORMAC; *Diseño de estructuras de acero*; Alfa&Omega.Pág. 283

$E = módulo\ de\ elasticidad\ (\frac{N}{m^2})$

$P = carga\ (N)$

$l = largo\ (m)$

$c = altura\ desde\ el\ eje\ neutro (m)$

$A = area\ de\ perfil\ (m^2)$

$K = radio\ de\ giro\ (m)$

Datos:

$\delta = deformación\ (m)$

$E = 2 \times 10^6\ (\frac{N}{m^2})$

$P = 1755{,}90 (N)$

$l = 0{,}4 (m)$

$I = inercia$

$$I = \frac{b \times h^3}{12} = \frac{0{,}9 \times 0{,}012^3}{12} = 1{,}296 \times 10^{-7} m^4$$

$$A = 0{,}9 \times 0{,}012 = 0{,}0108 m^2$$

$$K = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{1{,}296 \times 10^{-7} m^4}{0{,}0108 m^2}} = 0{,}0035 m \qquad \text{(Ec. 3-46)}$$

Reemplazando en la (Ec. 3-42)

$$\delta = 0{,}012 m \left[sec \left(\frac{0{,}9}{2} \sqrt{\frac{1755{,}90 N}{(1{,}96 \times 10^{11} \frac{N}{m^2}) \times (1{,}296 \times 10^{-7}}} \right) - 1 \right]$$

$$\delta = 0{,}012m\left[sec\left(\frac{0{,}9}{2}\sqrt{\frac{1755{,}90N}{12441{,}6N}}\right) - 1\right]$$

$$\delta = 0{,}012m[\sec(0{,}45 \times 0{,}037) - 1]$$

$$\delta = 0{,}012(\sec(0{,}169) - 1)$$

$$\delta = 0{,}012(1{,}014 - 1)$$

$$\delta = 0{,}012(0{,}014)$$

$$\delta = 0{,}000168m$$

Se verifica que:

$$\delta \leq \frac{l}{1000}$$

$$\frac{l}{1000} = \frac{0{,}9}{1000} = 0{,}0009$$

$$0{,}000168 \leq 0{,}0009$$

Utilizando la (Ec. 4-45):

$$M = 1755{,}90N(0{,}012m + 0{,}000168m)$$

$$M = 21{,}36Nm$$

$$\sigma_c = \frac{1755{,}9N}{0{,}0108m^2} - \frac{(21{,}36Nm)(\frac{0{,}012m}{2})}{0{,}0108m^2 \times (0{,}0035m)^2}$$

$$\sigma_c = \frac{1755{,}9N}{0{,}0108m^2} - \frac{0{,}12816Nm^2}{0{,}0108m^2 \times 0{,}001225m^2}$$

$$\sigma_c = \frac{1755{,}9N}{0{,}0108m^2} - \frac{0{,}12816Nm^2}{0{,}0001323m^4}$$

$$\sigma_c = 162583{,}33\frac{N}{m^2} - 968{,}7\frac{N}{m^2}$$

$$\sigma_c = 161614{,}6\frac{N}{m^2}$$

$$\sigma_c < S_y$$

$$161614{,}6\frac{N}{m^2} < 248{,}54 \times 10^6\frac{N}{m^2}$$

Por lo tanto, estas placas resisten los esfuerzos generados por acción de las fuerzas de los distintos elementos.

3.15 Rodamientos

A diferencia de otros cálculos de elementos de máquinas, los cojinetes de rodamiento se seleccionan considerando la vida útil que se desea que tengan.

Esto significa que la vida infinita no es posible de alcanzar y debemos pensar que los rodamientos son elementos de desgaste que deben ser reemplazados periódicamente para evitar daños al mecanismo en el cual están montados.

Este reemplazo se realiza bajo el concepto de mantención preventiva, en donde el rodamiento es reemplazado justo antes de que falle. La falla debe entenderse como un grado de desgaste tal que provoca vibraciones en el eje, apreciables auditivamente por un zumbido característico.

Son muchos los factores que afectan la vida útil, los más importantes son la magnitud de las cargas, la dirección de las cargas, la velocidad de giro, las deformaciones del eje, la desalineación, la calidad de la lubricación, la temperatura de operación y la limpieza.

3.15.1 Selección de rodamientos[51]

El cálculo de la vida útil es dependiente del rodamiento en particular, esto lo convierte en un cálculo iterativo en el cual se escoge un rodamiento y se comprueba su vida útil, si el resultado es satisfactorio, la selección ha terminado, pero si la vida es menor o muy mayor de lo recomendado debe escogerse otro rodamiento que cumpla con los requerimientos y se procede a re calcular la vida.

Se utilizará la siguiente fórmula:

$$L_{10_h} = \frac{1\times10^6}{60n} \times \left(\frac{C}{P}\right)^p \qquad \text{(Ec. 3-47)}$$

Donde:

$L_{10_h} = duración\ nominal\ del\ rodamiento\ en\ horas\ de\ servicio$
$n = revoluciones\ (rpm)$
$C = capacidad\ de\ carga\ dinámica\ (N)$
$P = carga\ dinámica\ sobre\ el\ rodamiento\ (N)$
$p = factor\ segun\ el\ rodamiento$

Las tabla siguiente entregan recomendaciones para la vida útil que debería tener un rodamiento para las aplicaciones que se detallan, este es el punto de partida.

[51] SKF; Catálogo General ; *Selección de rodamientos*; Edición 2010

Guía de valores requeridos de vida nominal L10h para diferentes clases de máquinas	
Clases de máquinas	**L10h horas de servicio**
Electrodomésticos, máquinas agrícolas, instrumentos, aparatos para uso médico.	300 a 3 000
Máquinas usadas intermitente o por cortos períodos: Máquinas-herramienta portátiles, aparatos elevadores para talleres, máquinas para la construcción.	3 000 a 8 000
Máquinas para trabajar con alta fiabilidad de funcionamiento por cortos períodos o intermitentemente: Ascensores, grúas para mercancías embaladas.	8 000 a 1 2000
Máquinas para 8 horas de trabajo diario no totalmente utilizadas: Transmisiones por engranajes para uso general, motores eléctricos para uso industrial, machacadoras giratorias.	10 000 a 25 000
Máquinas para 8 horas de trabajo diario totalmente utilizadas: Máquinas-herramientas, máquinas para trabajar la madera, máquinas para la industria mecánica general, grúas para materiales a granel, ventiladores, cintas transportadoras, equipo de imprenta, separadores y centrífugas.	20 000 a 30 000
Máquinas para trabajo continuo, 24 horas al día: Cajas de engranajes para laminadores, maquinaria eléctrica de tamaño medio, compresores, tornos de extracción para minas, bombas, maquinaria textil.	40 000 a 50 000
Maquinaria para abastecimiento de agua, hornos giratorios, máquinas cableadoras, maquinaria de propulsión para trasatlánticos.	60 000 a 100 000

Tabla 3 - 17 Duración nominal de un rodamiento en horas de servicio[52]

Para el presente análisis se toma los siguientes datos:

$L_{10_h} = 3000$

$n = revoluciones\ (rpm)$

$C = capacidad\ de\ carga\ dinámica\ (N)$

$P = reacción\ de\ apoyo\ del\ eje\ (N)$

$p = 3\ (para\ rodamiento\ de\ bolas)$

[52] SKF; Catálogo General ; *Selección de rodamientos*; Edición 2010

Despejando C de la (Ec. 3-47), se tiene:

$$C = P\left(\frac{60nL_{10_h}}{1 \times 10^6}\right)^{\frac{1}{p}}$$

Con ayuda de una hoja de cálculo en Excel, se presenta los siguientes resultados:

DENOMINACION	DIAMETRO[m]	P[N]	n[rpm]	C capacidad de carga dinámica[N]
EJE DE BOBINADO	0,12	8,82	2506,377057	7,261600648
EJE DE CORTE	0,21	232,1	424,4131816	230,3915206
RODILLO PRINCIPAL 5	0,12	190,51	994,7183943	188,802896
RODILLO PRINCIPAL 4	0,12	190,51	994,7183943	188,802896
RODILLO PRINCIPAL 3	0,12	190,51	994,7183943	188,802896
RODILLO PRINCIPAL 2	0,12	190,51	994,7183943	188,802896
RODILLO PRINCIPAL 1	0,12	190,51	994,7183943	188,802896
EJE DE DESBOBINADO	0,381	391,99	35,36776513	390,2789469

Tabla 3 - 18 Cálculo de capacidad de carga (C)

Con esta carga y el diámetro del eje, se selecciona el rodamiento.

Rodillos giratorios:

- Capacidad de carga : 188N
- Revoluciones por minuto : 2506 rpm
- Diámetro interior requerido: >11,47mm
- Diámetro exterior requerido: < a 30mm

Para el caso de los rodillos principales se ha elegido un rodamiento 6001Z, que cumple con la capacidad de carga, con los diámetros interior, exterior y se lo encuentra fácilmente en el mercado[53].

[53] ANEXO T

Eje de desbobinado:

- Capacidad de carga : 390,27N
- Revoluciones por minuto : 994,71 rpm
- Diámetro interior requerido: 17mm
- Diámetro exterior requerido: 40mm

Para este caso, se selecciona un rodamiento 6203[54]

En el caso del eje de bobinado y el eje de corte, por la geometría de la máquina es necesario utilizar chumaceras de pared.

- Capacidad de carga : 230 N
- Revoluciones por minuto : 424,4 rpm
- Diámetro interior requerido: 20mm

Igualmente en el catálogo se ubica y se selecciona la chumacera correspondiente, para este caso F204, que cumple con los requerimientos[55].

[54] ANEXO U

[55] ANEXO V

CAPÍTULO IV

COSTOS

4.1 INTRODUCCIÓN

En éste capítulo se detalla los costos de la máquina cortadora-rebobinadora, tomando como referencia precios del mercado local, los mismos que se detallan de la siguiente manera:

- Costo de diseño
- Costo de materiales
- Costo de mano de obra
- Costos del sistema eléctrico
- Imprevistos

4.1.1 Costo de diseño

Es el valor presupuestado en la ejecución teórica-técnica del proyecto, la elaboración de planos y actividades administrativas, éste valor está calculado en horas empleadas por las personas involucradas en el diseño. Generalmente el costo de diseño es el 20% del valor total del proyecto.

4.1.2 Costos de materiales

El costo directo por materiales corresponden a los valores para adquirir o producir todos los materiales para la correcta ejecución de los elementos necesarios que cumpla con las normas de calidad y especificaciones requeridas.

4.1.3 Costo de mano de obra

Este rubro involucra la mano de obra utilizada en la fabricación de las piezas requeridas y su montaje en cada subsistema, son las horas de taller empleadas, los valores están referenciados por cotizaciones solicitadas en talleres que ofertan el servicio de mecanizado y valores consultados en las empresas que laboran los autores de la presente tesis.

4.1.4 Costo del sistema eléctrico

Corresponde al costo de los materiales y equipos, diseño y programación del sistema eléctrico. Los precios están referenciados a cotizaciones de empresas que prestan este servicio.

4.1.5 Imprevistos

Son los costos administrativos, transportación e imprevistos que se puedan dar en el transcurso del proyecto, el 10% del total cubre este rubro.

4.2 DETALLES DE COSTOS DE MATERIALES

A continuación se presenta los cuadros respectivos de los materiales, insumos y mano de obra empleados en la máquina cortadora-rebobinadora de rollos de papel:

4.2.1 Costo de materiales del bastidor

LISTA DE MATERIALES BASTIDOR						
ITEM	ELEMENTO A FABRICAR	CANTIDAD	MATERIAL	DENOMINACION	PRECIO	PRECIO
1	Estructura	1	Tubo cuadrado de 2"x2mm	UNIDAD	$ 23,92	$ 23,92
2	Bisagra	1	Acero 1018 Ø 3/4" X 140mm	PIEZA	$ 0,55	$ 0,55
3	Tuerca de ajuste	1	Acero 1018 Ø2" X 75mm	PIEZA	$ 2,10	$ 2,10
4	Placa porta motor	1	Plancha A36 de 200 x 140 x 5mm	PIEZA	$ 3,25	$ 3,25
5	Placa porta espárragos	1	Plancha A 36 de 60 X 60 X 12mm	PIEZA	$ 2,75	$ 2,75
6	Placa de sujeción	1	Plancha A 36 de 135 X 50 X 6mm	PIEZA	$ 2,30	$ 2,30
7	Placas inferiores	4	Plancha A36 de 70X70X30mm	PIEZA	$ 2,66	$ 10,64
SUMINISTROS E INSUMOS						
7		1	Espárrago 3/4" x 10" SAE GRADO 8	UNIDAD	$ 2,00	
8		4	Pernos 5/16" x 1 1/2"SAE GRADO 8	UNIDAD	$ 0,25	
9		1	Perno 1/2" x 1 1/2" SAE GRADO 8	UNIDAD	$ 0,50	
10		6	Pernos 1/4" x 1/2" SAE GRADO 8	UNIDAD	$ 0,25	$ 1,50
11		1	Perno de 1/4" x 2 1/2" SAE GRADO 8	UNIDAD	$ 0,30	$ 0,30
12		4	Tuercas 5/16"	UNIDAD	$ 0,18	
13		2	Tuercas 3/4"	UNIDAD	$ 0,25	
14		1	Tuerca de 1/2"	UNIDAD	$ 0,15	
15		6	Tuercas de 1/4"	UNIDAD	$ 0,55	$ 3,30
16		8	Arandelas 5/16"	UNIDAD	$ 0,08	
17		1	Discos de corte	UNIDAD	$ 1,60	$ 1,60
18		1	Discos de desbate	UNIDAD	$ 1,75	$ 1,75
19		1	Electrodo 6011 1/8"	Kg	$ 3,30	$ 3,30
PINTURA						
20		0,5	Pintura esmalte sintético negro	GALON	$ 23,75	$ 11,88
21		0,5	Tinner laca	GALON	$ 6,60	$ 3,30
22		0,5	Fondo uniprimer	GALON	$ 23,75	$ 11,88
				SUB TOTAL MATERIALES		84,31

Tabla 4 - 1 Materiales del bastidor

4.2.2 Costo de materiales del cargador de bobina

LISTA DE MATERIALES CARGADOR DE BOBINA						
ITEM	ELEMENTO A FABRICAR	CANTIDAD	MATERIAL	DENOMINACION	PRECIO	PRECIO
1	Soporte de rodamiento	2	Plancha de acero A36 75 x 135mm x 25mm	PIEZA	$ 2,66	$ 5,32
2	Disco de embrague	1	Eje de acero AISI 1018 ø 145mm x 40mm	PIEZA	$ 0,55	$ 0,55
3	Cono fijo	1	Eje de acero AISI 1018 Ø 90mm x 105mm	PIEZA	$ 9,33	$ 9,33
4	Eje principal	1	Eje de acero AISI 1018 Ø 38mm x 855mm	PIEZA	$ 13,63	$ 13,63
5	Cono movil	1	Eje de acero AISI 1018 Ø 90mm x 105mm	PIEZA	$ 9,34	$ 9,34
6	Tuerca de ajuste	1	Eje de acero AISI 1018 Ø 76mm x 105mm	PIEZA	$ 6,65	$ 6,65
7	Buje de rodamiento	8	Eje de acero AISI 1018 Ø 22mm x 17mm	PIEZA	$ 0,10	$ 0,80
8	Mordazas	1	Plancha de acero A36 de 200x 140x 25mm	PIEZA	$ 5,60	$ 5,60
9	Bisagra	1	Eje de acero AISI 1018 Ø 20mm x 30mm	PIEZA	$ 0,15	$ 0,15
10	Oreja para regulación	1	Plancha de acero A36 de 65x 85x 10mm	PIEZA	$ 1,25	$ 1,25
11	Oreja de unión	2	Plancha de acero A36 de 40x 25x 10mm	PIEZA	$ 1,00	$ 2,00
SUMINISTROS E INSUMOS						
12		4	Pernos hexagonales 1/4" x 3" SAE GRADO 8	UNIDAD	$ 0,35	$ 1,40
13		4	Pernos hexagonales M8 x 3" SAE GRADO 8	UNIDAD	$ 0,40	$ 1,60
14		8	Rodamiento 6203	UNIDAD	$ 1,11	$ 8,88
15		2	Pernos 3/8" X 1 1/4" SAE GRADO 8	UNIDAD		$ 0,00
16		1	Perno 3/8" x 4" SAE GRADO 8	UNIDAD		$ 0,00
17		1	Pasador expandible Ø 1/8" x 1"	UNIDAD	$ 0,25	$ 0,25
18		1	Resorte	UNIDAD	$ 3,00	$ 3,00
19		1	Zapata en fibra de asbesto	UNIDAD	$ 15,00	$ 15,00
				SUB TOTAL MATERIALES		84,75

Tabla 4 - 2 Materiales cargador de bobina

4.2.3 Costo de materiales de la caja porta rodillos

LISTA DE MATERIALES CAJA PORTA RODILLOS						
ITEM	ELEMENTO A FABRICAR	CANTIDAD	MATERIAL	DENOMINACION	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Eje separador	3	Acero 1018 Ø5/8" x 572mm	PIEZA	$ 1,60	$ 4,8
2	Manija	1	Acero 1018 Ø3/4" x 190mm	PIEZA	$ 0,76	$ 0,8
3	Cono de apriete	1	Acero 1018 Ø1" x 35mm	PIEZA	$ 0,24	$ 0,2
4	Eje contrapunto	1	Acero 1018 Ø3/4" x 162mm	PIEZA	$ 0,65	$ 0,7
5	Placas de union	4	Plancha A36 de 80 x 50 x 4mm	PIEZA	$ 1,30	$ 5,2
6	Placas laterales	2	Plancha A36 de 900x340x12mm	PIEZA	$ 44,07	$ 88,1
7	Eje fijo	6	Acero 1018 Ø5/8" x 572mm	PIEZA	$ 1,60	$ 9,6
8	Buje	12	Duralón Ø1 ¼" x 30mm	PIEZA	$ 1,50	$ 18,0
9	Eje	5	Acero 1018 1/2" x 572mm	PIEZA	$ 10,00	$ 50,0
10	Tubo giratorio	5	Tubo cedula 40 de Ø1" x 450mm	PIEZA	$ 13,60	$ 68,0
11	Riel guia	1	Chaveta de 3/4 x 572mm	PIEZA	$ 6,74	$ 6,7
12	Cuerpo de cuchilla	4	Plancha A36 de 70x90x35mm	PIEZA	$ 2,67	$ 10,7
13	Barra porta cuchilla	4	Chaveta de 1/2" x 150mm	PIEZA	$ 4,60	$ 18,4
14	Rodillo de corte	1	Acero AISI 7210 Ø75 x 680mm	PIEZA	$ 51,80	$ 51,8
15	Eje de polea	1	Acero 1018 Ø3/4 x 251mm	PIEZA	$ 1,00	$ 1,0
16	Buje de eje de polea	1	Aisi 1018 Ø3/4 "x20mm	PIEZA	$ 0,25	$ 0,3
17	Punta motriz	1	Aisi 1018 Ø1/2" x 85mm	PIEZA	$ 0,25	$ 0,3
18	Tubo porta chavetas	1	Tubo de acero inox 304 Ø1/2" x 326mm	PIEZA	$ 15,00	$ 15,0
19	Chavetas	9	Grilon de 30 x 6 x 6mm	PIEZA	$ 1,00	$ 9,0
20	Eje expansor	1	Acero 1018 Ø8 x 334mm	PIEZA	$ 0,25	$ 0,3
21	Buje guia	1	Acero 1018 Ø 11 x 10mm	PIEZA	$ 0,25	$ 0,3
22	disco contrapunto	1	Acero 1018 Ø4" x 13mm	PIEZA	$ 0,25	$ 0,3
				SUB TOTAL		359,3

SUMINISTROS E INSUMOS CAJA PORTA RODILLOS						
23		32	Pernos allen de 1/4" x 1" SAE Grado 8	UNIDAD	$ 0,10	$ 3,2
24		2	Pernos hexagonales 5/16" x 1" SAE GRADO 8	UNIDAD	$ 0,20	$ 0,4
25		8	Pernos hexagonales 1/4" x 1" SAE GRADO 8	UNIDAD	$ 0,10	$ 0,8
26		8	Pernos hexagonales de 1/4" x 2 1/2" SAE GRADO 8	UNIDAD	$ 0,15	$ 1,2
27		8	Pernos 5/8" x 2" SAE GRADO 8	UNIDAD	$ 1,00	$ 8,0
28		8	Pernos 5/8" x 1 1/2" SAE GRADO 8	UNIDAD	$ 0,70	$ 5,6
29		16	Tuercas de 1/4"	UNIDAD	$ 0,07	$ 1,1
30		8	Arandelas planas de 1/4"	UNIDAD	$ 0,03	$ 0,2
31		1	Prisionero 3/8" x 1"	UNIDAD	$ 0,15	$ 0,2
32		16	Arandelas planas de 5/8"	UNIDAD	$ 0,07	$ 1,1
33		16	Tuercas de 5/8"	UNIDAD	$ 0,26	$ 4,2
34		1	Perno 5/16" x 1" SAE GRADO 8	UNIDAD	$ 0,20	$ 0,2
35		12	Pernos cabeza mariposa1/4" x 1"	UNIDAD	$ 0,80	$ 9,6
36		4	Pasadores tubulares de 6mmX30	UNIDAD	$ 0,25	$ 1,0
37		8	Seguros segger Ø 12mm	UNIDAD	$ 0,10	$ 0,8
38		8	Resortes	UNIDAD	$ 0,55	$ 4,4
39		4	Cuchilla de corte	UNIDAD	$ 75,00	$ 300,0
40		1	Rodamiento 6007	UNIDAD	$ 0,54	$ 0,5
41		6	Chumacera de pared F204	UNIDAD	$ 5,41	$ 32,5
42		10	Rodamiento 6001 Z	UNIDAD	$ 0,68	$ 6,8
43		1	Polea simple de aluminio 6"	UNIDAD	$ 6,69	$ 6,7
PINTURA						
44		0,5	Pintura esmalte sintético azul	GALON	$ 23,75	$ 11,9
45		0,5	Tinner	GALON	$ 6,60	$ 3,3
46		0,5	Fondo uniprimer	GALON	$ 23,75	$ 11,9
				SUB TOTAL		$ 415,5
				TOTAL MATERIALES		$ 774,79

Tabla 4 - 3 Materiales caja porta rodillos

4.2.4 Costo de materiales control de encendido

LISTA DE MATERIALES CONTROL DE ENCENDIDO						
ITEM	DENOMINACION	CANTIDAD	MATERIAL	UNIDAD	PRECIO	PRECIO
1	Cable para conexión	1	Cable sucre de 3 x 12 flexible	m	$ 15,00	$ 15,00
		1	Enchufe pata de gallo tres patas	UNIDAD	$ 2,00	$ 2,00
	Automatización	1	Varios materiales(Proforma)	UNIDAD	$ 893,85	$ 893,85
		1	Varios insumos	UNIDAD	$ 25,00	$ 25,00
					TOTAL	935,85

Tabla 4 - 4 Materiales control de encendido

4.3 DETALLE DE COSTOS DE MANO DE OBRA

4.3.1 Costo de mano de obra del bastidor

MANO DE OBRA BASTIDOR					
ITEM	PROCESO	TIEMPO EN HORAS	OBREROS	USD/HORA	TOTAL
1	Fabricacion de estructura	16	1	$ 12,00	$ 192,00
2	Torneado de bisagra	1	1	$ 12,00	$ 12,00
3	Placa porta motor	1,5	1	$ 12,00	$ 18,00
4	Fabricacion tuerca de ajuste	3	1	$ 12,00	$ 36,00
5	Perforado de placa porta espárragos	0,5	1	$ 12,00	$ 6,00
6	Base de sujeción	1	1	$ 12,00	$ 12,00
7	Pintura	3	1	$ 5,00	$ 15,00
				TOTAL	$ 291,00

Tabla 4 - 5 Mano de obra del bastidor

4.3.2 Costo de mano de obra del cargador de bobina

MANO DE OBRA CARGADOR DE BOBINA					
ITEM	PROCESO	TIEMPO EN HORAS	OBREROS	USD/HORA	TOTAL
1	Soporte de rodamiento (2 unidades)	5	1	$ 12,00	$ 60,00
2	Disco de embrague	5	1	$ 12,00	$ 60,00
3	Cono fijo	4	1	$ 12,00	$ 48,00
4	Eje principal	4	1	$ 12,00	$ 48,00
5	Cono movil	6	1	$ 12,00	$ 72,00
6	Tuerca de ajuste	4	1	$ 12,00	$ 48,00
7	Buje de rodamiento (8 unidades)	4	1	$ 12,00	$ 48,00
8	Mordazas (2)	6	1	$ 12,00	$ 72,00
9	Bisagra	1	1	$ 12,00	$ 12,00
10	Oreja para regulación	1	1	$ 12,00	$ 12,00
11	Oreja de unión	2	1	$ 12,00	$ 24,00
					$ 504,00

Tabla 4 - 6 Mano de obra cargador de bobina

4.3.3 Costo de mano de obra de la caja porta rodillos

MANO DE OBRA CAJA PORTA RODILLOS					
ITEM	PROCESO	TIEMPO EN HORAS	OBREROS	USD /HORA	TOTAL
1	Maquinado eje separador (3 unidades)	1,5	1	$ 12,00	$ 18,00
2	Maquinado de manija	1	1	$ 12,00	$ 12,00
3	Maquinado de cono de apriete	0,75	1	$ 12,00	$ 9,00
4	Eje contrapunto	0,5	1	$ 12,00	$ 6,00
5	Placas de union (4 unidades)	1	1	$ 12,00	$ 12,00
6	Placas laterales (2 unidades)	16	2	$ 12,00	$ 384,00
7	Maquinado de eje fijo (6unidades)	3	1	$ 12,00	$ 36,00
8	Buje (12 unidades)	6	1	$ 12,00	$ 72,00
9	Eje tubo gitarorio(5 unidades)	5	1	$ 12,00	$ 60,00
10	Tubo giratorio(5 unidades)	7,5	1	$ 12,00	$ 90,00
11	Riel guia	3	1	$ 12,00	$ 36,00
12	Cuerpo de cuchilla(4 unidades)	16	1	$ 12,00	$ 192,00
13	Barra porta cuchilla(4 unidades)	6	1	$ 12,00	$ 72,00
14	Rodillo de corte	8	1	$ 12,00	$ 96,00
15	Eje de polea	1,5	1	$ 12,00	$ 18,00
16	Buje de eje de polea	0,5	1	$ 12,00	$ 6,00
17	Punta motriz	2	1	$ 12,00	$ 24,00
18	Tubo porta chavetas	5	1	$ 12,00	$ 60,00
19	Chavetas (18 uniades)	9	1	$ 12,00	$ 108,00
20	Eje expansor	4	1	$ 12,00	$ 48,00
21	Buje guia	0,5	1	$ 12,00	$ 6,00
22	Disco contrapunto	2	1	$ 12,00	$ 24,00
23	Pintura	3	1	$ 12,00	$ 36,00
				TOTAL	**$ 1.425,00**

Tabla 4 - 7 Mano de obra caja porta rodillos

4.3.4 Costo de mano de obra control de encendido

MANO DE OBRA CONTROL DE ENCENDIDO					
ITEM	PROCESO	TIEMPO EN HORAS	OBREROS	VALOR	TOTAL
1	Armado de sistema eléctrico	8	1	$ 12,00	$ 96,00
				TOTAL	**$ 96,00**

Tabla 4 - 8 Mano de obra control de encendido

4.4 COSTO TOTAL DE MAQUINA CORTADORA-REBOBINADORA

Con los datos obtenidos, el costo total de la máquina cortadora- rebobinadora se muestra en la Tabla 4-9.

COSTO TOTAL	
COSTO DE MATERIALES	$ 943,85
COSTO DE MANO DE OBRA	$ 2.220,00
COSTO DE SISTEMA ELECTRICO	$ 1.031,85
COSTO DE IMPREVISTOS	$ 447,75
COSTO DE DISEÑO	$ 970,70
COSTO TOTAL	**$ 5.614,15**

Tabla 4 - 9 Costo total máquina cortadora rebobinadora

CONCLUSIONES

- El proyecto de diseño y construcción de la máquina cortadora-rebobinadora de rollos de papel cumple con el objetivo planteado, bajo los parámetros funcionales y requerimientos operacionales solicitados por el cliente Gráficas García.

- Los programas informáticos de diseño INVENTOR y MdSolid3.5 empleados en el presente proyecto brindan gran ayuda en la ejecución de los cálculos y elaboración de planos.

- La tensión varía proporcionalmente al radio, sin embargo la tensión que se utiliza para el cálculo es la tensión pico al arrancar el sistema ya que ésta es la que provoca la tensión máxima en el papel hasta adquirir la tensión nominal.

- Mediante las pruebas prácticas se concluye que control de tensión en bobinas menores a 0,35m no requieren reajuste continuo ya que esta tensión se mantiene constante por acción del freno y es una masa que no cambia el valor de la tensión significativamente.

- Se ha logrado aumentar la productividad de Gráficas García en un 300%, produciendo 3 rollos por parada a diferencia de un rollo que producía manualmente en el mismo tiempo.

RECOMENDACIONES

- Antes de iniciar cada parada, revisar los filos cortantes de las cuchillas, ya que estos pueden dañar el rollo completamente si la máquina se la detiene por este problema.

- Al cambiar las cuchillas, tener mucho cuidado con los filos para evitar cortaduras.

- Antes de iniciar con un nuevo rollo, asegurarse que la superficie de los rollos esté completamente limpia para evitar tener bobinas con papel manchado.

- Al montar la bobina de papel, asegurarse que esté alineado para evitar bobinas defectuosas o daños en las mismas.

BIBLIOGRAFÍA

- SINGER L. Frendinald; *Resistencia de materiales*, 4ª edición, México D.F. 1994

- EUGENE A. Abullone; *Manual del Ingeniero mecánico*, 9ª edición, Editorial McGraw-Hill, México 2001.

- INEN; Código de Dibujo Técnico Mecánico; Quito, 1981.

- ROLDÁN VITORIA J; *Prontuario de Mecánica Industrial Aplicada*; Editorial Paraninfo; Barcelona; 2000.

- CATÁLOGO GENERAL DE RODAMIENTOS SKF; 2010

- CALERO R ; *Fundamentos de Mecanismos y Máquinas para Ingenieros*; McGraw-Hill; 1999

- SHIGLEY; *Diseño en Ingeniería Mecánica*; Cuarta Edición; Editorial McGraw-Hill

- SCHAUM; Allen S. Hall; *Diseño de máquinas*; Editorial MCGRAW-HILL; México 1974

CONSULTAS WEB

- http://uilmac.com.mx/laboratorio/prop.html; Scott W.E. “Properties of Paper: An Introduction”. TAPPI Press. Atlanta, GA

- www.pffc-online.com/mag/paper_web_tension

- http://www.graphicmachinerycn.es/Maquina-cortadora-horizontal-42.html

- http://www.graphicmachinerycn.es/Cortadora-rebobinadora-superficial-43.html

- www.delsarlame.com/tagliopressionees.htm

- www.pffc-online.com/mag/mechanics_tension_control_1/

- http://sficr.com/docs/mate/bond-arclad.pdf

- GARCÍA HORTAL, José. A; *Fibras Papeleras*; Ediciones UPC; Barcelona 2007.

- Enciclopedia Virtual Wikipedia.

- Análisis gráfico. *Los diferentes tipos de papel*. Recuperado de http: //analisisgrafico.wordpress.com/2006/07/16/los-diferentes-tipos-de-papel-algunas-definicione/

- http://www.alpha-converting.co.uk/esp/unwind-rewind-cantilevered.htm

- http://www.delsarlame.com/cforbice.html

- Revista PFFC. *WINDING CONTROL: CREATING WOUND-ON TENSIO*N; Recuperado de : http://pffc-online.com/mag/paper_web_tension/

- Revista PFFC *; Mechanic of tension control* Part II;; Recuperado de: www.pffc-online.com/mag/paper_web_tension

- Convertidor de unidades :http://www.convertunits.com/from/kilowatt/to/N-m/s

- Arclad; *Especificaciones técnicas Papel Bond mate*; Recuperado de : http://sficr.com/docs/mate/bond-arclad.pdf

- http://es.scribd.com/doc/49884795/13/Calculo-de-embragues-y-frenos

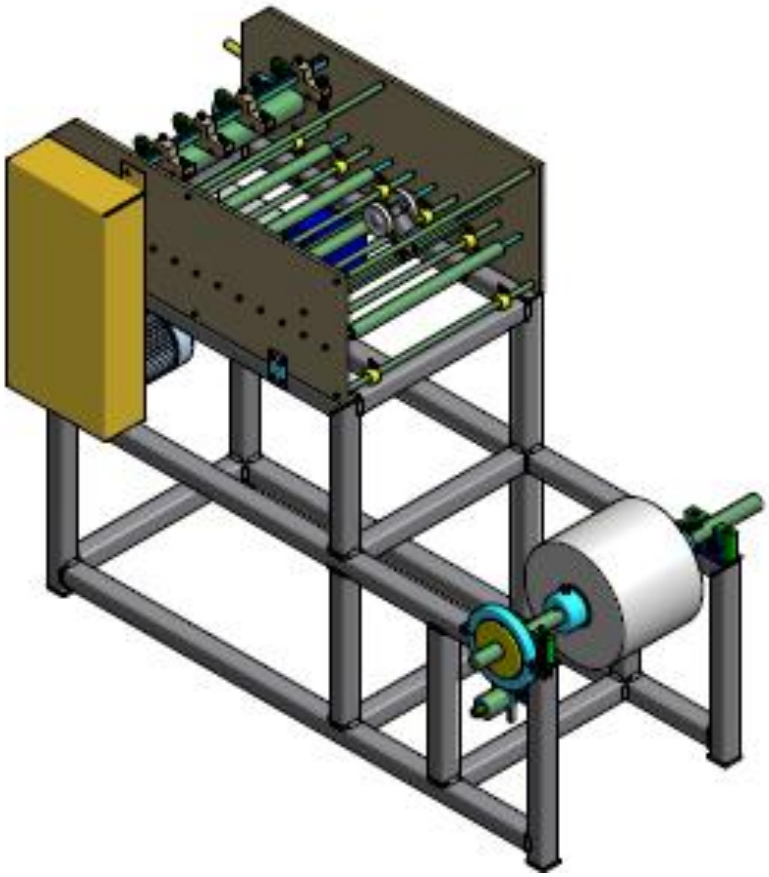
ANEXOS

MANUAL DE OPERACION Y MANTENIMIENTO

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

CORTADORA-REBOBINADORA DE ROLLOS DE PAPEL

MODELO CR003



REGLAS DE SEGURIDAD PARA ESTA MÁQUINA

PROTEJASE USTED Y A OTROS DE POSIBLES ACCIDENTES.

MANTENGA A LOS NIÑOS ALEJADOS DE LOS LUGARES DE TRABAJO.

Las reglas de seguridad dadas a continuación son únicamente un sumario de una información más completa que puede ser encontrada en las normas de seguridad.

Es importante leer y seguir las reglas de seguridad.

LA REPARACIÓN, INSTALACIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE ESTA MÁQUINA DEBE SER SIEMPRE EJECUTADA POR PERSONAL CALIFICADO

La siguiente simbología de seguridad y palabras claves se utilizan durante todo el instructivo para llamar la atención y para identificar los diferentes niveles de peligro e instrucciones especiales.

ATENCIÓN A LAS MANOS

En este lugar ponga especial cuidado durante la manipulación de la máquina.

PELIGRO DE CORTE

En esta zona existe elementos corto punzantes que pueden causar accidentes.

NO RETIRAR PROTECCIONES

Las partes en movimiento como rodillos, motor y bandas pueden llegar a cortar dedos o incluso una mano o pueden atrapar ropa suelta.

Mantenga todas las puertas, paneles, cubiertas y guardas cerradas y aseguradas en su lugar.

Mantenga las manos, cabello, ropa floja y herramientas alejadas de las partes en movimiento.

PROHIBIDO REALIZAR MANTENIMIENTO EN MARCHA

Detenga la marcha del motor antes de hacer cualquier instalación o conexión, para prevenir arranques accidentales desconecte el cable principal de alimentación de energía eléctrica.

Para dar mantenimiento o reparar un equipo asegúrese de que sea realizado únicamente por personal calificado.

UTILIZAR GAFAS DE PROTECCIÓN

UTILIZAR MASCARILLA

CORTADORA-REBOBINADORA DE ROLLOS DE PAPEL

MODELO CR003

ESPECIFICACIONES

Diseñada para producir rollitos de papel con un diámetro máximo de 100mm y una longitud máxima de 225mm.

- Cortadora rebobinadora horizontal con alimentación central.
- Sistemas de corte por cuchillas circulares a presión de fácil calibración.
- Sistema de control de tensión mediante un sistema manual de embrague.
- Sistema de transmisión de movimiento por bandas trapezoidales.
- Sujección manual de la bobinas por medio conos regulables.
- Sujeccion de carretes de bobinado por presión de chavetas.
- Peso total: 150 kg.
- Dimensiones largo x ancho x altura : 1,5m x 0,6m x 0,93m.
- Contador digital de metros 48mmx48mm 100-240VAC, con acumulador
- Encoder longitudinal de medida en cm.
- Gabinete 20x20x15 START STOP + Pulsadores.
- Motor Trifásico 1,5 HP,220V,60Hz
- Potenciómetro 10K
- Variador SIEMENS 1,5HP 220V + Panel

1 INSTALACIÓN

1.1 El lugar donde se instalará la máquina debe tener mínimo 1m de espacio libre a su alrededor, para facilitar la circulación y operar de manera adecuada.

1.2 Asentar la máquina al piso, procurando que quede totalmente estable y nivelada, no necesita fijarla con algún tipo de empotramiento como pernos, cadenas, etc.

1.3 Una vez colocada en su lugar, realizar las conexiones eléctricas hacia la fuente de alimentación principal, aplicando las respectivas normas de seguridad, los cables no deben quedar sueltos para evitar accidentes.

1.4 Revisar que todos los elementos se encuentren en su respectiva posición.

1.5 Terminados estos pasos la máquina está lista para trabajar.

2 OPERACIÓN

2.1 Colocación de la bobina en eje de desbobinado (EDB)

2.1.1 Retirar de la máquina el cargador de bobina, abriendo el embrague mecánico.

2.1.2 Aflojar los conos del EDB.

2.1.3 Insertar el EDB en el núcleo de la bobina de alimentación, procurando que la bobina quede en la mitad del EDB.

2.1.4 Ajustar los conos del EDB.

2.1.5 Montar todo lo anterior sobre los soportes del cargador de bobina.

2.2 Colocación de la banda de papel

3.2.1 Ubicar las cuchillas al ancho requerido.

3.2.2 Calibrar la presión de corte de las cuchillas.

3.2.3 Centrar los alineadores de los ejes fijos.

3.2.4 Atravesar la banda de papel a través de los rodillos fijos, giratorios y de corte.

2.3 Colocación de carretes de cartón en el eje de bobinado (EB).

3.3.1 Retirar el eje EB.

3.3.2 Colocar los carretes de bobinado en el EB y ajustar con el sistema de chaveta incorporado.

3.3.3 Colocar el EB en los contrapuntos.

3.3.4 Fijar la banda de papel en los tubos de cartón.

2.4 Programación de ENCODER

2.4.1 Predefinir la cantidad en centímetros en el contador mediante el pulso en la tecla ENTER, la pantalla verde titila y con la tecla de flecha se puede recorrer hasta poder definir la cantidad deseada y nuevamente con la tecla ENTER grabar el dato.

2.4.2 Mediante el pulsador de arranque (pulsador negro) se pone en marcha la máquina enclavando los relés C1 y C2 y se cierra el contacto de arranque en el variador. Al girar la bobina de papel gira el Encoder enviando la señal al contador el cual traduce esta señal en dígitos y regresivamente cuenta la distancia hasta llegar a su fin y automáticamente para el sistema.

2.4.3 Una vez terminado el bobinado se presiona la tecla RESET para poder volver a arrancar el sistema, caso contrario dicho sistema no arrancará. Existe la opción de detener el sistema en cualquier momento con el pulsador de parada (pulsador rojo). La velocidad de la máquina puede ser regulada desde el potenciómetro ubicado en el tablero de control y puede ser visualizada en el display del variador. Pudiendo parar la máquina si este potenciómetro es llevado al mínimo valor (0).

2.4.4 Poner en marcha la máquina mediante el botón ON.

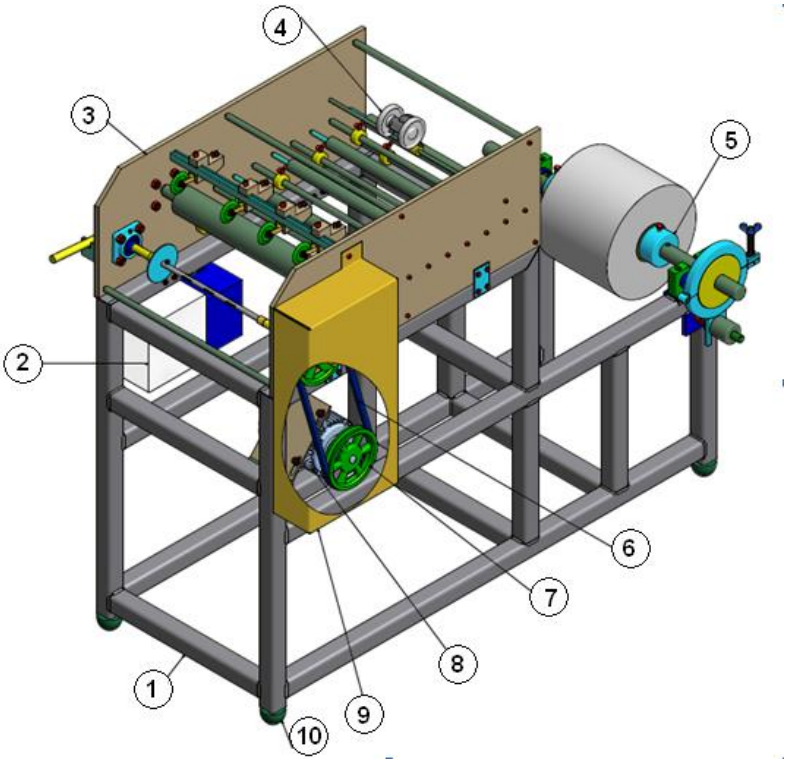
2.4.5 Una vez terminado el proceso, retiramos el EB de los contrapuntos, aflojamos el sistema de chaveta incorporado y sacamos los rollos.

3 MANTENIMIENTO

Para el mejor funcionamiento de la máquina, es importante seguir las siguientes recomendaciones de mantenimiento:

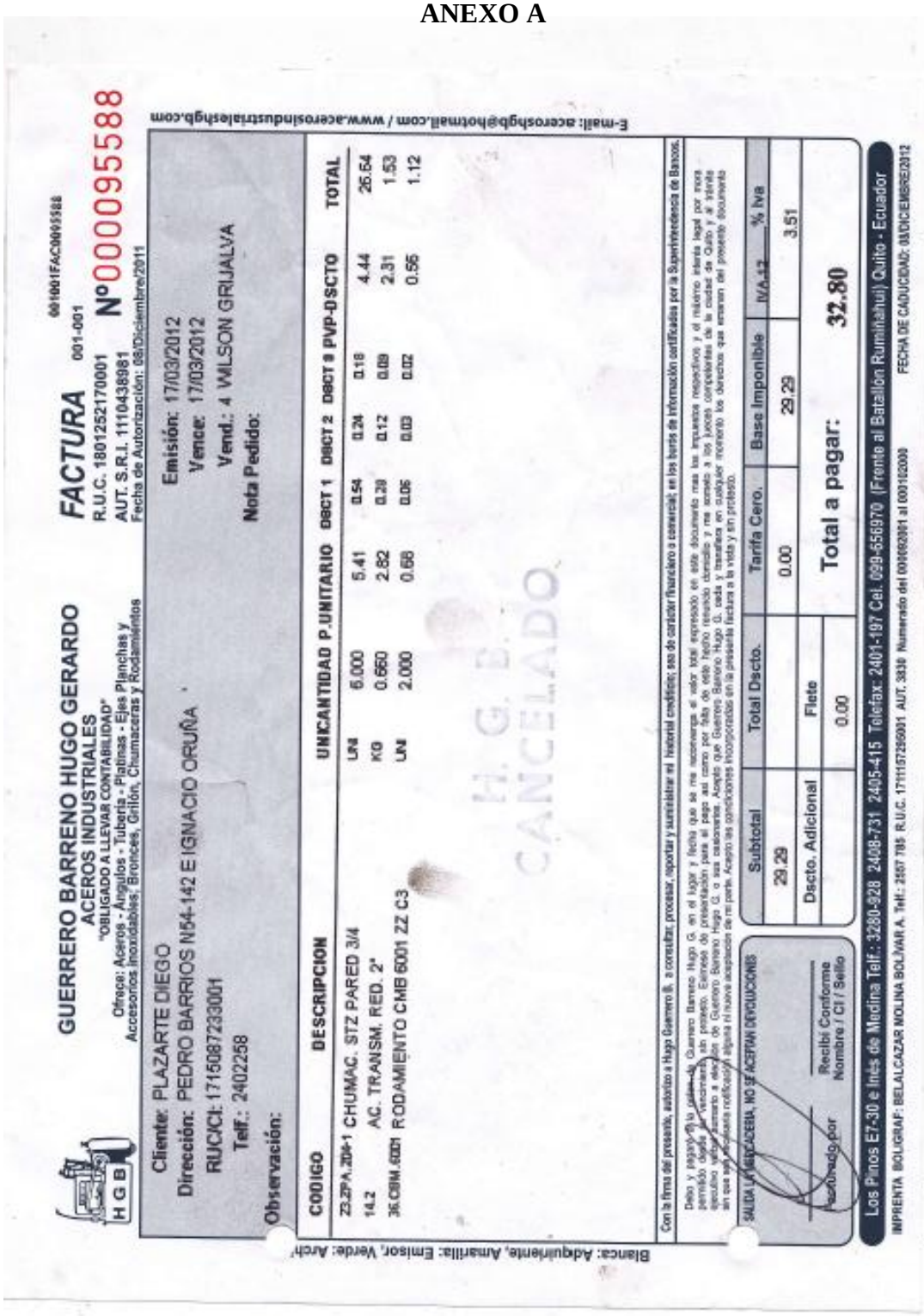
- Limpiar las partes giratorias (diario)
- Revisar los filos cortantes de las cuchillas (diario)
- Limpiar la parte interna del motor (mensual)
- Engrasar las partes giratorias (mensual)
- Reajustar pernos de sujeción (mensual)
- Chequear desgaste de zapata (mensual)
- Revisar superficie de rodillo (mensual)

LISTA DE PARTES



1	Bastidor
2	Control de encendido
3	Caja porta rodillos
4	Encoder
5	Cargador de bobina
6	Banda
7	Polea
8	Motor
9	Protector de polea
10	Base de caucho

ANEXO A



GUERRERO BARRENO HUGO GERARDO
ACEROS INDUSTRIALES
"OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD"
Ofrece: Aceros - Ángulos - Tubería - Platinas - Ejes Planchas y Accesorios Inoxidables, Bronces, Grifón, Chumaceras y Rodamientos

FACTURA 001-001
R.U.C. 1801252170001
AUT. S.R.I. 1110438981
Fecha de Autorización: 08/Diciembre/2011

001001FAC0095588
Nº000095588

Cliente: PLAZARTE DIEGO
Dirección: PEDRO BARRIOS N54-142 E IGNACIO ORUÑA
RUC/CI: 1715087233001
Telf.: 2402258
Observación:

Emisión: 17/03/2012
Vence: 17/03/2012
Vend.: 4 WILSON GRIJALVA
Nota Pedido:

CODIGO	DESCRIPCION	UNICANTIDAD	P.UNITARIO	DSCT 1	DSCT 2	DSCT 3	PVP-DSCTO	TOTAL
23.ZPA.204-1	CHUMAC. STZ PARED 3/4	UNI	6.000	5.41	0.54	0.24	0.18	4.44	26.64
14.2	AC. TRANSM. RED. 2"	KG	0.660	2.82	0.28	0.12	0.09	2.31	1.53
36.CBM.6001	RODAMIENTO CMB 6001 ZZ C3	UNI	2.000	0.68	0.06	0.03	0.02	0.56	1.12

H. G. B. CANCELADO

Con la firma del presente, autorizo a Hugo Guerrero B. a consultar, procesar, reportar y suministrar mi historial crediticio; sea de carácter financiero o comercial; en los bonos de información certificados por la Superintendencia de Bancos.

Debo y pagaré a la orden de Guerrero Barreno Hugo G. en el lugar y fecha que se me reconvenga el valor total expresado en este documento mas los impuestos respectivos y el máximo interés legal por mora permitido desde su vencimiento sin protesto. Exímese de presentación para el pago así como por falta de este hecho renuncio domicilio y me someto a los jueces competentes de la ciudad de Quito y al interés ejecutivo vigente sumario a elección de Guerrero Barreno Hugo G. o sus cesionarios. Acepto que Guerrero Barreno Hugo G. ceda y transfiera en cualquier momento los derechos que emanen del presente documento sin que sea necesaria notificación alguna ni nueva aceptación de mi parte. Acepto las condiciones incorporadas en la presente factura a la vista y sin protesto.

SALIDA LA MERCADERIA, NO SE ACEPTAN DEVOLUCIONES

Facturado por

Recibí Conforme
Nombre / CI / Sello

Subtotal	Total Dscto.	Tarifa Cero.	Base Imponible	IVA 12	% Iva
29.29		0.00	29.29		3.51
Dscto. Adicional	Flete	Total a pagar:		32.80	
	0.00				

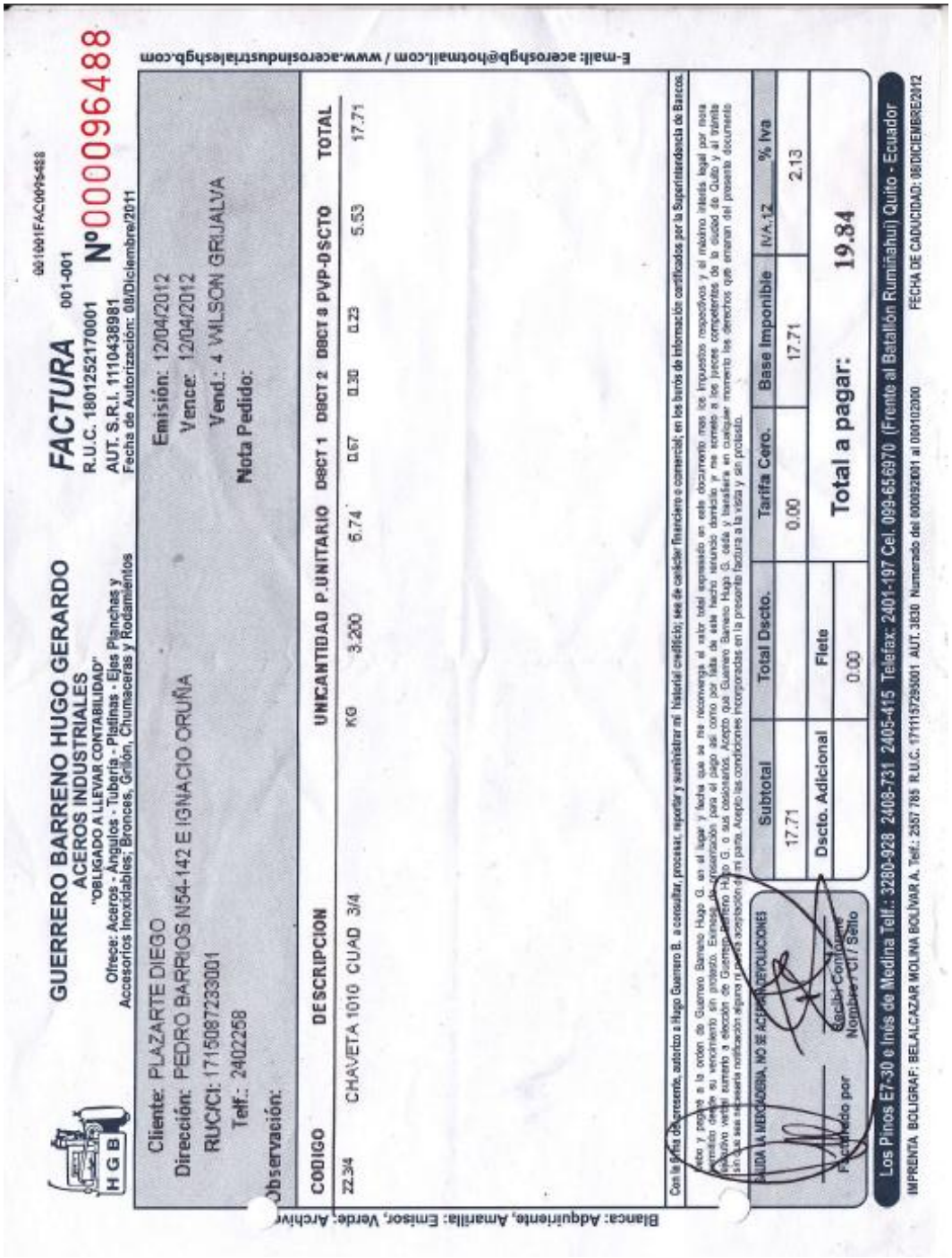
Los Pinos E7-30 e Inés de Medina Telf.: 3280-928 2408-731 2405-415 Telefax: 2401-197 Cel. 099-656970 (Frente al Batallón Rumiñahui) Quito - Ecuador

IMPRENTA BOLIGRAF: BELALCAZAR MOLINA BOLÍVAR A. Telf.: 2557 785 R.U.C. 1711157295001 AUT. 3830 Numerado del 000092001 al 000102000 FECHA DE CADUCIDAD: 08/DICIEMBRE/2012

Blanca: Adquiriente, Amarilla: Emisor, Verde: Arch.

E-mail: aceroshgb@hotmail.com / www.acerosindustrialeshgb.com

ANEXO B



001001FAC0096488

GUERRERO BARRENO HUGO GERARDO
ACEROS INDUSTRIALES
"OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD"
Ofrece: Aceros - Angulos - Tubería - Platinas - Ejes Planchas y Accesorios Inoxidables, Bronces, Grillón, Chumaceras y Rodamientos

FACTURA 001-001
R.U.C. 1801252170001 **Nº 000096488**
AUT. S.R.I. 1110438981
Fecha de Autorización: 08/Diciembre/2011

E-mail: acerosshgb@hotmail.com / www.acerosindustrialeshgb.com

Cliente: PLAZARTE DIEGO
Dirección: PEDRO BARRIOS N54-142 E IGNACIO ORUÑA
RUC/CI: 1715087233001
Telf.: 2402258
Observación:

Emisión: 12/04/2012
Vence: 12/04/2012
Vend.: 4 WILSON GRIJALVA
Nota Pedido:

CODIGO	DESCRIPCION		UNIDAD	CANTIDAD	P.UNITARIO	DSCT 1	DSCT 2	DSCT 3	PVP-DSCTO	TOTAL
22.3/4	CHAVETA 1010	CUAD 3/4	KG	3.200	5.74	0.67	0.30	0.23	5.53	17.71

Con la firma de presente, autorizo a Hugo Guerrero B. a consultar, procesar, reportar y suministrar mi historial crediticio sea de carácter financiero o comercial; en los buros de información certificados por la Superintendencia de Bancos.

Acepto y pagaré a la orden de Guerrero Barreno Hugo G. en el lugar y fecha que se me recomienda el valor total expresado en este documento mas los impuestos respectivos y el máximo interés legal por mora vencido desde su vencimiento sin protesto. Exonero de presentación para el pago así como por falta de este hecho renuncio domicilio y me someto a los jueces competentes de la ciudad de Quito y al trámite ejecutivo verbal sumario a elección de Guerrero Barreno Hugo G. o sus cesionarios. Acepto que Guerrero Barreno Hugo G. cede y transfiere en cualquier momento los derechos que emanan del presente documento sin que sea necesaria notificación alguna al suscriptor de mi parte. Acepto las condiciones incorporadas en la presente factura a la vista y sin protesto.

SALIDA LA MERCADERIA, NO SE ACEPTA DEVOLUCIONES

Recibido por
Recibí Conforme
Nombre / C.I / Sello

Subtotal	Total Descto.	Tarifa Cero.	Base Imponible	IVA 12 % Iva
17.71		0.00	17.71	2.13
Dscto. Adicional	Flete	Total a pagar:	19.84	
	0.00			

Los Pinos E7-30 e Inés de Medina Telf.: 3280-928 2408-731 2405-415 Telefax: 2401-197 Cel. 099-656970 (Frente al Batallón Rumiñahui) Quito - Ecuador

IMPRENTA BOLIGRAF: BELALCAZAR MOLINA BOLIVAR A. Tel.: 2357 785 R.U.C. 1711157295001 AUT. 3630 Numerado del 000052001 al 000102000 FECHA DE CADUCIDAD: 08/DICIEMBRE/2012

Blanca: Adquiriente, Amarilla: Emisor, Verde: Archivo

ANEXO C

DIPAC®
PRODUCTOS DE ACERO

(MATRIZ MANTA): Av. 24 de Mayo y calle Eta., esquina. • Telf.: (05) 2633930 - 2624952 - Cel.: 09-7633903.
(QUITO): Cuatro por Cien (CDC) 170 y Av. de la Prensa. • PBX (02) 5060900 • Cel.: 09-9447187 - 09-9444504
(Quito Sur): Calle Juan y Pablo Herrera y Av. Km. 5 1/2 - PBX (02) 2671110 • Cel.: 09-9444090.
ESTABLECIMIENTOS:
(Quevedo): Vía a Valencia Km. 1. • Telf.: (05) 2763388 - 2761389 • Cel.: 09-7636019.
(Sto. Domingo): Vía a Quevedo Km. 1 1/2 (a lado de la gasolinera INMAVY)
Telf.: (02) 3701164 - 3701165 - 2772200 • Cel.: 09-9446174.
(Portoviejo): Av. Universitaria y Calle Cesar Chávez Cañarte. • Telf.: (05) 2633105 - 2634569 • Cel.: 09-7633899.
(Guayaquil): Puente Vía a Daule Km. 10 1/2 • Telf.: (04) 2111518 - 2111411.
(Alli): Vía a Daule Km. 10 1/2 • Telf.: (04) 2111519 - 2111411.
(Planta 2): Vía a Daule Km. 10 1/2 • Telf.: (04) 2111519 - 2111411.
(Local 2): Vía a Daule Km. 9 1/2 • Telf.: (04) 2201341 - 2201555 - 6028655 - 6028654 • Cel.: 09-9444487
(Local 3): Av. Eloy Alfaro y Calle Chaucachima, esq. • Telf.: (04) 2418914 - 2411577.
(Ambato): Av. Atahualpa y Juan Larrea, esquina. • Telf.: (03) 2846401 - 2863662 - Cel.: 09-9444595.
(Cuenca): Av. 12 de Abril entre las Calles Pichincha y Galápagos. • Telf.: (07) 2843042 - 2804788 - 2888914.
(Machala): Guayas y El Cambrerino. • Telf.: (07) 2921763 - 2921557 • Cel.: (09-7624161).
(Milagro): Av. 17 de Septiembre y Calle Colón. • Telf.: (04) 2973073 - 2971350 • Cel.: 09-7634131.
(Babahoyo): Av. Clemente Ríos Torres y Vargas. • Telf.: (05) 2091958 - 2092097 - 2804988 • Cel.: 09-7633824.
(Loja): Calle Ancharito s/n entre Bolívar y Tulcán. • Telf.: (07) 2558049 • Cel.: 09-7633886.
(Rioban bo): San Miguel de Tarqui de 34. • Telf.: (03) 2600137 - 2605383 - 2605950 • Cel.: 09-4163838.
www.dipacmanta.com

DIPAC MANTA S.A.
R.U.C. 1390060757001
CONTRIBUYENTE ESPECIAL
RESOLUCIÓN 3260 DEL 2 DE JUNIO 1998 DIPAC MANTA

La mercadería viaja por cuenta y riesgo del comprador.
Salida la mercadería de nuestros almacenes no se aceptan reclamos.
Los pagos deben realizarse con cheque cruzado a nombre de DIPAC MANTA S.A.

• Somos contribuyentes especiales favor no retener el IVA.
• Emitir los comprobantes de retención a nombre de DIPAC MANTA S.A.

Factura
004-002-000121691
Autorización S.R.I. No.
1110282547
Fec. Caducidad 28/10/2012
Fecha Autorizacion
28/10/2011

NOMBRE/RAZON SOCIAL: PLAZARTE CUMBAL DIEGO MIGUEL
RUC o CI: 1715087233001
DIRECCION: PEDRO BARRIOS N5422 Y PINOS
CODIGO CLIENTE: 004000000
PAGO: CONTADO
PEDIDO: 040217222 Fac. Proveedor:
GUIA DE REMISION: 004-002-00014278 2

FECHA: 18/02/2012
CIUDAD: QUITO
VENDEDOR: 103
HERRERA AYALA SARA
PAG: 1

CODIGO ITEM	DESCRIPCION ITEM	CANTIDAD	PRECIO UNI	TOTAL USD
OXILC0120	OXICORTES 12mm	58.75 Kg	1.50	88.13
OXILC0240	OXICORTES 24mm	3.23 Kg	1.65	5.33

2 P 340X900X12MM
2 P 120X70X24MM

CANCELADO
DIPAC QUITO NORTE

SON:
*CIENTO CUATRO CON 68/100 * USD
Este Valor debera ser pagado por el Cliente en DOLARES AMERICANOS.

DESCUENTOS	.00
SUBTOTAL	93.46
IVA 12%	11.22
TOTAL USD	104.68

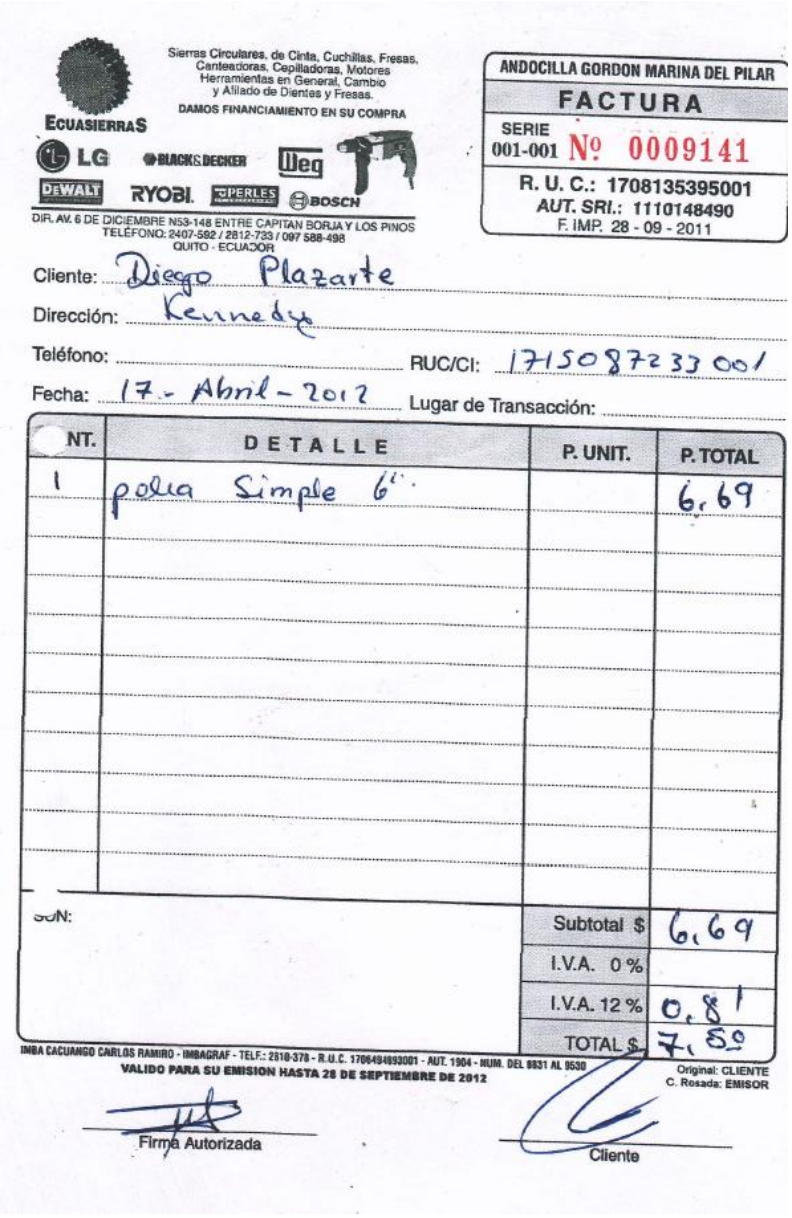
Autorizo (amos) a Dipac Manta S.A. , a publicar los valores incurridos en mora, que puedan generarse de las operaciones de orden crediticio, en cualquier Buró de Crédito autorizado.
Renuncio domicilio y competencia y me someto de manera expresa a los jueces competentes de la ciudad de Quito y al trámite verbal sumario o ejecutivo a elección del actor.
"El pago con cheque o deposito hacerlo a nombre de DIPAC MANTA S.A."
Todas las diferencias y litigios derivados de esta factura, se ventilarán ante los jueces de lo Civil de las ciudades de Guayaquil o Quito, y en la via ejecutiva o verbal sumaria, a elección de Dipac Manta S.A.

RECIBE CONFORME CLIENTE(FIRMA Y SELLO)

DIPAC MANTA S.A.

ORIGINAL - DESTINA

ANEXO D



ECUASIERRAS

Sierras Circulares, de Cinta, Cuchillas, Fresas, Canteadoras, Cepilladoras, Motores Herramientas en General, Cambio y Afilado de Dientes y Fresas.

DAMOS FINANCIAMIENTO EN SU COMPRA

LG BLACK & DECKER Weg DEWALT RYOBI PERLES BOSCH

DIR. AV. 6 DE DICIEMBRE N53-148 ENTRE CAPITAN BORJA Y LOS PINOS
TELÉFONO: 2407-562 / 2812-733 / 097 588-498
QUITO - ECUADOR

ANDOCILLA GORDON MARINA DEL PILAR

FACTURA

SERIE 001-001 Nº 0009141

R. U. C.: 1708135395001
AUT. SRI.: 1110148490
F. IMP. 28 - 09 - 2011

Cliente: Diego Plazarte

Dirección: Kennedy

Teléfono: RUC/CI: 1715087233001

Fecha: 17 - Abril - 2012 Lugar de Transacción:

NT.	DETALLE	P. UNIT.	P. TOTAL
1	polea Simple 6"		6,69

SON:

Subtotal $	6,69
I.V.A. 0 %	
I.V.A. 12 %	0,81
TOTAL $	7,50

IMBA CACUANGO CARLOS RAMIRO - IMBAGRAF - TELF.: 2810-378 - R.U.C. 1706494693001 - AUT. 1904 - NUM. DEL 9831 AL 9530

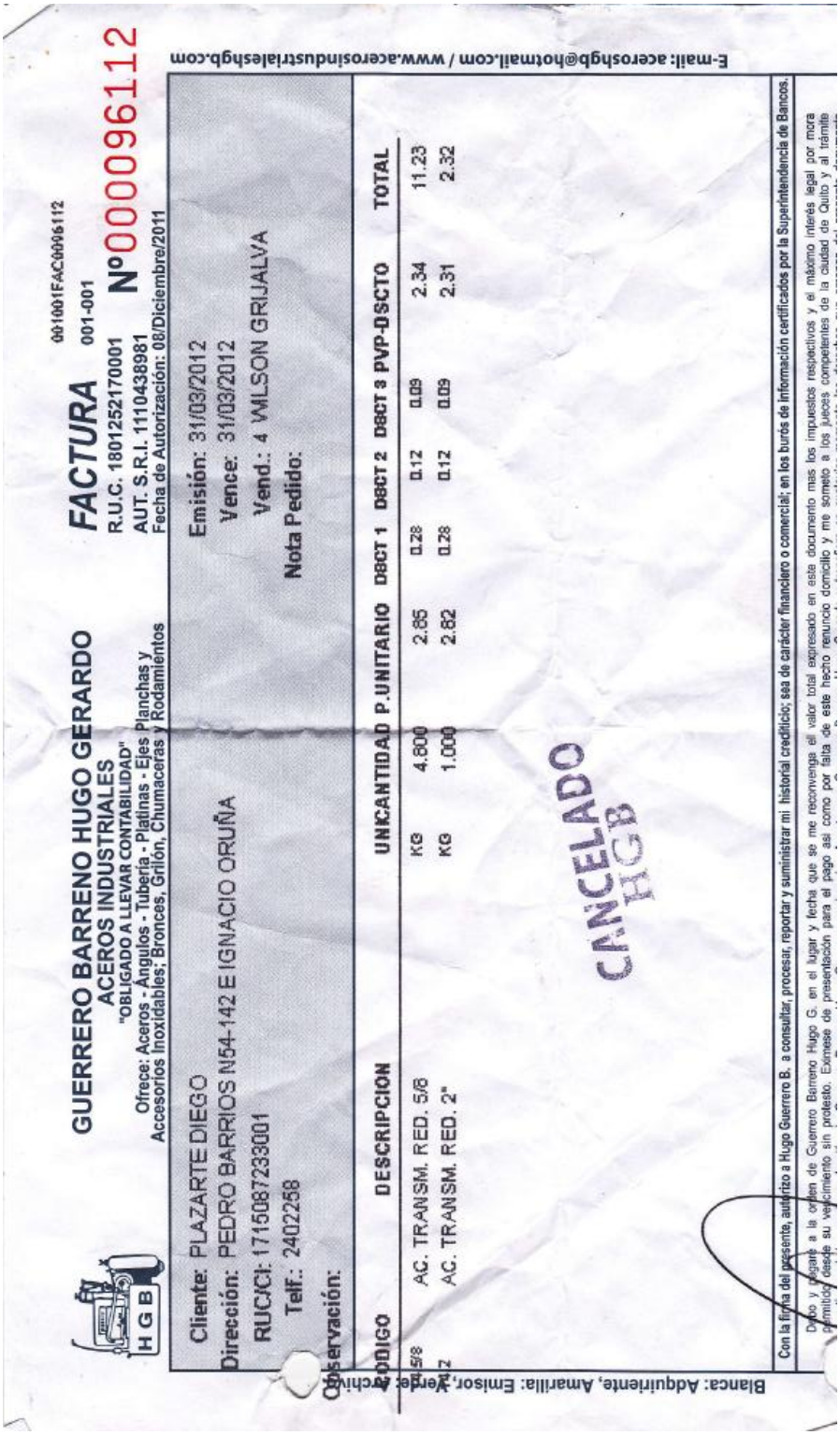
VALIDO PARA SU EMISION HASTA 28 DE SEPTIEMBRE DE 2012

Original: CLIENTE
C. Rosada: EMISOR

Firma Autorizada

Cliente

ANEXO E



GUERRERO BARRENO HUGO GERARDO
ACEROS INDUSTRIALES
"OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD"
Ofrece: Aceros - Angulos - Tuberia - Platinas - Ejes Planchas y
Accesorios Inoxidables; Bronces, Grilón, Chumaceras y Rodamientos

H G B

001001FAC0096112

FACTURA 001-001 Nº000096112

R.U.C. 1801252170001
AUT. S.R.I. 1110438981
Fecha de Autorización: 08/Diciembre/2011

E-mail: acerosfgb@hotmail.com / www.acerosindustrialesfgb.com

Cliente: PLAZARTE DIEGO
Dirección: PEDRO BARRIOS N54-142 E IGNACIO ORUÑA
RUC/CI: 1715087233001
Telf.: 2402258
Observación:

Emisión: 31/03/2012
Vence: 31/03/2012
Vend.: 4 WILSON GRIJALVA
Nota Pedido:

CODIGO	DESCRIPCION	UNI.	CANTIDAD	P.UNITARIO	DSCT 1	DSCT 2	DSCT 3	PVP-DSCTO	TOTAL
5/8	AC. TRANSM. RED. 5/8	KG	4.800	2.85	0.28	0.12	0.09	2.34	11.23
2	AC. TRANSM. RED. 2"	KG	1.000	2.82	0.28	0.12	0.09	2.31	2.32

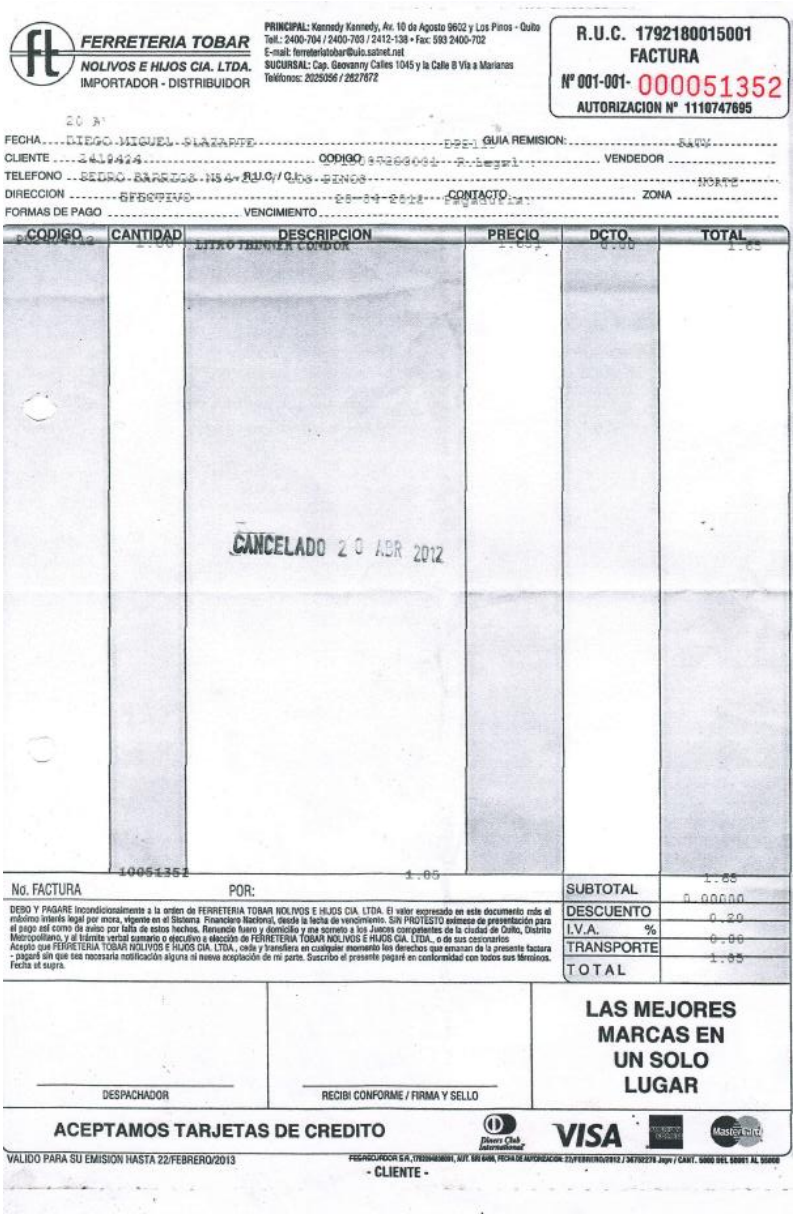
CANCELADO
HGB

Blanca: Adquiriente, Amarilla: Emisor, Verde: Archivo

Con la firma del presente, autorizo a Hugo Guerrero B. a consultar, procesar, reportar y suministrar mi historial crediticio; sea de carácter financiero o comercial; en los burós de información certificados por la Superintendencia de Bancos.

Debo y pagaré a la orden de Guerrero Barreno Hugo G. en el lugar y fecha que se me reconvenga el valor total expresado en este documento mas los impuestos respectivos y el máximo interés legal por mora permitido desde su vencimiento sin protesto. Exímese de presentación para el pago así como por falta de este hecho renuncio domicilio y me someto a los jueces competentes de la ciudad de Quito y al trámite

ANEXO F



FERRETERIA TOBAR
NOLIVOS E HIJOS CIA. LTDA.
IMPORTADOR - DISTRIBUIDOR

PRINCIPAL: Kennedy Kennedy, Av. 10 de Agosto 9602 y Los Pinos - Quito
Tell.: 2400-704 / 2400-703 / 2412-138 • Fax: 593 2400-702
E-mail: ferreteriatobar@uio.satnet.net
SUCURSAL: Cap. Geovanny Calles 1045 y la Calle B Vía a Marianas
Teléfonos: 2025056 / 2627672

R.U.C. 1792180015001
FACTURA
Nº 001-001- 000051352
AUTORIZACION Nº 1110747695

20 A

FECHA DIEGO MIGUEL SLAZARTE DPI-1 GUIA REMISION: SATY
CLIENTE 2419424 CODIGO 1792037288001 R.Legal VENDEDOR
TELEFONO PEDRO BARRIOS N54 R.U.C. / C.I. LOS PINOS NORTE
DIRECCION EFECTIVO 28-04-2012 CONTACTO Pagadurial ZONA
FORMAS DE PAGO VENCIMIENTO

CODIGO	CANTIDAD	DESCRIPCION	PRECIO	DCTO.	TOTAL
[illegible]	1.00	LITRO THINNER CONDOR	1.85	0.00	1.85

CANCELADO 20 ABR 2012

No. FACTURA 10051352 POR: 1.85

SUBTOTAL	1.85
DESCUENTO	0.00000
I.V.A. %	0.20
TRANSPORTE	0.00
TOTAL	1.85

DEBO Y PAGARE Incondicionalmente a la orden de FERRETERIA TOBAR NOLIVOS E HIJOS CIA. LTDA. El valor expresado en este documento más el máximo interés legal por mora, vigente en el Sistema Financiero Nacional, desde la fecha de vencimiento. SIN PROTESTO exímese de presentación para el pago así como de aviso por falta de estos hechos. Renuncio fuero y domicilio y me someto a los Jueces competentes de la ciudad de Quito, Distrito Metropolitano, y al trámite verbal sumario o ejecutivo a elección de FERRETERIA TOBAR NOLIVOS E HIJOS CIA. LTDA., o de sus cesionarios
Acepto que FERRETERIA TOBAR NOLIVOS E HIJOS CIA. LTDA., ceda y transfiera en cualquier momento los derechos que emanan de la presente factura - pagaré sin que sea necesaria notificación alguna ni nueva aceptación de mi parte. Suscribo el presente pagaré en conformidad con todos sus términos. Fecha ut supra.

DESPACHADOR

RECIBI CONFORME / FIRMA Y SELLO

LAS MEJORES MARCAS EN UN SOLO LUGAR

ACEPTAMOS TARJETAS DE CREDITO

Diners Club International VISA MasterCard

VALIDO PARA SU EMISION HASTA 22/FEBRERO/2013

FEGRSCURDOR S.R.,1792094636001, AUT. SRI 6400, FECHA DE AUTORIZACION: 22/FEBRERO/2012 / 36702278 Jupv / CANT. 5000 DEL 50001 AL 55000

- CLIENTE -

ANEXO G

FERROCORTE Planchas por retazos

TODOS LOS ESPESORES HASTA 100 mm.
CORTAMOS A SU NECESIDAD, AL PESO O CON DIBUJO CON PONTÓGRAFO ELECTRÓNICO, ADEMÁS TODO TRABAJO EN OXICORTE

Plan Victoria: Av. de los Fresnos 8 y Guayacanes
Telf.: (02) 2419513 / (02) 2811497 • Cel.: 094334371
Quito - Ecuador

Huiracocha Ordoñez Yolanda Esperanza
RUC. 0701966913001
Autorización: 1110091554
Fecha de Autorización: 13/Septiembre/2011

FACTURA

Nº 001-001-00 0010037

Fecha: Quito 31 Marzo 2012 Guía de Remisión:
Cliente: Diego Plazarte
R.U.C. / C.I.: 1715087233001 Telf.: 2402258
Dirección: Ferroly

CANT.	DESCRIPCION	V. UNIT.	TOTAL
4	Pzas 70x70x30	2,66	10,64

Donado

SON:

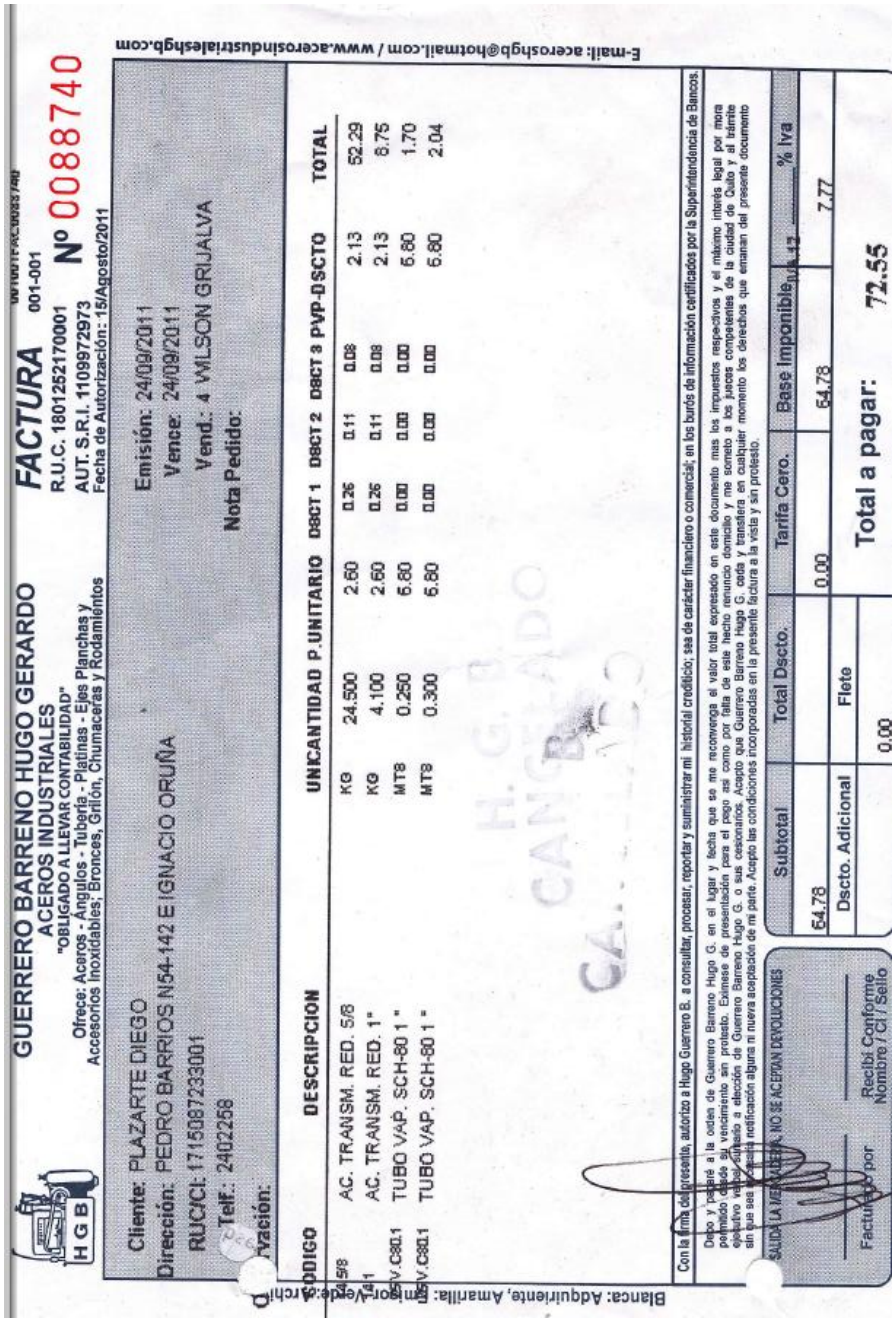
SUBTOTAL $	10,64
I.V.A. 0%	
I.V.A. %	1,28
TOTAL $	11,92

CLIENTE FIRMA AUTORIZADA

Imba Cabascango Pedro Hernán - GRUPO GRAFICO IMBAGRAF - TELF.: 2814-742 - R.U.C. 1711096881001
UT. # 1604 - Imp. 13/Septiembre/2011 - del 9301 al 10300 VALIDO PARA SU EMISION HASTA 13 DE SEPTIEMBRE DE 2012

Original CLIENTE
Amarillo EMISOR

ANEXO H



GUERRERO BARRENO HUGO GERARDO
ACEROS INDUSTRIALES
"OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD"
Ofrece: Aceros - Ángulos - Tubería - Platinas - Ejes Planchas y Accesorios Inoxidables; Bronces, Grilón, Chumaceras y Rodamientos

FACTURA 001-001
R.U.C. 1801252170001
AUT. S.R.I. 1109972973
Fecha de Autorización: 15/Agosto/2011
Nº 0088740

Cliente: PLAZARTE DIEGO
Dirección: PEDRO BARRIOS N54-142 E IGNACIO ORUÑA
RUC/CI: 1715087233001
Telf.: 2402258
Nota Pedido:

Emisión: 24/09/2011
Vence: 24/09/2011
Vend.: 4 WILSON GRIJALVA

CODIGO	DESCRIPCION	UNICANTIDAD	P.UNITARIO	DSCT 1	DSCT 2	DSCT 3	PVP-DSCTO	TOTAL
4.5/8	AC. TRANSM. RED. 5/8	KG	24.500	2.60	0.26	0.11	0.08	2.13	52.29
4.1	AC. TRANSM. RED. 1"	KG	4.100	2.60	0.26	0.11	0.08	2.13	8.75
5V.C80.1	TUBO VAP. SCH-80 1"	MT8	0.250	6.80	0.00	0.00	0.00	6.80	1.70
5V.C80.1	TUBO VAP. SCH-80 1"	MT8	0.300	6.80	0.00	0.00	0.00	6.80	2.04

Con la firma del presente, autorizo a Hugo Guerrero B. a consultar, procesar, reportar y suministrar mi historial crediticio; sea de carácter financiero o comercial; en los burós de información certificados por la Superintendencia de Bancos.

Debo y pagaré a la orden de Guerrero Barreno Hugo G. en el lugar y fecha que se me reconvenga el valor total expresado en este documento mas los impuestos respectivos y el máximo interés legal por mora permitido desde su vencimiento sin protesto. Exímese de presentación para el pago así como por falta de este hecho renuncio domicilio y me someto a los jueces competentes de la ciudad de Quito y al trámite ejecutivo verbal sumario a elección de Guerrero Barreno Hugo G. o sus cesionarios. Acepto que Guerrero Barreno Hugo G. ceda y transfiera en cualquier momento los derechos que emanan del presente documento sin que sea necesaria notificación alguna ni nueva aceptación de mi parte. Acepto las condiciones incorporadas en la presente factura a la vista y sin protesto.

SALIDA LA MERCADERIA, NO SE ACEPTAN DEVOLUCIONES

Facturado por

Recibí Conforme
Nombre / CI / Sello

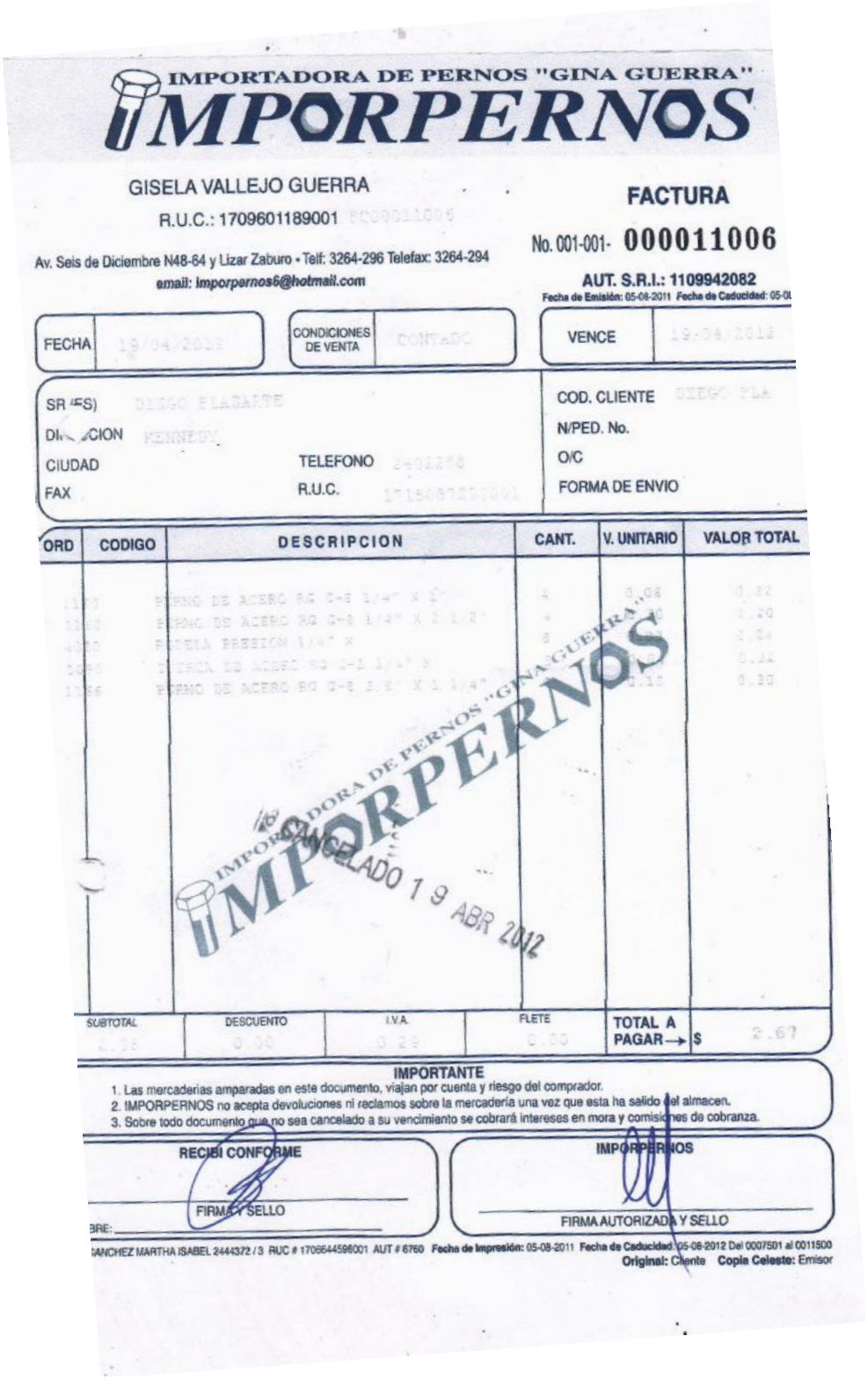
Subtotal	Total Dscto.	Tarifa Cero.	Base Imponible	% Iva
64.78		0.00	64.78	7.77
Dscto. Adicional	Flete			
	0.00			

Total a pagar: 72.55

Blanca: Adquiriente, Amarilla: Emisor, Verde: Archivo

E-mail: aceroshgb@hotmail.com / www.acerosindustrialeshgb.com

ANEXO I



IMPORTADORA DE PERNOS "GINA GUERRA"

IMPORPERNOS

GISELA VALLEJO GUERRA

R.U.C.: 1709601189001 FC00011006

Av. Seis de Diciembre N48-64 y Lizar Zaburo • Telf: 3264-296 Telefax: 3264-294

email: imporpernos6@hotmail.com

FACTURA

No. 001-001- 000011006

AUT. S.R.I.: 1109942082

Fecha de Emisión: 05-08-2011 Fecha de Caducidad: 05-0

FECHA	19/04/2012	CONDICIONES DE VENTA	CONTADO	VENCE	19/04/2012

SR (ES) DIEGO PLAZARTE

DIRECCION KENNEDY

CIUDAD

TELEFONO 2402258

FAX

R.U.C. 1715087230001

COD. CLIENTE DIEGO PLA

N/PED. No.

O/C

FORMA DE ENVIO

ORD	CODIGO	DESCRIPCION	CANT.	V. UNITARIO	VALOR TOTAL
1170		PERNO DE ACERO RG G-8 1/4" X 1"	4	0.08	0.32
1160		PERNO DE ACERO RG G-8 1/4" X 2 1/2"	4	[illegible]	1.20
4080		RODELA PRESION 1/4" X	8	[illegible]	0.24
1080		TUERCA DE ACERO RG G-8 1/4" X	[illegible]	[illegible]	0.32
1186		PERNO DE ACERO RG G-8 3/8" X 1 1/4"	[illegible]	0.15	0.30

SUBTOTAL	DESCUENTO	I.V.A.	FLETE	TOTAL A PAGAR →	$ 2.67
2.38	0.00	0.29	0.00		

IMPORTADORA DE PERNOS "GINA GUERRA" IMPORPERNOS

CANCELADO 19 ABR 2012

IMPORTANTE

1. Las mercaderias amparadas en este documento, viajan por cuenta y riesgo del comprador.
2. IMPORPERNOS no acepta devoluciones ni reclamos sobre la mercadería una vez que esta ha salido del almacen.
3. Sobre todo documento que no sea cancelado a su vencimiento se cobrará intereses en mora y comisiones de cobranza.

RECIBI CONFORME

FIRMA Y SELLO

BRE:

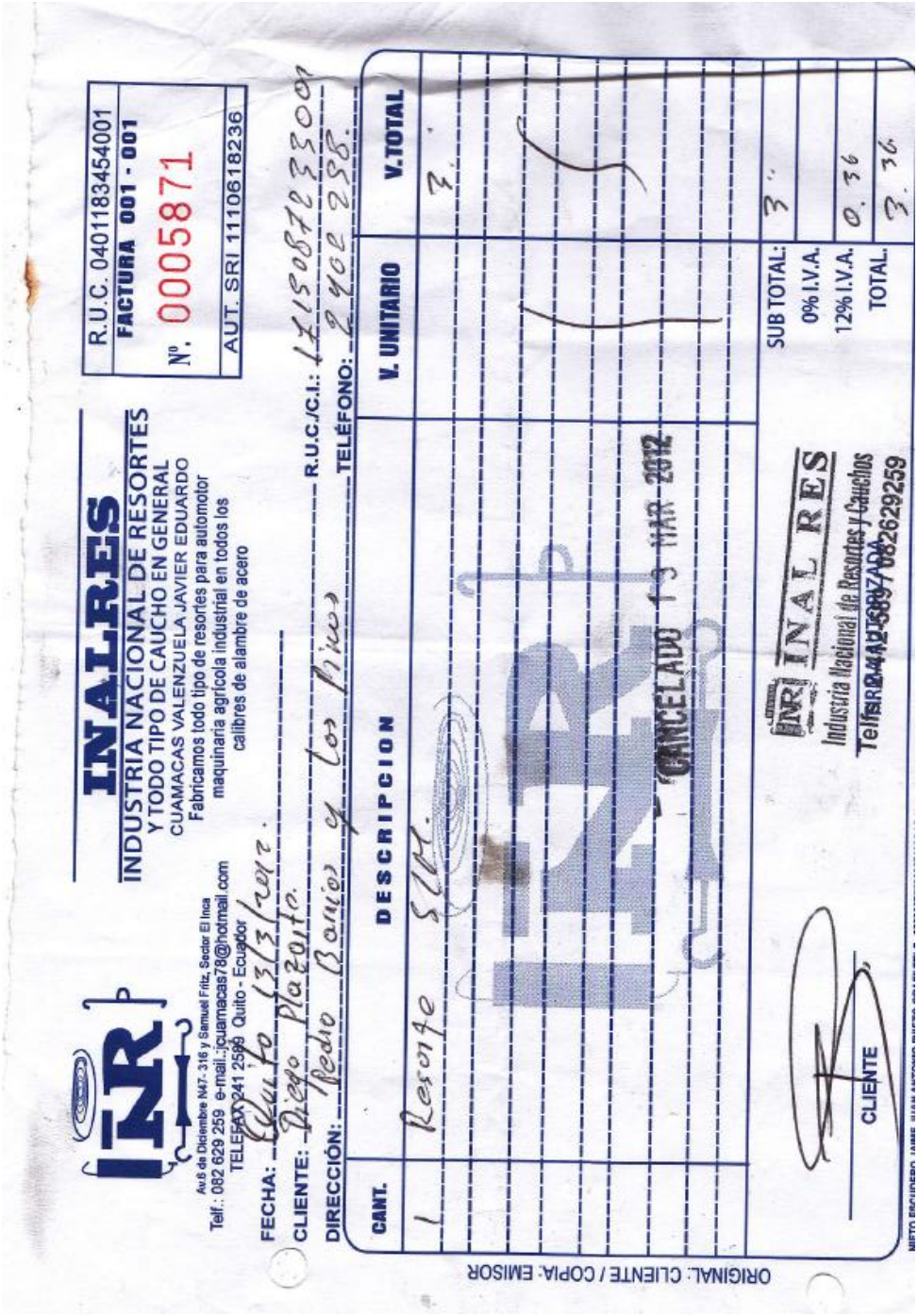
IMPORPERNOS

FIRMA AUTORIZADA Y SELLO

SANCHEZ MARTHA ISABEL 2444372 / 3 RUC # 1706644596001 AUT # 6760 Fecha de Impresión: 05-08-2011 Fecha de Caducidad: 05-08-2012 Del 0007501 al 0011500

Original: Cliente Copia Celeste: Emisor

ANEXO J



INALRES
INDUSTRIA NACIONAL DE RESORTES
Y TODO TIPO DE CAUCHO EN GENERAL
CUAMACAS VALENZUELA JAVIER EDUARDO
Fabricamos todo tipo de resortes para automotor
maquinaria agrícola industrial en todos los
calibres de alambre de acero

Av.6 de Diciembre N47-316 y Samuel Fritz, Sector El Inca
Telf.: 082 629 259 e-mail.:jcuamacas78@hotmail.com
TELEFAX 241 2589 Quito - Ecuador

R.U.C. 0401183454001
FACTURA 001 - 001
Nº. 0005871
AUT. SRI 1110618236

FECHA: Quito 13/3/2012.
CLIENTE: Diego Plazoito.
DIRECCIÓN: Pedro Barrios y los Pinos
R.U.C./C.I.: 1715087233001
TELÉFONO: 2402258.

CANT.	DESCRIPCION	V. UNITARIO	V.TOTAL
1	Resorte S/M.		3.

CANCELADO 13 MAR 2012

SUB TOTAL: 3.
0% I.V.A.
12% I.V.A. 0.36
TOTAL. 3.36

INALRES
Industria Nacional de Resortes y Cauchos
Telf. 2 441 589 / 082629259

CLIENTE

ORIGINAL: CLIENTE / COPIA: EMISOR

ANEXO K

INDUMATIC power & automation

INDUMATIC CIA. LTDA.
R.U.C. 1792355974001
Playa Chica, Av. San Juan De Dios S/N y Rio Zamora,
PBX: 2850905 | www.indumatic.com.ec
Quito - Ecuador

FACTURA
Nº 001-001-00 0000115
AUT. S.R.I. 1110778059
Fecha de Autorización: 28/Febrero/2012

ódigo: 1715087233 No. Factura: 001001115
liente: **SOTEIN Plazarte Cumbal Diego Miguel**
irección: Pedro Barrios N54-142 e Ignacio Oruña
iudad: QUITO Teléfono: 2402258 Fecha: 20-abr-2012
I/RUC: 1715087233001 Vendedor: Vence: 20-may-2012
rédito: 30 días Orden Compra: 0 Guía R: 0

CODIGO	DESCRIPCION	CANT.	V. UNIT.	Dscto. %	V. TOTAL
Y0412040-AUT	AUTOMATIZACION BOBINADORA	1	893,85	0,00	893,85

SUBTOTAL	893,85
IVA 0%	0,00
IVA 12%	107,26
TOTAL	1.001,11

dolares un mil uno con 11/100
En Quito, a 20 de Abril de 2012
Debo y Pagaré incondicionalmente a la orden de INDUMATIC CIA. LTDA., la suma
constante en la presente factura, pagaré en el lugar que se me reconvenga con el interés
legal de mora, desde su vencimiento hasta haber recibido a mi entera satisfacción y sin ningún reclamo la mercadería y servicios detallados en la
factura en mi poder a la fecha de esta factura es a partir de su fecha de emisión.
Queda entendido que la persona que firma la aceptación de esta factura pagaré a nombre del comprador está debidamente autorizada para suscribirlo,
en virtud de lo cual me hago responsable de su cancelación total. Para el caso del juicio queda(amos) sometido(s) a los jueces o tribunales de la ciudad
de Quito y a la vía ejecutiva. Sin protesto, eximiendo a la Compañía acreedora de presentación para el pago y de aviso por falta del mismo.

mbre: SOTEIN Plazarte Cumbal Diego Miguel CI/RUC: 1715087233001
ección: Pedro Barrios N54-142 e Ignacio Oruña Teléfono: 2402258
Endoso

Atención: Emitir y enviar Comprobante de Retención dentro de los 5 días de emitida la factura.
ART. # 50 LRT1: "NO SE RECIBIRAN RETENCIONES PASADO ESE TIEMPO.

eas Benítez Marco Vinicio, GRAFICAS CARDENAS, RUC. 1710259673001, AUT. 2236, Tel: 2903 022 del 001 AL 500
INAL: ADQUIRENTE, COPIA AMARILLA: EMISOR, COPIA VERDE: SIN VALOR TRIBUTARIO
Fecha de Caducidad: 28/Febrero/2013

INDUMATIC power & automation

PROFORMA: 0151-12

Av. General Rumiñahui 1250 y Farina (San Rafael)
RUC:
PBX:(593) 2 2850905 / (593) 2 2861620
FAX:(593) 2 6002949

CLIENTE:	**DIEGO PLAZARTE**
SOLICITADO POR:	**DIEGO PLAZARTE**
ELABORADOR POR:	**VICTOR MENDIETA**
FECHA:	2012/04/12
TELEFONO:	
FAX:	

ITEM	CANT	STOCK	UNI	DESCRIPCIÓN	P. UNIT		V. TOTAL
	1			AUTOMATIZACION BOBINADORA CON CUENTAMETROS	893,85		893,85
1	1	BODEGA	U	VARIADOR 1.5HP 220V + PANEL			
	1	BODEGA	U	POTENCIOMETRO 10K			
	1	BODEGA	U	MOTOR TRIFASICO 1.5HP 220V			
	1	BODEGA	U	GABINETE 20X20X15 START STOP + PULSADORES			
	1	BODEGA	U	CONTADOR DE METROS 48X48MM 100-240VAC, CON ACUMULADOR			
	1	BODEGA	U	ENCODER LONGITUDINAL DE MEDIDA EN CENTIMETROS A-B			
	1	BODEGA	U	MANO DE OBRA Y MATERIAL MENUDO			
OBSERVACIONES					SUBTOTAL		893,85
					I.V.A	12%	107,26
					FLETE		
					TOTAL		1001,11

TÉRMINOS COMERCIALES

VALIDEZ DE LA OFERTA	FORMA DE PAGO:	TIEMPO DE ENTREGA	GARANTÍA
5 DÍAS	CREDITO	1 DIA	UN AÑO

ANEXO L

SURTIPERNOS

PERNOS • TUERCAS • TORNILLOS • HERRAMIENTAS

Dir.: Av. 6 de Diciembre N 53-256 y Los Pinos • Telf.: 3281 543 • Quito - Ecuador

LEON REA JORGE ALEJANDRO

RUC: 0103669644001

FACTURA

S001-001

0002886

AUT. SRI: 1110755229

Fecha de Autorización: 23-02-2012

Cliente: DIEGO PLAZARTE

R.U.C. / C.I.: 1715087633001

Dirección: KENNEDY

Telf.:

Ciudad y Fecha: QUITO - 07 - ABRIL - 2012

CANT.	DESCRIPCIÓN	V. UNIT	V. TOTAL
8	PERNOS - GR.8 - M12X40	0,25	2,00
8	PERNOS GR8 - M12X50	0,40	3,20
16	TUERCAS GR.8 - M12	0,15	2,40
16	ANILLOS PRESION 1/2	0,07	1,12
8	PERNOS ALLEN 5/16X1 1/2	0,20	1,60
4	PERNOS ALLEN 1/4X1 1/4	0,10	0,40
10	SEGUROS SEEGER #12	0,10	1,00
4	PERNOS M6X35	0,10	0,40
4	PRISIONEROS M6X25	0,15	0,60
4	PASADORES TUBUL 6X30	0,25	1,00

ORIGINAL - ADQUIRENTE / COPIA - EMISOR

SURTIPERNOS CANCELADO

SUBTOTAL $	13,72
DESCUENTO	
TARIFA 0%	
IVA 12%	1,64
TOTAL $	15,36

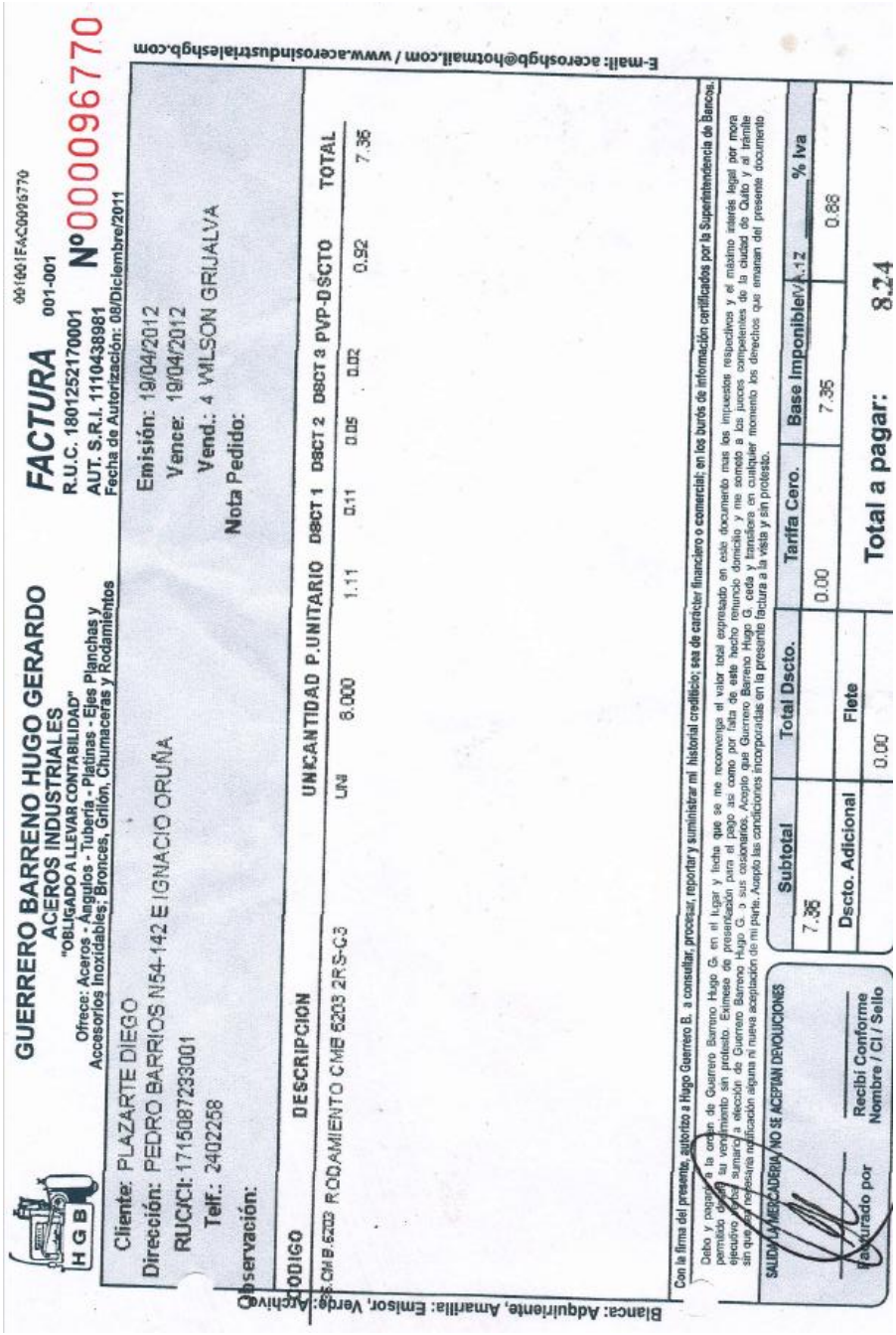
FIRMA AUTORIZADA

RECIBI CONFORME

TOP GRAFIC, COLOMA SILVA ZOILA ROSALBA RUC.0200024180001, AUT. 7670 / No. 0002801 AL 0003000

VALIDO PARA SU EMISIÓN HASTA: 23-05-2012

ANEXO M



GUERRERO BARRENO HUGO GERARDO
ACEROS INDUSTRIALES
"OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD"
Ofrece: Aceros - Angulos - Tubería - Platinas - Ejes Planchas y Accesorios Inoxidables, Bronces, Grifón, Chumaceras y Rodamientos

FACTURA 001-001 Nº000096770
R.U.C. 1801252170001
AUT. S.R.I. 1110438981
Fecha de Autorización: 08/Diciembre/2011

Cliente: PLAZARTE DIEGO
Dirección: PEDRO BARRIOS N54-142 E IGNACIO ORUÑA
RUC/CI: 1715087233001
Telf.: 2402258
Observación:

Emisión: 19/04/2012
Vence: 19/04/2012
Vend.: 4 WILSON GRUJALVA
Nota Pedido:

CODIGO	DESCRIPCION	UNI	CANTIDAD	P.UNITARIO	DSCT 1	DSCT 2	DSCT 3	PVP-DSCTO	TOTAL
CMB 6203	RODAMIENTO CMB 6203 2RS-C3	UNI	8.000	1.11	0.11	0.05	0.02	0.92	7.36

Con la firma del presente, autorizo a Hugo Guerrero B. a consultar, procesar, reportar y suministrar mi historial crediticio; sea de carácter financiero o comercial; en los buró de información certificados por la Superintendencia de Bancos.

Debo y pagaré a la orden de Guerrero Barrero Hugo G. en el lugar y fecha que se me reconvenga el valor total expresado en este documento mas los impuestos respectivos y el máximo interés legal por mora permitido desde su vencimiento sin protesto. Eximido de presentación para el pago así como por falta de este hecho renuncio domicilio y me someto a los jueces competentes de la ciudad de Quito y al trámite ejecutivo o verbal sumario a elección de Guerrero Barrero Hugo G. y sus cesionarios. Acepto que Guerrero Barrero Hugo G. ceda y transfiera en cualquier momento los derechos que emanan del presente documento sin que sea necesaria notificación alguna ni nueva aceptación de mi parte. Acepto las condiciones incorporadas en la presente factura a la vista y sin protesto.

SALIDA DE MERCADERIA NO SE ACEPTAN DEVOLUCIONES

Entregado por

Recibí Conforme
Nombre / CI / Sello

Subtotal	Total Dscto.	Tarifa Cero.	Base Imponible	% Iva
7.36		0.00	7.36	0.88
Dscto. Adicional	Flete	Total a pagar:	8.24	
	0.00			

E-mail: acerosfgb@hotmail.com / www.acerosindustrialesfgb.com

Blanca: Adquiriente, Amarilla: Emisor, Verde: Archivo

ANEXO N

SURTIPERNOS

PERNOS • TUERCAS • TORNILLOS • HERRAMIENTAS

Dir.: Av. 6 de Diciembre N 53-256 y Los Pinos • Telf.: 3281 543 • Quito - Ecuador

LEON REA JORGE ALEJANDRO

RUC: 0103669644001

FACTURA

S001-001

0002850

AUT. SRI: 1110755229

Fecha de Autorización: 23-02-2012

Cliente: SR: DIEGO PLAZARTE R.U.C. / C.I.: 1715087233005

Dirección: KENNEDY. Telf.:

Ciudad y Fecha: 16- MARZO -2012.

CANT.	DESCRIPCIÓN	V. UNIT	V. TOTAL
30	PERNOS ALLEN 1/4x1"	0,10	3,00
4	PERNOS -UNC- 1/4x2 1/2	0,15	0,60
4	PERNOS- UNC 1/4x1"	0,10	0,40
8	TUERCAS - UNC 1/4	0,07	0,56
8	RODELAS PLANAS 1/4.	0,03	0,24

SURTIPERNOS CANCELADO

ORIGINAL - ADQUIRENTE / COPIA - EMISOR

SUBTOTAL $	4,80
DESCUENTO	
TARIFA 0%	
IVA 12%	0,57
TOTAL $	5,37

FIRMA AUTORIZADA

RECIBI CONFORME

TOP GRAFIC, COLOMA SILVA ZOILA ROSALBA RUC.0200024180001. AUT. 7670 / No. 0002801 AL 0003000

VALIDO PARA SU EMISIÓN HASTA: 23-05-2012

ANEXO O

SURTIPERNOS

PERNOS • TUERCAS • TORNILLOS • HERRAMIENTAS

Dir.: Av. 6 de Diciembre N 53-256 y Los Pinos • Telf.: 3281 543 • Quito - Ecuador

LEON REA JORGE ALEJANDRO

RUC: 0103669644001

FACTURA

S001-001

0002566

AUT. SRI: 1110015117

Fecha de Autorización: 25-08-2011

Cliente: DIEGO PLAZARTE

R.U.C. / C.I.: 1715087233001

Dirección: KENEDY.

Telf.:

Ciudad y Fecha: QUITO-10 OCT-2011.

CANT.	DESCRIPCIÓN	V. UNIT	V. TOTAL
8	PERNOS ALLEN M6X16	0,10.	0,80.
16	PERNOS ALLEN 1/4X3/4.	0,09.	1.44.

SURTIPERNOS CANCELADO

ORIGINAL - ADQUIRENTE / COPIA - EMISOR

SUBTOTAL $	2,24
DESCUENTO	
TARIFA 0%	
IVA 12%	0,26
TOTAL $	2,50.

FIRMA AUTORIZADA

RECIBI CONFORME

TOP GRAFIC, COLOMA SILVA ZOILA ROSALBA RUC.0200024180001, AUT. 7870 / No. 0002501 AL 0002600

VALIDO PARA SU EMISIÓN HASTA: 25-11-2011

ANEXO P

FERRETERIA TOBAR
NOLIVOS E HIJOS CIA. LTDA.
IMPORTADOR - DISTRIBUIDOR

PRINCIPAL: Kennedy Kennedy, Av. 10 de Agosto 9602 y Los Pinos - Quito
Telf.: 2400-704 / 2400-703 / 2412-138 • Fax: 593 2400-702
E-mail: ferreteriatobar@uio.satnet.net
SUCURSAL: Cap. Geovanny Calles 1045 y la Calle B Vía a Marianas
Teléfonos: 2025056 / 2827872

R.U.C. 1792180015001
FACTURA
Nº 001-001- 000046923
AUTORIZACION Nº 1110275423

CHA 20.Enero.2012 GUIA REMISION:
IENTE DIEGO MIGUEL PLAZARTE CODIGO DP2115 VENDEDOR GRACE
LEFONO 2418434 R.U.C. / C.I. 1715097203001 R.Legal
IRECCION PEDRO BARRIOS N54-32 Y LOS PINOS CONTACTO ZONA NORTE
RMAS DE PAGO EFECTIVO VENCIMIENTO 20-01-2012 Pagaduria

CODIGO	CANTIDAD	DESCRIPCION	PRECIO	DCTO.	TOTAL
BI351127	1.00	KILO SUELDA C13 6011-1/8 AGA*%	3.303	0.00	3.30
AJ10508	3.00	TUBO CUADRADO EXT 2X2	23.929	0.00	71.79
IL1301004	4.00	DISCO CORTE METAL 7X1/8 ABRACOL *%	1.607	0.00	6.43
AJ10448	1.00	TUBO CUADRADO 1X1.5 EST.*	10.536	0.00	10.54

CANCELADO 20 ENE 2012

. FACTURA 10046923 POR: 103.11

SUBTOTAL	92.06
DESCUENTO	0.00000
I.V.A. %	11.05
TRANSPORTE	0.00
TOTAL	103.11

O Y PAGARE incondicionalmente a la orden de FERRETERIA TOBAR NOLIVOS E HIJOS CIA. LTDA. El valor expresado en este documento más el imo interés legal por mora, vigente en el Sistema Financiero Nacional, desde la fecha de vencimiento. SIN PROTESTO eximese de presentación para ago así como de aviso por falta de estos hechos. Renuncio fuero y domicilio y me someto a los Jueces competentes de la ciudad de Quito, Distrito opolitano, y al trámite verbal sumario o ejecutivo a elección de FERRETERIA TOBAR NOLIVOS E HIJOS CIA. LTDA., o de sus cesionarios pto que FERRETERIA TOBAR NOLIVOS E HIJOS CIA. LTDA., ceda y transfiera en cualquier momento los derechos que emanan de la presente factura garé sin que sea necesaria notificación alguna ni nueva aceptación de mi parte. Suscribo el presente pagaré en conformidad con todos sus términos. a ut supra.

DESPACHADOR

RECIBI CONFORME / FIRMA Y SELLO

LAS MEJORES MARCAS EN UN SOLO LUGAR

ACEPTAMOS TARJETAS DE CREDITO

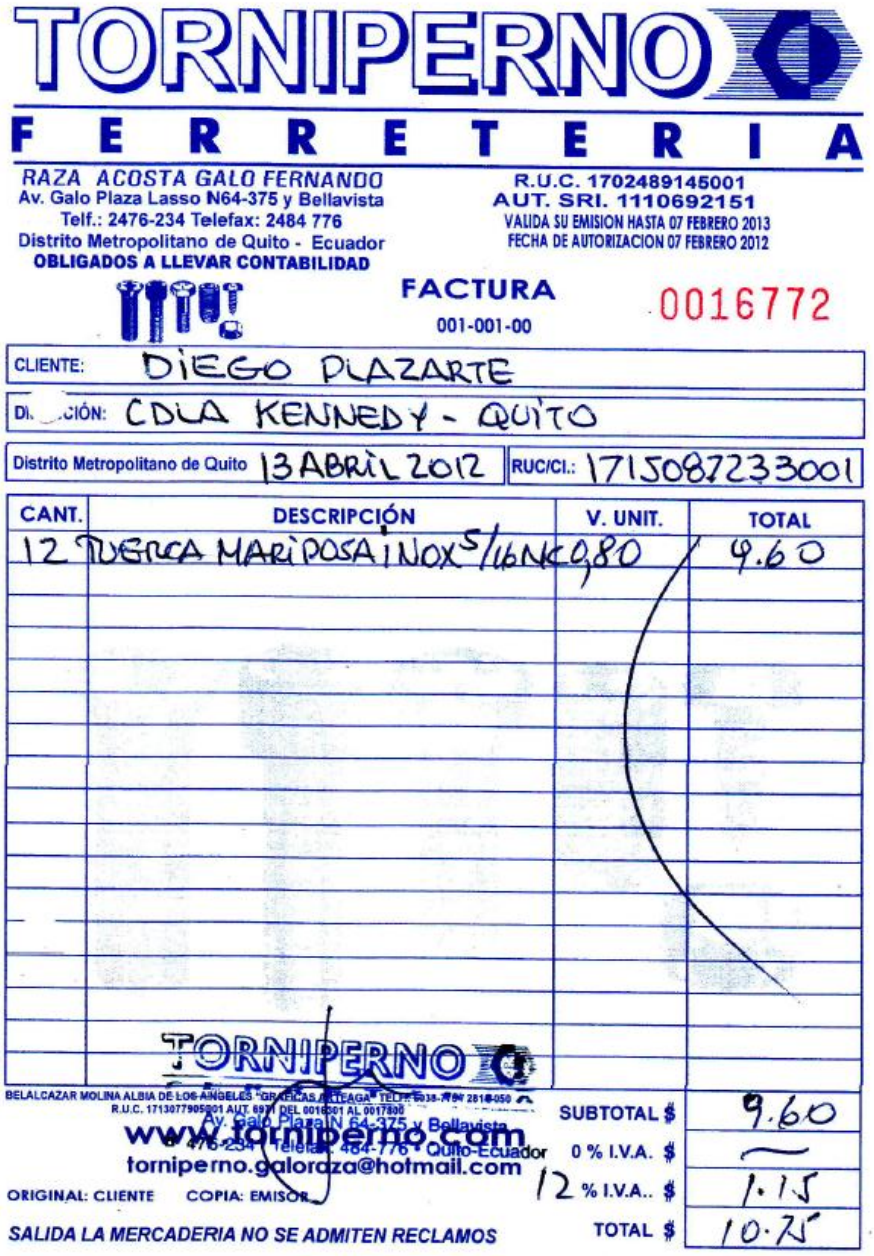
Diners Club International VISA American Express MasterCard

DO PARA SU EMISION HASTA 27/OCTUBRE/2012

FESPACUCOR S.A. 1790984869001, AUT. SRI 0486, FECHA DE AUTORIZACION: 27/OCTUBRE/2011 / 36752270 JAPV / CAN T. 5000 DEL 45001 AL 50000

- CLIENTE -

ANEXO Q



TORNIPERNO

FERRETERIA

RAZA ACOSTA GALO FERNANDO
Av. Galo Plaza Lasso N64-375 y Bellavista
Telf.: 2476-234 Telefax: 2484 776
Distrito Metropolitano de Quito - Ecuador
OBLIGADOS A LLEVAR CONTABILIDAD

R.U.C. 1702489145001
AUT. SRI. 1110692151
VALIDA SU EMISION HASTA 07 FEBRERO 2013
FECHA DE AUTORIZACION 07 FEBRERO 2012

FACTURA
001-001-00

0016772

CLIENTE: DIEGO PLAZARTE

DIRECCIÓN: CDLA KENNEDY - QUITO

Distrito Metropolitano de Quito 13 ABRIL 2012 | RUC/CI.: 1715087233001

CANT.	DESCRIPCIÓN	V. UNIT.	TOTAL
12	TUERCA MARIPOSA INOX 5/16NC	0,80	9.60

TORNIPERNO

BELALCAZAR MOLINA ALBIA DE LOS ANGELES "GRAFICAS ARTEAGA" TELF.: 6038-7754 2814-050
R.U.C. 1713077905001 AUT. 6971 DEL 0016301 AL 0017800
Av. Galo Plaza N 64-375 y Bellavista
476-234 Telefax: 484-776 Quito-Ecuador
www.torniperno.com
torniperno.galoraza@hotmail.com

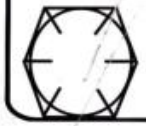
SUBTOTAL $	9.60
0 % I.V.A. $	—
12 % I.V.A.. $	1.15
TOTAL $	10.75

ORIGINAL: CLIENTE COPIA: EMISOR

SALIDA LA MERCADERIA NO SE ADMITEN RECLAMOS

ANEXO R

ESPECIFICACIONES MECÁNICAS DE TORNILLOS SEGÚN NORMA S.A.E.

Marca	Especificaciones	Material	Diámetro Nominal	Carga de prueba	Esfuerzo de Tensión Ruptura	Dureza Brinell (HRc.)
			Pulgadas	Lb./pulg²	Min. lb/pulg²	
	S.A.E. GRADO 1 S.A.E. GRADO 2	Acero de bajo carbono Acero de bajo carbono	1/4 hasta 1 1/2 inc. 1/4 hastas 3/4 inc.	33.000 55.000	60.000 74.000	121-207 152-241
	S.A.E. GRADO 3	Acero medio carbono	1/4 hasta 1/2 inc. 1/2 hasta 5/8	85.000 80.000	110.000 100.000	230-302
	S.A.E. GRADO 5	Acero de medio carbono Templado y revenido	1/4 hasta 1 inc. 1 hasta 1 1/2	85.000 74.000	120.000 105.000	250-313 (23-32)
	S.A.E. GRADO 5-1	Acero de bajo o medio carbono. Templado y revenido con arandela ensamblada	mayor 3/8 inc.	85.000	120.000	
	S.A.E. GRADO 8	Acero aleado medio carbono. Templado y revenido	1/4 hasta 1 1/2 inc.	120.000	150.000	313-363 (32-38)

ARclad®
Productos autoadhesivos

ESPECIFICACIONES TECNICAS

PAPEL BOND MATE

B60-P1-G62

CARA DE IMPRESIÓN (FACE STOCK):

Papel bond, blanco mate no recubierto.

Propiedad	Unidades	B60	Variación
Peso básico	g/m²	60	±5%
Calibre	µ	77	±7%
Resistencia a la Tensión (MD)	kgf/cm	>4.0	
Resistencia a la Tensión (TD)	kgf/cm	>2.0	

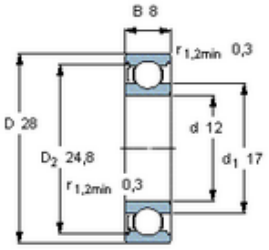
ANEXO T

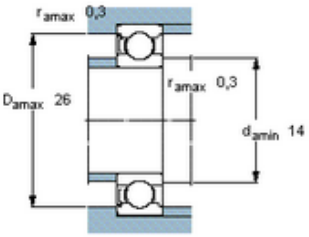
Rodamientos rígidos de bolas, de una hilera

Tolerancias , ver también el texto
Juego radial interno , ver también el texto
Ajustes recomendados
Tolerancias del eje y del alojamiento

Dimensiones principales			Capacidades de carga dinámica	estática	Carga límite de fatiga	Velocidades Velocidad de referencia	Velocidad límite	Masa	Designación
d	D	B	C	C_0	P_u				* - Rodamiento SKF Explorer
mm			kN		kN	rpm		kg	-
12	28	8	5,4	2,36	0,1	60000	38000	0,022	**6001 ***
12	28	8	5,4	2,36	0,1	-	17000	0,022	**6001-2RSH ***
12	28	8	5,4	2,36	0,1	60000	30000	0,022	**6001-2RSL ***
12	28	8	5,4	2,36	0,1	60000	30000	0,022	**6001-2Z ***
12	28	8	5,4	2,36	0,1	-	17000	0,022	**6001-RSH ***
12	28	8	5,4	2,36	0,1	60000	38000	0,022	**6001-RSL ***
12	28	8	5,4	2,36	0,1	60000	38000	0,022	**6001-Z ***

Dimensiones principales			Capacidad de carga dinámica	estática	Velocidades nominales Velocidad de referencia	Límite de velocidad	Designación
d	D	B	C	C_0			* rodamiento SKF Explorer
mm			kN		rpm		-
12	28	8	5,4	2,36	60000	38000	**6001-Z ***





Factores de cálculo

k_r 0,025
f_0 13

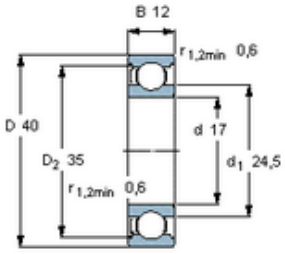
ANEXO U

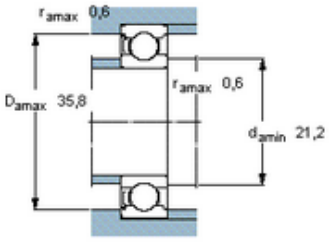
Rodamientos rígidos de bolas, de una hilera

Tolerancias , ver también el texto
Juego radial interno , ver también el texto
Ajustes recomendados
Tolerancias del eje y del alojamiento

Dimensiones principales			Capacidades de carga dinámica	estática	Carga límite de fatiga	Velocidades Velocidad de referencia	Velocidad límite	Masa	Designación
d	D	B	C	C_0	P_u				* - Rodamiento SKF Explorer
mm			kN		kN	rpm		kg	-
17	40	12	9,95	4,75	0,2	38000	24000	0,065	**6203 ***
17	40	12	11,4	5,4	0,228	38000	24000	0,064	**6203 ETN9**
17	40	12	9,95	4,75	0,2	-	12000	0,065	**6203-2RSH ***
17	40	12	9,95	4,75	0,2	38000	19000	0,065	**6203-2RSL ***
17	40	12	9,95	4,75	0,2	38000	19000	0,065	**6203-2Z ***
17	40	12	9,95	4,75	0,2	-	12000	0,065	**6203-RSH ***
17	40	12	9,95	4,75	0,2	38000	24000	0,065	**6203-RSL ***
17	**40**	**12**	**9,95**	**4,75**	**0,2**	**38000**	**24000**	**0,065**	**6203-Z ***

Dimensiones principales			Capacidad de carga dinámica	estática	Velocidades nominales Velocidad de referencia	Límite de velocidad	Designación
d	D	B	C	C_0			* rodamiento SKF Explorer
mm			kN		rpm		-
17	40	12	9,95	4,75	38000	24000	**6203-Z ***





Factores de cálculo

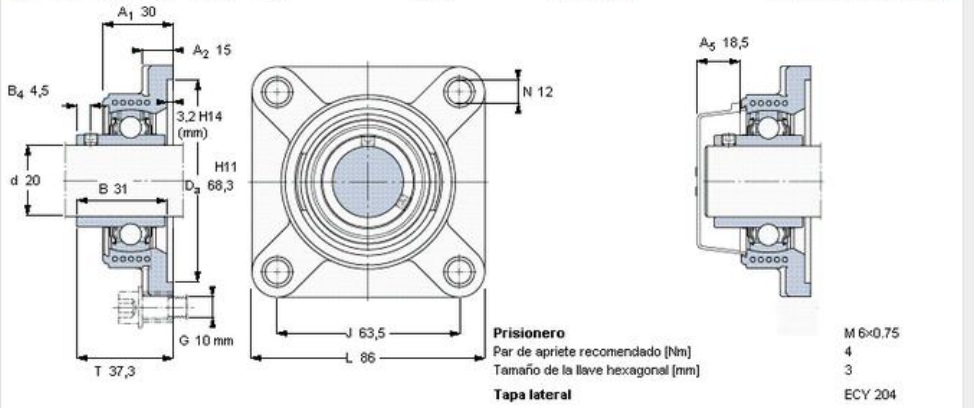
k_r 0,025
f_0 13

ANEXO V

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

Dimensiones					Capacidades de carga		Velocidad límite	Masa	Designaciones		
					dinámica	estática			Unidad de rodamiento	Soporte	Rodamiento
d	A_1	J	L	T	C	C_0	con eje de tolerancia h6				
mm					kN		rpm	kg	-		
20	30	63,5	86	37,3	12,7	6,55	8500	0,26	**FYK 20 TF**	FYK 504	YAR 204-2F
20	**30**	**63,5**	**86**	**37,3**	**12,7**	**6,55**	**5000**	**0,26**	**FYK 20 TR**	**FYK 504**	**YAR 204-2RF**
25	31	70	95	38,8	14	7,8	7000	0,33	**FYK 25 TF**	FYK 505	YAR 205-2F
25	31	70	95	38,8	14	7,8	4300	0,33	**FYK 25 TR**	FYK 505	YAR 205-2RF
30	33	82,5	108	42,2	19,5	11,2	6300	0,48	**FYK 30 TF**	FYK 506	YAR 206-2F
30	33	82,5	108	42,2	19,5	11,2	3800	0,48	**FYK 30 TR**	FYK 506	YAR 206-2RF
35	35	92	118	46,4	25,5	15,3	5300	0,66	**FYK 35 TF**	FYK 507	YAR 207-2F
35	35	92	118	46,4	25,5	15,3	3200	0,66	**FYK 35 TR**	FYK 507	YAR 207-2RF
40	39	101,5	130	54,2	30,7	19	4800	0,87	**FYK 40 TF**	FYK 508	YAR 208-2F
40	39	101,5	130	54,2	30,7	19	2800	0,87	**FYK 40 TR**	FYK 508	YAR 208-2RF

Dimensiones principales					Capacidades de carga básica		Referencias		
					dinámica	estática	Unidad de rodamientos	Soporte	Rodamiento
d	A_1	J	L	T	C	C_0			
mm					kN		-		
20	30	63,5	86	37,3	12,7	6,55	FYK 20 TF	FYK 504	YAR 204-2F



ANEXO W

Diámetros normalizados para alambres de resortes

CALIBRE	Alambre de acero (pulg)	Alambre cuerda de piano (pulg)	Calibre Brown & Sharpe (pulg)	Diámetros métricos recomendables (mm)
7/10	0.490	-	-	13.0
6/0	0.4615	0.004	0.580	12.0
5/0	0.4305	0.005	0.516	11.0
4/0	0.393	0.006	0.460	10.0
3/0	0.362	0.007	0.409	9.0
2/0	0.331	0.008	0.364	8.5
0	0.306	0.009	0.324	8.0
1	0.283	0.010	0.289	7.0
2	0.262	0.011	0.257	6.5
3	0.243	0.012	0.229	6.0
4	0.225	0.013	0.204	5.5
5	0.207	0.014	0.181	5.0
6	0.192	0.016	0.162	4.8
7	0.177	0.018	0.144	4.5
8	0.162	0.020	0.128	4.0
9	0.148	0.022	0.114	3.8
10	0.135	0.024	0.101	3.5
11	0.120	0.026	0.090	3.0
12	0.105	0.029	0.080	2.8
13	0.091	0.031	0.072	2.5
14	0.080	0.033	0.064	2.0
15	0.072	0.035	0.057	1.8
16	0.062	0.037	0.050	1.6
17	0.054	0.039	0.045	1.4
18	0.047	0.041	0.040	1.2
19	0.041	0.043	0.035	1.0
20	0.034	0.045	0.032	0.9
21	0.031	0.047	0.028	0.80
22	0.028	0.049	0.025	0.70
23	0.025	0.051	0.022	0.65
24	0.023	0.055	0.020	0.6 ó 0.55
25	0.020	0.059	0.017	0.50 ó 0.55
26	0.018	0.063	0.015	0.45
27	0.017	0.067	0.014	0.45
28	0.016	0.071	0.012	0.40
29	0.015	0.075	0.011	0.40
30	0.014	0.080	0.010	0.35
31	0.013	0.085	0.008	0.35
32	0.012	0.090	0.0079	0.30 ó 0.35
33	0.011	0.095	0.007	0.30
34	0.010	0.100	0.0063	0.28
35	0.0095	0.106	0.00501	0.25
36	0.0090	0.102	0.00500	0.22
37	0.0085	0.118	0.00445	0.22
38	0.0085	0.124	0.00396	0.20
39	0.008	0.130	0.00353	0.20
40	0.0070	0.138	0.00314	0.18