

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

DISEÑO DE UNA REBOBINADORA DE PAPEL EXCEDENTE PARA IMPLANTARLA EN LAS PEQUEÑAS Y MEDIANAS IMPRENTAS.

Presentado ante la ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por los Bachilleres:
Moreno M. Tatiana C
Urbina R. Gustavo A
Para optar al Título de Ingeniero
Mecánico

Caracas, 2006

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

DISEÑO DE UNA REBOBINADORA DE PAPEL EXCEDENTE PARA IMPLANTARLA EN LAS PEQUEÑAS Y MEDIANAS IMPRENTAS.

TUTOR ACADÉMICO: Prof. Enrique Limongi.

Presentado ante la ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por los Bachilleres:
Moreno M, Tatiana C.
Urbina R, Gustavo A.
Para optar al Título de Ingeniero
Mecánico

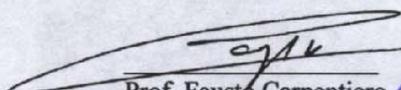
Caracas, 2006

Caracas, Agosto 2006.

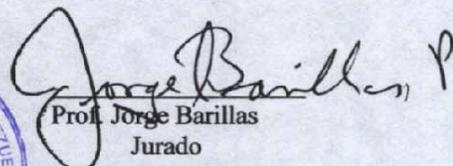
Los abajo firmantes, miembros del jurado por el Consejo de la Escuela de Ingeniería Mecánica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por los Bachilleres: *Tatiana Moreno. y Gustavo Urbina.*, titulado:

**“DISEÑO DE UNA REBOBINADORA DE PAEL EXCEDENTE PARA
IMPLANTARLA EN LAS PEQUEÑAS Y MEDIANAS IMPRENTAS”**

Consideran que le mismo cumple con los requisitos por el plan de estudios conducente al Título de Ingeniero Mecánico, y sin que ello signifique que se hacen solidarios con los las ideas expuestas por los autores, lo declaran APROBADO.



Prof. Fausto Carpentiero
Jurado



Prof. Jorge Barillas
Jurado



Prof. Enrique Limongi
Tutor

RESUMEN

Moreno M; Tatiana y Urbina R; Gustavo.

DISEÑO DE UNA REBOBINADORA DE PAPEL EXCEDENTE PARA IMPLANTARLA EN LAS PEQUEÑAS Y MEDIANAS IMPRENTAS.

Tutor Académico: Prof. Enrique Limongi. Tesis. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Mecánica. 2006, 275 Pág.
Imprenta, Bobina Rebobinadora, y Diseño.

El objetivo del presente trabajo fue el diseño de una rebobinadora de papel excedente para implantarla en las pequeñas y medianas imprentas. La metodología usada fue; el estudio de los diferentes procesos de rebobinado de papel, sus características técnicas y cualidades de uso, procediendo a diseñar o seleccionar cada uno de los elementos que conforman la rebobinadora de papel, logrando establecer los diferentes elementos necesarios para poner en funcionamiento la propuesta de diseño; además de implementar las funciones de arranque, parada, control de tensión de papel en la rebobinadora. Asimismo, se elaboraron los manuales de operación y mantenimiento de los componentes. Adicionalmente, fue realizado un estudio de factibilidad económica que justificó el diseño de la rebobinadora de papel excedente, para implantarla en las pequeñas y medianas imprentas. Con este equipo se podrá recuperar el papel excedente que será utilizado casi inmediatamente en la producción.

En las imprentas con rotativas la producción es regular cuando la impresión es continua, hasta alcanzar el tiraje definido por cada cliente. Esto es posible cuando se utiliza las bobinas nuevas que poseen gran cantidad de metros de papel, sin necesidad de paradas para reabastecer de papel a la rotativa. En las pequeñas imprentas la mayoría de sus productos son de bajo tiraje, lo que origina que una bobina sea utilizada en repetidas ocasiones, para diferentes tirajes; estas bobinas cuyo diámetro se ha ido reduciendo son desincorporadas de la rotativa. Este conjunto de factores es lo que hace que una producción sea irregular. Las bobinas desincorporadas con bajo diámetro no son utilizadas para producciones continuas y se convierten en desecho.

DEDICATORIA

A Dios todo poderoso y a San Judas Tadeo, por haberme otorgado la fuerza, la luz y la voluntad necesaria para emprender mis estudios.

En honor y memoria de mi Padre **Oswaldo**, que aunque no estás físicamente a mi lado, se que en todo momento estás conmigo, apoyándome espiritualmente y dándome, el temple necesario para afrontar todo tipo de situación. Te amaré siempre.

A mi Abuela **Rosa Leonidas**, por cuidarme, amarme, rezar por mí y darme palabras de aliento cuando más lo he requerido. Te adoro.

A mi mamá **Tibisay**, por ser tan especial ocurrente y única. Gracias infinitas por todo el apoyo que siempre me haz ofrecido y especialmente por confiar en mí. Te quiero mucho.

A mi hermana **Johana**, por su colaboración y apoyo y sobre todo por ser como es.

A mi sobrino **Aarón Enrique**, niño de mi vida por brindarme alegrías cada día, combustible necesario para seguir adelante. A tí te dedico todos mis triunfos.

A mi entrañable **Ricardo**, que sabes de mi cariño y afecto.

A mi amiga y madrina **Thaís**, por ser más que una amiga, mi confidente, consejera y apoyo en todo momento. Te quiero.

A **Enrique**, mi mejor amigo del alma, por ser tan especial, por haber estado ahí apoyándome cuando necesité de un amigo y estar pendiente de mi bienestar.

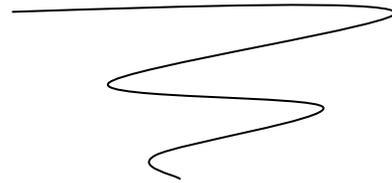
A **Lauren**, por siempre brindarme su amistad por más de 18 años y hacerme pensar las situaciones de una manera práctica. Prima del alma esto es un logro más.

A mi abuela **Petra Ramona**, que aunque esté allende los mares se que estoy presente en tus oraciones.

A mi tío **Franklin**, por su apoyo brindado.

Y al resto de toda mi familia y amigos los cuales no puedo nombrar por lo largo de la lista, pero ustedes saben quienes son. Gracias por todo. Los quiero mucho.

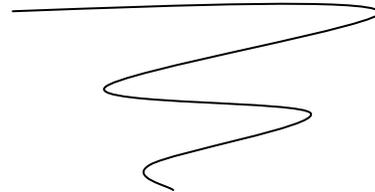
Tatiana Carolina Moreno Moreno.

A decorative flourish consisting of a horizontal line that curves downwards into a series of three connected, wavy loops, resembling a stylized signature or a decorative element.

DEDICATORIA

Le dedico este trabajo especial de grado, primeramente a Dios Todopoderoso, a mi familia, que sin su colaboración y apoyo, no se hubiese cristalizado este gran logro y a todos y cada uno de mis grandes amigos.

Gustavo Adolfo Urbina Ramírez.

A decorative flourish consisting of a horizontal line that curves downwards into a series of three connected, wavy loops, resembling a stylized signature or a decorative element.

AGRADECIMIENTOS

A **Dios Todopoderoso**.

A la ilustre **Universidad Central de Venezuela** por ofrecernos una excelente formación integral, ya sea académica y personal, permitiéndonos disfrutar de los mejores momentos de nuestra vida dentro de su infraestructura.

Un agradecimiento muy especial a nuestro tutor Prof. e Ingeniero **Enrique Limongi** por apoyarnos, ayudarnos y formarnos como profesional de la ingeniería, con criterios y bases sólidas. Muchas gracias.

A la Prof. Ingeniera **Tibisay Zambrano**, por su apoyo académico y personal y sobre todo su maravillosa amistad.

Al Prof. Ingeniero **Franklin Baduy**, por su tiempo, le agradecemos su apoyo académico y lo más importante, por ofrecernos una manera particular de ver la vida.

Al Prof. Ingeniero **Antonio Barragán**, por su apoyo y tiempo, que sirvió de mucho en la toma de decisiones.

Al Prof. **José Perera**, su amistad y apoyo.

Al Profesor Ingeniero **Manuel Martínez**, por su tiempo y aporte al desarrollo de este trabajo especial de grado.

Al Profesor Ingeniero **Jorge Barilla**, por su ayuda, y tiempo, a lo largo de nuestra permanencia en la escuela y además por su amistad brindada.

Al Profesor Ingeniero **Fausto Carpentiero**, por darnos la oportunidad de enfocar de una manera más practica el enfoque de los problemas de ingenieria por medio de la materia que dicta.

También es necesario reconocer a nuestros compañeros de estudio y amigos incondicionales en las buenas y en las malas: **Braian, Edgardo; Raúl, Leandro, Devora, Ramon, Carola**. Ellos simbolizan el compañerismo y la buena voluntad, a ellos nuestra intensa y franca gratitud.

A la Sra. **Arelys Lista**, por su hospitalidad Gracia y amistad.

Y para concluir a todo el tren profesoral de la **Escuela de Ingeniería Mecánica**, su personal Administrativo y a todos nuestros compañeros a lo largo de la carrera universitaria que de una u otra forma colaboraron en la culminación de este trabajo especial de grado.

Infinitas Gracias.

Tatiana Carolina Moreno Moreno

Y

Gustavo Adolfo Urbina Ramírez

SIMBOLOGÍA.

A	Área.
C_c	Constante de Columna
C_R	Factor de confiabilidad.
C_S	Factor de Tamaño para diseño de ejes.
D	Diámetro de la Bobina
d	Diámetro de Pernos.
E	Módulo de Elasticidad
F_{\max}	Carga Máxima
F.S	Factor de Servicio
F_R	Fuerza de Roce.
g	Gravedad.
HP	Potencia del Motor Eléctrico.
H	Altura
I	Momento de Inercia.
J	Momento Polar de Inercia
K_a	Factor de Superficie.
K_b	Factor de Tamaño.
K_c	Factor de Carga.
K_d	Factor de Temperatura.
K_e	Factor de Efectos Diversos.
K_f	Concentrador de Esfuerzos
L	Longitud.
M_{\max}	Momento Flector Máximo.
P_A	Carga Permisible.
P	Paso.

Pot	Potencia.
Pot _{diseño}	Potencia de diseño.
Q	Fuerza de Palanca.
r	Radio de Giro.
r.p.m.	Revoluciones por Minuto.
S _c	Profundidad del cuñero en el eje.
S _e	Límite de Resistencia a la Fatiga de la muestra de la viga.
S _n	Resistencia por Durabilidad.
S' _n	Resistencia modificada por durabilidad.
S _{ut}	Esfuerzo Último a la tracción.
S _Y	Esfuerzo de fluencia.
T	Torque
t _s	Longitud de garganta de la soldadura.
μ _s	Coefficiente de roce
ρ	Densidad
V	Fuerza de Corte.
V _{max}	Fuerza Cortante Máxima.
W	Carga Distribuida
Y	Flexión.
Y _{max}	Flexión Máxima.
Z	Módulo de Sección.
σ	Esfuerzo de Flexión.
σ _a	Amplitud del Esfuerzo.
σ _m	Esfuerzo a Medio Intervalo.
σ _{max}	Esfuerzo de Flexión Máximo.
σ _{min}	Esfuerzo de Flexión Mínimo.
Ψ	Factor de Seguridad.
τ	Esfuerzo Cortante

τ_{\max} Esfuerzo Cortante Máximo

ω Velocidad Angular.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....i

DEDICATORIA.....ii

AGRADECIMIENTOS.....vi

SIMBOLOGÍA.....viii

ÍNDICE DE FIGURAS.....xviii

ÍNDICE DE TABLAS.....xxii

INTRODUCCIÓN.....xxvi

CAPÍTULO I. EL PROBLEMA.....2

1.1 Motivación.....2

1.2 Planteamiento del Problema.....3

1.3 OBJETIVOS.....5

 1.3.1 Objetivos Generales.....5

 1.3.2 Objetivos Específicos.....5

1.4 Propósito del Estudio.....5

1.5 Limitación.....6

1.6 Pequeñas y Medianas Imprentas (PYME).....6

1.7 Imprenta Patrón para ampliar la solución.....8

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....10

2.1 Antecedentes de la Investigación.....10

 2.1.1 La Imprenta.....10

 2.1.2 Técnicas de impresión sobre el papel.....10

 2.1.3 Rotativa.....12

2.2 El Papel.....13

 2.2.1 Propiedades del papel.....14

 2.2.2 Acondicionamiento del papel.....21

 2.2.3 Formación de las bobinas de papel.....21

2.3 Bases de la Rebobinación.....	24
2.3.1 Concepto de rebobinadora de papel.....	24
2.3.2 Tipos de rebobinadora de papel.....	25
2.4 Fundamento del Diseño.....	27
2.4.1 Esfuerzos a los que están sometidos a los materiales.....	27
2.4.2 Esfuerzo y deformación.....	31
2.4.3 Conceptos involucrados en el sistema rebobinado.....	35
2.4.4 Aprovechamiento de la potencia y el torque para impulsar la rebobinadora de papel.....	37
2.4.5 Fatiga de una pieza.....	38
2.5 Principio de funcionamiento del sistema derebobinado.....	51
2.5.1 Sistema de Potencia.....	51
2.5.2 Eje Bobina Alimentada.....	51
2.5.3 Sistema de Alineación y Frenado.....	52
2.5.4 Eje Bobina de Aporte.....	53
2.5.5 Estructura.....	54
2.6 Bases Teóricas para la Elección de los Equipos.....	54
Equipos que conforman el sistema de Rebobinado.....	54
2.7 Proceso de Union y Ensamble.....	60
2.8 Metodología de Diseño.....	63
2.8.1 Concepto de diseño.....	64
2.8.2 Proceso de diseño.....	65
2.8.3 Métodos de diseño.....	69
2.9 Definicion y Clasificacion del Mantenimiento.....	71
 CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO.....	 75
3.1 Restricciones del Diseño.....	75
3.2 Tormenta de ideas.....	76
Desarrollo de la Tormenta de Ideas.....	76

3.3 Análisis Morfológico.....	79
3.3.1 Parámetros de Selección para las opciones.....	80
3.3.2 Porcentualización de cada uno de los parámetros.....	82
3.3.3 Escala de Evaluación.....	83
3.3.4 Matriz Morfológica.....	84
CAPÍTULO IV. CÁLCULO Y DISEÑO.....	88
4.1 Análisis de las Zonas de Diseño.....	88
4.2 Cálculo de Inercia de la Bobina.....	92
4.2.1 Volumen de la Bobina.....	92
4.2.2 Densidad de la Bobina.....	93
4.2.3 Masa de la Bobina.....	93
4.2.4 Inercia del Cilindro Hueco.....	94
4.3 Análisis Cinemático del Proceso de Rebobinado.....	94
4.3.1 Cálculo de la Velocidad lineal del Papel.....	95
4.3.2 Cálculo de la Velocidad angular de la Bobina.....	96
4.3.3 Aceleración Angular.....	97
4.4 Cálculo del torque necesario para vencer la Inercia.....	97
4.5 Potencia que se requiere para vencer el momento de inercia.....	98
4.6 Cambios de radios r_1 y r_2 en función del tiempo.....	98
4.7 Análisis del proceso de rebobinado, a partir de las zonas de Diseño.....	102
4.8 Transmisión de la potencia por medio del Motoreductor.....	107
4.9 Diseño del eje de la bobina Alimentada.....	108
Cálculo de las reacciones, fuerza de corte y momento flector en el eje de la bobina alimentada.....	111
4.10 Analisis del eje de la Bobina de Aporte.....	115
Cálculo de las reacciones, fuerza de corte y momento flector en el eje de la bobina de aporte.....	117

4.11 Teoría de falla aplicada al eje de la bobina alimentada.....	121
4.12 Cálculo de la deflexión del eje de la bobina alimentada.....	124
4.13 Cálculo y selección de cuñas y cuñeros.....	126
4.14 Análisis de duración del eje de la bobina alimentada.....	129
4.15 Selección de los rodamientos y cojinetes.....	133
4.16 Selección de los acoples de los eje de la bobina alimentada y del eje de la bobina de aporte.....	139
4.17 Cálculo y diseño de la estructura del equipo.....	140
4.17.1 Calculo de las columnas de apoyo.....	141
4.17.2 Cálculo del pandeo de las columnas de apoyo.....	143
4.18 Cálculo de la Soldadura.....	146
4.19 Cálculo y diseño del sistema de freno.....	150
4.19.1 Análisis y Cálculo del disco de freno de.....	151
4.19.2 Análisis de la Pastilla de Freno.....	153
Escogencia del material de fricción de la pastilla de freno... 153	
4.19.3 Análisis y Cálculo de la Palanca y Tornillo de Potencia.....	156
4.20. AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA.....	156
CAPÍTULO V. MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.....	176
5.1 Instalación.....	176
5.2 Manual de Operación.....	176
Pasos a seguir para poner en funcionamiento la rebobinadora de papel.....	176
5.3 Manual de Mantenimiento.....	183
5.3.1 Mantenimiento Correctivo.....	183
5.3.2 Mantenimiento Preventivo.....	183
5.3.3 Mantenimiento Predictivo.....	184
5.3.4 Información General.....	184
5.4 Mantenimiento de la Rebobinadora de Papel.....	187

5.5 Puesta en Marcha.....	189
CAPÍTULO VI. ESTUDIO DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA.....	191
6.1 Costo de materiales y equipos para la construcción de la rebobinadora.....	191
6.2 Estimación de Costos.....	194
6.3 Factibilidad Económica.....	195
CONCLUSIONES.....	199
RECOMENDACIONES.....	201
BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES ELECTRÓNICAS.....	204

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1.1:	Composición de la PYME	7
Figura N° 2.1:	Unidad Impresora	12
Figura N° 2.2:	Variación del Peso Base en Función de la Resistencia	16
Figura N° 2.3:	Peso Base vs Muller	17
Figura N° 2.4:	Efecto de la Densidad Aparente vs Resistencia	19
Figura N° 2.5:	Formación del Papel Embobinado	22
Figura N° 2.6:	Rebobinado de Dos (2) Ejes	25
Figura N° 2.7:	Rebobinado de Un (1) Eje.	26
Figura N° 2.8:	Diagrama Esfuerzo - deformación unitario, convencional y real, para un material dúctil.	32
Figura N° 2.9	Diagrama S-Nt.	41
Figura N° 2.10:	Sy/Srt en Función de la Temperatura.	45
Figura N° 2.11:	Dirección del Grano.	48
Figura N° 2.12:	Tratamiento Térmico.	48
Figura N° 2.13:	Efecto de Entallas.	49
Figura N° 2.14:	Efectos por corrosión.	49
Figura N° 2.15:	Esfuerzos Fluctuantes.	50
Figura N° 2.16:	Sistema de Potencia.	51
Figura N° 2.17:	Eje de bobina alimentada.	52
Figura N° 2.18:	Sistema de Alineación y freno.	52
Figura N° 2.19:	Eje de bobina de aporte.	53
Figura N° 2.20:	Estructura de la Rebobinadora.	54
Figura N° 2.21:	Disco de Freno.	55
Figura N° 2.22:	Motoreductor.	56
Figura N° 2.23:	Acoples.	57
Figura N° 2.24:	Columnas	58
Figura N° 2.25:	Rodamientos.	60
Figura N° 2.26:	Tornillo de potencia.	63

Figura N° 2.27:	Proceso de Diseño.	64
Figura N° 3.1:	Propuesta 1. Montaje y Desmontaje con accionamiento hidráulico.	76
Figura N° 3.2:	Propuesta 2. Estructura de Accionamiento Hidráulico y utilización de Puente Grúa.	77
Figura N° 3.3:	Propuesta 3. Sistema de Rebobinación con un Puente Grúa incorporado y fijo.	78
Figura N° 3.4:	Propuesta 4. Sistema con Transmisión de Potencia a través de Bandas.	78
Figura N° 3.5:	Propuesta 5. Sistema de freno y alineación de activación manual.	79
Figura N° 3.6:	Gráfico de Barra de la Matriz Morfológica	84
Figura N° 4.1:	Zonas de Diseño.	91
Figura N° 4.2:	Dimensiones de la Bobina	92
Figura N° 4.3:	Diagrama del Movimiento del rebobinado.	95
Figura N° 4.4:	Diagrama de Movimiento en el Estado Inicial	99
Figura N° 4.5:	Diagrama del Movimiento en el Estado Final	101
Figura N° 4.6:	Variación de los Radios vs Tiempo.	101
Figura N° 4.7:	Comportamiento de los Radios de la Bobina en Función del Tiempo.	103
Figura N° 4.8:	Comportamiento de Desbobinado de la Bobina de Aporte	104
Figura N° 4.9:	Comportamiento de Rebobinado de la Bobina Alimentada.	105
Figura N° 4.10:	Potencia del Sistema para 10 HP en un Tiempo de 45 min	105
Figura N° 4.11:	Potencia del Sistema para 3 Hp en un Tiempo de 58 min.	106
Figura N° 4.12:	Torque del sistema	106

Figura N° 4.13.	Vista Frontal de la Rebobinadora.	107
Figura N° 4.14.	Disposición de los Ejes en la Rebobinadora.	108
Figura N° 4.15:	Diagrama de Cuerpo Libre del eje AB.	109
Figura N° 4.16:	Diagrama de Fuerzas del Eje AB en el plano XY	110
Figura N° 4.17:	Diagrama de Solicitaciones en el Eje de la Bobina Alimentada en el plano XY.	111
Figura N° 4.18 :	Diagrama de Fuerzas de Corte en el eje AB de la bobina Alimentada en el plano XY.	112
Figura N° 4.19:	Diagrama de Momento Flector en el Eje AB de la Bobina Alimentada en el plano XY.	112
Figura N° 4.20:	Diagrama de Fuerzas del eje AB en el Plano XZ.	113
Figura N° 4.21:	Diagrama de Solicitaciones en el eje de la Bobina Alimentada en el plano XY.	113
Figura N° 4.22:	Diagrama de Fuerzas de Corte en el Eje AB de la Bobina Alimentada en el Plano XZ	114
Figura N° 4.23:	Diagrama de Momento Flector en el Eje AB de la bobina Alimentada en el Plano XZ	114
Figura N° 4.24:	Diagrama de Cuerpo Libre del Eje	116
Figura N° 4.25:	Diagrama de Fuerzas del eje CD en el Plano XY.	117
Figura N° 4.26:	Diagrama de Solicitaciones en el eje CD (Bobina de Aporte en el Plano XY).	117
Figura N° 4.27:	Diagrama de fuerzas de corte en el Eje CD de la Bobina de Aporte en el plano XY.	118
Figura N° 4.28:	Diagrama de Momento flector Eje CD de la Bobina de Aporte en el plano XY.	118
Figura N° 4.29:	Diagrama de Fuerzas del eje CD en el plano XZ.	119

Figura N°4.30:	Diagrama de Solicitaciones en el eje CD de La Bobina de Aporte en el plano XZ.	119
Figura N° 4.31:	Diagrama de Fuerza de Corte en el eje CD de La Bobina de Aporte en el Plano XZ.	120
Figura N° 4.32:	Diagrama de Momento Flector en el eje CD de la bobina de Aporte en el Plano XZ.	120
Figura N° 4.33:	Dimensiones de la Cuña	129
Figura N° 4.34:	Disposición de los Rodamientos en el Eje Porta Disco de Freno	133
Figura N° 4.35:	Rodamiento YAT 210 Marca SKF.	136
Figura N° 4.36:	Soporte para los Rodamientos de Bolas	136
Figura N° 4.37:	Disposición de los Cojinetes para los Ejes De las Bobinas.	137
Figura N° 4.38:	Cojinetes de Superficie Plana	138
Figura N° 4.39:	Acople Seleccionado	140
Figura N° 4.40:	Estructura de la Rebobinadora	141
Figura N° 4.41:	Fuerzas que inciden sobre la estructura	142
Figura N° 4.42:	Dimensiones del Cordón de Soldadura en la Base del Motor Reductor con el Perfil de Columna	147
Figura N° 4.43 :	Area de la Garganta	148
Figura N° 4.44 :	Plataforma de Soporte al Motor Reductor y Soldada a la Columna	149
Figura N° 4.45:	Sistema de Freno	151
Figura N° 4.46:	Diagrama de Cuerpo Libre del Disco de Freno	152
Figura N° 4.47:	Diagrama de Cuerpo Libre de la Pastilla de Freno	153
Figura N° 4.48:	Diagrama de Cuerpo Libre del Conjunto Palanca y Tornillo de Potencia	156
Figura N° 4.49:	Diagrama de Cuerpo Libre de la Rosca	157
Figura N° 4.50:	Fuerza de Tracción y Empuje dependiendo del grado de Operación que produce una persona promedio.	160

Figura N° 4.51:	Circuito de Potencia y Circuito de Control	163
Figura N° 4.52:	Tablero de Control	166
Figura N° 4.53:	Asimetría de la rebobinadota de papel Excedente.	172
Figura N° 4.54:	Sistema de alineación y freno	173
Figura N° 5.1:	Rebobinadora de Papel	177
Figura N° 5.2:	Ejes de Acero Insertado en la Bobina con la disposición de las tuercas Sujetadoras.	179
Figura N° 5.3:	Ganchos de carga previstos en los talleres de impresión.	179

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla Nº 1 Distintos Formatos de Bobinas (Fuentes: Los Autores).....	23
Tabla Nº 2 Características Técnicas de la Rebobinadora de 2 ejes (Fuentes: www.kmec.es).....	25
Tabla Nº 3 Características Técnicas de la Rebobinadora de un eje (Fuentes: www.kmec.es).....	26
Tabla Nº 4 Características Técnicas de la Rebobinadora TRAB & TRIGAS (Fuentes: www.lemus.es).....	27
Tabla Nº 5 Factores de acabado Superficial.....	43
Tabla Nº 6 Parámetro en el Factor de carga de Marín.....	44
Tabla Nº 7 Temperatura y Sy/ Srt. (Fuentes: Los Autores).....	46
Tabla Nº 8 Matriz Morfológica. (Fuente: Los Autores).....	84
Tabla Nº 9 Data recolectada en la Imprenta Editorial Metrópolis. (Fuentes: Los Autores).....	90
Tabla Nº 10 Características del eje de la Bobina Alimentada.....	111
Tabla Nº 11 Tabla Resumen para el diseño de Ejes.....	115
Tabla Nº 12 Resumen de las Características de las Cuñas.....	127
Tabla Nº 13 Dimensiones del Acople. (Fuente: Los Autores).....	139
Tabla Nº 14 Modelo del Motoreductor (Fuente: Los Autores).....	164
Tabla Nº 15 Resumen Características del Motoreductor. (Fuentes: Los Autores).....	165
Tabla Nº 16 Resumen para la Elección del Contactador. (Fuentes: Los Autores).....	167
Tabla Nº 17 Contactador de Arranque del Motoreductor (Fuente: Los Autores).....	168
Tabla Nº 18 Interruptor Seccionador Portafusibles. (Fuentes: Los Autores).....	168
Tabla Nº 19 Fusibles Cilíndricos 10 x 38 para seccionadores LS1 – D (Fuentes: Los Autores).....	169
Tabla Nº 20 Pulsadores. (Fuentes: Los Autores).....	169
Tabla Nº 21 Rele de Protección Térmica. (Fuentes: Los Autores).....	169

Tabla N° 22 Conductores (Fuentes: Los Autores).....	170
Tabla N° 23 Clasificación de los Equipos de la Rebobinadora de Papel.....	185
Tabla N° 24 Clasificación de Los equipos de la Rebobinadora.....	192

INTRODUCCIÓN

Las empresas que pertenecen al sector de la imprenta son imprescindibles entre los medios de comunicación, ya que ellas generan uno de los medios impresos más importantes: el periódico. También producen otros rubros, entre los que destacan los libros y las revistas. Durante el proceso de impresión de cualquiera de estos productos se confrontan una serie de dificultades a las que se les debe buscar y encontrar soluciones rápidas y eficientes, al menor costo posible.

Uno de los problemas más comunes que ocurren en esta etapa consiste en que las *bobinas*, no son utilizadas en su totalidad debido a que la producción no es continua y muchas veces el número de ejemplares a imprimir, es decir, el *tiraje*, es bajo. Por lo tanto, quedan restos de bobinas que luego no pueden ser empleadas en una nueva producción, ya que estas no alcanzarían y el proceso tendría que detenerse, lo que implicaría pérdida de tiempo que se traduce en costos importantes para la empresa. Todos estos rollos de papel restantes van ocupando un espacio físico importante en el local de la empresa, que podría ser empleado en el almacenamiento de productos o que permitiría un desplazamiento óptimo del personal para un buen desarrollo de sus actividades laborales. Adicionalmente, las bobinas restantes representan un costo en papel que se está perdiendo y esto sucede en la gran mayoría de las pequeñas y medianas imprentas en Venezuela.

Es por eso que es importante el *diseño de una rebobinadora de papel excedente para implantarla en las pequeñas y medianas imprentas*, ya que con ella se pueden tomar todas esas bobinas residuales para producir bobinas nuevas, eliminando el problema desde cualquier punto de vista.

La solución de este problema es económicamente factible y puede resultar beneficiosa para un importante grupo de pequeñas y medianas empresas venezolanas pertenecientes al sector de la imprenta, ya que contribuye a aprovechar al máximo, el papel embobinado, para aumentar así, la productividad de estas entidades.

CAPÍTULO I
EL PROBLEMA

CAPÍTULO I

1. EL PROBLEMA

Al proceder a resolver un problema donde se amerita obtener un resultado satisfactorio, es necesario seguir una serie de procedimientos, conociendo ciertos datos, desde plantearse en un principio con franqueza el problema, plasmar los objetivos que se desean alcanzar, manifestar las restricciones del caso y por último alcanzar una visión exacta de lo que se quiere obtener.

1.1 MOTIVACIÓN.

La principal materia prima de las pequeñas imprentas que poseen rotativas, máquinas de impresión, es el papel embobinado denominado bobinas. Con estas rotativas se elaboran periódicos, libros, revistas y volantes; el aprovechamiento de esta materia prima se puede tornar irregular, y producir excedente de papel, pues depende de diversos factores (tiraje, números de paginas, cantidad de colores a ser aplicados, etc.)

En Venezuela el doce por ciento (12%) de las pequeñas y medianas Empresas (PYME) está constituido por Imprentas, de las cuales un número significativo trabaja con Rotativas, cuyo sistema de impresión utiliza papel embobinado. El excedente de estas bobinas genera a las pequeñas imprentas algunos inconvenientes de acuerdo a su aprovechamiento.

A medida que una bobina es utilizada una o varias veces para elaborar trabajos de diferentes tirajes y formatos, su diámetro va disminuyendo mientras que paralelamente también disminuyen sus oportunidades de uso, son denominados bobinas de aporte, y al ser desincorporadas de la Rotativa debido a que la cantidad de papel que poseen no es suficiente para cumplir con el próximo tiraje. El destino de estas bobinas de aporte varía según los intereses de cada imprenta, y es aquí donde se concentra nuestra atención, ya que hemos observado que en algunos casos estas bobinas de aporte son vendidos como material para reciclaje, mientras que otros

optan por reutilizarlos para la impresión, aunque esto genere otras situaciones que serán analizadas en el presente trabajo especial de grado.

Igualmente notamos que la acumulación de bobinas de aporte en una pequeña imprenta ocasiona una pérdida importante de espacio físico. Las consideraciones aquí planteadas han sido identificadas gracias a la cercanía que tenemos con una de estas pequeñas imprentas, Editorial Metrópolis, la cual nos ha ofrecido su apoyo para llevar a cabo nuestro trabajo especial de grado.

Es nuestro deseo que a través del trabajo de investigación se ofrezca una alternativa que contribuya a mejorar el aprovechamiento al máximo del papel embobinado y aumentar la productividad de estas imprentas, en beneficio de este importante sector de la economía del país.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

En las imprentas con rotativas la producción es regular cuando la impresión es continua, es decir sin paradas; hasta alcanzar el tiraje definido por cada cliente. Esto es posible cuando se utilizan las bobinas nuevas que poseen gran cantidad de metros de papel embobinado calculado para satisfacer elevados tirajes de impresión, sin necesidad de paradas para reabastecer de papel a la rotativa.

Ahora bien en las pequeñas imprentas la mayoría de sus productos elaborados en rotativas, son de bajo tiraje, lo que origina que una bobina sea utilizada en repetidas ocasiones, para diferentes tirajes; es muy común que estas bobinas cuyo diámetro se ha ido reduciendo sean desincorporadas de la rotativa, debido a que el próximo tiraje exige una cantidad de papel mayor al que les queda a las bobinas reutilizadas, por lo que se elaborara con bobinas nuevas. Este conjunto de factores son los que hacen que una producción sea irregular, las bobinas desincorporadas con bajos diámetros de papel son denominadas bobinas de aporte y no son utilizados para producciones continuas.

Se imprime con bobinas de aporte, con el propósito de disminuir los costos de producción y la acumulación de los mismos, hay que realizar varias paradas para recambiar las bobinas de aporte una vez consumidos y colocar nuevas bobinas de aporte tantas veces sea necesario para completar el tiraje definido por cada cliente. Esto ocasiona un incremento en el tiempo de producción, desgaste acelerado de los elementos de la rotativa, atraso en la producción, incremento en el consumo de papel para realizar registros, ajustes repetitivos de la máquina y agotamiento de los operadores.

Otro escenario que provoca el excedente de bobinas reutilizadas, bobinas de aporte, es que una vez desincorporados de las rotativas, por las causas ya expuestas, son almacenados para ser utilizados a futuro, con otras condiciones de producción; pero debido a que las bobinas vienen en distintos formatos y tipos de papel, al momento de almacenar los bobinas de aporte, su clasificación exige disponer de suficiente espacio físico.

El almacenamiento de bobinas de aporte no debe ser por periodos de tiempo muy largos debido a que pierden sus propiedades para la impresión, y que por tratarse de pequeñas imprentas ven limitado la disponibilidad de sus espacios para estos fines, por lo que en algunas ocasiones se encuentran obligadas a vender este papel (bobinas de aporte), como papel para reciclar.

Los argumentos expuestos hasta ahora, constituyen el punto de partida de nuestro trabajo especial de grado, pues es nuestra intención analizar exhaustivamente estos problemas con el propósito de ofrecer una solución, que permita a las pequeñas imprentas aprovechar al máximo el papel, disminuir los costos y tiempos de producción, el almacenamiento indiscriminado de los bobinas de aporte y el desgaste acelerado de los componentes de las rotativas; por lo tanto se plantea el diseño de una rebobinadora de papel excedente que pudiera implementarse en las pequeñas y medianas imprentas, con la cual se puedan formar nuevas bobinas a partir de desbobinar, empatar y rebobinar varias bobinas de aporte.

1.3.- OBJETIVOS.

1.3.1.- OBJETIVO GENERAL:

- Proponer una rebobinadora de papel excedente para implantarla en las pequeñas y medianas imprentas.

1.3.2.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

Estudiar los diferentes procesos de rebobinado de papel.

- Diseñar y/o seleccionar cada uno de los equipos principales que conforman la Rebobinadora de papel.
- Calcular y seleccionar los diferentes elementos necesarios para poner en funcionamiento la propuesta de diseño.
- Seleccionar un sistema de control que permita realizar las funciones del arranque, parada, control de tensión de papel en la rebobinadora de papel.
- Elaborar los manuales de operación y mantenimiento de los componentes de la rebobinadora de papel.
- Propuesta de una rebobinadora de papel excedente para implementarlas en las pequeñas y medianas imprentas.
- Efectuar un estudio de factibilidad económica que justifique el diseño de la rebobinadora de papel.

1.4.- PROPÓSITO DEL ESTUDIO.

El móvil que tiene la elaboración de una propuesta de diseño sencillo de una rebobinadora de papel excedente para ponerlas en prácticas en las pequeñas imprentas en Venezuela, es porque traería como consecuencia inmediata la optimización en la calidad de actividades y lo más importante un mejor aprovechamiento de la materia

prima (el papel embobinado) que queda excedente y por consiguiente una utilización más satisfactoria del espacio físico de estas pequeñas imprentas.

El diseño de la máquina, satisfacería la demanda de este importante sector de las pequeñas y medianas empresas (PYMES) en Venezuela, brindándole una solución con la propuesta de este trabajo especial de grado.

1.5.- LIMITACIONES.

Para la realización de los objetivos específicos a cumplir se fijarán los límites del trabajo especial de grado:

- Se emplearán datos y criterios de la literatura publicada sobre diseño de equipos, a fin de seleccionar los distintos equipos y materiales necesarios para la propuesta.
- Los equipos y materiales se limitaran a los existentes en el mercado venezolano.
- Se utilizarán normas DIN y COVENIN para el diseño.
- Nos enfocaremos en el estudio del caso de Editorial Metrópolis, por ser esta imprenta, unas de las que presenta la problemática, esto no quiere decir que esta propuesta y estudio de factibilidad no sea aprovechado por otras imprentas.

1.6.- PEQUEÑAS Y MEDIANAS EMPRESAS (PYMES)

Un concepto de las pequeñas y medianas imprentas es el siguiente: “En Venezuela, como en otros países, la PYME industrial es una empresa de origen familiar, dedicada a la prestación de servicios o fabricación de un producto, ya sea intermedio o de consumo final; que orienta el negocio por lo general al mercado interno”¹

¹ Resumen estadístico: Composición del PYME en Venezuela. (Fuente: OCEI. 2004, diciembre 22).

Las PYMES, desarrollan rubros tales como: textil, cuero y calzado, plástico, químico, madera, muebles, imprentas y metalmecánica.

En cuanto a la organización tiene entre 15 y 40 trabajadores en su mayoría semi calificados, que han aprendido un oficio mediante la experiencia y la capacitación en el mismo puesto de trabajo. Es muy usual que los empleados del área de producción se hayan especializado en una función tras seguir una carrera de varios años, comúnmente en el interior de una misma empresa. (Extraído del resumen estadístico de la Oficina Central de Estadística e Informática).

La OCEI en un artículo publicado en 1985 en una encuesta industrial expresa lo siguiente: “En el segmento de industrias más pequeñas, usualmente los cargos directivos son ocupados por integrantes de la familia propietaria, en las áreas de gerencia, administración y producción, cuyas funciones no se encuentran definidas formalmente. Por su parte, las industrias de mayor tamaño suelen haber profesionales en las direcciones de las áreas funcionales de la empresa e incorporan ejecutivos y directores no relacionados con la familia controladora”.¹

“Uno de los grandes desafíos para la pequeña y mediana empresa industrial de carácter familiar, más allá de ser competitivas frente a las importaciones es, ingresar y consolidarse en los mercados internacionales”.²

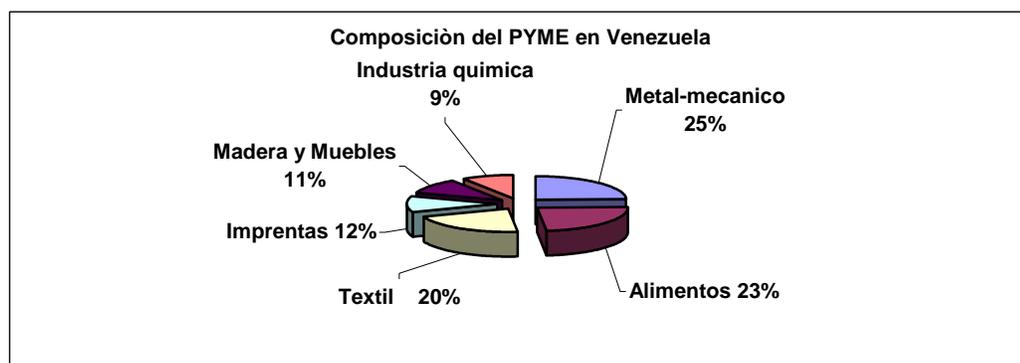


Figura 1.1 Composición de la PYME. (Fuente: OCEI. (2004, Diciembre 22)

¹ Resumen estadístico: Composición del PYME en Venezuela. (Fuente: OCEI. 2004, diciembre 22).

² Principales conclusiones del VI encuentro “Exportar para Ganar” Concecomercio

1.7.- IMPRENTA PATRÓN PARA APLICAR LA SOLUCIÓN.

Editorial Metrópolis C.A; es una pequeña empresa dedicada a las artes gráficas, cuyos procesos comprenden la edición gráfica e impresión. Con más de 20 años en el mercado, atiende especialmente el rubro de periódicos, revistas, libros, afiches y volantes entre otros. Genera diversas fuentes de empleo: diseñadores gráficos, personal administrativo y obreros. Ambientalmente no perjudica su entorno, pues sus desechos son renovables.

Se encuentra ubicada en la zona industrial de la parroquia San Martín, en Caracas; como se señaló anteriormente, esta es la empresa patrón de estudio, donde se observó claramente la problemática del papel embobinado excedente, obteniendo datos estadísticos como punto de partida para el diseño de la rebobinadora de papel sobrante, aplicadas a las pequeñas y medianas imprentas.

En este capítulo se logran identificar las motivaciones que originaron la realización de este trabajo especial de grado, se plantea el problema y se delimitan claramente los objetivos para poder llevar a cabo el diseño de la rebobinadora de papel.

En el siguiente capítulo, se abordan los antecedentes y conceptos relacionados al tema de la imprenta, que contempla algunas nociones necesarias que facilitarán la comprensión de la realización del diseño de una rebobinadora de papel excedente.

Capítulo II

MARCO TEÓRICO

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.

En el desarrollo de este trabajo especial de grado es preciso conocer los antecedentes relacionados al entorno que implica el uso de una rebobinadora de papel. Para ello, se definen conceptos de imprenta, técnicas de impresión, el papel, tipos de rebobinadoras de papel, entre otros. De igual forma se expondrá el principio de funcionamiento de la maquina rebobinadora de papel, descripción de sus principales componentes y por ultimo se mencionara la metodología del diseño utilizada en este trabajo especial de grado.

2.1.-ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.

A continuación se presentarán una serie de conceptos necesarios para la mejor comprensión del proceso de la imprenta.

2.1.1 La imprenta:

La imprenta es un método mecánico de reproducción de textos e imágenes en serie sobre el papel, que consiste en aplicar una tinta generalmente oleosa sobre los tipos (pieza de metal con una letra o signo en relieve), rodillos o cualquier otro mecanismo, para transferirla al papel mediante presión.

2.1.2 Técnicas de impresión sobre papel:

Son aquellas utilizadas para reproducir textos o imágenes sobre el papel, como la litografía, tipografía y el offset, técnica en que se fundamentan las rotativas.

La tipografía:

Es el arte de componer e imprimir sobre papel con tipos móviles, sueltos, en línea o en planchas fundidos o grabados en relieve.

La litografía:

Es la estampación sobre papel obtenida a partir de una plancha metálica. Este proceso de impresión se basa en el principio químico de rechazo entre el agua y la grasa (tinta) y consiste en dibujar sobre una plancha, que luego es bajada con una solución, como por ejemplo ácido nítrico y goma arábiga disuelta en agua, con lo que el dibujo queda fijado (grabado en la plancha); una vez entintada la plancha, la tinta o tintas se depositan sobre la imagen, huyendo de los blancos humedecidos, lo que permite una impresión solo del dibujo.

Offset:

Técnica de impresión indirecta en el cual la plancha entintada imprime sobre un cilindro de caucho que después se pone en contacto con el papel. Durante la primera mitad del siglo XX se descubrió que la tinta se podía transferir de la superficie litográfica, plancha metálica, a una superficie intermedia de caucho y de allí a papel. El elemento intermedio, denominado mantilla, es capaz de transferir la tinta al papel y a otros muchos materiales que no pueden ser impreso de forma directa, incluso el plástico y los metales. Gracias a que la mantilla se adapta a la textura de la superficie que se va a imprimir, la calidad de las imágenes litográficas resulta inigualable.

La superficie de impresión son unas finas planchas de aluminio, aunque también se utilizan otros materiales como acero inoxidable y plástico. Las planchas se enrollan sobre un cilindro y entran en contacto directo con el cilindro de caucho. Una batería de rodillos de goma y metálicos se encargan de llevar la tinta que pasa en

primer lugar al cilindro de caucho y de ahí al papel. La máquina impresora que conforman este conjunto de cilindros rotatorios es denominada unidad impresora.

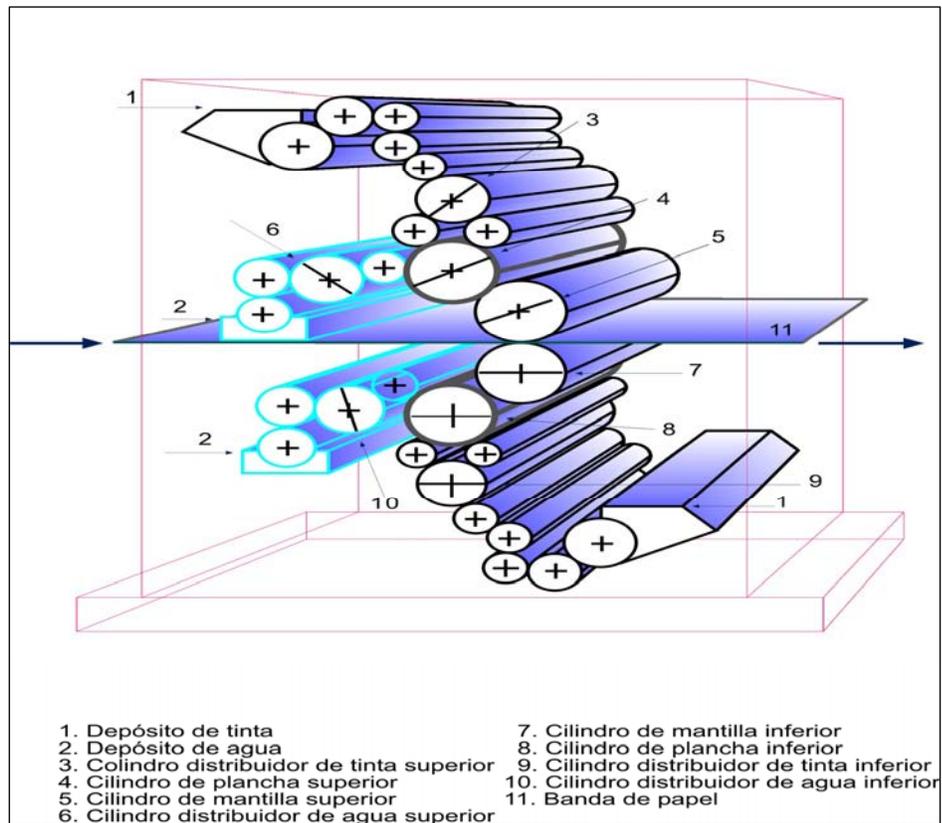


Figura. 2.1 Unidad Impresora. (Fuente: Harris Intertype Corporation)

2.1.3 Rotativa:

Una rotativa (prensa de impresión) es una máquina conformada por varias unidades o cuerpos de impresión. En una rotativa de varios cuerpos se pueden imprimir muchos colores en una sola pasada. La impresión mediante colores planos utiliza mezclas de tintas para reproducir cualquier color y se utiliza mucho en la impresión de embalajes, en que suelen predominar grandes zonas de color. La impresión en rotativas basada en la separación de colores, un color por unidad, se

usan cuatro tintas transparentes: cyan (azul), magenta (rojo), amarillo y negro que se van superponiendo en diferentes proporciones, este método permite reproducir con enorme fidelidad fotografías y otras imágenes en color.

La mayoría de las rotativas transfieren tinta desde el cilindro a tiras de papel provenientes de las bobinas en movimiento en los que va el material que se va a imprimir. Las rotativas que imprimen sobre bobinas, realizan seiscientos a novecientos metros por minuto. Las rotativas que imprimen sobre hojas sueltas por lo general son más lentas que las de bobinas, pero pueden hacerlo sobre soportes de mayor grosor, como cartulina o planchas metálicas.

El tamaño de las Rotativas modernas de offset va desde los duplicadores pequeños alimentados por hojas usados para pequeños trabajos monocolors como folletos y boletines, hasta las rotativas de varias unidades alimentadas por bobinas, capaces de imprimir millones de ejemplares de periódicos, revistas, catálogos y productos de embalaje.

2.2 EL PAPEL

Papel es el vocablo empleado para designar diversas clases de hojas fibrosas de estructuras análogas al fieltro. Generalmente compuesto por fibras vegetales, pero a veces minerales, animales o sintéticas. Su nombre se deriva del griego papiros, nombre de una planta egipcia (cyperus papiros), de cuyo tallo sacaban los antiguos egipcios láminas para escribir (1).

Compuesto en su mayor parte por celulosas, la cual no es sólo la sustancia orgánica más abundante, sino el principal componente de las plantas leñosas, es un recurso renovable. Convertir la celulosa en papel es función de la fábrica que producen miles de artículos útiles con ellas. Los procesos de manufacturas son complicados y difíciles de controlar, mas el empleo de artefactos de control digital ha aumentado la eficacia de la industria y, en general, la economía de la operación.

El papel es un material imprescindible en el mundo actual. Para imaginar la importancia que tiene, piensa que haríamos sin él: careceríamos de libros, periódicos, revistas, cuadernos y todo aquello en que interviene en forma activa, como por ejemplo los envoltorios. Verdaderamente, sería terrible.

En el momento de trabajar con el papel, existen dos características de gran importancia: El peso (más propiamente masa) puesto que el termino peso es en realidad una fuerza ejercida sobre un cuerpo, y se puede evidenciar que el termino de peso esta mal implementado, lo que ocurre que el argot de la industria del papel a la masa se le denomina peso, y la otra característica es el área. Esto se debe a que la mayor parte del papel se comercializa de acuerdo con su peso por unidad de área. El fabricante de papel maneja la producción en toneladas y se vende el papel unas veces por peso (bobinas o rollos) y otras con base en el área (hojas).

2.2.1 PROPIEDADES DEL PAPEL

Los productos del papel deberían caracterizarse y comercializarse sobre la base de nomenclaturas y métodos de pruebas normalizados, con objeto de estar seguros de que al tratar sobre productos de papel y valores de pruebas, sean en un mismo lenguaje.

Desafortunadamente, no se emplean las mismas normas universales, sin embargo, en la medida en que se especifiquen las fuentes de las normas, las negociaciones se llevaran a cabo y las investigaciones científicas se documentaran con un mínimo de ambigüedad y malas interpretaciones.

En nuestro país las normas más empleadas para pruebas y definiciones relacionadas con el papel, son las TAPPI, de EUA (Technical Association of the Pulp and Paper industry), pero no manejan parámetros de calidad.

La gran variedad de tipos de papeles y sus propiedades requiere de un alto número de métodos de prueba. Algunas propiedades son importantes para cualquier tipo de papel, como el peso base y el espesor, y los métodos para su medición son de uso generalizado. Otros métodos se han desarrollado para asegurar el comportamiento adecuado de papeles especiales y tienen una aplicación limitada.

❖ PROPIEDADES FÍSICAS DEL PAPEL

Las propiedades físicas que se obtienen de las pruebas físicas son las que nos proporcionan mayor información sobre la calidad del papel y nos dan base para estimar cómo será su comportamiento durante la transformación y el uso para el cual esta destinado.

Es conveniente dividir las pruebas físicas del papel en cuatro grupos para su mayor entendimiento, estos son:

a) **Propiedades mecánicas y de resistencias, entre las más importantes están:**

- Peso base o gramaje
- Espesor o calibre
- Densidad aparente
- Bulk (Volumen específico aparente)
- Resistencias a tensión, rasgado, explosión, doblez, elongación, rigidez y estabilidad dimensional.

a.1) Peso base o gramaje:

Se denomina peso base al peso en gramos de un metro cuadrado de papel, (también se acostumbra llamarle gramaje).

El peso (masa) afecta todas las propiedades físicas del papel por lo que es indispensable llevar un control cuidadoso de estas características durante la

fabricación de cualquier tipo de papel, para asegurar su uniformidad. La mayoría de los equipos pueden ajustarse para utilizar papel de varios pesos.

Determinación del peso base:

La determinación del peso base, consiste en pasar varias hojas de dimensiones conocidas y calcular su peso en gramos por metro cuadrado. Para realizar esta medición se emplean básculas o balanzas.

Por consiguiente es muy importante la calibración del instrumento para pesar, con exactitud las dimensiones de las muestras de prueba.

Dentro de este marco de ideas se muestra gráficamente como afecta algunas propiedades en el cambio del peso base de un papel determinado.

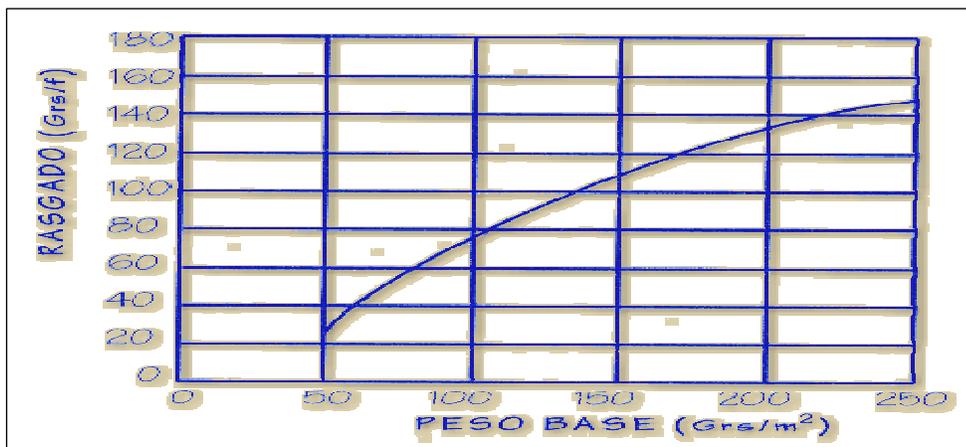


Figura 2.2 Variación del peso base en función de la resistencia.

(Fuente: www.uilmac.com.mx/laboratorio/prop3.html)

En la figura 2.2, se observa el efecto de la variación del peso base en la resistencia al rasgado, que aumenta al incrementar el peso base del papel.

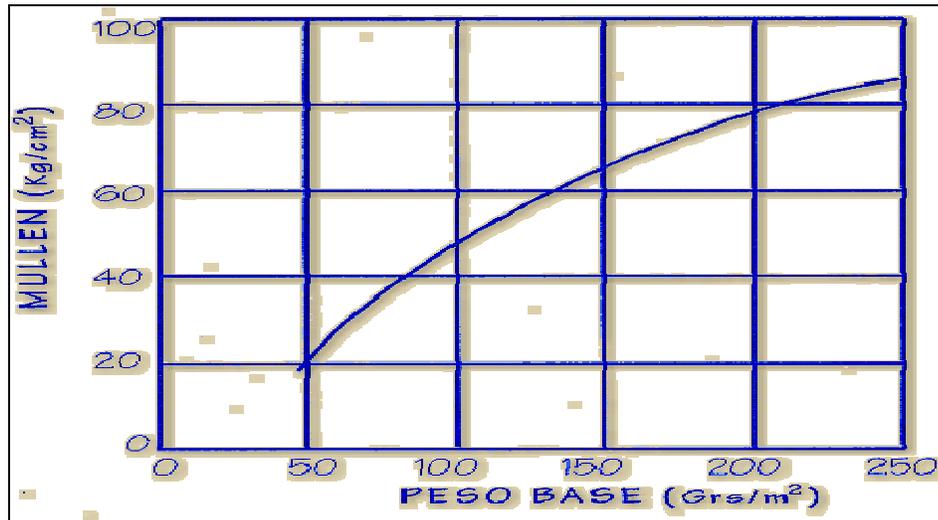


Figura 2.3 Peso base vs mullen (Fuentes: [www.uilmac.com.mx / laboratorio/prop3.html](http://www.uilmac.com.mx/laboratorio/prop3.html))

a.2) Espesor o calibre del papel:

El espesor del papel, también llamado calibre es una propiedad muy importante desde el punto de vista de la transformación y el uso final del papel. Su importancia se debe a que al variar el espesor, el manejo del papel en algunas maquinas se dificulta; además se ven afectadas casi todas las propiedades físicas, la variación altas del espesor.

En atención a lo expuesto, se define como la distancia perpendicular que existe entre las dos caras del papel, bajo condiciones específicas. Su valor se expresa en mm., micras y puntos, que son milésimas de pulgadas.

En el caso de los papeles de impresión, las variaciones de espesor en la hoja, tienen como consecuencia diferencias de intensidad en el color de la tinta impresa, debidas a una presión irregular en el momento de la transferencia. Lógicamente, si el punto de impresión esta regulado a una presión determinada, las zonas de papel que tienen mayor espesor sufrirán una mayor presión, en cambio las de menor espesor sufrirán una menor presión, cosa que hará que el espesor de la película de tinta

transmitida varié de acuerdo con dicha presión. Además, la mayor presión existente en las zonas de mayor espesor, provocará una mayor penetración del vehículo de la tinta en el cuerpo del papel, con lo que puede disminuir la opacidad en esa áreas.

Determinación del espesor del papel:

La obtención del espesor del papel se realiza por medio de unos micrómetros, que son aparatos en lo que se coloca la muestra, entre dos caras circulares, planas y paralelas entre sí, una de las cuales se fija y la otra tiene movimiento en dirección perpendicular a la primera, bajo condiciones controladas de presión y velocidad. El área mínima de las caras no debe ser menor de 160 mm.² (15mm de diámetro). Normalmente se reporta en milímetros, micras o puntos. El procedimiento se describe con todo detalle en el método estándar TAPPI T 411.

Factores de conversión de unidades:

Puntos x 0.0254 = mm.

Punto x 25.4 = micras

Punto x 0.001 = pulgadas

mm. x 39.37 = puntos

mm. x 0.039 = pulgadas

mm. x 1000 = micras.

a.3) Densidad aparente:

La densidad del papel es probablemente la propiedad fundamental más importante, esta propiedad nos proporciona información sobre la estructura de la hoja y está relacionada con la mayoría de las propiedades del papel, especialmente: porosidad, rigidez, dureza y resistencia, aunque de hecho influye en todas las propiedades ópticas y físicas, excepto el peso base, también afecta la absorción y la facilidad para ser impreso.

La densidad aparente del papel se ve afectada por muchos factores, que se pueden dividir en tres grupos:

- a) Factores que afectan el número de uniones entre fibras, entre estos son importante el diámetro y la flexibilidad de las fibras, el grado de refinación el prensado de la hoja húmeda y la cantidad de hemicelulosas.
- b) La presencia de materiales que llenan los vacíos en la hoja, las principales son: cargas encolantes y almidón.
- c) El calandrado.

En la figura 2.3 y 2.4 se presentan la tendencia de la porosidad y la resistencia vs. densidad aparente, al aumentar la densidad aparente en hojas de pulpa de abeto al sulfito.

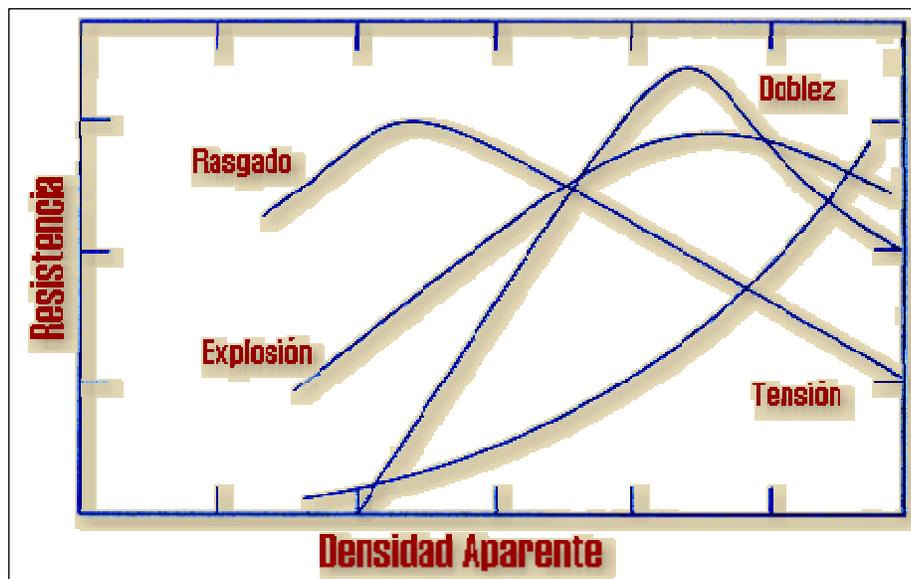


Figura 2.4. Efecto de la densidad aparente, obtenida por prensado en húmedo, en las resistencias de papel formado con pulpa de abeto al sulfito sin refinar. (Fuentes:

[www.uilmac.com.mx / laboratorio/prop3.html](http://www.uilmac.com.mx/laboratorio/prop3.html)).

La densidad del papel es su peso por unidad de volumen, se calcula dividiendo el peso base en g/m^2 entre el espesor en micras. Es más correcto utilizar el término densidad aparente, debido a que se incluye en el volumen el aire que existe en el papel, atrapado entre las fibras.

Algunos valores normales de densidad aparente del papel en g/cm^3 van de 0.5 en papeles voluminosos hasta 0.75 para papeles con alto número de uniones (más comprimidos), como el bond. Algunos papeles como el couché y el glassine, tienen densidades de 1.0 g/cm^3 o mayores. La celulosa tiene una densidad de 1.5, lo que indica que la mayoría de los papeles no recubiertos, contienen más del 50% de aire.

a.4) Volumen específico (Bulk):

El volumen específico o bulk, es la reciprocidad de la densidad, o sea, el volumen en cm^3 de 1 gramo de papel. En algunos casos se acostumbra utilizar bulk, cuando se trata de papeles voluminosos, pero puede considerarse un equivalente de la densidad aparente y lo que influye en una, se aplica también a otra. Esta propiedad es importante para los fabricantes de libros, ya que si hay variaciones de consideración, tendrán diferentes gruesos de libros, causando problemas en su encuadernación, también es una propiedad importante en papeles absorbentes y crepados.

Fórmula para calcular densidad aparente y bulk.

- Densidad aparente g/cm^3 es igual al Peso base g/m^2 (dividido entre) Espesor micras.
 - Bulk cm^3/g es igual a 1 (dividido entre) Densidad.
-

2.2.2 ACONDICIONAMIENTO DEL PAPEL

Las propiedades de un papel en particular, dependen en un alto grado de su contenido de humedad. El papel es un material higroscópico y entra en equilibrio con la humedad del ambiente que lo rodea, variando así su contenido de humedad.

Cuando se quieren obtener resultados reproducibles, las muestras de papel deben acondicionarse en un ambiente acondicionado a $23 \pm 1^\circ\text{C}$. de temperatura y $50 \pm 2\%$ de humedad relativa, de acuerdo con TAPPI. El contenido de humedad de equilibrio, para la mayoría de los papeles, cuando quedan expuestos a un ambiente con estas condiciones, entre 7 y 9% en peso de humedad real en el papel.

No se puede generalizar sobre los efectos de la humedad relativa en las propiedades del papel, los cambios dependen de la composición fibrosa, el grado de refinación, los aditivos agregados y el tratamiento de la superficie de la hoja, sin embargo, los cambios que se dan, se mantienen dentro de variaciones razonables sobre lo que se podría esperar. Por ejemplo, al aumentar la humedad relativa del ambiente en el que se acondicionan muestras de papel, se observa que aumenta la elasticidad y con ella, las resistencias al rasgado y al doblado, en cambio, disminuye la tensión.

2.2.3 FORMACIÓN DE LAS BOBINAS DE PAPEL.

Preparación de la madera

La materia prima para la fabricación de celulosa está constituida por rollizos de maderas, astillas de aserradero y lampazos (residuos de rollizos aserrables). El proceso se inicia cuando los rollizos de madera son cargados en los descortezadores, que son tambores de grandes dimensiones que rotan a una velocidad de 6 a 10 revoluciones por minuto.

El movimiento de los descortezadores provoca que los rollizos choquen entre sí, lográndose el desprendimiento de su corteza; este proceso demora entre 15 y 25 minutos.

Tanto los rollizos descortezados como los lampazos, son introducidos en los chipeadores, equipos que constan de discos rotatorios provistos de cuchillos, que transforman la materia prima en astillas.

Posteriormente, las astillas procedentes del chipeador y aquellas procedentes de aserraderos son clasificadas en equipos llamados harneros, cuya función consiste en rechazar las astillas de tamaño mayor a la medida requerida, para ser devueltas al chipeador, y eliminar las astillas de menor medida, las que se trasladan a las calderas de poder para ser utilizadas como combustible.

Una vez clasificadas, las astillas son depositadas en unas pilas de acopio cuya función consiste en homogeneizar las mezclas de astillas de diferentes fuentes. Este proceso de homogeneización de las astillas es importante, ya que de tal hegemonía dependen las propiedades finales de la celulosa.

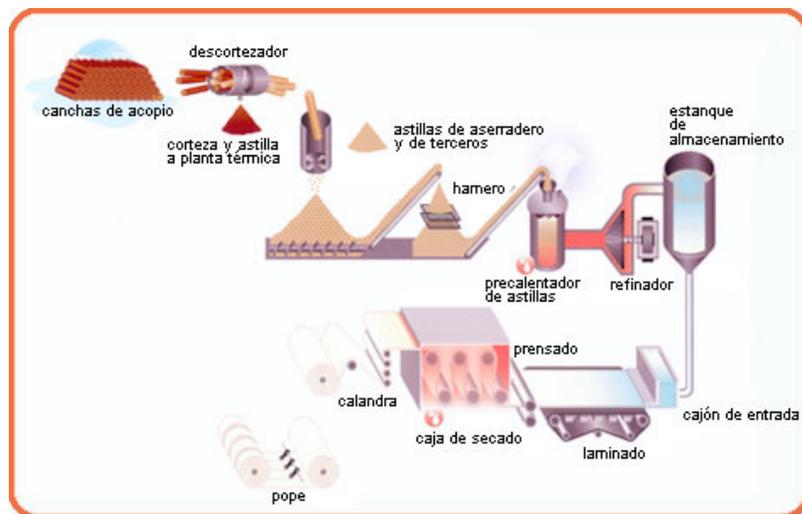


Figura 2.5 Formación de papel Embobinado (Fuente: [www. Papelnet.cl](http://www.Papelnet.cl))

Formación de la lámina de papel de diario

La pulpa se vierte al cajón de entrada para iniciar su laminado en el fourdrinier o mesa formadora de lámina, en el paso por el fourdrinier se le extrae el agua a la pulpa que es prensada y posteriormente secada al pasar por rodillos calientes.

Embobinado y corte en rollos pequeños

Se embobina la lámina de papel de diario en el “pope” o bobina de 5 metros de ancho. El papel que sale del pope es cortado en rollos de menor ancho de acuerdo a los requerimientos del mercado.

Son varios los anchos y tipos de papel embobinado (bobinas), con los que trabajan las pequeñas imprentas. Los anchos varían en un rango comprendido entre 66,04 cm y 86,36 cm, los diámetros son constante con un valor de 101,6 cm, los pesos oscilan entre 260 kg y 440 Kg, el tipo de papel más demandado es el New print y siendo Canadá el mayor fabricante de este tipo de papel. Estos datos se reflejan en la siguiente tabla.

Tabla N 1: Distintos formatos de bobinas. (Fuente: Los autores.)

<i>Ancho</i>	<i>Diámetro</i>	<i>Peso</i>	<i>Tipo de papel</i>	<i>Fabricante</i>
66,04 cm	101,6 cm	260 Kg	Bond	Moore Venezuela
66,04 cm	101,6 cm	233 Kg	spruce book lite	Canada
68,58 cm	101,6 cm	353 Kg	New print	Bowater - Canada
71,12 cm	101,6 cm	367 Kg	offset New print	Kruger – Canada
71,12 cm	101,6 cm	361 Kg	Marathon new print	Kruger – Canada
76,20 cm	101,6 cm	436 Kg	Electratar 72	Norske – Canada
76,20 cm	101,6 cm	436 Kg	Electratar 76	Norske – Canada
86,36 cm	101,6 cm	440 Kg	Marathon new print	Norske - Canada

Por tanto, puesto que este trabajo se trata del diseño de una rebobinadora de papel excedente, es conveniente tener conocimiento de las propiedades físicas del papel, de los distintos formatos, y como se forman las bobinas; ya que este es la principal materia prima, para las imprentas.

2.3 BASES DE LA REBOBINACIÓN

Es pertinente introducir el concepto o principio del enrollado del papel, en el cual se fundamenta el diseño de la rebobinadora de papel excedente.

2.3.1 CONCEPTO DE REBOBINADORA DE PAPEL:

Una rebobinadora de papel es una máquina que permite obtener una bobina madre de gran diámetro a partir de otras bobinas hijas de menores diámetros, desbobinando, pegando y rebobinando extensas láminas de papel de la bobinas hijas para obtener una bobina madre.

Actualmente en el mercado (sur América, Europa y norte América) se encuentran diferentes tipos de fabricantes de rebobinadoras de papel de uno o dos ejes. Las empresas consultadas son fabricantes de rebobinadoras y cortadoras, que aplican la operación de desbobinar una bobina de gran diámetro para rebobinar y obtener bobinas de menor diámetro. Este proceso es inverso al que se propuso desarrollar en el presente trabajo, donde se quiere diseñar una máquina rebobinadora de papel que a partir de pequeñas bobinas (bobinas de aporte) se pueda obtener una bobina de gran diámetro, que luego pueda ser usada para la impresión continua en las rotativas de las pequeñas y medianas imprentas.

2.3.2 TIPOS DE REBOBINADORA DE PAPEL:

❖ Rebobinadora de dos ejes:

Es una máquina especial para grandes diámetros en el rebobinado de 2 ejes.

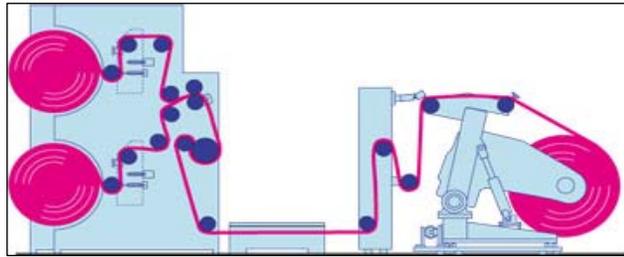


Figura.2.6 Rebobinadora de 2 ejes. (Fuente: www.kmec.es)

Tabla N 2: Características técnicas de la rebobinadora de 2 ejes

(Fuente: www.kmec.es)

<i>Características técnicas</i>	<i>Capacidad</i>
Diámetro de bobina entrada	1650 mm
Diámetro de bobina salida	850 mm
Ancho útil máximo	1250 mm
Ancho mínimo de corte	50 mm

❖ Rebobinadoras de un solo eje

Es una rebobinadora pensada especialmente para la producción de pequeños rollos. Diseñada a partir de la experiencia en máquinas súper automáticas para rollos de calculadoras, amplía su campo de producción a otros productos como telefax, telex, papeles engomados, celulosas, plásticos, papeles mostrador, etc.

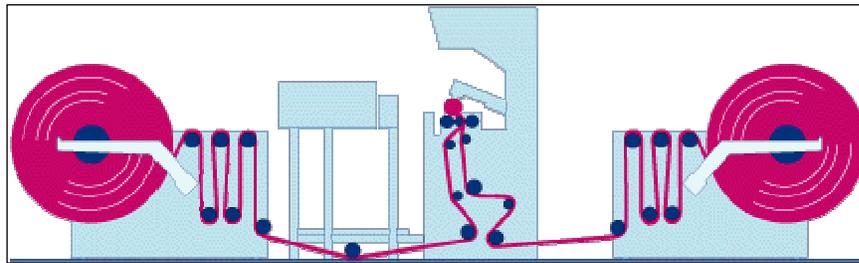


Figura 2.7 Rebobinadora de un solo eje (Fuente: www.kmec.es)

Tabla N 3: Características técnicas de la rebobinadora de un solo eje
(Fuente: www.kmec.es)

<i>Características técnicas</i>	<i>Capacidad</i>
Diámetro de bobinas entrada:	1000 mm.
Diámetro máximo rollos de salida:	250 mm.
Ancho útil máximo:	1100/1350 mm.
Velocidad máxima:	350m/minuto

❖ **Rebobinadora Cortadora TRAB & TRIGAS para papel.**

Estas rebobinadoras se caracterizan por tener incorporado sistema de control de tensión por medio de rodillos bailarines, sistema de frenado neumático y accionamiento con motores de corriente alterna.

Tabla N 4: Características técnicas de la rebobinadora TRAB & TRIGAS(Fuente: www.lemu.es)

<i>Características técnicas</i>	<i>Capacidad</i>
Diámetro de bobinas entrada:	1000 mm.
Diámetro máximo rollos de salida:	500 mm.
Velocidad máxima:	500m/minuto

Hacer posible y factible el desarrollo de una propuesta de diseño de una rebobinadora de papel para las pequeñas imprentas, implica entender y verificar cada uno de los puntos reseñados en estos antecedentes.

2.4 FUNDAMENTO DEL DISEÑO.

Es necesario, tener presente una serie de conceptos o principios que estarán mencionados a lo largo del desarrollo de este trabajo especial de grado, conceptos básicos de la Mecánica de Sólidos, tales como tracción, compresión, deflexión etc., además se comentará brevemente los conceptos de potencia, torque, fatiga entre otros.

2.4.1 ESFUERZOS A LOS QUE ESTÁN SOMETIDOS LOS MATERIALES.

El análisis de esfuerzos tiene como objetivo fundamental la determinación de las dimensiones que debe tener un elemento mecánico o estructural a fin de que no falle durante su funcionamiento. En el cálculo de estas dimensiones intervienen la forma del elemento y las propiedades mecánicas del elemento. Los tipos de esfuerzos que deben soportar los diferentes elementos de las estructuras son:

1° *Los esfuerzos de tracción*, hacen que se separen entre sí las distintas partículas que componen una pieza, en el sentido de su longitud tendiendo a alargarla. Por ejemplo, cuando se cuelga de una cadena una lámpara, la cadena queda sometida a un esfuerzo de tracción, tendiendo a aumentar su longitud.

2° *Los esfuerzos por compresión*, actúan en la dirección de la longitud de los cuerpos, tendiendo a acortarlos, o en cierto modo a rechazarlos. Cuando la materia posee suficiente cohesión, resiste el esfuerzo; pero si éste vence dicha cohesión sobreviene el aplastamiento. Si el esfuerzo determina un resbalamiento paralelo a una acción cualquiera, se efectúa un corte.

3° *Los esfuerzos de corte*, se producen cuando se aplican fuerzas perpendiculares a la pieza, haciendo que las partículas del material tiendan a resbalar o desplazarse las unas sobre las otras. Al cortar con unas tijeras un papel estamos provocando que unas partículas tiendan a deslizarse sobre otras.

4° *Los esfuerzos de flexión*, son una combinación de compresión y de tracción. Mientras que las fibras superiores de la pieza sometida a un esfuerzo de flexión se alargan, las inferiores se acortan, o viceversa

5° *Los esfuerzos de torsión*, tienen como efecto torcer las piezas alrededor de su eje central. Este efecto se manifiesta cuando se hace girar el árbol en un sentido, mientras que la carga aplicada en un extremo tiene a hacer girar en sentido opuesto. Todos los árboles giratorios están sometidos, durante el trabajo, a esfuerzos de esta clase.

Con un poco de atención, será siempre fácil conocer a qué clase de esfuerzos están sometidas las piezas de las máquinas.

❖ LÍMITE DE ELASTICIDAD.

Los cuerpos elásticos poseen la propiedad de recuperar sus dimensiones primitivas cuando cesa de obrar los esfuerzos que los deforma. Los alargamientos son deformaciones que no subsisten una vez eliminada la causa que lo produjo. La elasticidad de la materia resiste esfuerzos, por esto se dice, en este caso, que la deformación es elástica, pero cuando no se restituye las dimensiones primitivas; su alargamiento ha sido permanente. La elasticidad ha sido vencida por la carga. En este caso; pues se ha alcanzado y aun rebasado el límite de elasticidad.

Los experimentos, no sólo revelan estos hechos, sino que permiten establecer y determinar cifras por medio de las cuales será fácil no acercarse demasiado al límite de elasticidad.

También ha demostrado la experiencia que, mientras no se llegue a dicho límite de elasticidad, los alargamientos de las piezas son proporcionales a los esfuerzos de tracción.

❖ PANDEO.

El Pandeo es un comportamiento típico de los elementos estructurales sometidos a esfuerzos de compresión. Cuando la carga de compresión aumenta progresivamente llega a un valor en el cual el elemento esbelto, en lugar de limitarse a cortar su altura, curva su eje; una vez que esto ocurre aunque no se incremente el valor de la carga el elemento continúa curvándose hasta el colapso definitivo. El valor de la carga por el cual el elemento puede pandear puede ser sensiblemente inferior a la carga que resiste el material dado. En general la aparición del pandeo puede manifestarse en el tramo próximo al apoyo por ser el más cargado. Ninguna pieza sometida al esfuerzo de compresión está exenta de sufrir este fenómeno. Se trata de una flexión lateral que está en relación con la esbeltez.

❖ FLEXIÓN.

Una pieza experimenta una flexión cuando está sometida a esfuerzos exteriores perpendiculares a su eje. Mientras no se rebasa el límite de elasticidad, se produce, en cada sección perpendicular a la barra, un equilibrio entre el momento de las fuerzas exteriores y el de las fuerzas moleculares que se desarrollan en la sección. Tomemos un pedazo de material de sección rectangular, e imprimámosles con ambas manos una flexión bien pronunciada.

Fácil será ver que las fibras de la cara convexa se han alargado, mientras que se han acortado las de la cara cóncava. Los alargamientos disminuyen desde la cara convexa hasta una cierta capa interna, a partir de la cual empieza la compresión, que aumenta hasta la cara cóncava.

En el interior del sólido existen una capa, paralela a las caras cóncava y convexa, que no experimenta extensión ni compresión; esta capa se llama capa neutra, fibra neutra, o capa de fibra invariable.

Imaginemos una sección recta de los ejes o flechas; la intersección de esta sección con la capa neutra es una línea alrededor de la cual girará la sección al doblarse la barra.

En línea que acabamos de definir hay extensión, tanto más pronunciada cuanto más nos acerquemos a la superficie convexa de la barra. Por el lado opuesto hay compresión, creciente hasta la superficie cóncava. Los esfuerzos opuestos por la barra a la extensión y a la compresión se suman para resistir a las fuerzas que determinan la flexión.

En cada sección, el momento de las fuerzas moleculares con respecto al eje neutro, o momento de resistencia, se equilibra con el aumento de la fuerza exterior que produce la flexión, o momento flector. Por consiguiente, la resistencia depende principalmente del momento de resistencia, y, por consiguiente, de la forma de la sección. El eje neutro pasa por el centro de la gravedad de la sección. La sección de la pieza en la cual se efectúan las mayores alteraciones, se llama secciones peligrosas.

❖ RESISTENCIA A LA TORSIÓN.

Una pieza trabaja por torsión cuando está sometida a un esfuerzo transversal que tiende a hacer girar una sección del cuerpo alrededor de su eje longitudinal. Si se frena un eje que esta en rotación, se produce una torsión del árbol.

El árbol de transmisión sufre un efecto de torsión durante el trabajo, puesto que la pieza que transmite la potencia lo hace girar en un sentido, mientras la máquina impulsada tiende a detener este movimiento por medio de esfuerzos aplicados en sentido opuesto.

Se debe estudiar las relaciones entre las cargas exteriores aplicadas y sus efectos en el interior de los cuerpos, además no se debe suponer que los cuerpos son idealmente rígidos, sino que las deformaciones por pequeñas que sean tienen gran interés.

2.4.2 ESFUERZO Y DEFORMACION.

Otro aspecto importante del análisis y diseño de elementos mecánicos se relaciona con las deformaciones que causan las cargas aplicadas a estos elementos. Es importante evitar deformaciones tan grandes que puedan impedir que estos elementos mecánicos cumplan la función para el cual se concibió, pero el análisis de deformaciones puede ayudarnos también en el cálculo de los esfuerzos.

❖ CARGAS.

Las cargas son las fuerzas que actúan sobre los cuerpos. Según su efecto sobre los cuerpos existen varios tipos de carga.

1. Carga Puntual o Concentrada.
 2. Carga Uniforme Distribuida.
 3. Carga Uniforme Variada.
-

❖ ESFUERZO.

El esfuerzo puede ser definido como la fuerza interna por unidad de área de una sección de unión.

❖ DEFORMACIÓN NORMAL BAJO CARGA AXIAL.

Se entiende como deformación normal, en una barra bajo carga axial como el alargamiento por unidad de longitud de dicha barra. Cambio de longitud entre la longitud inicial y la final.

❖ DIAGRAMA ESFUERZO - DEFORMACIÓN.

El diagrama que representa la relación entre esfuerzo y deformación en un material dado es una característica importante del material. Construyendo la gráfica del esfuerzo en contraste con la deformación obtenemos una curva que es característica de las propiedades del material. Esta curva se denomina diagrama esfuerzo-deformación y se obtiene mediante un ensayo de tracción aplicado a una probeta.

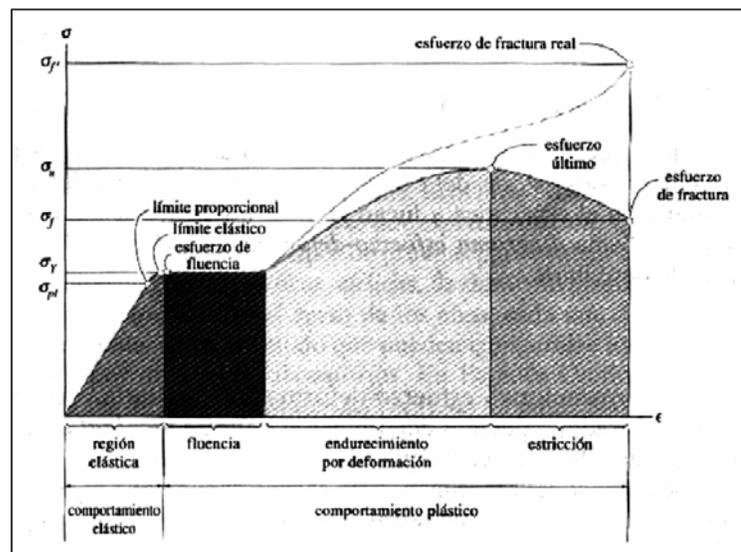


Figura N° 2.8 Diagrama Esfuerzo-Deformación unitaria, convencional y real, para un material dúctil (acero) (Fuente: R. C HIBBELER)

❖ MATERIALES DÚCTILES.

Los materiales dúctiles se caracterizan por su capacidad para deformarse plásticamente antes que se produzca la fractura.

❖ FRAGILIDAD.

Es lo opuesto a la ductilidad. Por lo tanto cuando se diseña un elemento de máquina se utilizan materiales dúctiles, porque la fractura inminente se detecta con facilidad y es poco probable que se tenga lugar una falla, por lo general los materiales dúctiles fallan por esfuerzos de corte, y los materiales frágiles fallan por esfuerzos normales.

❖ LEY DE HOOKE. MODULO DE ELASTICIDAD.

La mayor parte de los elementos mecánicos se diseñan para sufrir pequeñas deformaciones, que involucran solo la parte lineal del diagrama esfuerzo-deformación. Para la parte inicial del diagrama (figura N° 2.9) el esfuerzo es directamente proporcional a la deformación, es decir:

$$\sigma : E\varepsilon$$

Esta relación es la Ley de Hooke y el coeficiente E se llama modulo de elasticidad del material o modulo de Young.

❖ RANGO ELÁSTICO O ZONA ELÁSTICA.

Zona donde es válida la Ley de Hooke, es una línea recta con una pendiente pronunciada como se muestra en la figura N° 2.9. En cualquier punto de esta zona el material se deforma bajo la acción del esfuerzo y al retirar el esfuerzo el material recupera sus dimensiones originales sin que quede ninguna deformación.

El mayor valor para el cual se puede utilizar la ley de Hooke para un material dado es denominado límite de proporcionalidad de ese material.

❖ RANGO PLÁSTICO O ZONA FLUENCIA.

Es la zona donde los esfuerzos no son proporcionales a las deformaciones, un material cargado que se encuentra en esta zona al retirar el esfuerzo queda con una deformación permanente.

❖ ESFUERZO DE FLUENCIA.

El esfuerzo (σ_y), es el máximo esfuerzo que se puede aplicar sin que se produzca en el material, más que una deformación plástica muy pequeña. Es de uso casi universal definir el esfuerzo (σ_y), como el esfuerzo que produce una deformación plástica permanente de 0.002, que equivale a un 2 % de la distancia original entre puntos.

❖ ESFUERZO ÚLTIMO.

El esfuerzo (σ_u) corresponde a la carga máxima aplicada a la probeta, después de alcanzar este valor, se inicia el fenómeno de estricción, el diámetro de la probeta comienza a disminuir debido a la inestabilidad local, cargas más pequeñas son suficientes para continuar la deformación en la probeta, hasta que finalmente se rompe.

❖ ESFUERZO DE ROTURA.

Es el esfuerzo correspondiente a la ruptura, una vez iniciado el fenómeno de estricción, es la resistencia a la ruptura. La ruptura ocurre a lo largo de una superficie cónica que forma un ángulo de 45 grados con la superficie original de la probeta. Esto indica que los esfuerzos cortantes son los principales causantes de falla en los materiales dúctiles.

❖ ESFUERZO ADMISIBLE.

Es el máximo esfuerzo al que puede ser sometido un material con cierto grado de seguridad.

$$\sigma_{\text{adm}} = \sigma_{\text{falla}} / \Psi$$

Donde σ_{falla} es el límite de fluencia σ_y o la resistencia última σ_u según se trate de un material con comportamiento dúctil o frágil, respectivamente.

❖ FACTOR DE SEGURIDAD.

Es la relación entre el esfuerzo último o esfuerzo fluencia, esto depende del diseñador, y el esfuerzo admisible.

$$\Psi = \sigma_{\text{falla}} / \sigma_{\text{adm}}$$

2.4.3 CONCEPTO INVOLUCRADOS EN EL SISTEMA DE REBOBINADO.

Antes de continuar, se realizara una revisión de algunos conceptos fundamentales, relacionado con el área de diseño, los cuales se utilizaran más adelante.

❖ FUERZA.

Se define fuerza como cualquier acción de tirar o aflojar, es decir, que cualquier causa que tienda a producir o modificar el estado de reposo o movimiento se puede definir como fuerza.

El peso es solamente un tipo de fuerza: la acción de la gravedad sobre un cuerpo.

❖ TRABAJO Y ENERGÍA.

Ya desarrollamos anteriormente el concepto de fuerza, principalmente como medida de un esfuerzo. El trabajo, por otra parte, es la medida del resultado obtenido. Para que una fuerza pueda realizar un trabajo hace falta un movimiento.

La forma más práctica de definir el trabajo es como una fuerza que actúa a lo largo de una cierta distancia. De esta forma, si elevamos una carga de 100 kp a una altura de 10 m, realizamos un trabajo de 1000 kp×m. El trabajo se expresa normalmente en kilográmetros (kp×m).

$$\text{Trabajo} = \text{Fuerza} \times \text{Dis tan cia}$$

La energía es la capacidad para realizar un trabajo, y se expresa en las mismas unidades que el trabajo. Conocemos varias formas de energía. La carga de 100 kp, mencionada anteriormente, posee energía potencial cuando está en un lugar elevado, porque es capaz de realizar un trabajo cuando desciende.

❖ TORQUE.

El torque es la fuerza aplicada en una palanca que hace rotar alguna cosa. Al aplicar fuerza en el extremo de una llave se aplica un torque que hace girar las tuercas. En términos científicos el torque es la fuerza aplicada multiplicada por el largo de la palanca ($\text{Torque} = F \times D$) y se mide comúnmente en Newton metro.

❖ POTENCIA.

La potencia es la rapidez con que se efectúa un trabajo, es decir, el trabajo por unidad de tiempo ($\text{Potencia} = \text{Trabajo} / \text{tiempo}$). Tomando los conceptos básicos de física sabemos que $\text{Trabajo} = \text{fuerza} \times \text{distancia}$, que son precisamente las unidades del torque. Además sabemos que la velocidad rotacional de un motor se mide en rpm

(cuyas unidades son 1/min). Entonces si multiplicamos el torque por las rpm del motor tenemos $F \times D / \text{tiempo}$ que es precisamente la potencia.

Si utilizamos una palanca de 1 m y aplicamos una fuerza de 1 N en el extremo estaremos aplicando un torque de 1 N m. ¿Pero sería posible hacer girar esta palanca a 3000 rpm? Pues esto es precisamente lo que hace el motor de un vehículo.

2.4.4 APROVECHAMIENTO DE LA POTENCIA Y TORQUE PARA IMPULSAR LA REBOBINADORA DE PAPE

En todos los motores el torque no es constante, depende de la velocidad de giro del motor (rpm). Normalmente inicia con un torque muy bajo, aumenta paulatinamente hasta alcanzar un máximo y posteriormente vuelve a caer. La potencia al ser el resultado de la multiplicación del torque y las rpm tiene un comportamiento similar aunque la potencia máxima se alcanza a una mayor velocidad de giro del motor debido a que a pesar de que el torque ya no se encuentra en su máximo este es compensado por el aumento de la velocidad del motor, la potencia finalmente cae cuando el torque es definitivamente muy bajo y no puede ser compensado por la velocidad de giro del motor.

Desde el punto de vista de operación de la rebobinadora, el torque es el responsable de enrollar o bien de rebobinar. El torque es esa sensación de ir enrollando más papel. El torque máximo se alcanza en aquel punto en el que la bobina ha llegado a el diámetro estándar, es decir a su mayor peso. Para hacer el concepto mas didáctico, se tomara un ejemplo más palpable de la vida diaria, si usted quiere remolcar una carga o subir una cuesta, se recomienda mantener el motor en su régimen de giro de máximo torque.

La potencia no está ligada directamente con la aceleración la máquina, sino más bien, es una medida de cuánto dura la aceleración o esa sensación de empuje o enrollamiento para el caso de la rebobinadora de papel. Una vez que se ha alcanzado el torque máximo la rebobinadora empieza a acelerar contundentemente hasta cierto

punto donde ya no acelera con la misma intensidad, el punto en el cual logra acelerar contundentemente es el de máxima potencia.

❖ **IMPORTANCIA DEL TORQUE Y LA POTENCIA**

Cada motor se diseña según el uso que se le pretende dar. Si lo que se desea es una maquina de carga con un motor fuerte o bien una maquina que responda a bajas rpm, entonces se deberá buscar un alto torque aunque la potencia no sea muy alta. Por lo contrario, en el caso de los carros lo que se desea es un vehículo con capacidad de ser revolucionado para responder en autopista a altas velocidades, entonces se deberá buscar potencia aunque el torque no sea muy alto.

Como en todas las cosas, lo mejor es buscar un equilibrio entre ambas para tener una maquina versátil capaz de responder a cualquier situación.

2.4.5 FATIGA EN UNA PIEZA

Es el fenómeno mediante el cual cargas dinámicas solicitadas en una pieza hace que falle sin deformación previa visible bajo la acción de cargas dinámicas, estando sometidas en muchas ocasiones a esfuerzos que no superen los límites de resistencia estáticas.

Las fallas por fatiga se inicia con una pequeña grieta y esta es tan imperceptible que no se puede observar a simple vista. La grieta se produce en un punto de discontinuidad en el material, tal como un cambio de sección transversal, un cuñero (chavetero) un orificio. Además existen otros puntos menos obvios donde es fácil que existan fallas por fatiga, como irregularidades causadas por el maquinado, grietas internas o marcas de inspección.

En múltiples, ocasiones se debe estudiar los elementos de maquinas que han fallado bajo la acción de esfuerzos fluctuantes o repetidos, y se ha descubierto que después de un minucioso análisis se llega a la conclusión que los esfuerzos máximos reales tales como los esfuerzos que se originan por los momentos máximo flexor y torsional, cargas axiales y de corte etc., fueron inferiores a la resistencia última del

material y mucho menos a la resistencia de fluencia, es decir que por este estudio es evidente que no se produce la falla.

Por lo tanto se procede al análisis que se repite en muchas ocasiones, y esta falla se llama Falla por Fatiga.

En párrafos anteriores se comentó que la fatiga se forma por una grieta, el efecto de concentración del esfuerzo se hace mayor y se extiende más rápidamente. Además el área sometida al esfuerzo decrece en tamaño, y paralelamente aumenta en magnitud hasta que finalmente, el área restante falla inesperadamente. En consecuencia las fallas por fatiga se identifican por dos áreas distintas:

1. Desarrollo Progresivo de la grieta y
2. Ruptura repentina.

La falla por fatiga no da señal alguna es repentina y total y por lo tanto peligrosa.

En el momento que no se tenga mucho conocimiento sobre las fallas por fatiga es conveniente duplicar o triplicar los factores de seguridad, y crear así un diseño que no falle.

❖ TEORIA DE LA DURACION HASTA LA DEFORMACION EN FALLAS POR FATIGA.

La deformación por falla por fatiga se explica en la siguiente teoría. “La teoría más exacta propuesta hasta la fecha para explicar la naturaleza de la falla por fatiga se denomina a veces (teoría de la duración hasta la deformación). Esta teoría se puede determinar valores de resistencia a la fatiga, pero cuando se le da este uso es necesario conjuntar varias idealizaciones así que existirán algunas incertidumbres en los resultados. Por esta razón la teoría se presenta aquí solo por su valor para la explicar la naturaleza de la fatiga”¹

¹Joseph Shigley y Charles Mischke: Diseño en Ingeniería Mecánica, pág. 312.

Cuando se produce la falla por fatiga casi siempre da comienzo en una discontinuidad, local como una muesca, grieta que se produce la concentración de esfuerzo. El valor del esfuerzo en la discontinuidad excede el límite elástico se presenta la deformación plástica. En otras palabras para que ocurra una falla por fatiga deben existir deformaciones cíclicas de naturaleza plástica.

Existe una ecuación para obtener la duración a la fatiga de un elemento cuando se conocen la deformación y otras características cíclicas.

$$\frac{\Delta \varepsilon}{2} = \frac{\sigma}{E} (2N)^b + \varepsilon_f (2N)^c$$

Donde: ε_f = Coeficiente de ductilidad a la fatiga.

σ_f = Coeficiente de resistencia a la fatiga.

C = Exponente ductilidad a la fatiga

B = Exponente de resistencia a la fatiga.

La ecuación anterior es irreprochablemente legítima para hallar la duración a la fatiga de un elemento cuando se conoce la deformación y otras características cíclicas, pero resulta de poca utilidad para el diseñador, puesto que la cuestión de cómo determinar la deformación total en la raíz de una muesca u otra discontinuidad no ha sido solucionada aun.

❖ DEFINICIÓN DE LA DURACIÓN AL ESFUERZO

La duración al esfuerzo se determina con resistencia de un material bajo la acción de cargas de fatiga, la probeta se someten a fuerzas repetidas o variables de magnitudes específicas, y así se cuentan los ciclos o alteraciones de esfuerzo que soporta el material hasta la falla o ruptura. El dispositivo para ensayos de fatiga más empleado es la máquina de viga rotatoria de alta velocidad de R.R Moore, esta,

máquina somete a la probeta a la flexión pura (no a cortante Transversal) por medio de pesas.

Existe otra máquina para ensayos de fatiga que permite aplicar a las probetas esfuerzos axiales, torsionales o combinados, de tipo fluctuante o alternante (invertido alternativamente).

Para determinar la resistencia a la fatiga o límite de resistencia a la fatiga (S_e) de un material es preciso un gran número de pruebas o ensayos debido a la naturaleza estadística de la fatiga. En el caso de pruebas con la viga rotatoria se aplica una carga constante de flexión y se registra el número de revoluciones (alteraciones, o inversiones sucesivas de esfuerzos) de la viga que se requiere para la falla.

La primera prueba se efectuó con un esfuerzo algo menor que la resistencia última del material, y la segunda se lleva a cabo con un esfuerzo menor que el utilizado en la primera. Este ensayo se siguió hasta obtener los resultados o puntos necesarios para establecer el Diagrama S –N

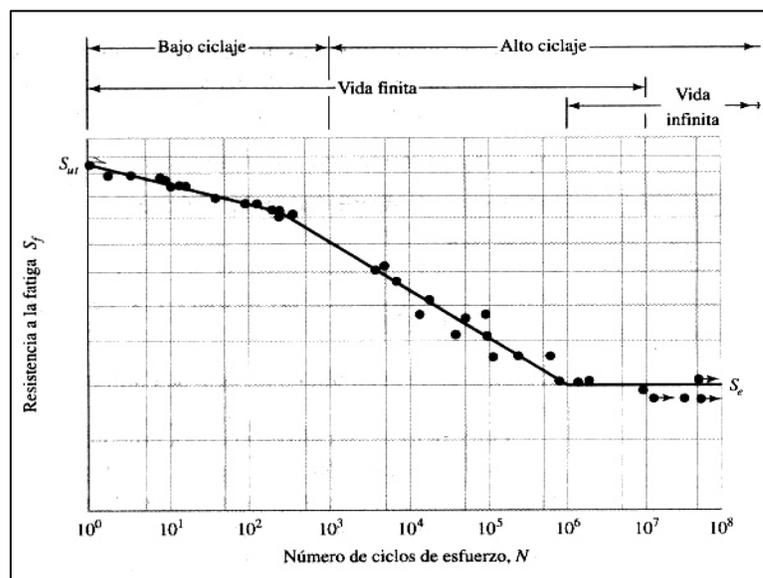


Figura N° 2.9 Diagrama S-N trazado a partir de los resultados de prueba de fatiga axial con inversión completa. Material: Acero UNS G41300, normalizado; S_{ut} = 116 kpsi; S_{ut} máximo =125kpsi. (Datos proveniente de NACA Technical Note 3866, diciembre 1966.) (Fuentes: Shigley Joseph).

Las ordenadas del Diagrama S-N son las Resistencia a la fatiga S_f , y en el eje horizontal se expresa el número de ciclos N que corresponde.

Se destaca que para el caso de los aceros se presenta, el quiebre mostrado en la grafica, y se observa que mas allá de ese punto de quiebre no se produce falla, cualquiera que sea el numero de revoluciones.

Se acota que la ciencia todavía no ha podido explicar completamente el mecanismo real de la fatiga, pero los diseñadores deben seguir creando cosas que no fallen.

❖ FACTORES QUE MODIFICAN EL LÍMITE DE RESISTENCIA A LA FATIGA (S_e).

No es razonable pensar que el límite de fatiga de un elemento mecánico o estructural resulte igual a los valores arrojado en los laboratorios. En los recintos de estudio las pruebas en las condiciones ideales y con mucho cuidado para obtener resultados en condiciones controladas y precisas. Algo muy distante de la realidad.

Marín* ha propuesto una clasificación de algunos de los factores que modifican el límite de resistencia a la fatiga. Ellos son:

Material: composición química, base de la falla, variabilidad.

Manufactura: método de fabricación, tratamiento térmico, corrosión por desgaste, condición de la superficie, concentración del esfuerzo.

Condición Ambiental: corrosión, temperatura, estado de esfuerzo tiempos de relajación.

Diseño: tamaño, configuración, duración, estado de esfuerzo, concentración del esfuerzo, velocidad, desgaste.

* Joseph Marin Mechanical Behavior of Engineering Materials, Prentice- Hall Englewood Cliffs, 1962. Pág. 22.

Teniendo en cuenta la más trascendente de estas condiciones se utiliza una variedad de factores de modificación, de los cuales cada uno corresponde a un solo efecto. Con base a lo anterior se tiene:

$$S_e = K_a * K_b * K_c * K_d * K_e * S_e'$$

Donde:

S_e : Límite de Resistencia a la Fatiga.

S_e' : Límite de Resistencia a la fatiga de la muestra de Viga Rotatoria.

K_a : Factor de superficie.

K_b : Factor de Tamaño

K_c : Factor de Temperatura

K_e : Factor de efectos Diversos.

Factor de superficie K_a :

La siguiente tabla se muestra los factores de acabado de superficie.

Tabla N° 6 Factores de acabado de superficies (Fuentes: Shigley)

<i>Acabado Superficial</i>	<i>a</i>	<i>a</i>	<i>b</i>
	Kpsi	MPa	
Esmerilado	1,34	1,58	-0,086
Maquinado o Laminado en Frío	2,67	4,45	-0,265
Laminado en Caliente	14,5	56,1	-0,719
Como Sale de Forja	39,8	271	-0,995

La fórmula de K_a :

$$K_a = A S_{ut}^b$$

Donde: S_{ut} es la resistencia última a la tracción.

Factor de tamaño K_b :

El factor de tamaño fue evaluado estadísticamente para un conjunto de puntos, y se obtuvo que para torsión y flexión el factor se determina como:

$$k_b = \begin{cases} (d / 0,3)^{-0,107} = 0,879 d^{-0,107} \rightarrow 0,11 \leq d < 2 \text{ pu lg} \\ 0,859 - 0,02125 d \rightarrow 2 < d \leq 10 \text{ pu lg} \\ (d / 7,62)^{-0,107} = 1,24 d^{-0,107} \rightarrow 2,79 \leq d \leq 51 \text{ mm} \\ 0,859 - 0,000837 d \rightarrow 51 < d \leq 254 \text{ mm} \end{cases}$$

Mientras que para carga axial el factor vale uno (1)

Los tamaños mayores, K_b varía de 0,60 y 0,75 en flexión y torsión.

Factor de carga K_c :

Al realizarse ensayos a la fatiga con carga de flexión rotativa, axial (tiro y empuje) y torsional, los límites de la resistencia a la fatiga difieren, y se relacionan según la siguiente ecuación:

$$k_c = \alpha S_{ut}^\beta$$

Los valores de la ecuación se obtienen en la siguiente tabla:

Tabla N° 7 Parámetro en el factor de carga de Marín (Fuentes: Shigley)

<i>Modo de carga</i>	α Kpsi	α MPa	β
Flexión	1	1	0
Axial	1,23	1,43	-0,078
Torsión	0,328	0,258	0,125

Factor de temperatura K_d :

Si la temperatura de operación es menor que la temperatura del lugar de trabajo, la fractura por fragilidad de los materiales es una posibilidad latente y debe investigarse antes de empezar a trabajar. Cuando las temperaturas de operación son mayores que la del lugar de trabajo, antes de investigarse la fluencia porque la resistencia de fluencia disminuye muy rápido con la temperatura.

Al trabajarse a temperatura ambiente $K_d=1$.

Al ser las temperaturas de operación son menores a la temperatura ambiente, tal vez provoque la fractura frágil, ya que la resistencia disminuye con rapidez con la temperatura. Debido a la resistencia a la fatiga reducida, el proceso de falla depende, hasta cierto punto del tiempo.

Mediante el empleo de la gráfica (Fig.2.10) que se presenta a continuación se pudo determinar los valores de S_t/S_{rt} , con el cual se obtiene el valor del factor, y dicho estudio se refleja en la tabla N° 8:

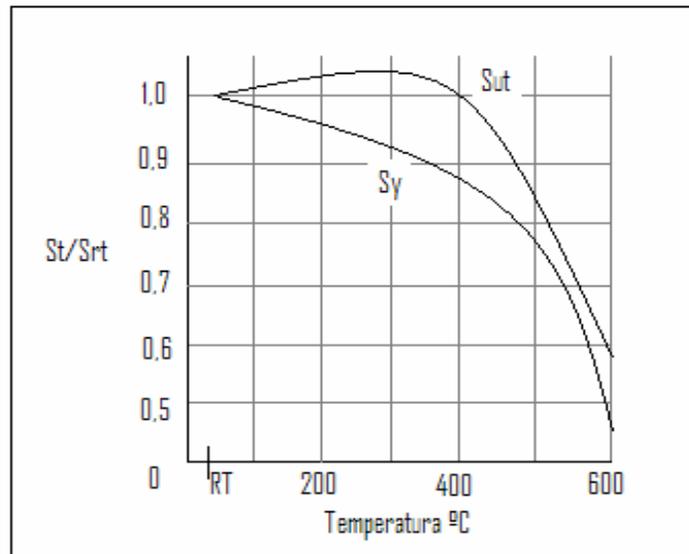


Figura N° 2.10 S_y/S_{rt} en función de la temperatura. (Fuentes: Shigley)

Tabla N° 8 Temperatura y St/Srt. (Fuentes: Shigley)

<i>Temperatur</i> °C	<i>St/Srt</i>	<i>Temperatur</i> a °F	<i>St/Srt</i>
20	1,000	70	1,000
50	1,010	100	1,008
100	1,020	200	1,020
150	1,025	300	1,024
200	1,020	400	1,018
250	1,000	500	0,995
300	0,975	600	0,963
350	0,943	700	0,927
400	0,900	800	0,872
450	0,843	900	0,797
500	0,768	1000	0,698
550	0,672	1100	0,567
600	0,549		

Se originan dos tipos de problemas cuando se toma en cuenta la temperatura. Si se conoce el límite de resistencia a la fatiga de una viga rotativa a temperatura ambiente, entonces se emplea:

$$k_d = \frac{S_T}{S_{RT}}$$

Al tomar en cuenta la tabla. Si no se conoce el límite de resistencia a la fatiga de una viga rotatoria, entonces se calcula con la ecuación empleada normalmente, entonces se usa el factor como uno (1).

Factor de efectos diversos k_e :

El factor de efectos diversos k_e tiene como propósito tomar en cuenta la reducción en el límite de resistencia a la fatiga debida a los otros efectos, realmente representa un recordatorio de que estos efectos se deben tomar en cuenta, porque los valores reales del mismo no siempre están disponibles.

El valor de este factor contempla una serie de variables o parámetros que afectan el límite de resistencia a la fatiga, mejorando o reduciendo de manera significativa su valor; entre estos factores tenemos:

- Los esfuerzos residuales: mejoran el límite de resistencia o afectan de manera negativa, contemplando los esfuerzos de torsión, flexión y axial. Además tiene que ver con la dirección de los granos en la pieza.
- Corrosión: la resistencia a la fatiga disminuye en presencia de la corrosión, lo cual se debe al desbastado o picadura de la superficie.
- Recubrimiento electrolítico: estos reducen el límite de resistencia hasta un 50%, estos recubrimientos pueden ser de cromo, níquel o cadmio.
- Metalizado por aspersion: provoca imperfecciones superficiales que pueden indicar grietas, reduciendo en un 14% el límite de resistencia a la fatiga aproximadamente.
- Frecuencia cíclica: este factor no influye en el límite, a menos que se esté en presencia de corrosión o de elevadas temperaturas.
- Corrosión por frotamiento: es el efecto producido por la unión de piezas metálicas.

Tomando en consideración todo esto, cuando no se especifiquen alguno de estos parámetros se considera este factor como uno.

A continuación se presenta como este factor modifica las curvas S-N, mediante el estudio de probetas sometidas a estos efectos:

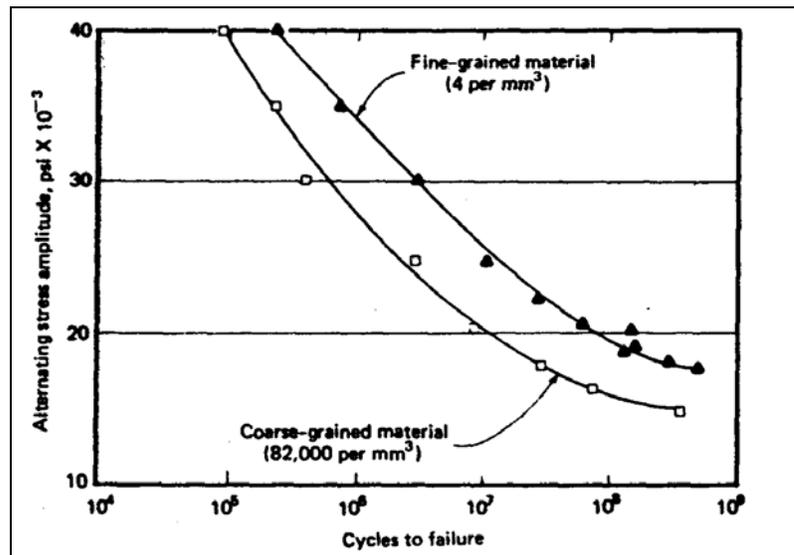


Figura N° 2.11 Dirección del grano. (Fuentes: OSGOOD, Carl C. Fatigue Desing.).

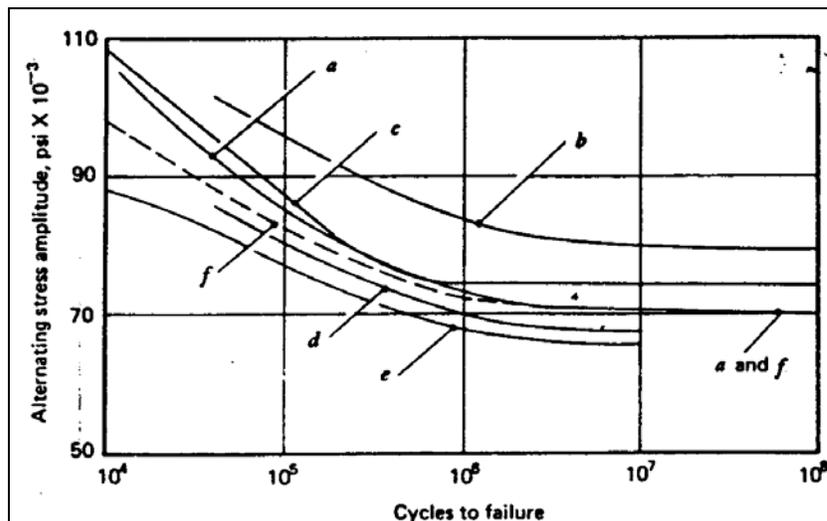


Figura N° 2.12 Tratamientos Térmicos. (Fuentes: OSGOOD, Carl C. Fatigue Desing.).

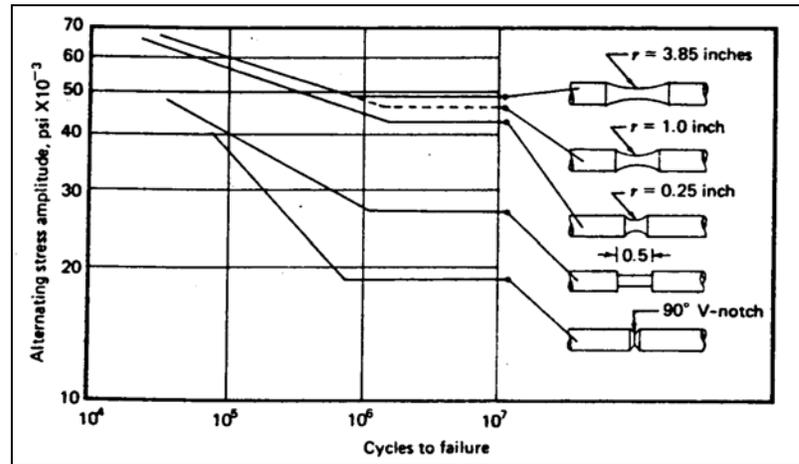


Figura N° 2.13 Efectos de Entallas. (Fuentes: OSGOOD, Carl C. Fatigue Desing).

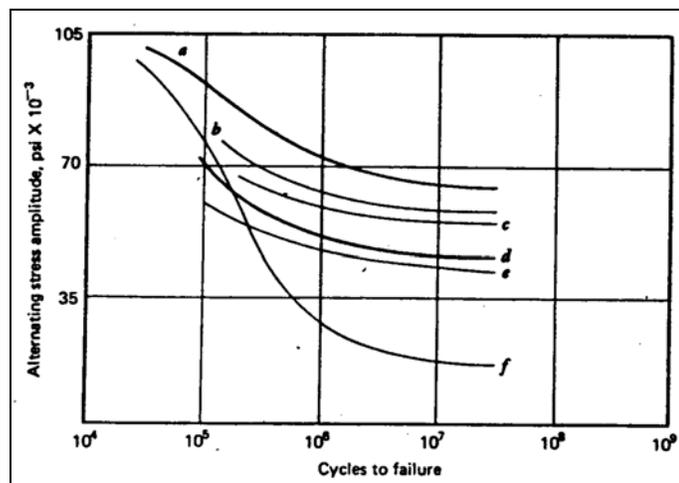


Figura N° 2.14 Efectos por Corrosión. (Fuentes: OSGOOD, Carl C. Fatigue Desing).

Otra variable a considerar como modificadora de las curvas S-N son las llamadas Distribuciones; ya que dependiendo de la naturaleza de la distribución de los elementos se encuentran diferentes variables que pueden ser continuas, no seriamente oblicuas y numerosas; produciendo así una caracterización de esfuerzos llamados fluctuantes.

En la figura N° 2.15 los esfuerzos fluctuantes son observados mediante la implementación de una máquina de control automático, la cual presenta la naturaleza de estos esfuerzos en una manera sinusoidal debido a la rotación de la misma. Se ha determinado que en estos patrones periódicos existen un solo máximo y un solo mínimo de la fuerza, la forma de la onda no resulta fundamental, pero los picos en el lado alto (máximo) y el lado bajo (mínimo) son importantes. Estos esfuerzos pueden venir dado de muchas formas, los cuales se van a modelar de acuerdo a un parámetro.

La figura que se presenta a continuación, representa una forma de estos esfuerzos:

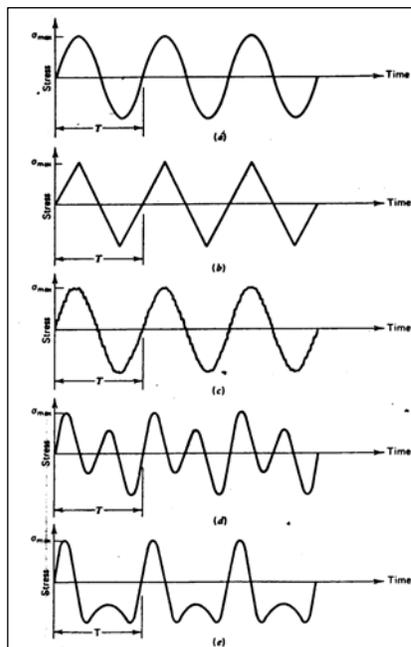


Figura N° 2.15. Esfuerzos Fluctuantes. (Fuente: OSGOOD, Carl C. Fatigue Desing).

A los esfuerzos se clasifican o se les fija un parámetro, el cual puede ser: esfuerzo fluctuante senoidal, esfuerzo repetido y esfuerzo senoidal completamente invertido; cada uno con unas ciertas características bien definidas, como por ejemplo

el esfuerzo medio es cero, o la fuerza mínima es cero, etc., las cuales modifican de manera significativa las curvas S-N.

2.5 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE REBOBINADO.

El sistema de Rebobinado de papel consta de (5) cinco etapas o partes durante su funcionamiento, las cuales están vinculadas con las partes de la máquina. El funcionamiento de cada una de las etapas se explicará brevemente a continuación.

2.5.1 SISTEMA DE POTENCIA.

El régimen de potencia tiene la finalidad de aportarle movimiento y otorgarle la potencia y el torque requerido para mover la bobina alimentada y empezar el proceso de rebobinado. Este sistema se encuentra conformado por un motoreductor que hace girar el eje de la bobina alimentada, el eje del motor reductor y el eje de la bobina están unidos por medio de un acople que tiene la función de unir y a su vez transmitir el torque y la potencia.

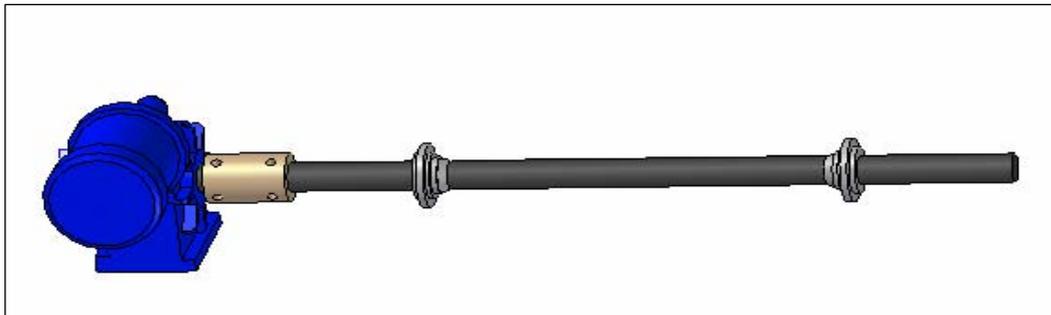


Figura N° 2.16 Sistema de Potencia. (Fuentes: Los Autores)

2.5.2 EJE BOBINA ALIMENTADA.

Los ejes de bobina alimentada constan de un elemento cilíndrico de Acero AISI 1045 de diámetro de 50 cm, acoplado al eje del moto reductor, además posee unas tuercas de sujeción para mantener presionado la bobina alimentada, dicho eje

descansa sobre unos cojinetes de superficie plana asociados a dos columnas de las estructura, respectivamente, este eje ofrece una excepcional resistencia a las sollicitaciones sometidas.

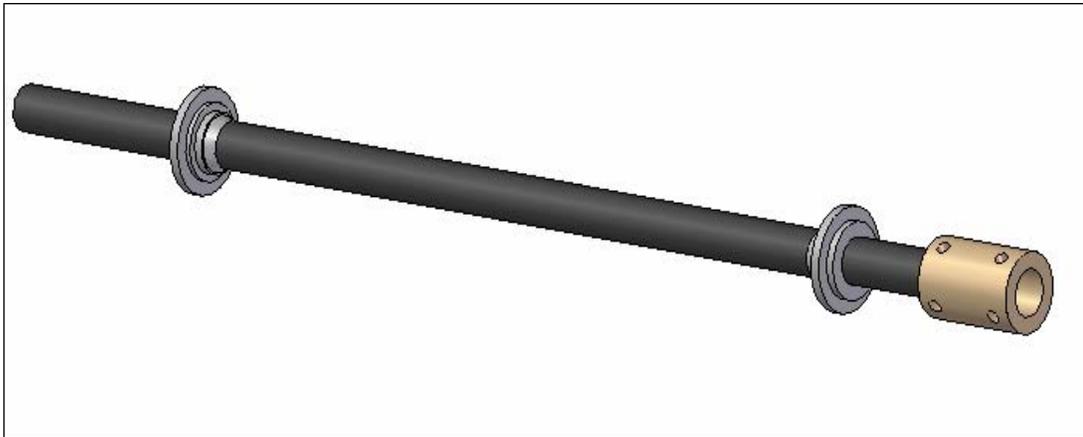


Figura N° 2.17 Eje de bobina Alimentada (Fuente: Los Autores)

2.5.3 SISTEMA DE ALINEACIÓN Y FRENADO.

El sistema de alineación y freno, esta compuesto principalmente por un disco de freno de moto comercial de una masa de 2 kg, dos tornillos de potencia, pastillas de frenos, un eje acoplado al freno, dos rodamientos y un carro para desplazar el eje lateralmente, tal como se muestra en la siguiente figura.

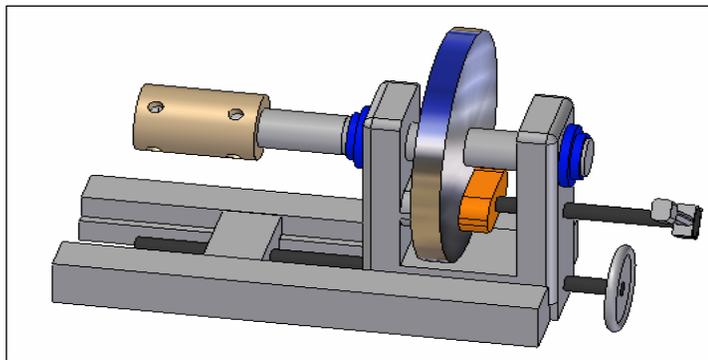


Figura 2.18 Sistema de Alineación y Freno. (Fuente: Los Autores)

El mecanismo de alineación y frenado va hacer utilizado para dos (2) funciones:

1° *Controlar la velocidad angular del eje de la bobina de aporte*, puesto que a medida que transcurra el proceso de rebobinado, la inercia de este bobina de aporte va disminuyendo y por ende se incrementa la velocidad angular, y esta particularidad va en perjuicio del correcto rebobinado, y controlar lateralmente el eje soporta a las bobinas de aporte.

2° *Movilizar lateralmente el eje acoplado al eje del freno*, que soporta a los bobinas de aporte de papel que son los que le aportan el material a la bobina que se está rebobinando.

Por medio del manubrio o volante, activado por el operador, se desplaza axialmente el sistema de freno. Esta particularidad se logra, porque este dispositivo consta de un volante que esta adherido a un tornillo de potencia, que se encuentra asociado a un carrito, que se desplaza por unos rieles. La tuerca de este tornillo de potencia se encuentra soldada (solidaria) a una pieza de acero.

2.5.4 EJE BOBINA DE APORTE.

Este dispositivo esta constituido por un eje de hacer AISI 1045, de diámetro de 50 cm. donde se inserta la bobina de material de aporte a la bobina alimentada, este eje está acoplado a el eje del freno por medio de un acople, también al igual que el otro eje consta de dos (2) tuercas de sujeción y descansa sobre dos (2) de superficie plana solidarias a las dos columnas de la estructura.

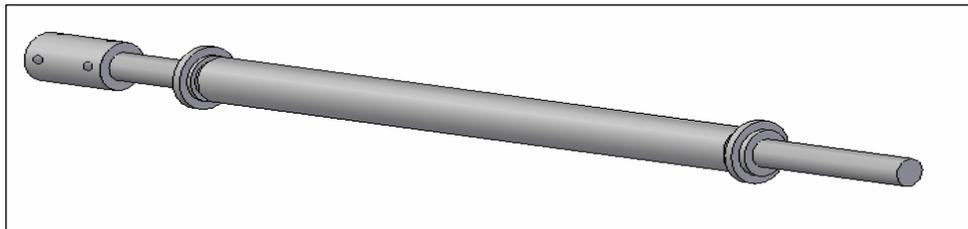


Figura 2.19 Eje Bobina de Aporte. (Fuente: Los Autores).

2.5.5 ESTRUCTURA.

La estructura llamada porta bobina, está constituida por cuatros (4) tubos estructurales de (200 x 70) cm. que hacen la función de ser apoyo de los ejes y cuatro (4) tubos estructurales de sección rectangular (80 x 40) para el aporte de rigidez a la estructura.

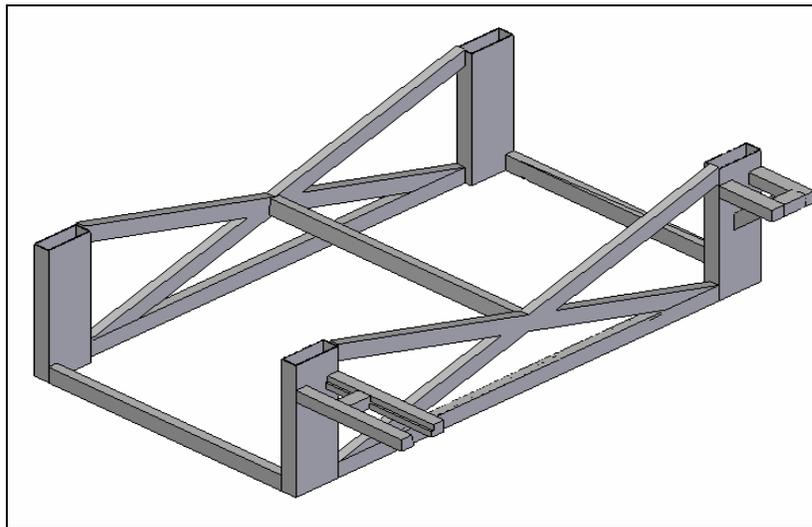


Figura N° 2.20 Estructura de la rebobinadora (Fuentes: Los Autores)

2.6 BASES TEÓRICAS PARA LA ELECCIÓN DE LOS EQUIPOS.

Se precisarán las bases teóricas que establecerán la correcta elección de los equipos y dispositivos que conformaran la rebobinadora de papel, de este modo será de utilidad en el desarrollo de cada una de las partes que constará la máquina.

2.6.1 EQUIPOS QUE CONFORMAN EL SISTEMA DE REBOBINADO.

Existen compañías que ofertan distintos tipos de equipos, aunque se puede conseguir de segundo uso para la aplicación de este diseño, para obtener el mejor funcionamiento posible.

EL FRENO.

Es sabido de la ley de la conservación de la energía, la cual dice que “la energía no se crea ni se destruye solo se transforma”. La energía cinética y la calorífica son solo 2 de los diferentes tipos de energía, la primera es aquella energía que tiene los cuerpos al estar en movimiento y la segunda es la energía que toman o desprenden los cuerpos en forma de calor.

Cuando la Rebobinadora esté en pleno movimiento (o proceso) tiene una cierta energía cinética y se quiere detener o más aun controlar la velocidad lineal. Se tiene que transformar esa energía en algún otro tipo de energía que no involucre el movimiento de la rebobinadora, como la energía calorífica. Esta se logra mediante la fricción, que es la fuerza que se opone al movimiento.

FRENO DE DISCO.

Los frenos de discos utilizan el mismo principio básico de frenado (fricción y calor). Los frenos de discos constan de un disco expuesto al aire que es frenado por una mordaza generando fricción y calor. Este sistema es muy efectivo ya que el calor se disipa fácilmente al tener todos sus elementos expuestos al aire evitando encerrar el calor.

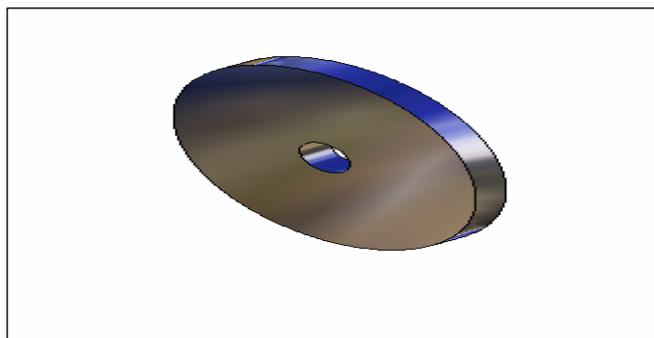


Figura N° 2.21. Disco de Freno. (Fuentes: Los Autores)

MOTOREDUCTOR.

Un motoreductor está conformado por un motor y una caja reductora, que posee un grupo de mecanismos destinados a disminuir la velocidad y aumentar el torque del motor al cual esta acoplado la caja reductora.

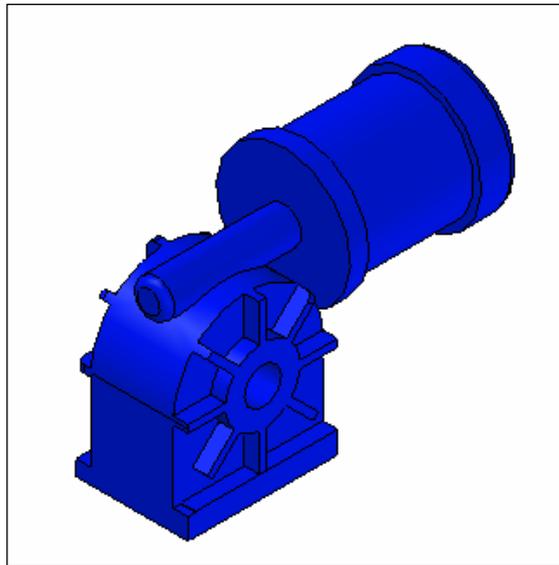


Figura 2.22 Motor Reductor. (Fuente: Los Autores).

Es el elemento mecánico más adecuado para el accionamiento de la bobina a ser rebobinada, donde se necesita alto torque de una forma eficiente, constante y segura.

Las ventajas de usar el motorreductor son:

- Alta eficiencia de la transmisión de potencia del motor.
 - Alta regularidad en cuanto a potencia y par transmitidos.
 - Poco espacio para el mecanismo.
 - Poco tiempo de instalación y mantenimiento
 - Elemento seguro en todos los aspectos, muy protegidos.
-

Los motorreductores se suministran normalmente acoplados al mecanismo reductor un motor eléctrico, cerrado y refrigerado por un autoventilador. Además, este motor suele incluir como protección un guarda-motor que limita su intensidad y un rele térmico de sobrecarga.

ACOPLES.

Un acople es un conector que se utiliza para unir dos ejes en su extremo con el fin de transmitir potencia. Existen dos tipos generales de acoples: rígidos y flexibles.

El acople rígido se diseña para unir dos ejes en forma apretada de manera que no sea posible que se genere movimiento relativo entre ellos. Este diseño es deseable para ciertos tipos de equipos en los cuales se requieren una alineación precisa de dos ejes.

Los acoples flexibles son capaces de transmitir torque con suavidad en tanto permiten cierta desalineación axial, radial y angular. La flexibilidad es tal que, cuando ocurre una desalineación, las piezas del acople se mueven sin ninguna o una mínima resistencia. En consecuencia no se desarrollan tensiones significativas por flexión en el eje.

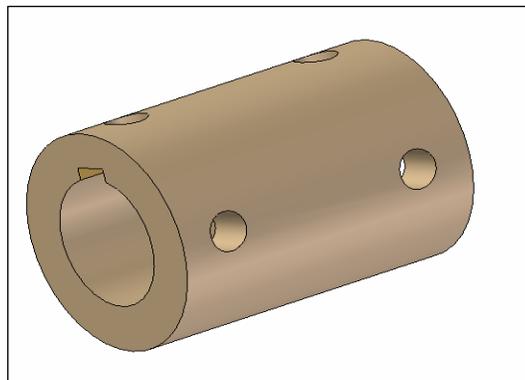


Figura 2.23 Acople. (Fuente: Los Autores)

COLUMNAS

Una columna es una pieza estructural que soporta una carga axial por compresión y tiende a fallar como resultado de inestabilidad elástica, o por pandeo, más que por trituración del material.

El pandeo o inestabilidad elástica es una condición de falla en la que la forma de la columna no es lo suficientemente rígida para mantenerla recta bajo la acción de carga es decir sufre una deflexión lateral. En el punto que se presenta el pandeo, se genera en forma súbita una deflexión drástica del eje de la columna. En consecuencia, si la carga no se reduce, la columna se colapsará. Por tal motivo es necesario evitarse estas fallas catastróficas en la estructura de la rebobinadora de papel.

La carga axial máxima que una columna puede soportar cuando esta a punto de pandearse se llama carga crítica P_{cr} . Cualquier carga adicional ocasionará que la columna se pandee y por consiguiente, se deflexiones lateralmente.

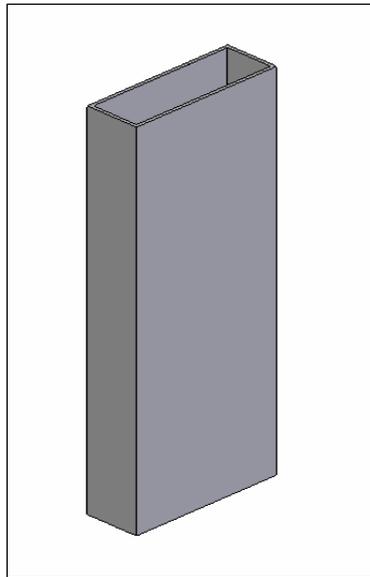


Figura N° 2.24 Columnas (Fuentes: Los Autores)

Razón de delgadez.

La razón de delgadez es la relación de la longitud efectiva de la columna con su radio de giro mínimo. Esto es,

$$\text{Razón de delgadez} = L_e / r_{\min} = KL / r_{\min} .$$

Se conocen dos métodos para el análisis de columnas rectas, que se carga en el centro: Formula de Euler para columnas largas, esbeltas o delgadas; y la fórmula de J. B. Jonson para columnas cortas.

La decisión en cuanto a cual método utilizar depende del valor de la razón de delgadez para la columna objeto de análisis en relación con la razón de transición de delgadez, o constante de columna, que se define como

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{S_y}}$$

Donde E es el coeficiente o módulo de elasticidad del material con que está hecha la columna y S_y es la resistencia a punto cedente del material.

Si KL/r real es mayor que C_c , la columna es larga, lo que implica que la ecuación de Euler se utiliza para el análisis de la columna. En caso contrario, KL/r es menor que C_c , la columna es corta y es la formula de J.B. Jonson, la que debe usarse.

LOS RODAMIENTOS.

Los rodamientos son elementos de máquinas que permiten el movimiento entre un elemento mecánico y otro. Estas piezas de acero aleado con cromo, manganeso y molibdeno, son sometidos a rigurosos tratamientos térmicos para obtener piezas de gran resistencia al desgaste y a la fatiga.

La mayoría de los rodamientos están formados por anillo uno interior y otro exterior. Los rodamientos son los elementos de maquinas más críticos de un dispositivo de rotación, por ello se someten a múltiples inspecciones de calidad

durante su proceso de fabricación. Otra característica de los rodamientos es la exactitud de sus dimensiones, para un satisfactorio funcionamiento del conjunto.

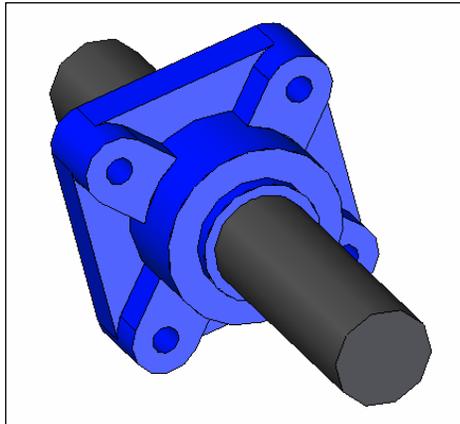


Figura 2.26 Rodamiento. (Fuente: Los Autores)

2.7 PROCESO DE UNIÓN Y ENSAMBLE.

La soldadura es un proceso de unión de material en el cual se funden las superficies de contacto de dos (o más) partes mediante la aplicación conveniente de calor o presión. La integración de las partes que se unen mediante soldadura se denomina un ensamble soldado. Su importancia comercial y tecnológica se deriva de lo siguiente:

- La soldadura proporciona una unión permanente. Las partes soldadas se vuelven una sola unidad.
 - La unión soldada puede ser más fuerte que los materiales originales, si se usa un metal de relleno que tenga propiedades de resistencia superiores a la de los materiales originales y se emplean las técnicas de soldadura adecuada.
-

- En general, la soldadura es la forma más económica de unir unos componentes, en términos de uso de materiales y costo de fabricación. Los métodos alternativos de ensamble requieren alteraciones más complejas de las formas (por ejemplo, taladrado de orificio) y adiciones de sujetadores (remaches o tuercas). El ensamble mecánico resultante por lo general es más pesado que la soldadura correspondiente.
- La soldadura no se limita al ambiente de fábrica: Puede realizarse en el campo.
- Se puede emplear en cualquier posición.
- El equipo para soldar es relativamente sencillo, económico y portátil.

PARÁMETROS DE SOLDADURA

1. Diámetro del electrodo:

En general, se deberá seleccionar el mayor diámetro posible que asegure los requisitos de aporte térmico y que permita su fácil utilización, en función de la posición, el espesor del material y el tipo de unión, que son los parámetros de los que depende la selección del diámetro del electrodo. Los electrodos de mayor diámetro se seleccionan para la soldadura de materiales de gran espesor y para el soldeo en posición plana.

2. Intensidad de soldadura:

Cada electrodo, en función de su diámetro posee un rango de intensidades en el que puede utilizarse, en ningún caso se debe utilizar intensidades por encima de ese rango ya que se producirían mordeduras, proyecciones, intensificación de los efectos del soplo magnético e incluso grietas. En un cordón de soldadura cuanto mayor sea la intensidad utilizada mayor será la penetración.

3. Longitud del arco:

La longitud del arco a utilizar depende del tipo de electrodo, su diámetro, la posición para soldar y la intensidad. En general, debe ser igual al diámetro del electrodo, excepto cuando se emplee el electrodo de tipo básico, que deberá ser igual a la mitad de su diámetro.

4. Velocidad de desplazamiento.

La velocidad de desplazamiento durante el soldeo debe ajustarse de tal forma que el arco adelante ligeramente al baño de fusión. Cuanto mayor es la velocidad de desplazamiento menor es la anchura del cordón, menor es el aporte térmico y más rápidamente se enfriará la soldadura. Si la velocidad es excesiva se produce mordeduras, se dificulta la retirada de la escoria y se favorece el atropamiento de gases (produciéndose poros).

5. Diseño de juntas:

Se entiende por junta el espacio existente entre las superpies que van a ser unidas por soldadura.

El proceso de soldadura, tipo de material, geometría de las piezas y particularmente el espesor, son los principales factores a tener en cuenta para el diseño de junta.

Se exponen, a continuación, las preparaciones de bordes típicas de un fabricante español de bienes de equipo, atendiendo al proceso de soldadura empleado y al espesor del material.

TORNILLO DE POTENCIA.

El tornillo de potencia está diseñado para convertir el movimiento giratorio en movimiento lineal, y ejerce la fuerza necesaria para mover la pieza, que en este caso es la pastilla contra el disco de freno, el accionamiento de este tornillo es por medio de una palanca maniobrada por un operador, la tuerca se mantiene fija mientras el tornillo es el que se desplaza, como se muestra en la siguiente figura.

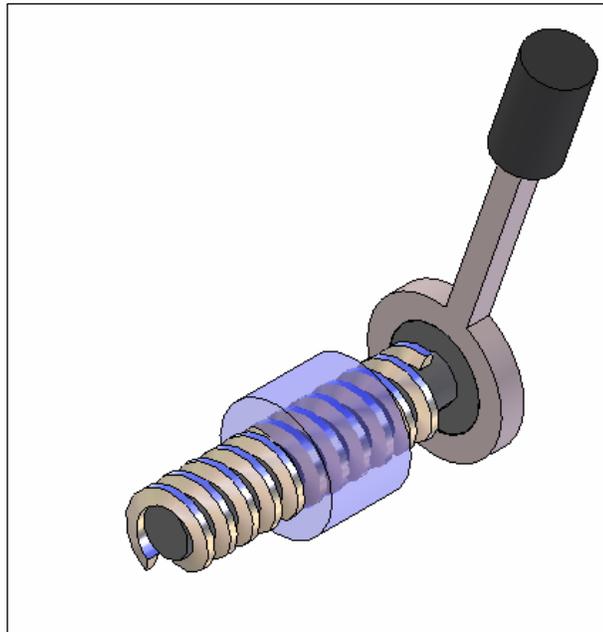


Figura 2.26 Tornillo de potencia (Fuentes: Los Autores)

2.8 METODOLOGÍA DEL DISEÑO.

Para poder llevar a cabo el diseño de la rebobinadora de papel, se debieron seguir normas y procedimientos estratégicos basados en diversos conceptos relacionados con el área del diseño de máquinas. Aquí se plantea principalmente la formulación de problemas claves para el diseño conceptual y físico.

2.8.1 CONCEPTO DE DISEÑO.

Diseñar es concretar un plan para satisfacer las necesidades o demandas de la humanidad, qué no es otra cosa que la obtención de un resultado final al que se llega mediante la acción determinada o por la creación de algo que tiene realidad física.

*“El **diseño** es el proceso mediante el cual transformamos recursos (materiales, humanos, etc.) en máquinas, productos o sistemas, con la finalidad de satisfacer una necesidad”².*

Con la aseveración anterior se demuestra que el diseño es una manera de responder con las necesidades del hombre y por lo tanto es la reacción por satisfacer los requerimientos, por esto puede ser tan confuso e indefinido, ya que requiere de un esfuerzo mental y físico considerable. Hay que destacar que muchos factores intervienen en el diseño y que las necesidades y deseos se relacionan con el tiempo y el dinero y por lo tanto es posible plantear varias soluciones.

Un problema de diseño no es un problema hipotético en absoluto. Todo diseño tiene un propósito concreto que es la obtención de un resultado final al que se llega mediante una acción determinada o por la creación de algo que tiene realidad física.



Figura N° 2.27 PROCESOS DE DISEÑO (Fuente: MILANI, Rodolfo)

² Milani Rodolfo. Diseño para nuestra realidad.

A menudo se describe el proceso de diseño (desde que empieza hasta que termina) como se muestra en la figura N° 2.27. Principia con el requerimiento del diseño, que se origina de la identificación de una necesidad y con una decisión de hacer algo al respecto. Después de muchas iteraciones, el proceso finaliza con la presentación de la solución para satisfacer las necesidades. En la sección siguiente se examinarán en detalle estos pasos del proceso de diseño.

2.8.2. PROCESO DE DISEÑO.

Se procederá a explicar cada unas de las fases del diseño, pero es necesario que tengamos claro que principalmente es importante la formulación del problema y el diseño conceptual así como la generación y evaluación de soluciones de diseño, fabricar algo no puede iniciarse antes de que haya completado el proceso de diseño.

Establecimiento de las necesidades: Es precisar de una manera clara un enunciado que englobe de una forma muy general el problema que se querrá resolver, tratando de eludir un enlace entre las necesidades con un aparato o sistema en particular, porque esta relación directa demarcaría una posible solución a priori, y no se tomaría en cuenta el sin números de soluciones existente.

Aceptación del problema: Después de establecer las necesidades se debe admitir todas las responsabilidades concerniente del problema, analizando, el tiempo, las posibilidades existente para la realización, habilidades y destrezas y lo más importante la toma de decisiones que acarrea resolver el problema.

Como consecuencia de esta etapa del proceso de diseño debe percatarse de una decisión consiente para proseguir con la resolución del problema, o en caso contrario desistir de la solución del problema.

Descripción: En esta fase el proceso de diseño, se debe detallar de una manera precisa, paso por paso como se va a abordar el problema a resolver, desde como se

empieza hasta como termina en la solución pero de una manera muy general por consiguiente en este punto del proceso de diseño, es de extremada relevancia tener unos objetivos bien definidos del problema, porque sino es así el flujo de ideas no será de mucha ayuda.

De aquí la necesidad imperiosa de que un problema este muy bien definido demarcado por sus limitaciones y como consecuencia directa se obtendrá una clara descripción para buscar soluciones factibles.

La descripción será la interfase y purificación que posibilitara las decisiones posteriores y el diseño final que será el resultado final y su respectiva elaboración física de las descripciones de las necesidades que se desean solventar.

La lista de las características o funciones que son esenciales para el producto.

Ejemplo:

- *Acoplar*
- *Amplificar*
- *Conducir*
- *Controlar*
- *Disipar*
- *Interrumpir*
- *Limitar*
- *Posicionar*
- *Rectificar*
- *Transformar*
- *Suplir*
- *Soportar*
- *Verificar, etc.*

Concepción del sistema: Después que se tiene bien asentado los puntos anteriores que son el establecimiento de las necesidades , la aceptación del problema

y la descripción del mismo, se procede a establecer los principios físicos por los cuales cada característica descrita o función podría desempeñar, es ordenar las funciones y descomponer en sub.-sistemas de ser necesario teniendo en cuenta la factibilidad de las soluciones propuestas, tomando en cuenta las limitaciones y características que el sistema a diseñar debe poseer.

Es necesario considerar que no solo es adecuado tomar opciones o alternativas posibles; sino también, tomar decisiones y escoger aquellas que comparadas con las descripciones, presenten las mejores ventajas.

Por lo tanto, esta etapa del diseño resulta ser el punto creativo, puesto que es donde se generan las soluciones.

Estudio de factibilidad: En esta etapa se considera si se puede hacer el proyecto, decir esto conllevará a analizar dos aspectos de suma importancia que son la factibilidad técnica y la factibilidad económica.

- ***Factibilidad técnica*** : Se debe considerar lo siguiente:
 - _ La energía debe conservarse.
 - _ La materia debe conservarse.
 - _ Todos los componentes e interfaces conocidos que conforman el sistema deben ser identificados y compatibles.
 - _ Los modos de fallas deben ser identificados.
 - _ Los límites del sistema deben estar bien definidos.
 - ***Factibilidad económica:***
 - _ Los componentes que tendrá el sistema se deben conseguir con facilidad, sin peligro de suspensión de suministro de los elementos.
 - _ Si se amerita de una pieza o componente a ser fabricado debe ser de sencilla fabricación.
 - _ Los precios costos y sus características lo deben hacer competitivo con los otros sistemas de igual utilización existente en el mercado.
-

Formación completa del sistema: Cuando ya se ha realizado un estudio de factibilidad técnico económico, se prosigue con el diseño, tratando de detallar todos los puntos con mayor exactitud, formando una completa visión del sistema.

No es muy necesario completar esta fase para continuar con otras fases del diseño, es decir puede trabajarse simultáneamente en el diseño en aquellas zonas que no requiere información del presente punto.

Diseño de detalles y procesos de fabricación: Durante el diseño de detalle debe existir una coordinación de función de enlace que se mantendrá en la concepción del todo, en muchas ocasiones tendremos que hacer aplicaciones de subsistemas, que el mercado los ofrece ya fabricados, y adaptarlo a nuestro sistema, decir hacer una simple selección.

Tal es el caso, de los motores eléctricos, rodamientos, sistemas de control, sistemas hidráulicos etc. Esta actividad es beneficiosa porque permite reducir considerablemente los costos de la máquina en general, ya que obtenemos partes de maquinas, de excelente calidad a bajos costos y adaptables a las necesidades y requerimiento de nuestro diseño.

Es conveniente tener una visión del proceso de fabricación de la pieza, porque esta información nos brinda la posibilidad, de saber si la pieza corre el riesgo de fallar o no es decir si resiste las sollicitaciones a las cuales estarán sometidas.

Diseñar para la realización de funciones a partir de la fabricación, pues si no se tiene encuesta estos dos aspectos el diseño será un rotundo o completo fracaso.

Fabricación: Corresponde a hacer físico la propuesta, y se debe tener en claro que el procedimiento de fabricación de la maquina, surgirán algunos ajustes que pueden variar un poco de los análisis previos, pero es común que se proceda a rediseñar o corregir todo aquello que no cuadre, esto es normal en los diseñadores con poca experiencia.

Evaluación final: Cuando ya se tiene el prototipo la de máquina se debe evaluar completamente, cada uno de los elementos del sistema antes de construirlo en serie, para evitar errores que incremento los gastos de una construcción en serie que a su vez tenga defectos.

Redacción del material para operación y mantenimiento: Aquí se realiza los respectivos manuales de mantenimiento preventivo y correctivo, que guías de reparación, manuales de instalación y operación, redactado o enfocado de una manera clara y diáfana para que las personas que sean ajenas al conocimiento ingeniería de proceso, para que sea sencilla la manipulación y reparación, ya sea obreros calificados o técnicos.

2.8.3. MÉTODOS DE DISEÑO.

Los métodos de diseños son todos y cada uno de técnicas, ayudas procedimientos que te inducen al diseño, puesto que son unas actividades que la persona analiza, utiliza y combina en el proceso de diseñar.

A continuación se introducirá una serie de procedimientos con un marco lógica que proporciona una idea sobre los distintos métodos de diseño:

❖ MECANISMO DE GENERACION DE IDEAS.

Por lo general existen varios métodos que estimulan y ayuda al pensamiento creativo. Su propósito es incrementar el flujo de ideas, tratando de hacer a un lado los bloques mentales que disminuye la creatividad.

Las técnicas creativas más utilizadas en el diseño mecánico para generar concepto solución son las siguientes:

Inversión: Este método consiste en voltear el problema, verlo de otra forma, por ejemplo si se ve algo desde afuera, invertir el problema y ahora verlo desde adentro algo encierra a algún objeto invertir la posición etc.

Analogía: Se trata de buscar similitud o semejanza del problema, con cualquier cosa, ya sea la naturaleza, la literatura, otras áreas técnicas, ramas de la ciencia etc. Y por lo tanto observando la solución de la analogía, la podemos traspolar al problema a solucionar.

Empatía: Consiste en ponerse en lugar del elemento o parte de la pieza que se desea diseñar, para así buscar nuevas perspectivas al problema que se propuso, tratando de vivir como se sentiría si al persona fuera la pieza, la empatía favorece el sistema sensorial.

Método de tormenta de ideas: En esta técnica se utiliza el lenguaje visual o escrito para gestar conceptos de solución en forma aleatoria.

De acuerdo a Milani Rodolfo (1985), Este método fue ideado por Alex Osborn y consiste en reunir un grupo (4 a 12 personas) para trabajar sobre un problema.

El grupo debe trabajar sobre las siguientes reglas:

No se permite ninguna evaluación o juicio sobre ideas, según Osborn de no ser así los participantes estarían más preocupados en defender sus ideas que en buscar nuevas ideas.

Tratar de que los participantes generen ideas y las expongan en la forma más espontánea posible. De esta manera se logra evitar que las mismas sean enjuiciadas internamente por las personas.

Debe buscarse cantidad de ideas porque esto ayudará a evitar evaluarlas internamente y por cantidad, en este caso genera calidad.

Debe promoverse entre los miembros del grupo que construyan sobre (o modifiquen) las ideas de otros, porque esto generalmente desemboca en ideas superiores a las iniciales

Es conveniente que las ideas sean apuntadas de alguna manera. Es muy buena práctica hacerlo en forma perfectamente visible a todos los participantes, por ejemplo en un pizarrón. Esto puede hacerlo alguno de los miembros del grupo.

Método de análisis morfológico: Técnica utilizada para establecer las combinaciones posibles de componentes o elementos que constituirán un nuevo producto, equipo o sistema.

- *Nuevos diseños:*
 - _ Enumerar las funciones del diseño a crear.
 - _ Establecer los principios asociados a la función en estudio.
 - _ Plantear alternativas.
 - _ Combinar soluciones.
- *Diseño evolutivo:*
 - _ Enumerar los componentes de la máquina.
 - _ Establecer alternativa a cada componente.
 - _ Combinar alternativas, seleccionando soluciones novedosas o modificaciones.

2.9 DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO.

Mantener consiste en realizar una serie de operaciones sobre un equipo o sistema de equipo con el fin de que permanezca en un estado de operatividad que permita cumplir un servicio determinado a un costo razonable.

De acuerdo con la definición expuesta, lo que se persigue con mantener es conservar un equipo en una condición de operatividad que lo haga rentable para el servicio que se pretende prestar. En este caso la rentabilidad no significa necesariamente rentabilidad económica, podría ser una tasa de producción (unidad de producción por mes, etc.) o de servicio.

En mantenimiento, no es prudente hablar de mantenimiento óptimo, debido a que la optimización del mantenimiento en si mismo no suele ser un fin. Técnicamente si un equipo o sistema de equipos se mantienen bien embalados y bajo una atmósfera

Neutra, los costos de mantenimiento serán mínimo y la tasa de falla nula lo cual corresponde a una situación optima, en principio absurda.

Describir y analizar, que es el mantenimiento no es otra cosa que el acumulado de acciones, operaciones y cuidados destinados a tener en buen estado los ejes, acoples, sistema de potencia e instalaciones en general que conforman la rebobinadora de papel, para que logre seguir funcionando apropiadamente.

La clasificación de las actividades de mantenimiento está asociada con operaciones de prevención o mantenimiento preventivo y operación de restituciones o mantenimiento correctivo o curativo.

MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Se entiende por mantenimiento correctivo o curativo, al conjunto de actividades que se realizan sobre un equipo fallido, para restablecerlo a condición operativa. La ocurrencia de fallas es un hecho inevitable, aunque controlable dentro de las limitaciones que se establecen durante el diseño y la construcción de los equipos o sistemas de equipos.

En todo sistema de mantenimiento organizado se trata que la tasa de falla se mantenga tan baja como sea económica o técnicamente conveniente.

Aun cuando la ocurrencia de una falla suele ser un hecho fortuito, la organización del trabajo de mantenimiento debe de estructurarse de tal forma que las actividades de reparación se realicen en la forma más eficiente posible.

En sistema de equipos complejos es muy importante la planeación de las actividades de reparación mediante la elaboración de esquemas lógicos de detección de fallas, la utilización de facilidades de diagnostico instrumental y mediante técnicas de detección analítica.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Se entiende por mantenimiento preventivo, el conjunto de actividades que se realizan sobre un equipo o sistema de equipos para mantenerlo en condiciones operativas, independientemente de que se produzca o no una falla.

Las operaciones de mantenimiento preventivo consisten en conservar el ambiente del equipo o sistema de equipos, dentro de los parámetros recomendables para su operación en las mejores condiciones posibles (limpieza, ventilación, etc.) y en realizar sustituciones de partes o componentes de bajo costo que por su naturaleza envejecen a un ritmo predecible, o cuya inminencia de falla puede establecerse a través de medios de detección, disminuyendo de esta forma la probabilidad de falla y prolongando la vida del equipo. Ejemplo típico de operaciones de mantenimiento preventivo en máquinas son:

Engrase periódico de los acoples, rodamientos y los rieles, inspección de los principales componentes, es decir motoreductor, en los cambios de contactores.

MANTENIMIENTO PREDICTIVO

Las operaciones preventivas de reemplazo programado suelen denominarse también como operaciones de mantenimiento predictivo, debido a que la acción preventiva ocurre después de operaciones de inspección ocular, instrumental o análisis estadístico de la información de falla (análisis de confiabilidad) de un equipo.

La realización de este capítulo permitió conocer todo lo relacionado a los principios del proceso de la imprenta, así como el estudio de los conceptos necesarios para elaborar una metodología de diseño que permita la elaboración de la rebobinadora de papel excedente.

CAPÍTULO III
MARCO METODOLÓGICO

CAPÍTULO III.

3. MARCO METODOLÓGICO

Al exponer cualquier diseño es fundamental tener bien determinado el problema que se requiere solventar, analizando, examinando y ajustando las alternativas, para elegir la opción que más satisfaga la mayor cantidad de necesidades. En el marco metodológico se muestran todas las posibles soluciones, cálculos previos y selecciones realizadas para obtener la máquina en su conjunto.

El diseño en Ingeniería se define como el proceso de aplicar diversas técnicas y principios, con objeto de definir un dispositivo, un proceso, o un sistema con suficiente detalle para permitir su realización.

A continuación en este capítulo se expondrá de manera detallada la metodología utilizada para realizar el diseño de la rebobinadora de papel. Una vez cumplidos todos y cada uno de los parámetros de selección de las opciones de diseño, se expondrá la propuesta definitiva.

3.1.- RESTRICCIONES DEL DISEÑO.

- El diseño debe estar compuesto por partes geométricas sencillas y adaptadas a los requerimientos de su función a desempeñar.
 - La rebobinadora de papel debe ser fácil de manejar, sin operaciones complicadas.
 - La estructura de la rebobinadora debe ser capaz de soportar las solicitaciones a las cuales estarán sometidos durante su uso.
 - Los diferentes componentes y materiales en que conformara la rebobinadora de papel, deben estar normalizado, y a su vez poseer disponibilidad en el mercado.
 - El material para la estructura debe ser de manufactura venezolana.
 - La rebobinadora de papel debe ser versátil, es decir permitir la rebobinación de bobinas de distintos anchos.
-

- Todos los dispositivos de la rebobinadora deben ser de fácil desmontaje para su respectivo mantenimiento (preventivo y correctivo).

3.2.- TORMENTA DE IDEAS.

3.2.1 DESARROLLO DE LA TORMENTA DE IDEAS

Después de tener claro como realizar una tormenta de ideas, se convocó a un grupo de personas, para poner en práctica este método.

Al grupo se le explicó las reglas de trabajo, el tipo de problema al cual se le debía buscar solución.

Se suscitaron dos jornadas de trabajo, en una primera reunión surgió un gran número de posibles soluciones, pero a la vez se presentaron muchas propuestas, por lo tanto fue necesaria una segunda reunión para lograr obtener ideas más factibles o claras que sirvieran de ayuda para proponer posibles soluciones.

A continuación se muestra cada una de las ideas aportadas en las tormentas de ideas.

Propuestas:

Propuesta N° 1. Montaje y Desmontaje con accionamiento Hidráulico.

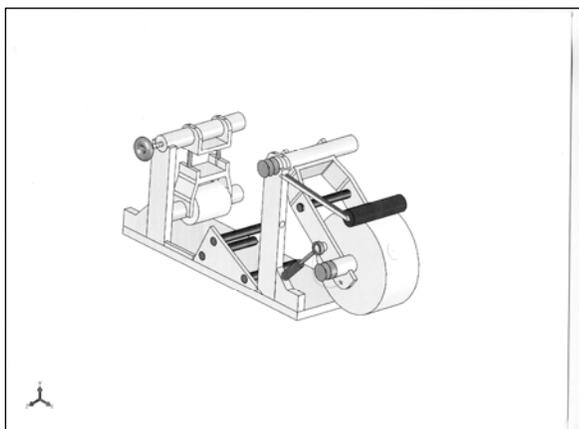


Figura N° 3.1 Propuesta 1 (Fuente: Los Autores).

En esta propuesta se presenta una rebobinadora, con ejes paralelos, el sistema de montaje y desmontaje de las bobinas, es mediante un par de estructuras de accionamiento hidráulico; los desplazamientos de las estructuras de montajes describen un movimiento vertical y otro semicircular. Presencia de un pizón y rodillos tensores entre ambas bobinas.

Propuesta N° 2. Estructura de Accionamiento Hidráulico y utilización de Punteo Grúa.

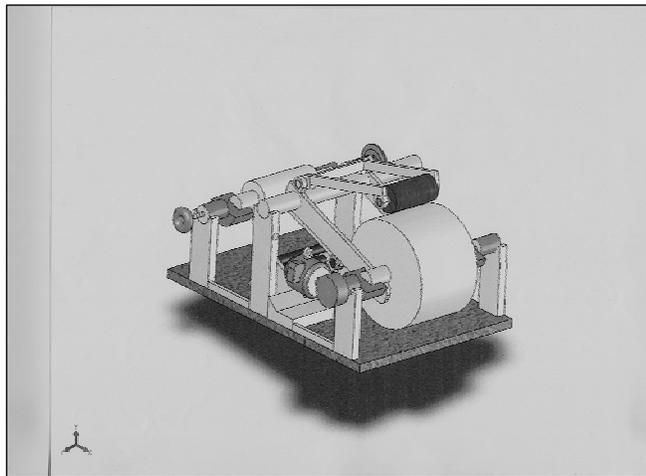


Figura N° 3.2 Propuesta 2 (Fuentes: Los Autores)

La propuesta N° 2 incluye acoples que permiten transmitir potencia y realizar montajes y desmontajes rápidamente; en este caso el montaje de la bobina que se está rebobinando es mediante una estructura de accionamiento hidráulico, a diferencia del rolo, su montaje es mediante la utilización un puente grúa. El sistema de transmisión de potencia es mediante un motoreductor acoplado directamente al eje.

Propuesta N° 3. Sistema de Rebobinación con un Puente Grúa Incorporado y Fijo

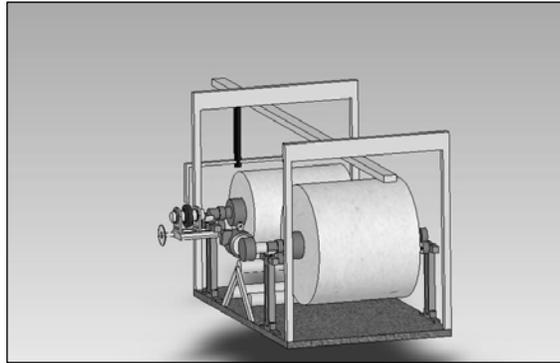


Figura N° 3.3 Propuesta 3 (Fuente: Los Autores)

En esta propuesta N° 3 los ejes de ambas bobinas, giran directamente sobre un par de rodamientos ubicados en cada columna de la estructura de soporte. El sistema de freno es mediante un sistema de disco, acoplado al eje porta bobina de aporte y de accionamiento hidráulico. El montaje y desmontaje de las bobinas es a través de un puente grúa fijo a la estructura de la máquina. El alineamiento de la bobinas se logra con el desplazamiento lateral del carro porta disco de freno.

Propuesta N° 4. Sistema con transmisión de Potencia a través de Bandas.

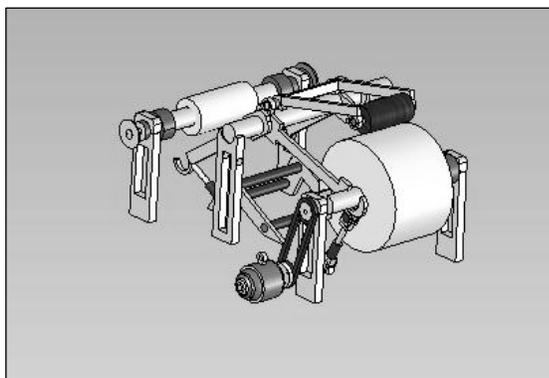


Figura N° 3.4 Propuesta 4 (Fuente: Los Autores)

En la propuesta N° 4 la transmisión de potencia es a través de un sistema de bandas. La carga y descarga de las bobinas es por medio de dos estructuras con cilindros de accionamiento hidráulico. Igualmente consta de acoples, cilindros tensores y cilindro pizón.

Propuesta N° 5. Sistema de freno y alineación de activación manual.

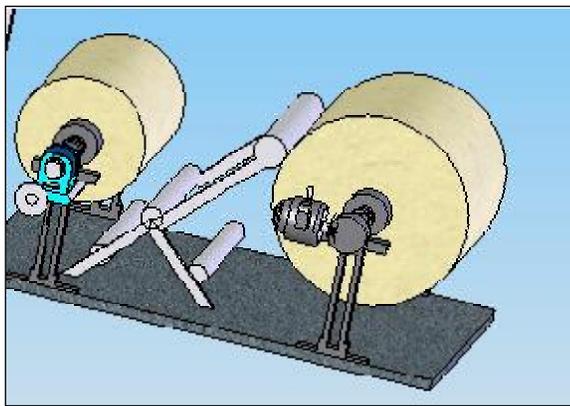


Figura N° 3.5 Propuesta 5 (Fuente: Los Autores)

Esta propuesta N° 5 es similar a la propuesta N° 3, con las variantes en cuanto al sistema de freno y alineación de la bobina de aporte es manual, los ejes giran sobre cojinetes de superficie plana y se encuentran conectados a los ejes de potencia y freno mediante acoples rígidos. El montaje y desmontaje de bobinas es mediante la utilización de un carro grúa disponible en las imprentas.

3.3 ANÁLISIS MORFOLÓGICO:

Consisten en evaluar los parámetros más importantes del problema para luego buscar la mayor cantidad de alternativas para cada parámetro.

A continuación se explicarán los parámetros seleccionados para evaluar las diferentes posibles soluciones de las tormentas de ideas. Para elegir la opción más importante dentro de nuestro estudio, es necesario tomar en cuenta, para lo que se realizará una ponderación de los parámetros según su importancia y apoyándonos en preguntas de inducción realizadas a personas involucradas con el proceso de una u otra manera, y así poder llegar a la solución más acertada del problema planteado.

3.3.1 PARÁMETROS DE SELECCIÓN PARA LAS OPCIONES

Los parámetros de selección son el punto de partida para la elección final del diseño, por lo cual deben estar bien definidos para evitar confusiones en el momento de la evaluación. Los cuales después de una previa comparación técnica nos llevarán al prototipo final. Estos parámetros se detallan a continuación:

Parámetros:

1. Facilidad de manejo
2. Fácil mantenimiento
3. Automatización del sistema.
4. Fácil de armar.
5. Poco espacio ocupado
6. Económico
7. Estabilidad
8. Innovación
9. Seguridad
10. Costo de mantenimiento.
11. Rendimiento y durabilidad.

Se realizará una breve explicación de los parámetros a tomar en cuenta en el momento de escoger el diseño final.

1. FACILIDAD DE MANEJO: Se analizará lo sencillo que es maniobrar los dispositivos que conforman el sistema.

2. FACILIDAD DE MANTENIMIENTO: Que tan fácil puede resultar el mantenimiento preventivo o correctivo de cada uno de los componentes que integran a los diferentes sistemas propuestos.

3. AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA: Se enfoca en el análisis de los elementos que pueden existir para que los sistemas sean automatizados.

4. FACILIDAD DE ARMAR: Con este parámetro se considera que tan fácil puede resultar la instalación en forma adecuada de cada uno de los sistemas propuestos con sus respectivos componentes para la función que han de realizar.

5. POCO ESPACIO OCUPADO: Este parámetro es de relevante importancia, puesto que al momento de una futura instalación, se debe verificar el espacio a ocupar, ya que no se dispone de suficiente espacio.

6. ECONÓMICO: Es necesario que el diseño cumpla con el parámetro de lo referente a ser un sistema económico. Ya que se trata de ponerlo en marcha en las pequeñas y medianas imprentas, sector que no cuenta con grandes recursos económicos.

7. ESTABILIDAD: En este parámetro se considera que el equilibrio y la estabilidad del sistema seleccionado no debe perderse cuando este en servicio.

8. INNOVACIÓN: Esta referido a lo nuevo, creador e innovador, es decir, la introducción de novedades que el sistema presente, en comparación con otras rebobinadoras existente en el mercado.

9. COSTO DE COMPONENTE E INSTALACIÓN: Esta referido al valor monetario que cuesta conseguir un dispositivo para la rebobinadora de papel dentro del mercado nacional así como la instalación de los mismo al sistema

10. SEGURIDAD: Se refiere al grado de seguridad, que debe poseer la rebobinadora para ser operada sin ningún contratiempo.

11. COSTO DE MANTENIMIENTO: Se tomara en cuenta el valor tiempo y dinero que puede costar efectuar el mantenimiento (preventivo y correctivo) obligatorios a los dispositivos que conforman la rebobinadora de papel.

12. RENDIMIENTO Y DURABILIDAD: Finalmente, se refiere a la capacidad que tiene cada uno de los elementos que componen la rebobinadora de papel para cumplir la actividad requerida.

3.3.2.-PORCENTUALIZACIÓN DE CADA UNO DE LOS PARÁMETROS:

Para poder realizar la construcción de la matriz morfológica es necesario asignar valor porcentual a cada uno de los parámetros de evaluación. Dichos valores van de mayor a menor dependiendo de la importancia que para el diseño tenga el parámetro estudiado. Para ello fijaremos una escala de valores que va del 5 al 100%. Los valores a cada uno de los parámetros son:

- **Facilidad de manejo (10%):** Se busca que el operario pueda manejar con facilidad la rebobinadora de papel.
 - **Fácil mantenimiento (5%):** Este parámetro depende de la sencillez en la realización del mantenimiento, preventivo y correctivo.
 - **Automatización del sistema (15%):** Con este parámetro lo que se busca es disminuir la intervención humana en algún punto dentro del proceso de rebobinación de papel.
 - **Fácil de armar (5%):** Esta consideración nos proporciona la sencillez en la instalación y puesta en marcha del sistema.
 - **Poco espacio ocupado (10%):** Se evalúa el volumen que ocupa la rebobinadora.
 - **Económico (20%):** De gran importancia este parámetro, nos indica que tan factible el proyecto en el aspecto económico.
-

- Estabilidad (5%): Es la que nos indica que tan firme es el sistema.
- Innovación (5%): Con este parámetro se evalúa la introducción de novedades en el diseño.
- Seguridad (10%): Parámetro de suma importancia, puesto que se pretende que el operario no corra ningún riesgo al estar en funcionamiento la rebobinadora de papel.
- Costo de mantenimiento (5 %): Se refiere a la inversión que se efectúa, lo que implica a nivel de costo detener el sistema y desarmar el equipo.
- Rendimiento y durabilidad (10 %): Es necesario que cada componente cumpla con su función destinada, sin ningún contratiempo.

3.3.3.- ESCALA DE EVALUACIÓN.

Para la evaluación eficiente de los parámetros de selección, se utilizó una escala de una forma neutral y objetiva con el fin de escoger la opción más razonable.

Esta escala plantea los siguientes niveles de estimación:

<u>Denominación</u>	<u>Valor correspondiente.</u>
Excelente	5
Muy bueno	4
Bueno	3
Aceptable	2
Deficiente	1

Para determinar el valor final, se multiplicara el valor asignado a cada ponderación por el valor porcentual asignado a cada parámetro, luego se sumaran todos los valores se dividirá entre cien para obtener la propuesta con mayor valor.

3.3.4.- MATRIZ MORFOLÓGICA.

Aplicando los criterios de selección y ponderándolos de acuerdo a la escala de estimación anteriormente descrita, evaluaremos cada una de las opciones propuestas de una manera objetiva, lógica y neutral, con el fin de elegir el diseño que reúna las características que mejor se ajustara a las necesidades.

Tabla N° 9 Matriz Morfológica. (Fuentes: Los Autores)

Matriz Morfológica						
Parametros	%	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3	Propuesta 4	Propuesta 5
Facilidad de manejo	10	3	2	4	4	4
Automatizacion del sistema	15	3	3	4	5	4
Facil de amar	5	2	2	3	2	5
Poco espacio ocupado	10	2	3	2	3	4
Economico	20	2	2	3	1	5
Estabilidad	5	4	4	4	3	4
Innovacion	5	4	4	4	4	4
Seguridad	10	3	3	4	4	4
Costo de mantenimiento	5	2	2	4	2	5
Rendimiento y durabilidad	10	3	3	4	3	5
Facilidad de mantenimiento	5	3	3	4	2	5
	100	2.7	2.7	3.55	3	4.45

RESULTADOS GRÁFICOS DE LA MATRIZ MORFOLÓGICA.

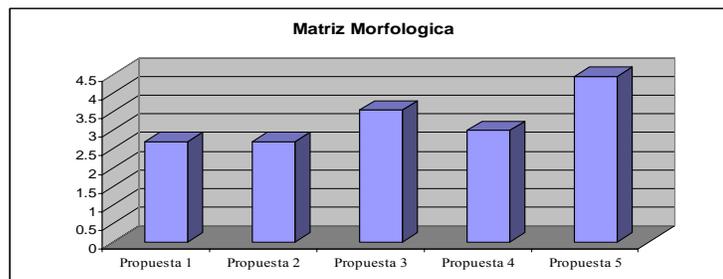


Figura N° 3.6 Gráfico de Barra de La Matriz Morfológica. (Fuente: Los Autores)

Es indudable que no se puede cumplir con todas las condiciones a la vez. Por consiguiente no se puede fijar una regla única. Claro está que esta es una realidad que dependerá de los diseñadores.

Una vez realizado el estudio morfológico se observa como la propuestas 1 y 2 obtuvieron una ponderación deficiente en los parámetros de alta porcentualizacion, como son el parámetro económico, automatización del sistema, facilidad de manejo, poco espacio ocupado y seguridad, esto se debe a lo complejo de sus diseños y a la alta cantidad de piezas complejas involucradas en cada propuesta. En cuanto a los parámetros de baja porcentualizacion, las propuestas 1 y 2 obtuvieron una alta ponderación.

La propuesta 4 obtuvo la ponderación más baja, en el parámetro de mayor ponderación como lo es el económico. Al igual que las propuestas 1 y 2, esta propuesta 4 involucra gran cantidad de piezas en su diseño y además incorpora mecanismos neumáticos para colocar las bobinas en su lugar. Otros parámetros con ponderación deficiente en la propuesta 4, son el fácil de armar y facilidad de mantenimiento.

Las propuestas 3 y 5 son las que tienen mayor valor final en la matriz morfológica. Ahora bien, la propuesta 3 tiene una ponderación baja en el parámetro económico, debido a que incorpora una estructura adicional para la carga y descarga de las bobinas.

La propuesta 5 resulto con el mayor valor final en la matriz morfológica, al obtener la más alta ponderación en los parámetros de selección, es por ello que la selección definitiva del modelo a diseñar en este trabajo especial de grado estará basada en dicha propuesta.

La propuesta 5 esta conformada por una estructura de tubos de sección rectangular, consta de cuatro columnas para de para los ejes de las bobinas y soporte de los sistemas de potencia y freno. Toda la estructura es ensamblada por soldadura.

El sistema de potencia se basa en un motoreductor, conectado al eje de la bobina alimentada mediante un acople rígido, capaz de mover a ambas bobinas sin de manera continua sin sufrir sobre carga.

El sistema de freno es de activación manual mediante el uso de un tornillo de potencia, que pone en contacto a las pastillas de freno con el disco, que se encuentra acoplado al eje de la bobina de aporte mediante acople rígido.

Otros componentes son los ejes que soportan el peso de las bobinas y giran sobre cojinetes de superficie planas, que permiten retirar fácilmente las bobinas de la estructura y un sistema de alineación de la bobina de aporte de activación igualmente manual.

Este diseño hace uso de los recursos ya existentes en estas imprentas, tales como las tuercas sujetadoras de las bobinas y el puente grúa

Finalmente, el accionamiento del equipo se efectuará desde un tablero de control adyacente al sistema para permitir que el operador disponga de la máxima visibilidad para el buen control de toda la maniobra.

CAPÍTULO IV

CÁLCULO

CAPÍTULO IV

4.-CÁLCULOS Y DISEÑO DE LA REBOBINADORA DE PAPEL

Una vez examinadas las distintas propuestas arrojadas por la matriz morfológica y seleccionada una propuesta, se procede al diseño en detalle, donde se abarcan los cálculos y especificaciones del diseño. Se hará uso de las unidades (Hp) para la potencia y (lb.in) para el torque, debido a que son las unidades en las que vienen dadas las características de los motoredutores comerciales.

4.1 ANÁLISIS DE LAS ZONAS DE DISEÑOS

En términos generales siempre se ha manejado con nociones como valor mínimo garantizado y seguridad en la ausencia de falla. Para lograr este propósito se ha diseñado con valores máximos y mínimos de diseño, sin analizar al detalles las posibles zonas de diseños, que no es otra cosas que bandas de valores en los cuales se pueden basar los cálculos, y por consiguiente la selección de distintos equipos, sin llegar a los valores máximos y mínimos, trayendo como consecuencia una disminución considerable de costos en la adquisición de los diferentes equipos.

Este análisis se fundamenta en la recolección y medición de los distintos diámetros de bobinas de aporte de papel sobrante que quedan después de cada tirajes. Esto no es otra cosa que un análisis cuantitativo (análisis de cantidad) del tal forma que se llegará a la confiabilidad de las zonas de diseños en base a los datos.

Para este estudio se tomaron una muestra, en la imprenta Editorial Metrópolis, de un lote de bobinas de aporte de papel, midiéndoles sus diámetros respectivamente, ya que a partir de la acumulación de distintas bobinas de aporte surgió la inquietud de resolver este problema.

De esta muestra de bobinas de aporte de papel, se le calculó la media o promedio, y luego la desviación o variación estándar.

$$\text{Media} \quad \mu \approx X \approx \frac{\sum x_i}{n} \quad \text{Ec.1}$$

$$\text{Desviación estándar} \quad \text{Ec.2.}$$
$$\sigma \approx s \approx \sqrt{\frac{\sum (X_i - X)^2}{n-1}}$$

Una vez que se obtiene el promedio y la desviación estándar de la muestra se procede a calcular el límite superior y límite inferior, obteniéndose el rango en el cual se basará el diseño.

Límite superior.

$$LS \approx \mu + \frac{3\sigma}{\sqrt{n}} \quad \text{Ec.3}$$

Límite inferior

$$LI \approx \mu - \frac{3\sigma}{\sqrt{n}} \quad \text{Ec.4}$$

En la siguiente tabla se muestran los diferentes radios de las bobinas de aporte (x_i), medidos en la imprenta Editorial Metrópolis, para conseguir los límites superiores e inferiores.

Tabla N° 10 Data Recolectada en la Imprenta Editorial Metrópolis

<i>i</i>	<i>Xi</i>	$(Xi - X)^2$
1	16	11,1108
2	14	28,4441
3	14	28,4441
4	24	21,7781
5	23,5	17,3614
6	30,5	124,6952
7	26,5	51,3616
8	15,5	14,6942
9	15,5	14,6942
10	11,5	61,3606
11	11,5	61,3606
12	14	28,4441
13	13	40,1107
14	46	711,1129
15	14,5	23,3608
	290	1238,3333
Promedio	$X = 290 / 15 \Rightarrow$	19,3333
sigma	$\sigma = \sqrt{1238,333 / 14} \Rightarrow$	9,4049
Limite superior	26,6183473	
Limite inferior	12,0483194	

En el siguiente gráfico se muestra la data recogida en la imprenta en estudio.

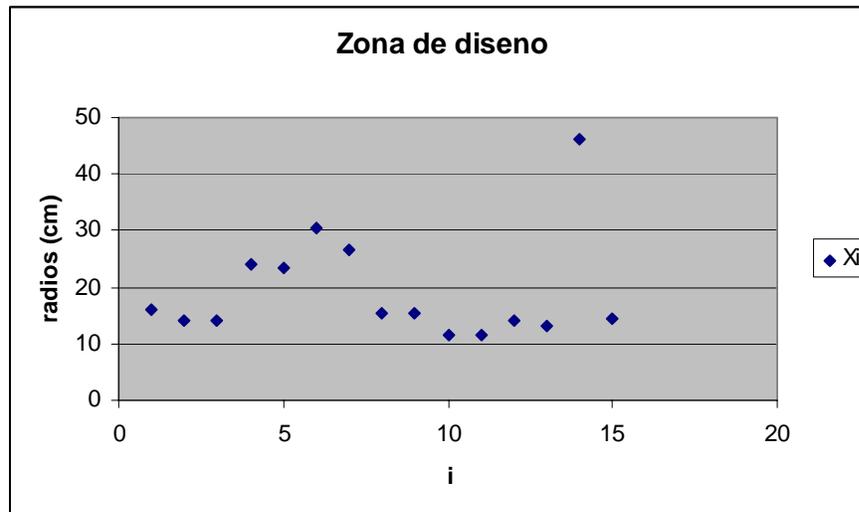


Figura N° 4.1 Zona de diseño. (Fuente Los Autores).

Como se puede observar nuestra zona de diseño que limitada
Límite superior = 266,15 mm.

Límite inferior = 120,45 mm.

Lo que significa que nuestro diseño para obtener una bobina estándar de radio de 500 mm. mediante el rebobinado, se dispone de bobinas con radios de 120,45 mm. hasta bobina de 266,15 mm.

4.2 CÁLCULO DE INERCIA DE LA BOBINA

El análisis de la inercia de la bobina, es trascendental para realizar posteriormente una serie de selecciones y cálculos, puesto que se debe saber la resistencia que opone la bobina en reposo al movimiento y a partir de este cálculo, se puede estimar la escogencia de un motor, y el torque que se requiere para vencer la inercia.

Dentro de este marco de ideas se tomara las características de la bobina más pesada, teniendo una relación con el tipo de papel.

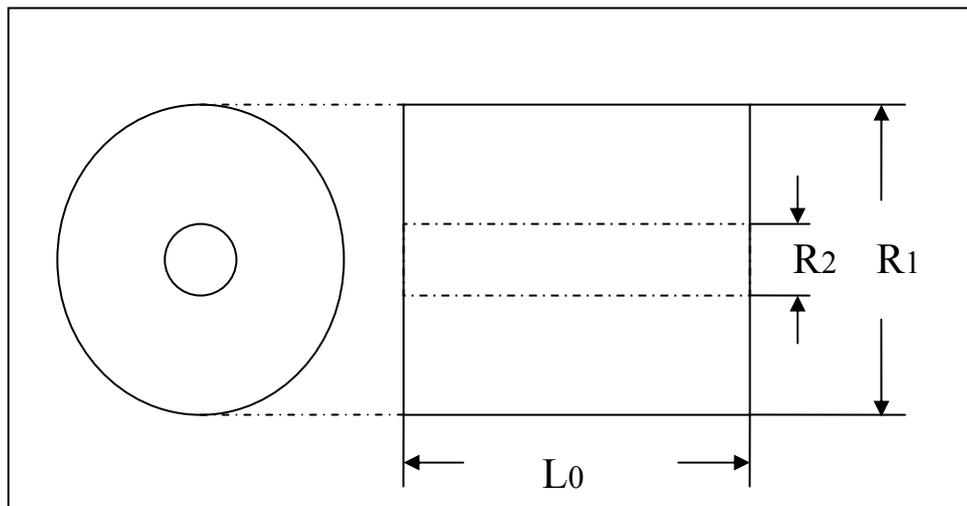


Figura N° 4.2 Dimensiones de la bobina. (Fuentes: Los Autores)

4.2.1 VOLUMEN DE LA BOBINA:

Para este caso el volumen real es la porción de espacio ocupado por la bobina completamente llena, donde R_1 es el radio superior, R_2 es el radio inferior L_0 es el largo de la bobina.

$$V = \pi((R_1)^2 - (R_2)^2)L_0 \quad \text{Ec.5}$$

$$V = \pi((50.8)^2 - (7.5)^2)71.1 = 563866,02 \text{ cm}^3$$

4.2.2 DENSIDAD:

Relación entre el peso base del papel y el espesor o calibre es decir la distancia que consta entre las dos caras del papel.

$$\rho = \text{Peso base (g/m}^2\text{) / espesor } (\mu) \quad \text{Ec.6}$$

$$\rho = 48.8 \text{ (g/m}^2\text{) / } 76,2 \mu$$

$$\rho = 0,64 \text{ gr / cm}^3.$$

4.2.3 MASA

Es la cantidad de materia que contiene la bobina, se calcula con la densidad y el volumen que ocupa dicho cuerpo.

$$m = \rho * V \quad \text{Ec.7}$$

$$m = 0,6404 \text{ gr/cm}^3 * 563866,0211 \text{ cm}^3$$

$$m = 361099,799 \text{ gr.}$$

$$m = 361,10 \text{ Kg.}$$

Una vez hallado la masa de la bobina se procederá al cálculo de la resistencia que posee la bobina para colocarla en movimiento rotativo sobre su propio eje.

Se moldeará la bobina como un cilindro circular hueco con radio exterior R_1 , radio interior R_2 y longitud o altura L_0 y que gire con respecto a su propio eje central y siendo la densidad uniforme, la masa del cilindro es $m = 361,097 \text{ Kg.}$

4.2.4 INERCIA DEL CILÍNDRO HUECO

Para un cuerpo que tiene simetría circular con respecto al eje de rotación, que en este caso es un cilindro hueco con respecto al eje central, posee una masa m Radio interior R_1 y radio exterior R , su momento de inercia se rige por la siguiente ecuación.

$$I_x = \frac{m}{2}(R_1^2 + R_2^2) \quad \text{Ec.8}$$

$$I_x = \frac{361.0997 \text{ Kg}}{2} \left((0.508 \text{ m})^2 + (0.075 \text{ m})^2 \right)$$

$$I_x = 47,609 \text{ Kg.m}^2$$

$$I_x = 47,069 \text{ Kg.m}^2 * \frac{6,85217 * 10^{-2} \text{ slug}}{1 \text{ kg}} * \frac{10,7584 \text{ ft}^2}{\text{m}^2}$$

$I_x = 35.11 \text{ slug*ft}^2$. Es el valor de resistencia al movimiento de la bobina, cuando se encuentra en reposo y con una masa de 361 Kg.

4.3 ANÁLISIS CINEMÁTICO DEL PROCESO DE REBOBINADO

Cuando la bobina, gira alrededor de su propio eje, no se puede analizar el movimiento considerando ese cuerpo como una partícula, ya que en cualquier instante sus diferentes componentes tendrán velocidades y aceleraciones diferentes.

El estudio de la rotación de la bobina se va a simplificar en gran parte realizando la siguiente suposición: se analizará la bobina como un cuerpo rígido, es decir que la distancia entre todos sus pares de partículas permanece constante, por lo tanto es deformación despreciable.

En este apartado se presentara la rotación de la bobina alrededor de su propio eje, comúnmente conocido como eje de rotación.

4.3.1 CÁLCULO DE LA VELOCIDAD LINEAL DEL PAPEL

Para este cálculo se estudió el caso en donde la bobina de la izquierda está completamente llena, radio de 500 mm. y la de la derecha esta completamente vacía, radio 50 mm. Tal como se muestra Fig. 4.3 la bobina de la izquierda se desenrolló y la de la derecha se enrolló.

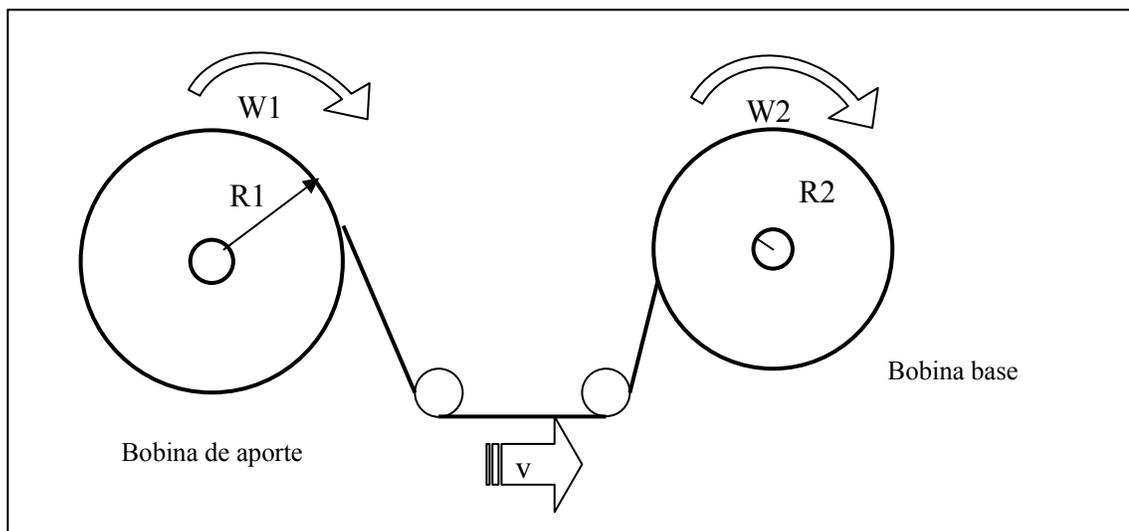


Fig. 4.3 Diagrama del Movimiento de Rebobinado. (Fuentes. Los Autores).

Tomando en cuenta que la velocidad lineal es $v=L/t$, donde $L= 11202$ m. es la longitud total del papel que se encuentra enrollado en la bobina de radio de 500 mm. y suponiendo un tiempo $t=45$ min como el tiempo fijado que tarda el papel en pasar de la bobina de la izquierda a la bobina de la derecha.

$$v=11202\text{m}/45\text{min}$$

$$v= 248,9333 \text{ m/min.}$$

$$v= 4,14\text{m./s.}$$

Esta velocidad lineal de la tira del papel debe ser constante a lo largo de todo el proceso de rebobinado.

4.3.2 CÁLCULO DE LA VELOCIDAD ANGULAR DE LA BOBINA

Obtenida la velocidad lineal del papel, se deriva el cálculo de la velocidad angular del cuerpo rígido que en este caso es la bobina y bobina de aporte, esta velocidad angular a discrepancia con la velocidad lineal no permanece constante, por el hecho que va cambiando en función del tiempo, a lo largo del todo el proceso puesto que la velocidad angular tiene una relación inversa con respecto al comportamiento de la inercia o en su defecto al aumento o disminución de los radios de las bobinas alimentadas y bobinas de aporte respectivamente. En esta ocasión se hará un cálculo tipo y más adelante se estudiará el cambio de la velocidad angular y de otras propiedades a medida que cambian los radios.

$$\omega = \frac{v}{r} \quad \text{Ec.9}$$

Donde: v: Es la velocidad lineal

r: Es la diferencia del radio exterior y el radio interior.

$$\omega = \frac{4,1488m / seg}{0,508m} = 8,16 \text{ Rad./seg.}$$

$$\omega = 8,16 \frac{rad}{seg} * \frac{1rev}{2\pi rad} * \frac{1seg}{1,66 * 10^{-2} min}$$

$\omega = 78,34rev / min$. Este valor se utilizara para hallar la potencia del motoreductor.

4.3.3 ACELERACIÓN ANGULAR

Es la razón de cambio en la velocidad angular al intervalo de tiempo.

$$\alpha = \frac{\omega^2}{4\pi rad} = \frac{(8,1669 rad / seg)^2}{4\pi rad} = 5,31 rad / seg^2 \quad \text{Ec.10}$$

Con el valor de la aceleración angular, se calcula el torque necesario para hacer girar a las bobinas en el punto de mayor carga.

4.4 CÁLCULO DEL TORQUE

Esta deducción se requiere para tener una concepción apropiada de la fuerza necesaria que se debe ejercer sobre la bobina que gira alrededor de su eje para vencer el momento de inercia y colocarla en movimiento, y empezar el proceso de rebobinado. En otras palabras la tendencia de la fuerza a hacer girar dicho cuerpo alrededor de su eje se medirá por la cantidad conocida como momento de la fuerza (τ) o momento de torsión.

Tomando en cuenta que el momento de la fuerza o torque que actúa sobre la bobina es proporcional a su aceleración angular. Es importante hacer notar que $\tau = I * \alpha$ no es otra cosa que el análogo rotacional de la segunda ley del movimiento de Newton. $F = m * a$.

$$\tau = I_x * \alpha \quad \text{Ec.11}$$

$$\tau = 35,08995 slug \cdot ft^2 * 5,31 rad / seg^2$$

$\tau = 186,34 \text{ lbf} \cdot \text{ft}$ es la fuerza necesaria para vencer el momento de inercia de la bobina.

4.5 POTENCIA QUE SE REQUIERE PARA VENCER EL MOMENTO DE INERCIA

Este cómputo es obligatorio ya que es la rapidez a la que está realizando el trabajo, es decir, es la fuerza externa que hace girar el eje de la bobina o sea la potencia entregado por el motor acoplado al eje de la bobina.

$$P = \tau(\text{lb} \cdot \text{ft}) * \omega(\text{rpm}) / 5252 \quad \text{Ec.12}$$

$$P = 186,33 \text{ lb} \cdot \text{ft} * 78,34 \text{ rev/min} / 5252$$

$$P = 2,78 \text{ Hp es la potencia con la que se hará la elección del motoreductor}$$

Como se acotó anteriormente, en este proceso de rebobinado las propiedades anteriormente descritas como velocidad angular, aceleración angular, inercia, torque, y potencia, varían a razón de los aumentos y disminuciones de los radio de la bobina alimentada y de la bobina de aporte en función del tiempo.

Se realizará un breve estudio del cambio de los radios en función del tiempo ya que debido a estos cambios se modifican todas las propiedades.

4.6 CAMBIO DE LOS RADIOS R1 y R2 EN FUNCIÓN DEL TIEMPO.

Retomando que la velocidad lineal se debe mantener constante para lograr un perfecto rebobinado de papel, y garantizar la tensión, esta velocidad lineal se mantendrá en un valor de $v = 414,88 \text{ cm/s}$, espesor de papel es de $h = 0,00762 \text{ cm}$ y el tiempo de rebobinado se estipulo en $t = 2700 \text{ s}$. Para el caso en que la bobina de la izquierda esta completamente llena y la derecha vacía.

En el instante de tiempo igual a cero ($t = 0$).

- El radio de la bobina de la derecha es $r_o = 50 \text{ mm}$.
 - El radio de la bobina de la izquierda es $R_o = 500 \text{ mm}$.
-

Tal como se muestra en la figura.

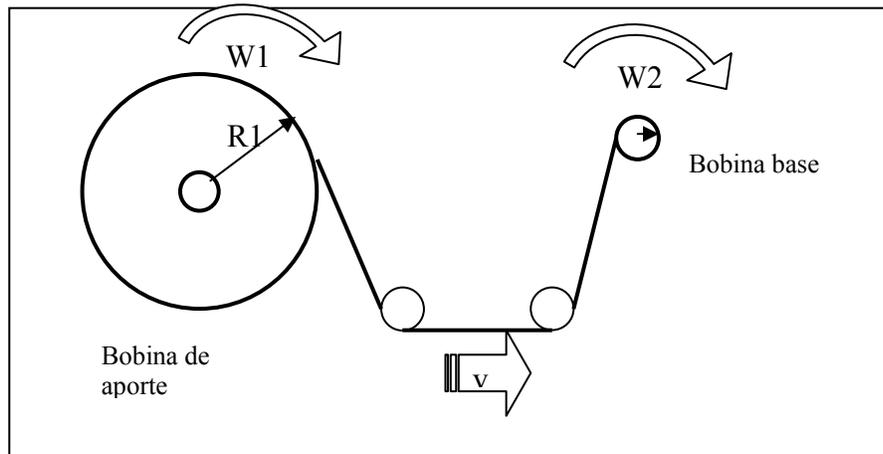


Figura N° 4.4 Diagrama del Movimiento de Rebobinado. Estado Inicial. (Fuentes. Los Autores).

El papel se enrolla en la bobina de la derecha y se desenrolla en la de la izquierda. Para un instante de tiempo t , la relación de velocidad lineal constante v del papel y las velocidades angulares de rotación de las bobinas son:

- El radio de la bobina de la izquierda será R_1 y su velocidad angular $w_1 = v/R_1$
- El radio de la bobina de la derecha será R_2 y su velocidad angular $w_2 = v/R_2$

Aunque la velocidad lineal v del papel es constante, las velocidades angulares w_1 y w_2 de las bobinas no lo son ya que sus radios R_1 y R_2 cambian con el tiempo. Para el cálculo de la variación de los radios a medida que transcurre el tiempo, se estudio el *modelo de funcionamiento del cassette*, de donde se obtuvieron las ecuaciones 13 y 14.

En cada vuelta 2π , la bobina derecha incrementa su radio en h , el espesor del papel. Cuando la bobina de la derecha gira un ángulo $d\theta_2$, su radio se incrementa en dR_2

$$dR_2 = \frac{h}{2\pi} d\theta_2 = \frac{h}{2\pi} \omega_2 dt = \frac{h}{2\pi} \frac{v}{R_2} dt \quad \text{Ec.13}$$

La bobina izquierda habrá girado un ángulo $d\theta_1$ su radio habrá disminuido en dR_1

$$\boxed{dR_1 = \frac{h}{2\pi} d\theta_1 = \frac{h}{2\pi} \omega_1 dt = \frac{h}{2\pi} \frac{v}{R_1} dt} \quad \text{Ec.14}$$

Integramos estas dos ecuaciones entre el instante $t=0$, y en el instante t , teniendo en cuenta que en el instante $t=0$

- El radio de la bobina izquierda (figura 4.4) es $R_1 = R_0$
- El radio de la bobina derecha (figura 4.4) es $R_2 = r_0$

$$R_1^2 = R_0^2 - \frac{hv}{\pi} t \quad \text{Ec.15}$$

$$R_2^2 = r_0^2 + \frac{hv}{\pi} t \quad \text{Ec.16}$$

Para el tiempo t final. El papel se ha rebobinado completamente en la bobina de la derecha.

- El radio de la bobina de la izquierda es $R_1 = r_0$
- El radio de la bobina de la derecha es $R_2 = R_0$

Tal como se muestra en la figura

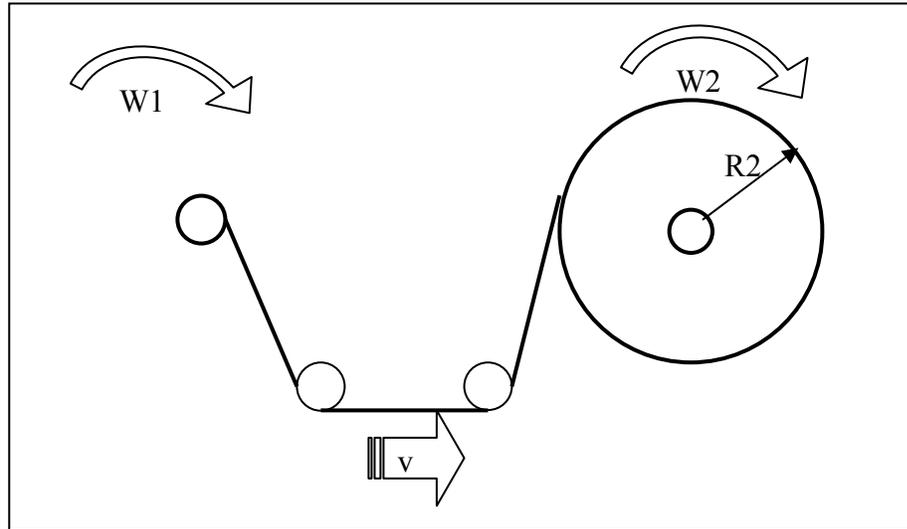


Figura N° 4.5 Diagrama del Movimiento de Rebobinado Estado Final. (Fuentes: Los Autores).

Se programaron en Excel las Ec.15 y Ec. 16, dichas ecuaciones describen el cambio de los radios a medida que transcurre el tiempo. El tiempo de rebobinado fue de 2460 segundos, para las condiciones iniciales y finales anteriormente descritas.

A partir de las ecuaciones anteriores se grafica, la variación de los radios en función del tiempo.

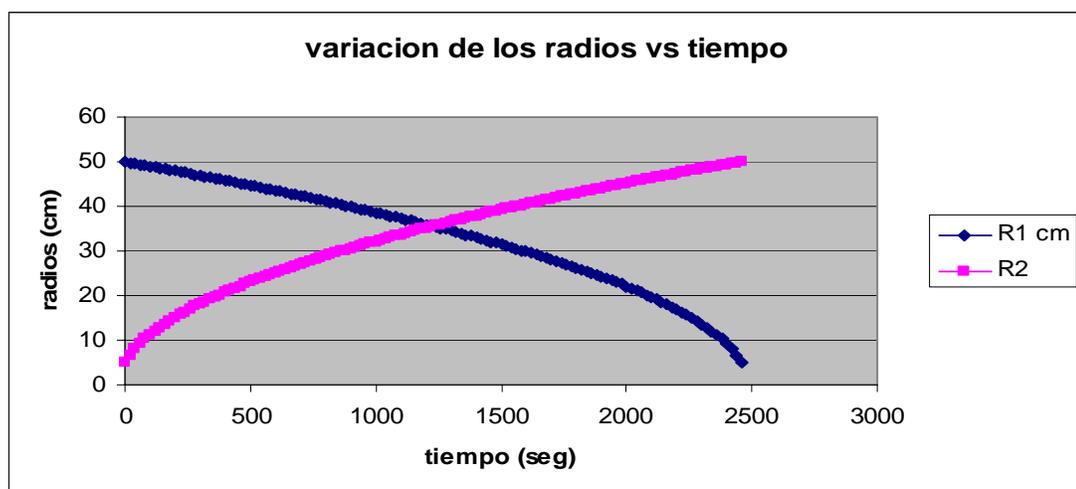


Figura N° 4.6 Variación de los radios de las Bobinas vs Tiempo. (Fuente. Los Autores).

En la Figura N° 4.6 se observa como el radio R1 va disminuyendo y el radio R2 va aumentando mientras transcurre el tiempo.

Las tablas para graficar se encuentran en el apéndice A-1 y se verifica la validez de las ecuaciones.

Asta este punto se ha realizado los cálculos para el caso específico en que una bobina de aporte cede todo su papel a una bobina que inicialmente no tiene papel, de forma continua, es decir que el proceso no se interrumpe en ningún momento y finaliza cuando la bobina base ha alcanzado el diámetro que inicialmente tenía la bobina de aporte.

A continuación particularizamos los cálculos anteriores a las condiciones iniciales y finales originadas de la zona de diseño.

4.7 ANÁLISIS DEL PROCESO DE REBOBINADO, A PARTIR DE LAS ZONAS DE DISEÑO

Para el proceso de rebobinado se utilizarán las bobinas de menor diámetro como material de aporte y las bobinas de mayor diámetro como material base y de esta forma obtener una bobina estándar.

Se programo en una nueva hoja de cálculo las ecuaciones 15 y 16, con las siguientes condiciones iniciales:

R1 = radio de la bobina de aporte

R2 = radio de la bobina base

Para $t = 0$ se tiene

$R1 = R0 = 12,04 \text{ cm}$

$R2 = r0 = 26,61 \text{ cm}$

Cabe recordar que estos valores de R1 y R2 lo obtenemos de los límites de la zona de diseño.

Este proceso de rebobinado inicialmente tiene una bobina base que posee un radio R2 y una bobina de aporte con un radio R1. Luego para $t=120$ segundos $R1 = 50$ mm lo que significa que la bobina de aporte ha cedido todo el material disponible a la bobina base, como se ilustra en la siguiente gráfica.

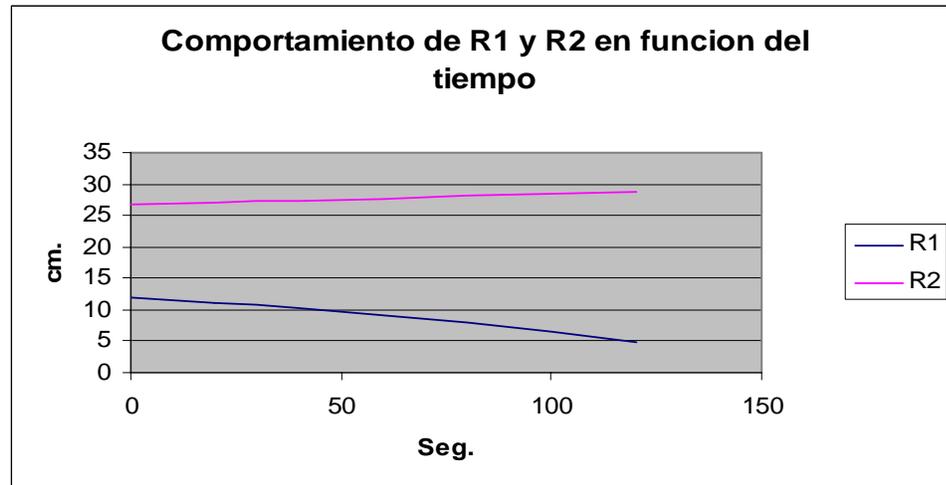


Figura N° 4.7 Comportamientos de los radios de las bobinas en función del tiempo.
(Fuentes. Los Autores).

No es suficiente con el incremento que ha obtenido R2, se necesita repetir el proceso hasta que $R2 = 500$ mm. Del haber programado en una hoja de cálculo (apéndice A-1) el aporte de las distintas bobinas de radio R1 a la bobina de radio R2, obtuvimos, que se necesitarán 15 bobinas de radio R1 para completar una bobina base que finalmente su radio $R2 = 500$ mm.

Serán necesarias 14 paradas para recargar a la rebobinadora de nuevas bobinas de radio R1, cada parada se estimó de una duración de 120 segundos, lo que sumado con el tiempo que tarda (120seg.) cada bobina de radio R1 en cederle papel a la bobina base, hace un total de 3480 segundos necesarios para obtener una bobina de radio estándar igual a 500 mm. Es decir que el tiempo de rebobinado será de 58 segundos.

Luego obtenida la variación de los radios en función del tiempo se programó en Excel los cambios de las distintas propiedades a partir del cambio de los radios y se obtuvieron las siguientes gráficas, de gran interés para el diseño y selección de equipos.

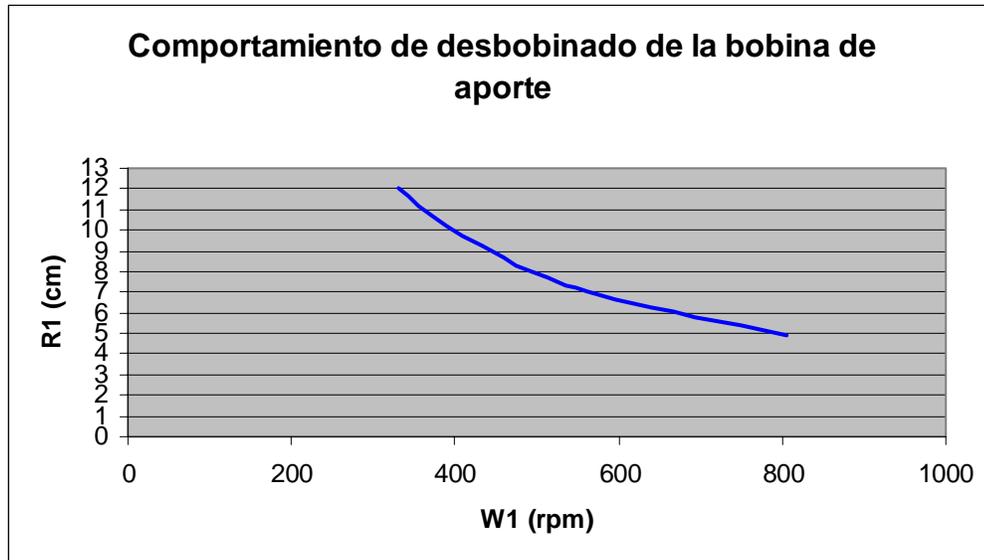


Figura N° 4.8 Comportamiento de desbobinado de la bobina de aporte. (Fuente Los Autores).

En la gráfica anterior se observa como es el comportamiento de la bobina de aporte, donde se aprecia la disminución de su radio, debido a que se encuentra cediendo papel a la bobina base o alimentada, su velocidad angular aumenta producto de la disminución de la inercia de este cuerpo.

En la siguiente gráfica se apreciará el comportamiento de la bobina alimentada, donde evidentemente es contrario a la conducta de la bobina de aporte, reseñada en la grafica anterior, en esta gráfica se observa la disminución de la velocidad angular conforme aumenta su radio, en otras palabras aumenta la inercia de la bobina a medida que va cargando de papel.

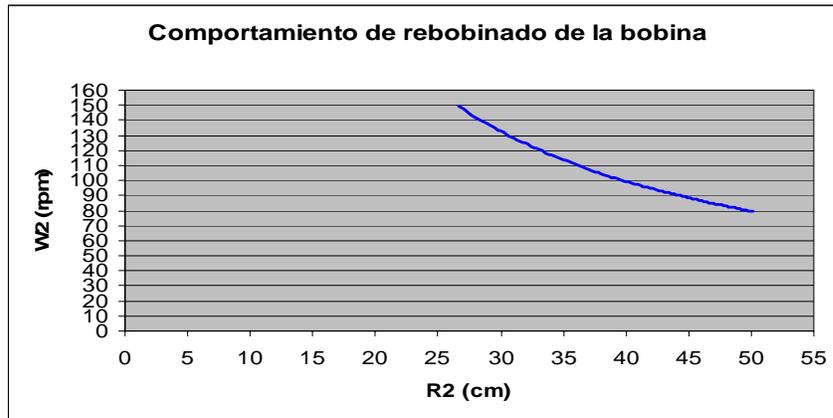


Figura N° 4.9 Comportamiento de rebobinado de la bobina alimentada. (Fuente. Los Autores).

Para observar el incremento de la potencia de arranque del sistema a medida que transcurre el tiempo de rebobinado, se refleja en la Figura N° 3.10. Es necesario realizar 14 paradas para cambiar las bobinas de aporte que se desbobinan para ceder papel a la bobina y esta a su vez obtenga el radio requerido de 500mm.

La potencia requerida es de 10 Hp (Figura N° 4.10) para un tiempo de rebobinado de 47 minutos. En función de disminuir los costos de la rebobinadota, se procedió a aumentar el tiempo de rebobinado en un 23%, es decir 58 minutos logrando disminuir la potencia requerida a 3 Hp (Figura N° 4.11).

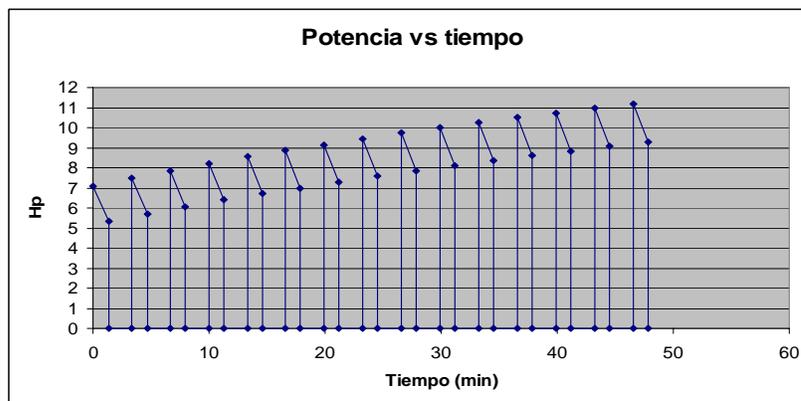


Figura N° 4.10 Potencia del sistema para 10 HP en un tiempo de 45 min. (Fuente: Los Autores).

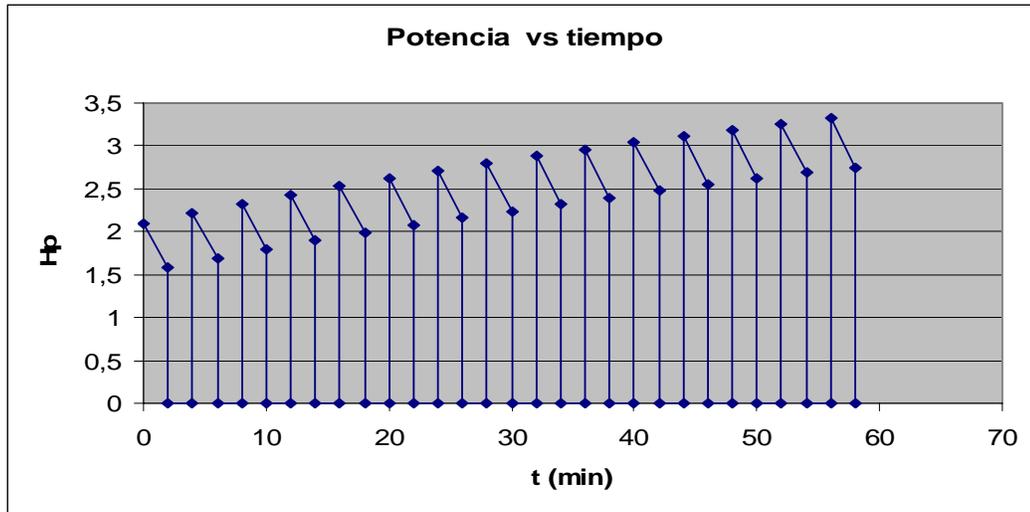


Figura N° 4.11 Potencia del sistema para 3 HP en un tiempo de 58 min. (Fuentes: Los Autores).

En la figura N° 4.12 se muestra torque en función del tiempo, donde a medida que transcurre el tiempo la bobina va incrementando su diámetro.

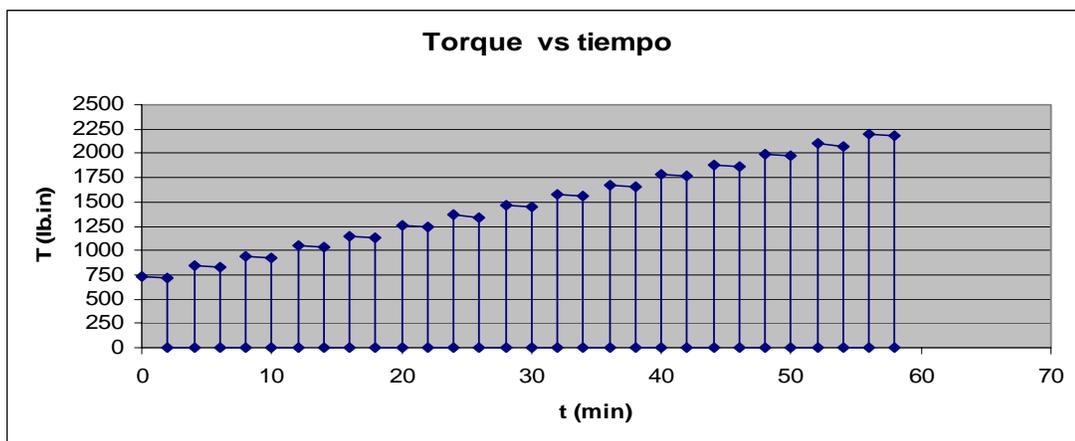


Figura N° 4.12 Torque del Sistema. (Fuentes: Los Autores).

4.8 TRANSMISIÓN DE LA POTENCIA POR MEDIO DEL MOTOREDUCTOR

Puesto que el motor entrega la potencia con un torque pequeño y un número de revoluciones elevadas, el reductor incorporado en el mismo motor se encarga de transformar esa potencia, entregándola a el eje de la bobina con un elevado torque, para vencer la inercia y un numero reducido de revoluciones, el motor reductor es de 3 HP de 1750 rpm de entrada y 76 rpm de salida es decir una reducción de 23/1, además un factor de servicio de 1.15, puede trabajar con una pequeña sobre carga.

La potencia que entrega el motoreductor llega al eje de la bobina por medio de un acoplamiento entre el eje del motor reductor y el de la bobina, por lo tanto se transmite los 3 HP de potencia desde el punto A hasta el punto B.

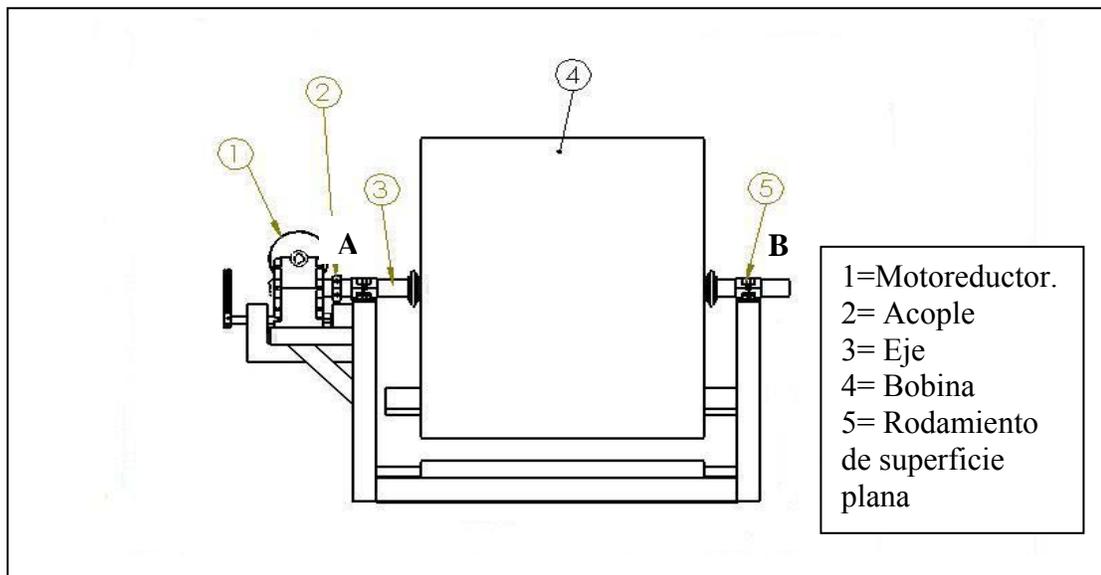


Figura N° 4.13 Vista Frontal de la Rebobinadora. (Fuentes: Los Autores).

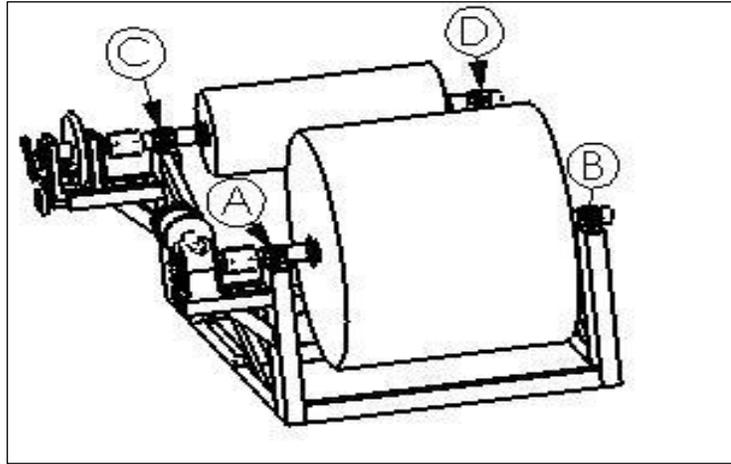


Figura N° 4.14 Disposición de los ejes en la rebobinadora. (Fuentes: Los Autores).

4.9 DISEÑO DEL EJE DE LA BOBINA ALIMENTADA

La función de este eje macizo es la de soportar la bobina de forma horizontal, dicha bobina tiene una masa máxima 370 Kg y una altura de 0,86 m.

Peso de la bobina más pesada: $P=370 \text{ Kg} * 9,81\text{m/s}^2$. $P= 3629,7 \text{ N}$

T_1 = Es la tensión de la banda de papel y es constante en todo lo ancho de la bobina.

El momento torsor es constante desde el punto A hasta el punto B y tiene una magnitud:

$T= 252 \text{ N.m}$. Ver Diagrama Fig. N° 4.15.

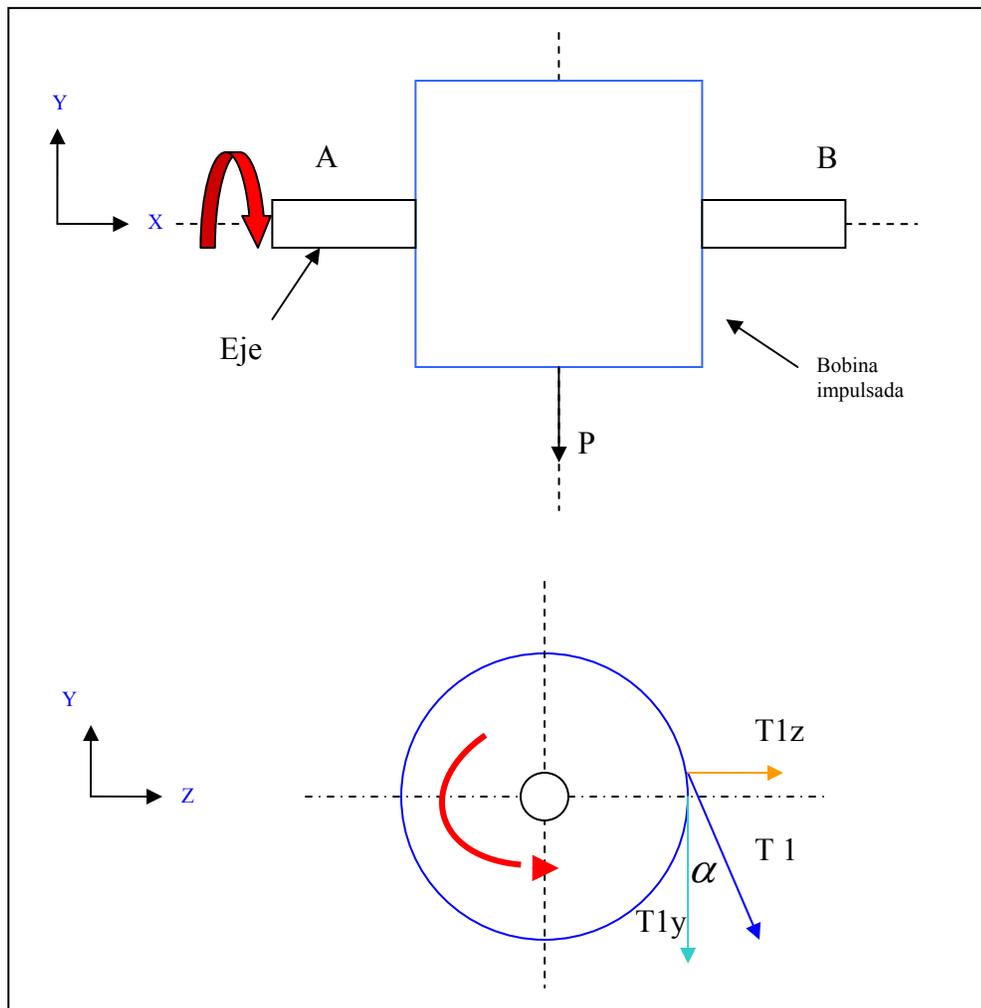


Figura N° 4.15 Diagrama de cuerpo libre del eje AB. (Fuente: Los Autores).

$$P = 370 \text{ Kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 3433,5 \text{ N}$$

$$T = T1 \cdot r$$

$$T1 = 252 \text{ Nm} / 0,05\text{m} = 5040 \text{ N}$$

$$\alpha = 7,89^\circ$$

$$T1y = T1 \cos(7,89) = 4992,28 \text{ N}$$

$$T1z = T1 \sin(7,89) = 691,84 \text{ N}$$

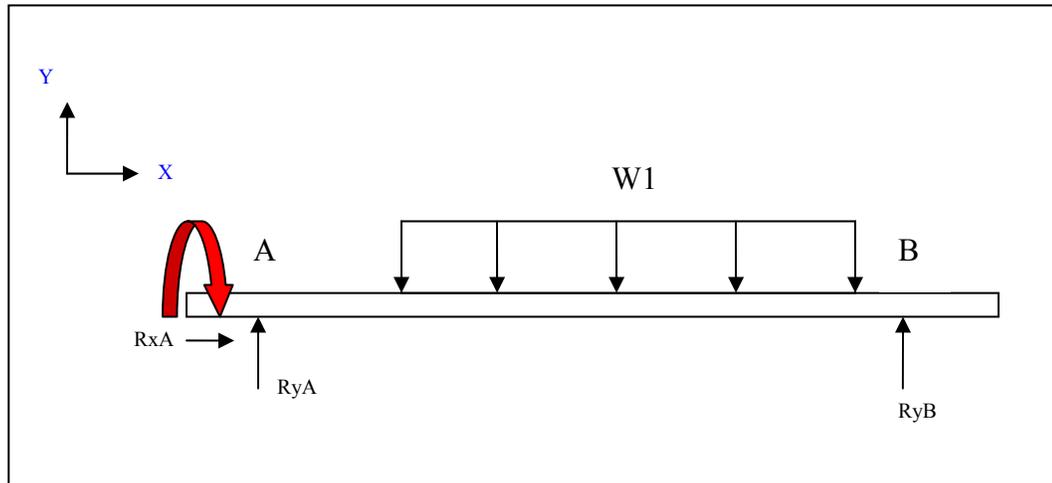


Figura N° 4.16 Diagrama de Fuerzas del eje AB en el plano XY. (Fuentes: Los Autores).

Donde:

$$W1 = (P + T1y) / \text{Longitud de la bobina}$$

$$W1 = (3433,5 + 4992,28) \text{ N} / 863,6 \text{ mm.}$$

$$W1 = 9,7565 \text{ N/mm.}$$

La carga distribuida es debida a los 370 Kg. de masa a lo largo de 0,86m de la longitud del eje de la bobina alimentada.

Este eje macizo se modeló como una viga, que descansa en dos apoyos simples, dichos apoyos en la realidad son dos cojinetes de superficie plana, las características de carga, dimensiones y apoyos se representa en la siguiente tabla N° 11 y los posteriores diagramas de cuerpo libre, junto con sus diagramas de corte y momento flector en las que las dimensiones en milímetros, las cargas en newton y los momentos en Nmm.

Tabla N° 11 Características del eje de la Bobina Alimentada

Diámetro (d)	50 mm.
Longitud (L)	1380 mm.
Carga Distribuida (W1)	9,7565 N/mm. ²

CÁLCULOS DE LAS REACCIONES, FUERZA CORTANTES Y MOMENTOS FLECTORES EN EL EJE DE LA BOBINA ALIMENTADA.

Para obtener los diagramas de cuerpo libre y de momento flector se utilizó el programa computacional MD-Solid, versión 3.7

Seguidamente se muestra en las figuras N° 4.17 Los diagramas de cuerpo libre, fuerza cortante y momento flector en los planos xy y xz. Se modela como una viga simplemente apoyada en sus extremos para determinar las cargas y reacciones presentes, así como los momentos flectores y torsores.

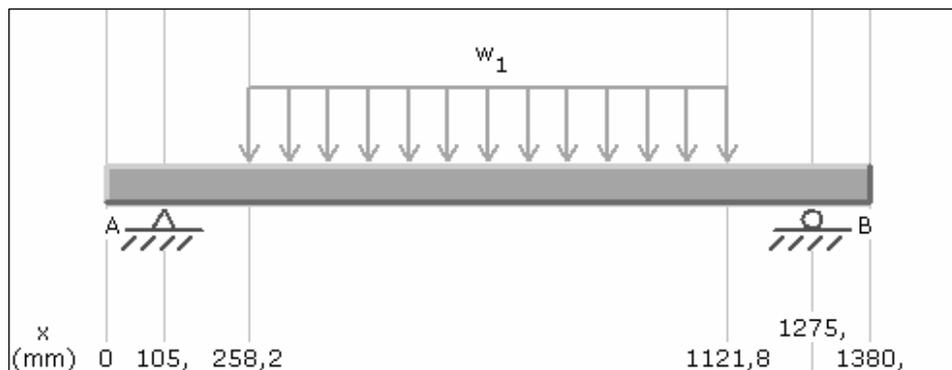


Figura N° 4.17 Diagrama de Solicitaciones en el eje de la Bobina Alimentada en el plano XY.

(Fuente: Los Autores)

En la Figura N° 4.17 se observa el diagrama de cuerpo libre del eje de la bobina alimentada.

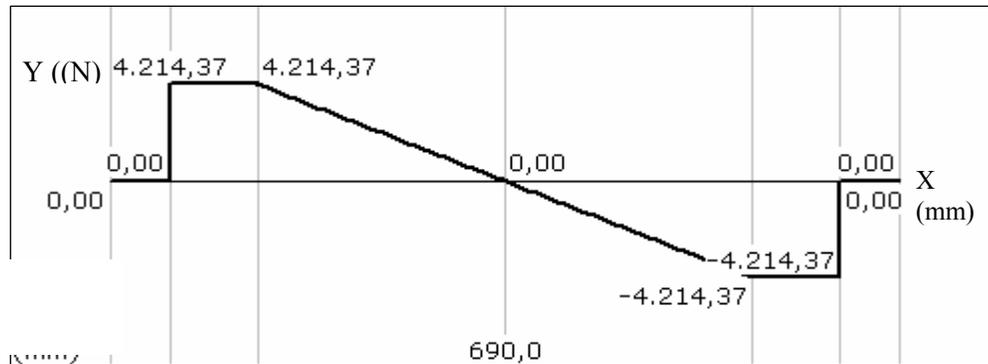


Figura N° 4.18 Diagrama de fuerza de Corte en el eje AB de la Bobina Alimentada en el plano XY (Fuente: Los Autores).

La Fig. N° 4.18, aporta datos necesarios para la escogencia de los cojinetes de superficie plana, donde las reacciones verticales son $R_{ya} = 4214,37 \text{ N}$ y $R_{yb} = 4214,37 \text{ N}$

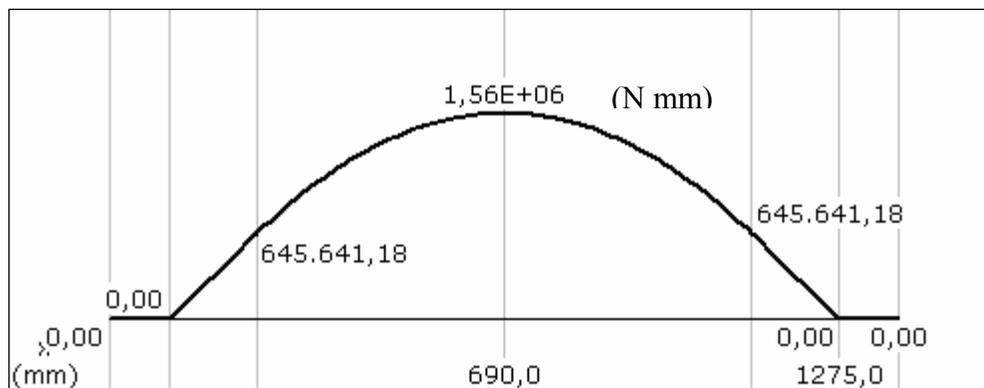


Figura N° 4.19 Diagrama de Momento Flector en el Eje AB de la Bobina Alimentada plano XY. (Fuentes: Los Autores).

Al hacer la sumatoria de fuerzas y momento en el plano, se obtuvo:

$$R_{xa} = 0$$

$$R_{ya} = 4214,3 \text{ N} = R_{yb}$$

El momento flector máximo $M= 1,56 \cdot 10^6$ N mm

En la siguiente figura se muestra el diagrama de cuerpo libre, de las fuerzas que actúan en el eje AB, en el plano XZ

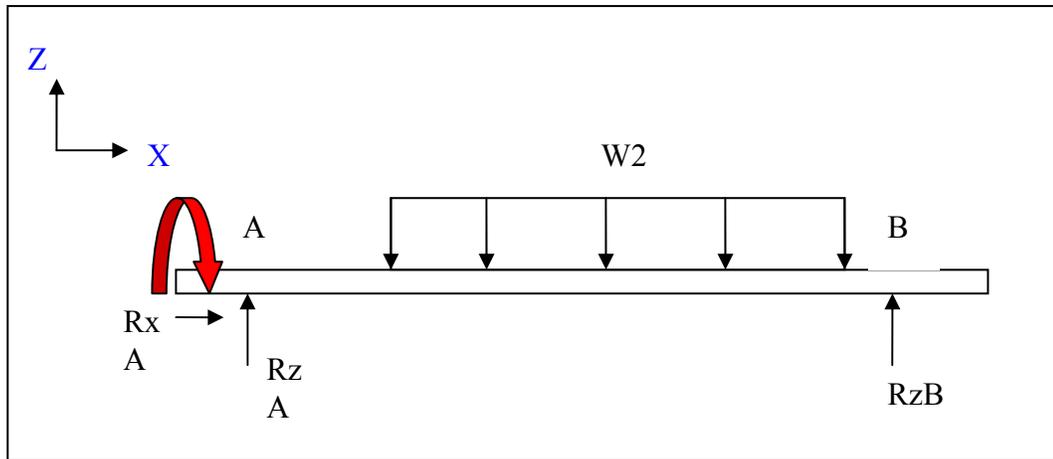


Figura N° 4.20 Diagrama de fuerzas del eje AB en el plano XZ. (Fuentes: Los Autores)

Donde:

$$W2 = T1Z / \text{Longitud de la bobina}$$

$$W2 = 691 \text{ N} / 863,6 \text{ mm}$$

$$W2 = 0,80 \text{ N/mm}$$

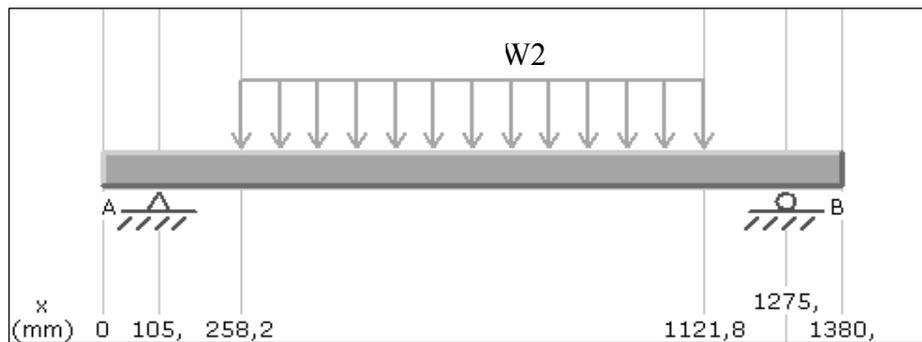


Figura N ° 4.21 Diagrama de Solicitaciones en el eje de la Bobina Alimentada plano XZ.

(Fuente: Los Autores)

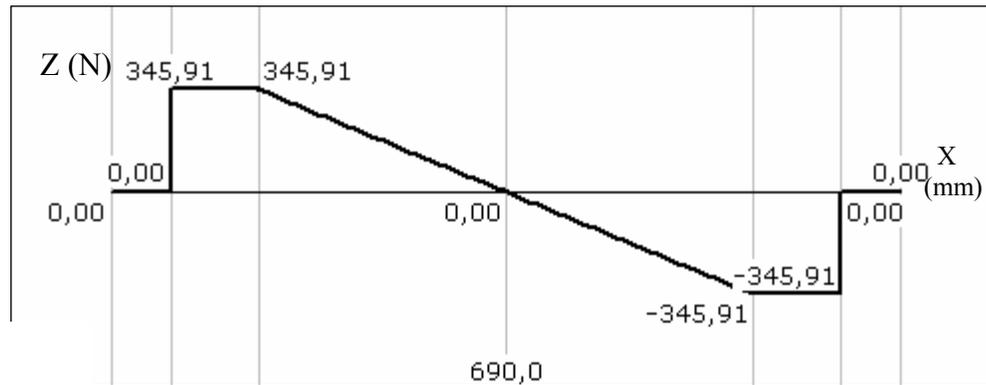


Figura N° 4.22 Diagrama de fuerza de Corte en el eje AB de la Bobina Alimentada en el plano XZ (Fuente: Los Autores).

De la Fig. N° 4.22 se obtienen las reacciones verticales: $R_{za} = R_{zb} = 345,91 \text{ N}$

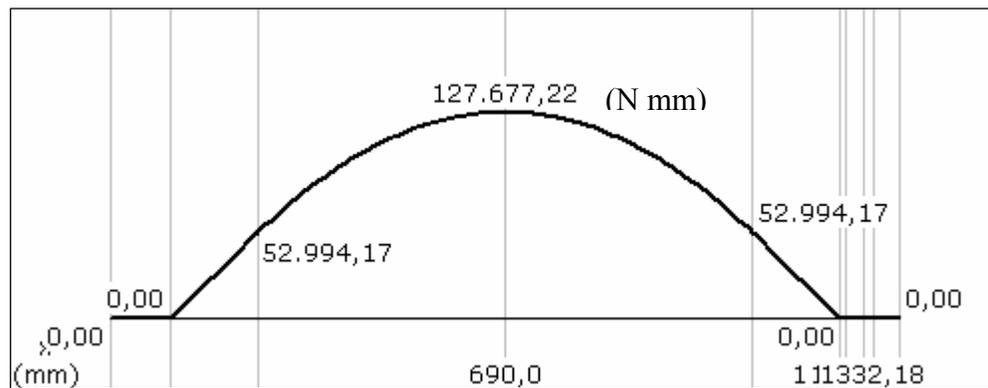


Figura N° 4.23 Diagrama de Momento Flector en el Eje AB de la Bobina Alimentada en el plano XZ. (Fuentes: Los Autores).

Donde al hacer la sumatoria de fuerzas y momento en el plano, se obtuvo:

$$R_{xa} = 0$$

$$R_{za} = 345,91 \text{ N} = R_{zb}$$

$$\text{El momento flector máximo es: } M_{xz} = 127677,22 \text{ Nmm.}$$

El momento flector resultante viene dado por:

$$M = \sqrt{(M_{xy})^2 + (M_{xz})^2} \quad \text{Ec.17}$$

$$M = \sqrt{(1,56 \times 10^6)^2 + (127677,22)^2}$$

$$M = 1.565 \times 10^6 \text{ Nmm} = 1565 \text{ N m}$$

Fuerza Radial Resultante: $R_{ya} + R_{za} = 4214 + 345,91 = 4560,21 \text{ N}$

Tabla N° 12 Resumen para el diseño del eje. (Fuentes: Los Autores).

<i>Momento Flector Resultante (Nmm)</i>	<i>Momento Torsor (Nmm)</i>	<i>Fuerza Radial Resultante (N)</i>
1.565×10^6	252000	4560,2 N

Estos valores son necesarios para el diseño de ejes, selección de los cojinetes y cálculo de la estructura.

4.10 ANÁLISIS DEL EJE DE LA BOBINA DE APORTE.

Para el diseño del eje de la bobina de aporte se deriva del mismo procedimiento del eje de la bobina alimentada. La función de este eje macizo es la de soportar la bobina de aporte, que tiene una masa máxima 18 Kg. y una altura de 0,86 m. Longitud del eje de la bobina de aporte: 1.4 m = 1400 mm

La siguiente figura, se muestran los diagrama de cuerpo libre del eje de la bobina de aporte, en donde se observan las fuerzas que actúan tanto en XY como ZY.

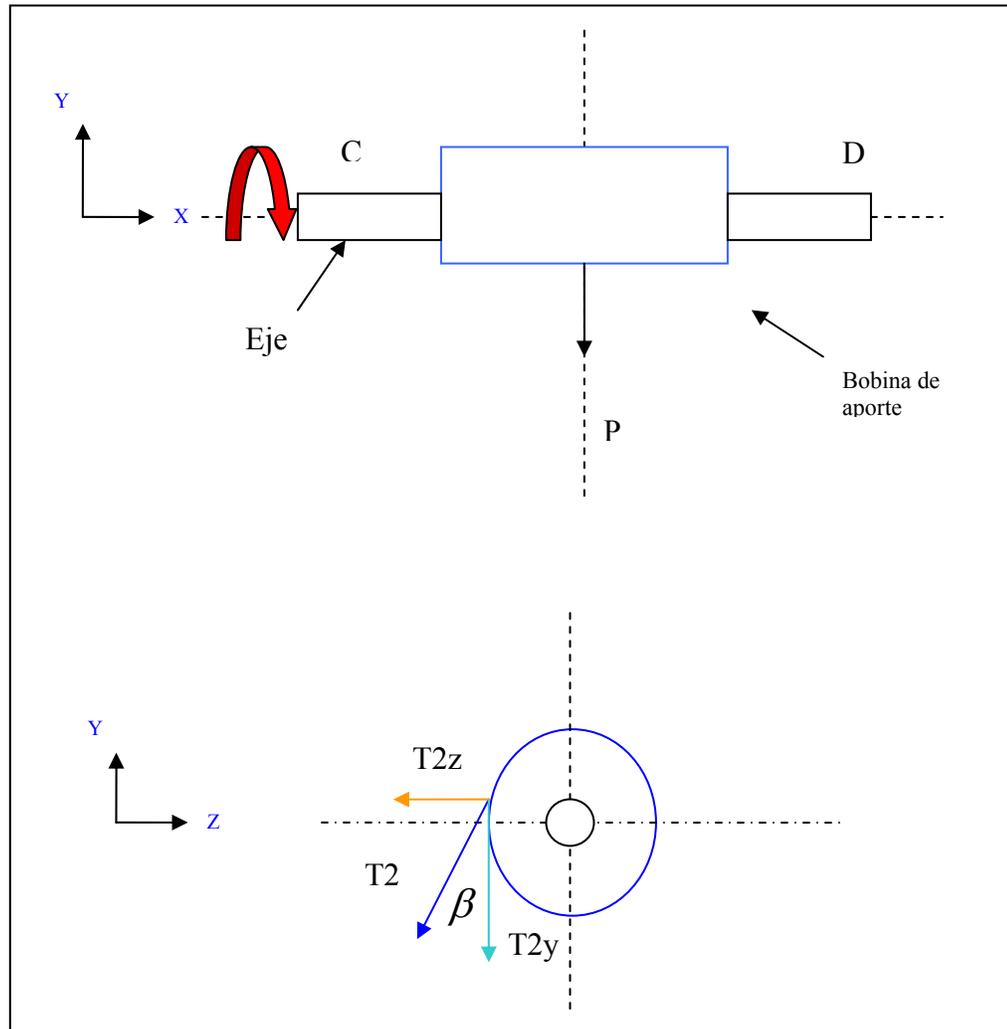


Figura N° 4.24 Diagrama de cuerpo Libre del eje CD (Bobina de Aporte). (Fuente: Los Autores).

$$P = 18 \text{ Kg} * 9,81 \text{ m/s}^2 = 176,58 \text{ N}$$

$$T1 = T2 = T$$

Donde:

T1 Y T2: Tensión del papel.

$$\beta = 31,66^\circ$$

$$T2y = T2 \cos (31,66) = 4289,93 \text{ N}$$

$$T2z = T2 \text{ Sen} (31,66) = 2645,38 \text{ N}$$

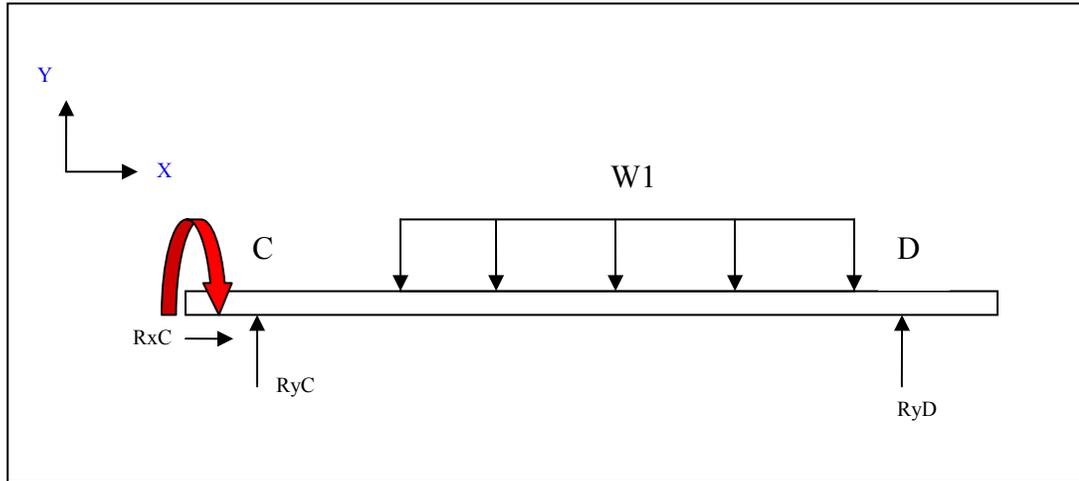


Figura N° 4.25 Diagrama de Fuerzas del eje CD en el plano XY. (Fuentes: Los Autores).

Donde:

$$W1 = (P+T2y)/\text{Longitud de la bobina.}$$

$$W1 = (176,58 + 4289,93) / 863,6 \text{ mm}$$

$$W1 = 5,1719 \text{ N/mm}$$

4.10.1 CÁLCULOS DE LAS REACCIONES, FUERZAS CORTANTES Y MOMENTO FLECTOR EN EL EJE LA BOBINA DE APORTE.

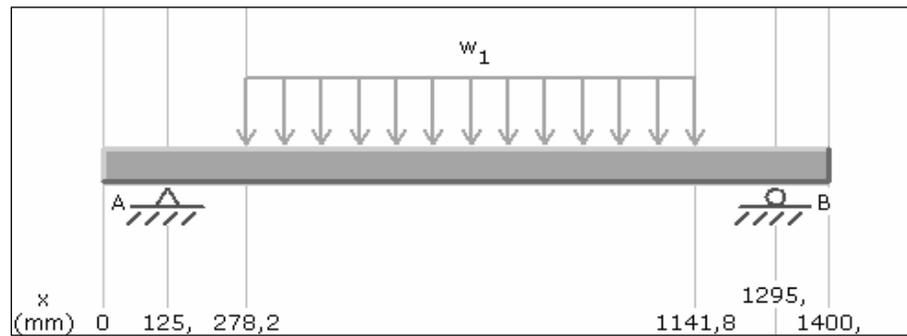


Figura N° 4.26 Diagrama Solicitaciones en el Eje CD (bobina de aporte) en el plano XY.

(Fuentes: Los Autores)

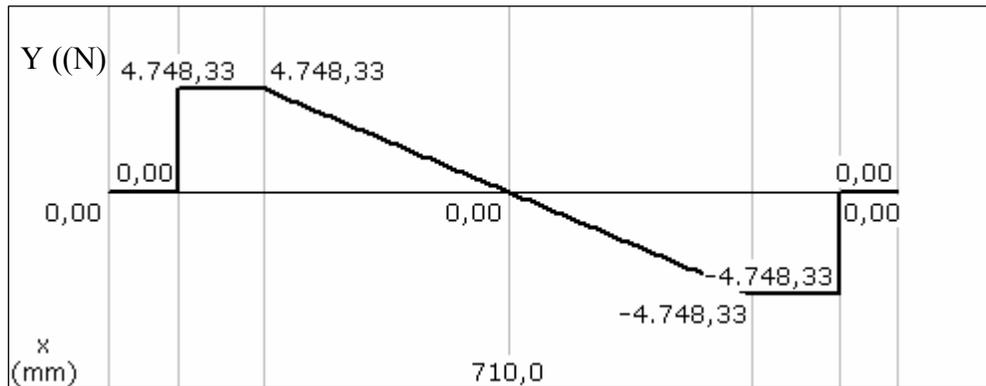


Figura N° 4.27 Diagrama de fuerza de corte en el Eje CD de la Bobina de Aporte plano XY.

(Fuentes. Los Autores)

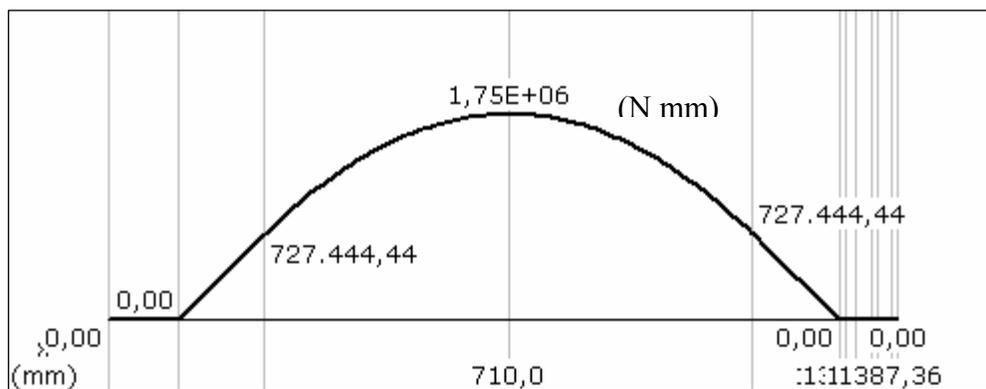


Figura N° 4.28 Diagrama de Momento Flector Eje CD de la Bobina de Aporte en el plano XY.

(Fuentes: Los Autores).

Donde al hacer la sumatoria de fuerzas y momento en el plano, se obtuvo:

$$R_{ya} = 4783,33 \text{ N} = R_{yd}$$

$$R_{xc} = 0$$

$$M_{xy} = 1,75 * 10^6 \text{ N mm}$$

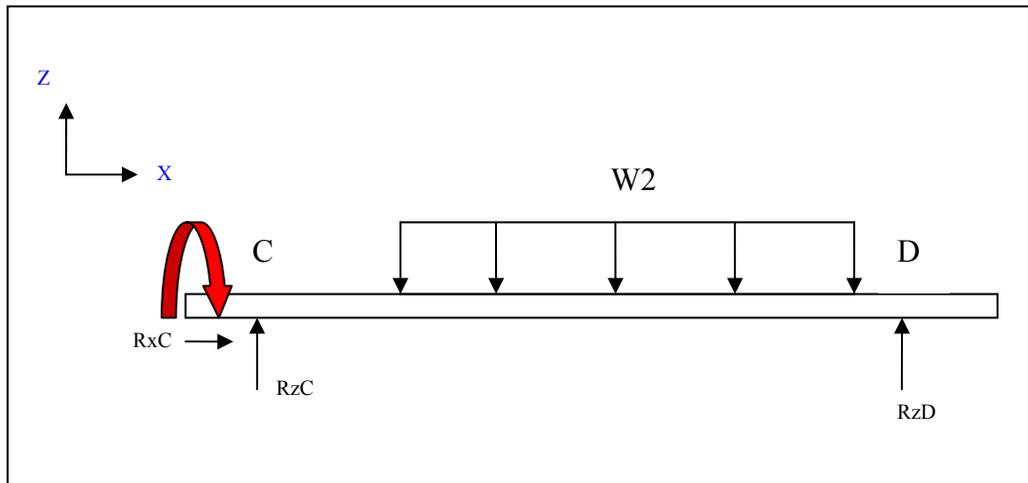


Figura N° 4.29 Diagrama de fuerzas del eje CD en el plano XZ. (Fuentes: Los Autores)

Donde:

$$W_2 = T_{2z} / \text{Longitud de la bobina.}$$

$$W_2 = 2645,38 \text{ N} / 863,6 \text{ mm}$$

$$W_2 = 3,0632 \text{ N/mm}$$

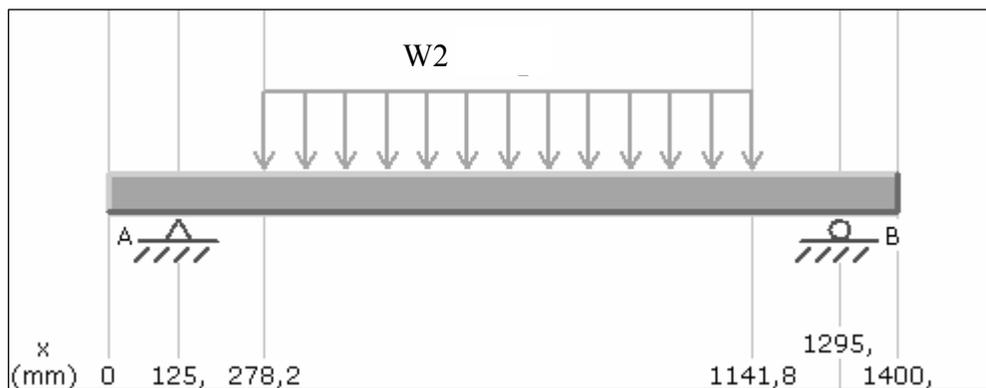


Figura N ° 4.30 Diagrama de Solicitaciones en el eje CD de la Bobina de Aporte en el plano XZ. (Fuente: Los Autores)

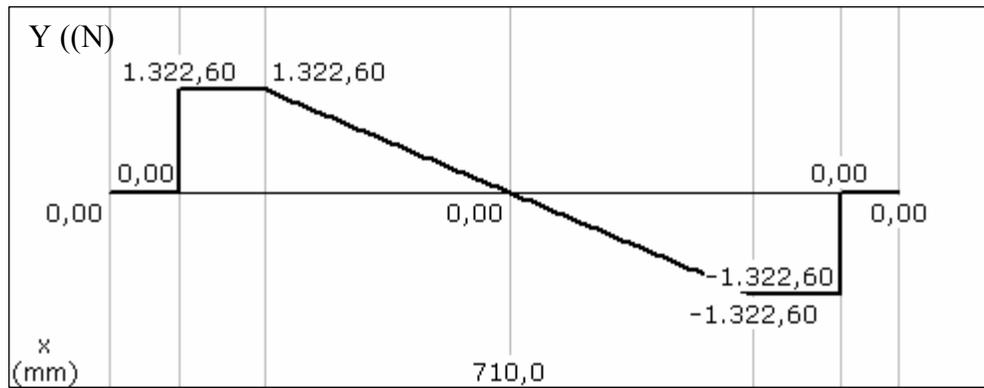


Figura N° 4.31 Diagrama de fuerza de Corte en el eje CD de la Bobina de Aporte en el plano XZ (Fuente: Los Autores).

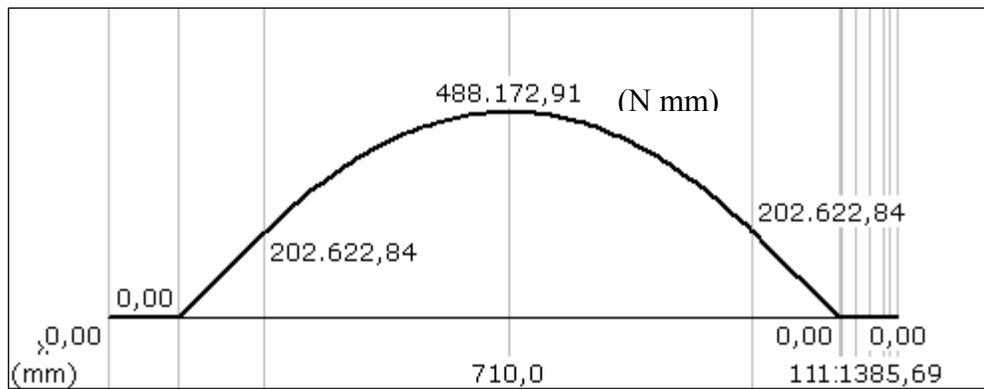


Figura N° 4.32 Diagrama de Momento Flector en el Eje CD de la Bobina de Aporte en el plano XZ. (Fuentes: Los Autores).

Donde:

$$R_{xc} = 0$$

$$R_{zc} = 1322,6 \text{ N} = R_{zd}$$

$$M_{xz} = 488172,91 \text{ N mm}$$

Momento Flector Resultante:

$$M = \sqrt{(1,75 \times 10^6)^2 + (488172,91)^2}$$

$$M = 1,8168 \times 10^6 \text{ N mm}$$

Fuerza Radial Resultante.

$$R_{yc} = R_{zc} = 4783,33 + 1322,6 = 6105,95 \text{ N}$$

<i>Momento Flector Resultante (N mm)</i>	<i>Momento Torsor Resultante (N mm)</i>	<i>Fuerza Radial Resultante (N)</i>
1816,8 x 10⁶ N mm		6105,65 N

Utilizando los datos anteriores, y la fórmula de teoría de falla de la distorsión de la energía por tanteo, se selecciona el tipo de acero idóneo que soportará las distintas sollicitaciones. Ver Apéndice N° A-4. Se seleccionó el material para el eje de la bobina de aporte:

Acero AISI 1045, cuyas propiedades mecánicas son:

$$S_{ut} = 673,7 \text{ Mpa} \text{ y } S_y = 413,8 \text{ Mpa}$$

4.11 TEORÍA DE FALLA APLICADA AL EJE DE LA BOBINA ALIMENTADA

Este diseño tiene la particularidad de tener preestablecido el diámetro del eje $D = 5 \text{ cm} = 0,05 \text{ m}$

Dicho eje está acoplado a un motoreductor que le entrega un torque máximo a el eje de $T = 252 \text{ Nm}$, se acota que este entrega de torque no es deforma instantánea es paulatinamente, puesto que el eje tiene un incremento de inercia a medida que se

cumpla el proceso de rebobinado y se llegue a la inercia total correspondiente a la $m = 370$ Kg.

Por lo general en el cálculo del diámetro del eje se utiliza una ecuación de diseño con base en el supuesto de que el esfuerzo o tensión por flexión en el eje es sucesivo e inverso debido a que el eje gira, y la tensión por esfuerzo de corte por torsión es relativamente uniforme y actúa en un sentido suministrada por el motor reductor:

El método usado para el diseño del eje o árbol es el de la TEORÍA DE FALLA MEDIANTE CORTE MÁXIMO Y GOODMAN MODIFICADO (teoría de la distorsión de la energía), dado a la condición de carga combinada de flexión y cargas por torsión

$$D = \left[\frac{32 * \psi}{\pi} * \sqrt{\left(\frac{K_t * M}{S_n'} \right)^2 + \left(\frac{T}{S_y} \right)^2} \right]^{1/3} \quad \text{Ec.18}$$

Donde:

Ψ : factor de diseño o de seguridad.

K_t : Constante de funcionamiento (Concentradores de esfuerzos).

M : Momento máximo flector. (Nw.m).

T : Momento máximo torsor. (Nw.m).

S_y : Límite de fluencia.

S_n' : Resistencia modificada a la durabilidad, relacionados a la fatiga.

Resistencia Modificada por durabilidad.(Sn')

$$Sn' = Sn * Cr * Cr \quad \text{Ec.19}$$

$$Sn' = (250) * (0.87) * (0.81)$$

$$Sn' = 177.997 \text{ Mpa}$$

Donde:

Sn: Resistencia por durabilidad.

El acabado del eje está forjado en la condición superficial por maquinado, y puesto que cualquier menoscabo en la superficie pulida reduce la resistencia por durabilidad, por tanto se estima una resistencia por durabilidad en comparación a la resistencia última a la tracción de los aceros. Anexo B-7 Tensión por durabilidad contra rendimiento al esfuerzo por tracción. (Eje maquinado)

$$Sn = 250 \text{ Mpa.}$$

Cs: Factor de tamaño para diseño de ejes.

Utilizando el Anexo A Figura B

$$Cs = D^{-0.19} \text{ (en pulgadas).}$$

$$Cs = (1.96850393 \text{ in})^{-0.19}$$

$$Cs = 0.87$$

Se aplica un factor de confiabilidad C_R ; se utiliza un ajuste para un alto grado de confiabilidad.

La confiabilidad deseada es de 0.99 por lo tanto el factor de confiabilidad, entonces del Anexo B-6 Tabla factor de confiabilidad.

$$C_R = 0.81.$$

Conocido estado de esfuerzo, estipulándole un factor de seguridad de 1.5 y conociendo las propiedades mecánicas de los distintos aceros para la fabricación de ejes, se determina el diámetro de diseño mínimo requerido que soporte las distintas sollicitaciones a los cuales estará sometido en condiciones de operación, este estudio

está contemplado en el apéndice numero Selección del material del eje de la bobina, programa en una hoja de Excel.

La Ecuación N° 18 fue programada en una hoja de cálculo, con la intención de observar los diferentes diámetros que se arroja, a los distintos aceros, donde se escogió el acero verificando la teoría de falla y despejando el diámetro, el inmediatamente inferior al diámetro de 5 cm estipulado por el diseño.

En este apartado se realiza un cálculo tipo de la Ec. N° 18.

$$D = \left[\frac{32 * 1.5}{\pi} * \sqrt{\left(\frac{1.6 * 906,23 N.m}{177997500 N / m^2} \right)^2 + \left(\frac{252,82 N.m}{413800000 N / m} \right)^2} \right]^{1/3}$$

$$D = 4,99 \text{ cm}$$

El diámetro inmediatamente inferior a 5cm lo aporta el acero AISI 1045, que aplicándole la teoría de falla, arroja un diámetro de 4,995cm.

4.12 CÁLCULO DE LA DEFLEXIÓN DEL EJE DE LA BOBINA ALIMENTADA.

Los ejes porta bobinas de la rebobinadora se encuentran apoyados en dos cojinetes y sometidos a cargas de gran magnitud debido a los pesos de las bobinas. Esas fuerzas que actúan sobre los ejes provocan flexión.

Para un buen rendimiento del sistema, utilizaremos el siguiente criterio para la máxima deflexión permisible:

A partir de lo establecido por el AISC³, en donde el límite de la deflexión se determina a partir del cociente $\frac{L}{360}$; en donde L es la flecha máxima y 360 es un

³ American Institute of Steel Construction.

valor establecido por el AISC en función del tipo de acero utilizado, es decir, que este cociente establece el valor máximo, que la deflexión del eje no debe exceder.

Límite de Deflexión:

$$Y_{\max} = \frac{L}{360} = \frac{1380\text{mm}}{360} = 3,83 \text{ mm}$$

$$Y_{\max} = 3,83 \text{ mm}$$

Se realizará el cálculo de deflexión para el eje de la bobina base y luego se dará el resultado para el eje de la bobina de aporte.

El eje de la bobina base es una viga apoyada de manera sencilla en sus extremos, para este cálculo la carga producto del peso de la bobina y la componente vertical de la tensión del papel, representan una carga distribuida, ubicada a lo largo de la viga, por lo tanto el cálculo de deflexión corresponde a:

$$Y = \frac{5 \times WL^3}{384 \times I \times E} \quad \text{Ec. 20}$$

Donde:

W: Valor de carga.

L: Longitud de la Carga.

E: Modulo de elasticidad. 30×10^6 Psi 207 Gpa Acero al Carbón.

I: Momento de inercia de la sección transversal respecto a su eje neutral.

$W = P + T1y$ (T1y es la componente vertical de la tensión del papel).

$W = (3433,5 + 4992,28) \text{ N} / 1,38 \text{ m}$

$W = 6105,6 \text{ N/m}$

$$I = \frac{\pi}{4} \times (r)^4 \quad \text{Ec. 21}$$

$$I = \frac{\pi}{4} \times (0,025)^4$$

$$I = 3,06796 \times 10^{-7} \text{ m}^4$$

$$Y = \frac{6105,6 \frac{\text{N}}{\text{m}} \times (1,38\text{m})^4}{384 \times 3,06796 \times 10^{-7} \text{ m}^4 \times (2070000 \text{ N/m}^2)} = 3,28\text{mm} \Rightarrow Y < Y_{\text{max}}$$

Por lo tanto, el eje no fallará por flexión

4.13 CÁLCULO Y SELECCIÓN DE CUÑAS Y CUÑEROS.

Una vez especificado los diámetros de los ejes porta bobina, se diseñan las cuñas para montar sobre estos ejes un acople que transmitirá el torque de frenado y el torque del moto reductor.

Partiendo de que tanto el eje que se une al moto reductor como el que se une al sistema de freno tienen igual diámetro y utilizarán el mismo acople, se realizarán los cálculos de la cuña para el eje que se une al moto reductor, ya que es el eje que está sometido al mayor momento torsor (248,45 Nm).

Para diámetros nominales de más de 1 3/4" (1,75") hasta 2 1/4" (2,25") se recomienda una chaveta cuadrada con un espesor $W_c = 1/2"$ y altura $H_c = 1/2"$. Para ajustarnos a las dimensiones del acople seleccionado, el espesor será de $W_c = 14\text{mm}$ y altura $H_c = 14\text{mm}$.

Para el material de la cuña se utiliza un acero AISI 1020 CD extruido en caliente al bajo carbón, que tiene una resistencia máxima a la tracción de (420Mpa), una resistencia al punto cedente de (296Mpa) y 15% de elongación.

Verificando las resistencias a punto de cedente S_y , de los materiales con que están elaborados los ejes y el acople, se observa que el menos resistente es el de la cuña, lo que nos permite utilizar la ecuación N°17 para calcular la longitud mínima que se requiere para la cuña.

- **Longitud de la cuña:**

Como se utiliza una cuña cuadrada y el material con que está hecha tiene la resistencia mas baja, por consiguiente la longitud mínima que se amerita para la cuña será:

$$L_c = \frac{4 T \psi}{D W_c S_y} \quad \text{Ec.22}$$

Donde:

$T = 248,45 \text{ Nm}$. (mayor torque presente en el sistema)

$\psi = 3$ (Para aplicaciones industriales típicas)

$D = 0,050 \text{ m}$

$W_c = 14 \text{ mm} = 0,014 \text{ m}$.

$$L_c = \frac{4 (248,45 \text{ Nm}) (3)}{(0,05 \text{ m}) (0,014 \text{ m}) (331,5 \text{ Mpa})} \Rightarrow L_c = 1,284 * 10^{-2} \text{ m} = 12,84 \text{ mm}.$$

$L_{c \text{ seleccionado}} = 13 \text{ mm}$ Esta longitud esta muy por debajo del ancho de la maza o del acople.

Ahora bien, la longitud de cada cuñero será de 62 mm. Por lo que $L_c = 124 \text{ mm}$

En resumen, las cuñas presentan las siguientes características.

Tabla N° 13 Resumen de las características de las cuñas

Material	Acero AISI 1020 CD
Espesor	14 mm.
Altura	14 mm.
Longitud	124 mm. (longitud del cople)

- Dimensiones del cuñero.

Altura de la cuerda Y:

$$Y_c = \frac{D - \sqrt{D^2 - Wc^2}}{2} \quad \text{Ec.23}$$

$$Y_c = \frac{0,05m - \sqrt{(0,05m)^2 - (0,014m)^2}}{2} = 0,001m = 1 \text{ mm.}$$

Profundidad del cuñero del eje Sc

$$S_c = D - Y_c - \frac{Hc}{2} \quad \text{Ec.24}$$

$$S_c = 0,05m - 0,001m - \frac{0,014m}{2} \Rightarrow S_c = 0,042m$$

$$S_{c \text{ seleccionado}} = 42\text{mm}$$

Profundidad del cuñero de la masa Tc:

$$T_c = D - Y_c + \frac{Hc}{2} + C \quad \text{Ec.25}$$

Donde:

C = + 0,005'' Tolerancia de espaciamento para cuñas paralelas.

$$T_c = 0,05m - 0,001m + \frac{0,014m}{2} + 0,000127m = 0,056127m = 56,127\text{mm}$$

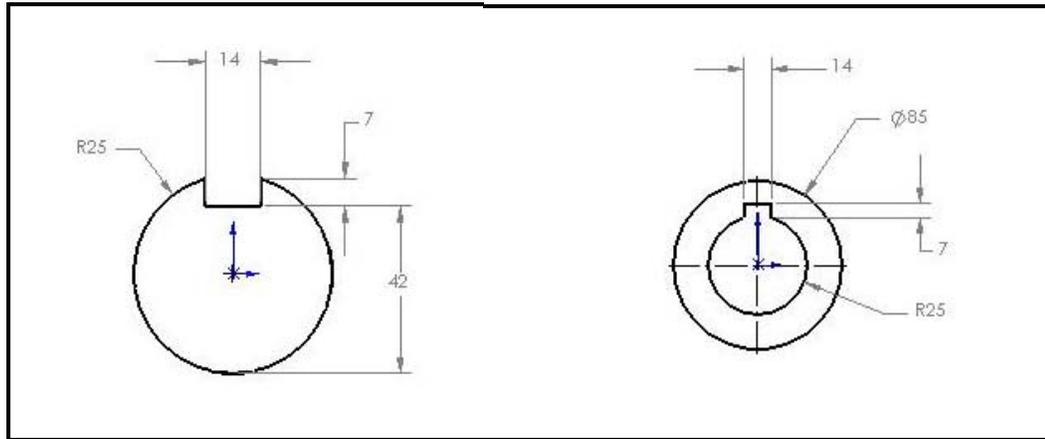


Figura N° 3.33 Dimensiones de la cuña (Fuentes: Los Autores).

4.14 ANÁLISIS DE DURACIÓN DEL EJE DE LA BOBINA ALIMENTADA.

En este apartado se abordará la resistencia del eje de la bobina bajo la acción de carga de fatiga, para ver en caso de que no tenga vida infinita en el eje, esto se realiza analizando la prevención de falla por fatiga, es decir ver las cargas generadas por la fatiga en el eje.

$$S_y = 413,8 \text{ Mpa} \qquad S_{ut} = 673,7 \text{ Mpa.}$$

- **Límite de resistencia a la fatiga del eje rotatorio (Se'):**

$$Se' = \left\{ \begin{array}{ll} 0,504 S_{ut} & S_{ut} \leq 200 \text{Kpsi} (1400 \text{Mpa}) \\ 100 \text{Kpsi} & \dots \dots \dots S_{ut} > 200 \text{Kpsi} \\ 700 \text{Mpa} & S_{ut} > 1400 \text{Mpa} \end{array} \right\}$$

Como $S_{ut} \leq 1400 \text{ Mpa}$ entonces

$$\Rightarrow Se' = 0,504(673,7 \text{Mpa}) = 339,5448 \text{Mpa}$$

- **Factor de superficie Ka:**

$$K_a: aS_{ut}^b$$

Utilizando la tabla N° 6 Factor de Acabado de Superficie Marco teórico para un eje de acabado superficial de maquinado o laminado en frío

$$\Rightarrow K_a = 4.45(673,7)^{-0,265} = 0,792$$

- **Factor de tamaño Kb:**

Kb:

$$\left. \begin{array}{l} \left(\frac{d}{0.3} \right)^{-0.1133} \quad pu\ lg \quad \dots \quad 0.11 \leq d \leq 2 \quad pu\ lg \\ \left(\frac{d}{7.62} \right)^{-0.1133} \quad mm \quad \quad \quad 2.79 \leq d \leq 51 \quad mm \end{array} \right\}$$

Como el diámetro del eje es de 50mm entonces:

$$\Rightarrow K_b = \left(\frac{50mm}{7,62} \right)^{-0.1133} = 0,808$$

- **Factor de carga Kc:**

El factor de carga esta dado por la ecuación:

$$K_c = \left. \begin{array}{l} 0.923 \quad c\ arg\ axial \quad S_{ut} \leq 220Kpsi (1520Mpa) \\ 1 \quad c\ arg\ a\ a\ xial \quad S_{ut} > 220Kpsi (1520Mpa) \\ 1 \quad flexiòn \\ 0.577 \quad torsiòn\ y\ corte \end{array} \right\}$$

Como el eje esta sometido a torsión y a esfuerzos de cortantes:

$$\Rightarrow K_c = 0.577$$

- **Factor de temperatura Kd:**

Como se va a utilizar a temperatura ambiente por lo tanto:

Kd: 1

- **Factor de efectos diversos Ke (Entalladura):**

$$K_e = \frac{1}{K_f} \quad \text{Ec.26}$$

Donde $K_f = 1 + q (K_t - 1)$

Factor de concentración de esfuerzo $K_t = 1,6$, debido a que se le realiza una cuña tipo corredera, para el acople del motor reductor y eje.

$q = 1$ entonces $K_f = K_t$, el material tiene sensibilidad completa a la muesca.

$$K_f = K_t = 1,6$$

$$\text{Entonces } S_n' = (0,792) (0,808) (0,577) (1) (1,6) (339,5448) = 200.5993 \text{ Mpa}$$

- **El modulo de sección es:**

$$\frac{I}{C} = \frac{\pi d^3}{32} = \frac{\pi (5\text{cm})^3}{32} = 0.12\text{cm}^3 \quad \text{Ec.27}$$

En consecuencia el esfuerzo por flexión es:

$$\sigma = \frac{M}{I / C} = \frac{906,23\text{Nm}}{0,12\text{m}^3} = 7.5519 * 10^3 \text{Mpa} \quad \text{Ec.28}$$

$$7.5519 * 10^{-3} \text{ Mpa} < 200,5993 \text{ Mpa}$$

Este esfuerzo es menor que el límite de resistencia a la fatiga, por lo que el eje tendrá una duración infinita.

Otro enfoque para analizar que el eje no falle por el fenómeno de la fatiga es por medio de la ecuación de la recta que se observa en la gráfica S-N figura N° 2.9 Diagrama S-N (Marco Teórico).

Calculando la resistencia a la fatiga (Sf), a partir del número de ciclos de esfuerzos (N).

Se desea obtener una resistencia a la fatiga Sf correspondiente a 10^6 ciclos de duración, valor correspondiente en el rango de una vida infinita para un elemento mecánico.

$$a = \frac{(0,9 * Sut)^2}{Se} \quad \text{Ec. 29}$$

$$a = \frac{(0,9 * 673,7 \text{ Mpas})^2}{200,5993 \text{ Mpas}} = 1832,6886 \text{ Mpas}$$

$$b = -\frac{1}{3} \log \frac{0,9Sut}{Se} \quad \text{Ec. 30}$$

$$b = -\frac{1}{3} \log \frac{0,9 * 673,7 \text{ Mpas}}{200,5993} = -0,1601$$

Para obtener el valor de Sf se utiliza la siguiente ecuación de la recta de la gráfica de S-N.

$$Sf = a N^b \quad \text{Ec.31}$$

$$S_f = 1832,68 \text{ Mpa} * (10^6)^{-0,1601}$$

$$S_f = 138,80 \text{ Mpa}$$

Con este valor de S_f se garantiza que el eje de la bobina alimentada, tendrá una vida infinita.

4.15 SELECCIÓN DE LOS RODAMIENTOS Y COJINETES

Sirven de apoyo y permite que el árbol o eje gire con un roce mínimo. Pueden ser de dos tipos: Rodamientos (rolinera) o cojinetes de deslizamientos.

Se desarrollará en detalle el cálculo de las cargas para la selección de los cojinetes del eje porta disco de freno, eje porta bobina alimentada y eje porta bobina de aporte

RODAMIENTOS DEL EJE PORTA DISCO DE FRENO

El eje porta disco en el punto E y F (Figura N° 4.34) solo presenta cargas radiales, estando ausente cargas axiales. Ahora bien, es necesario calcular la carga equivalente P_o del cojinete.

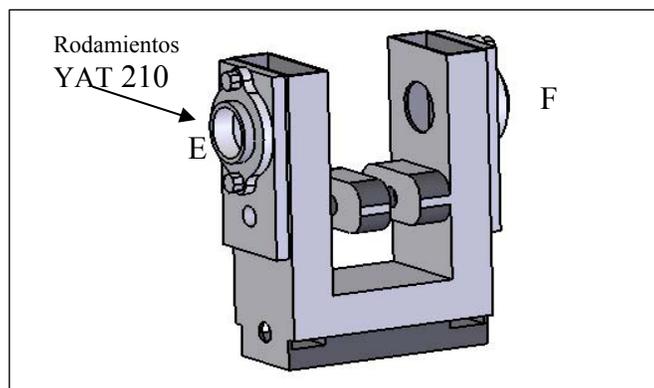


Figura N° 4.34 Disposición de los Rodamientos en el eje Porta Disco de Freno.

(Fuente: Los Autores)

La forma de calcular esta carga equivalente (P_0), se presenta en el catálogo del fabricante (ver Anexo B-13), donde se selecciona el rodamiento. Se escogió un cojinete Y con prisionero, que es capaz de trabajar bajo este tipo de carga, así P_0 vendría dada por:

$$P_0 = X_0 F_r + Y_0 F_a \quad \text{Ec. 32}$$

Donde

P_0 : carga estática equivalente

F_r : carga radial real

X_0 : factor de carga radial del rodamiento

Y_0 : factor de carga axial del rodamiento.

Análisis del punto F como se analizó anteriormente, la fuerza de la reacción en el apoyo del punto F es 11,28 N y la fuerza axial es cero, por lo que:

$$F_r = N$$
$$F_a = 0N$$

Para hallar los valores de los factores radiales y axiales, se debe comparar el cociente F_a/F_r con el coeficiente e y luego buscar en la tabla del catálogo que suministra el fabricante (ver Anexo B-13) los valores de X e Y .

Al calcular el cociente $F_a/F_r = 0$ y comparando este valor con el del factor e (ver Anexo B-13), se tiene que los factores de carga radial y carga estática son $X = 1$ y $Y = 0$.

Ahora se calcula la carga equivalente

$$P_0 = X_0 F_r + Y_0 F_a$$

$$\Rightarrow P_o = 1x(11,28N)$$

$$P_o = 11,28N$$

Ahora se procede a calcular la especificación básica de carga dinámica, C, que se necesita, a partir de:

$$C = P_d \left(\frac{L_d}{10^6} \right)^{1/k} \quad \text{Ec. 33}$$

Donde:

P_d : es la carga equivalente P_o

L_d : es la vida útil de diseño

$k=3$ este valor es para cojinetes de bolas ⁴

Para este caso en que el eje tiene una velocidad angular máxima de 800 rpm., se debe estimar la vida útil de diseño, que viene dada por la expresión

$$L_d = (h)(rpm)(60 \text{ min/h}) \text{ Ecuación}$$

El número de horas recomendado para esta aplicación es $h = 20000 \text{ horas}$, siendo

$$L_d = (20000h)(800rpm)(60 \text{ min/h}) \Rightarrow L_d = 960 \times 10^6 \text{ rev}$$

Así que en el punto B la carga dinámica es

$$C = 11,28N \left(\frac{960 \times 10^6}{10^6} \right)^{1/3} \Rightarrow C = 111,27N$$

Con este valor de carga dinámica se busca en el catálogo el rodamiento que resista esta carga. El rodamiento seleccionado es marca SKF y tiene la designación:

⁴ Mott, Robert. Diseño de Elementos de Máquinas. 2ª ed. Pág. 609.

YAT 210

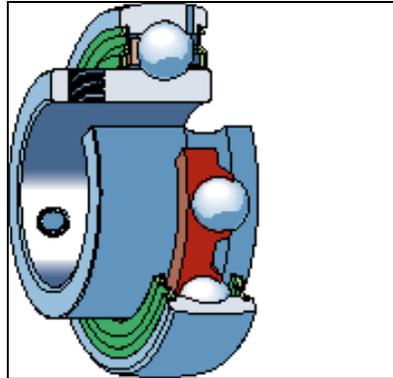


Figura N° 4.35 Rodamiento YAT 210 Marca SKF. (Fuente: Los Autores).

Que tiene una capacidad de carga dinámica $C=35,1\text{kN}$ y una capacidad de carga estática $C_0=23,2\text{kN}$.

El soporte seleccionado para este cojinete es marca SKF y tiene la siguiente designación: Soporte de Brida serie 7225.



Figura N° 4.36 Soporte para los rodamientos de bolas. (Fuente: Manual SKF)

Análisis del punto *E*. En este punto igualmente, sólo hay carga radial, por lo cual para el cálculo de la carga estática equivalente, al calcular el cociente $F_a/F_r = 0$ y comparando este valor con el del factor e (ver Anexo B-13), se tiene que los factores de carga radial y carga estática son $X = 1$ y $Y = 0$. Así que la carga estática equivalente tiene una magnitud de $P_o = 8,34N$, ya que la carga radial en este punto es $F_r = 8,34N$. Haciendo las mismas consideraciones que en el análisis del punto *E*, se obtuvo que la carga dinámica es $C = 82,27N$. Por lo cual el rodamiento seleccionado para el punto *F* es adecuado para el punto *E*.

SELECCIÓN DE LOS COJINETES PARA LOS EJES PORTA BOBINAS

Para los ejes porta bobina se utilizarán cojinetes de superficie plana, chumaceras, lubricados en el límite. Este tipo de cojinete ya es usado por las máquinas impresoras, rotativas, en sus ejes porta bobinas, pero lo que aquí haremos es comprobar que dichos cojinetes puedan ser utilizados en nuestra aplicación y de esta forma poder usar cojinetes usados que puedan tener en stop estas pequeñas imprentas para las cuales se está proponiendo la rebobinadora.

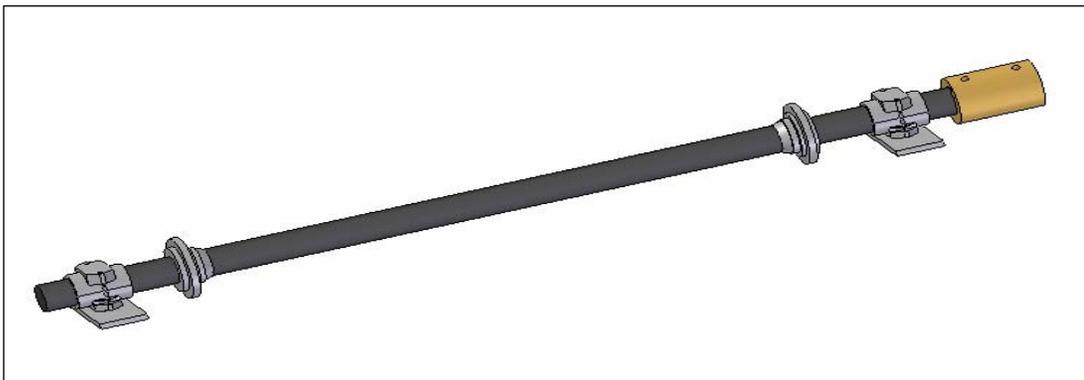


Figura N° 4.37 Disposición de Los Cojinetes para los Ejes Porta Bobina. (Fuente: Los Autores)

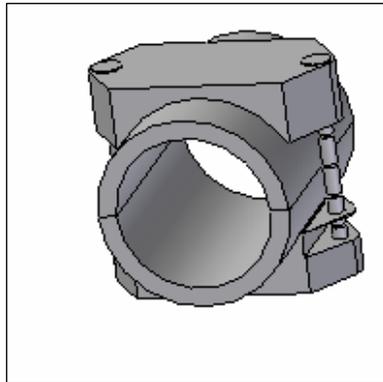


Figura N° 4.38 Cojinetes de superficie Plana. (Fuentes: Los Autores).

Se desarrolló el cálculo para las condiciones más críticas presente en los ejes:

Carga radial = 6105,95 KN

Diámetro del eje = 50 mm.

Velocidad de giro = 800 rpm.

Características de los cojinetes utilizados por las maquinas impresoras:

Diámetro: 50 mm.

Longitud: 125 mm.

Material: bronce

El que sigue es un procedimiento para el diseño de estos cojinetes descrito en el Mott.

1. Se especifica un diámetro D , para el muñón y el cojinete.

Hacemos la prueba con $D = D_{min} = 50$ mm.

2. Cálculo de la longitud nominal del cojinete $L = 125$ mm.

3. Presión en el cojinete:

$$p = F/LD = (6105,95 \text{ N}) / (125 \text{ mm.})(50 \text{ mm.}) = 0.97695 \text{ N/mm}^2 = 97,69 \text{ KPa.}$$

5. Velocidad del muñón:

$$V = \pi(D)(n) / (60.000) = \pi(50)(800) / (60.000) = 2.094 \text{ m/s}$$

4. Factor $pV = (97,69 \text{ KPa})(2.094 \text{ m/s}) = 204,56 \text{ KPa} \cdot \text{m/s} = 204,56 \text{ kW/m}^2$

5. valor de diseño de $pV = 2(204,56) \text{ kW/m}^2 = 409,125 \text{ kW/m}^2$

El valor límite de pV para el bronce es de $409,12 \text{ kW}/m^2$.

El valor obtenido para nuestra aplicación está muy por debajo del valor referido, lo que quiere decir que si podemos utilizar los cojinetes utilizados en las rotativas, ya que se adaptarán a la energía debida a la fricción que se genera en el cojinete.

4.16 SELECCIÓN DE LOS ACOPLES DE LOS EJES DE LA BOBINA ALIMENTADA Y DEL EJE DE LA BOBINA DE APORTE.

Se utilizarán acoples rígidos para unir los extremos de los ejes porta bobina con los sistemas de freno y potencia.

El acople rígido seleccionado (ver anexo B-14) permite unir dos ejes de forma apretada de manera que no sea posible que se genere un movimiento relativo entre ellos y transmitir un torque de 350 Nm, lo cual es superior al torque máximo del sistema. Las dimensiones del acople se muestran en la siguiente tabla.

Tabla N° 14 Dimensiones del acople. (Fuentes: Los Autores)

<i>Agujero 1</i> (mm.)	<i>Agujero 2</i> (mm.)	<i>OD</i> (mm.)	<i>Longitud</i> (mm.)	<i>K</i> (mm.)	<i>Tornillo</i>
50	50	85	124	14	M10

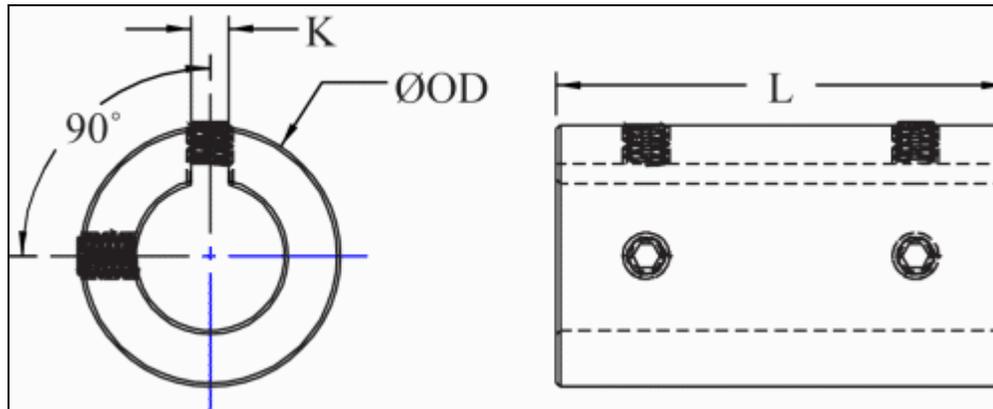


Figura N° 4.39 Acople seleccionado. (Fuentes: Los Autores).

El diseño de este acople nos permite una alineación precisa de los ejes que se van a unir. El material del acople es un acero con designación AISI 1040 extraído en frío con una resistencia a punto cedente de 490 Mpa.

4.17 .CÁLCULO Y DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL EQUIPO

El porta bobina, es una estructura metálica diseñada y calculada para el alojamiento de las bobinas de papel y todos los componentes necesarios para su funcionamiento.

En el diseño de la estructura (Figura N° 4.40) se usarán tubos estructurales de sección rectangular de (200 x 70) para las columnas que sirven de apoyo a los ejes y tubos estructurales de sección rectangular (80 x 40) para los apuntalamientos diagonales, todas las conexiones serán mediante soldadura.

Dicho porta bobina debe soportar las cargas generadas por las bobinas cuando estos se encuentren a su máxima capacidad, así como también permitir el fácil acceso y manejo de las mismas para el momento de su carga y descarga.

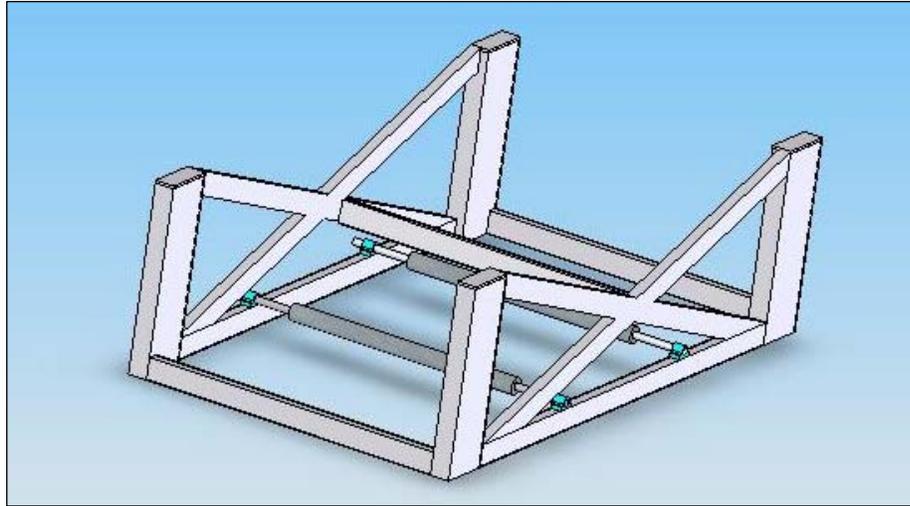


Figura N° 4.40 Estructura de la rebobinadora (Fuente: Los autores)

4.17.1 CÁLCULO DE LAS COLUMNAS DE APOYO.

El porta bobinas tiene cuatro columnas que sirven de apoyo a los ejes. Estas columnas de apoyo serán tubos estructurales de 200 x 70 mm. de acero ASTM-A-500 grado C, con un esfuerzo de fluencia de 3515 Kgf/cm^2 , que soportan una carga axial por compresión, como se muestran en la figura 4.41

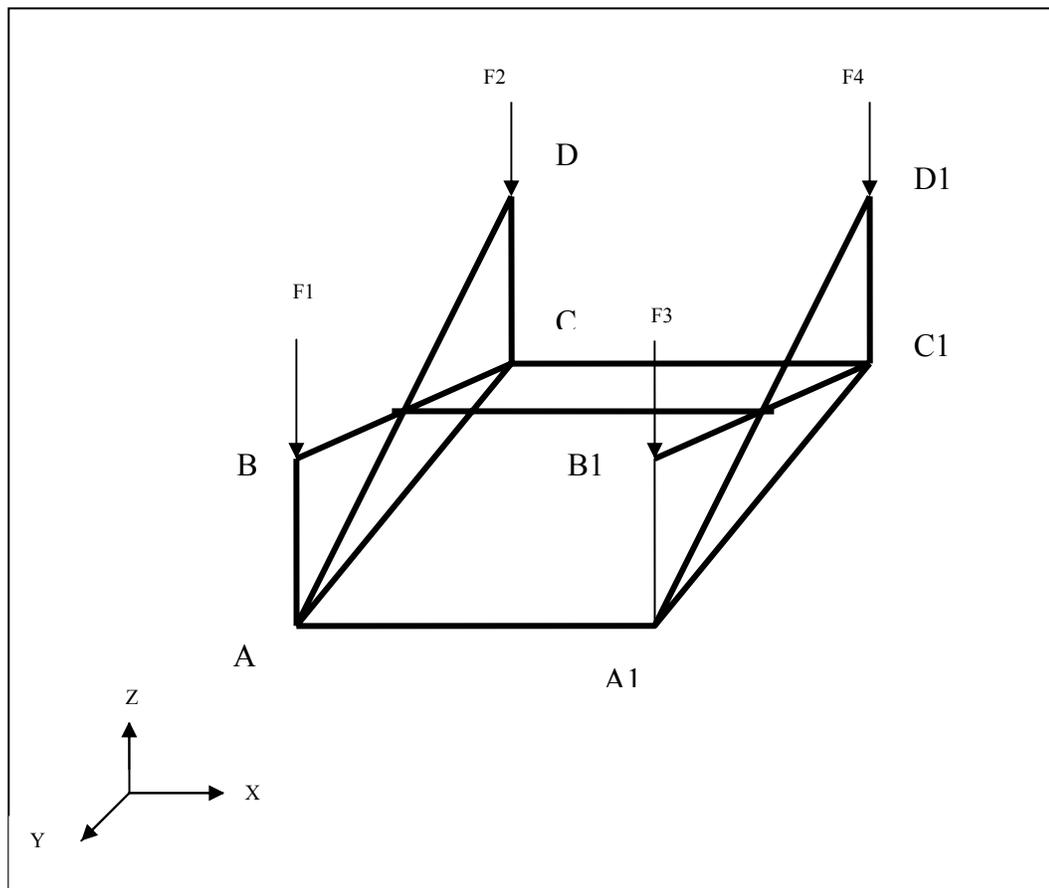


Figura N° 4.41 Fuerzas que inciden sobre la estructura. (Fuentes: Los Autores).

Del análisis del eje porta bobina se tiene, que las fuerzas que inciden en las diferentes columnas son:

$$F1 = 4560 \text{ N}$$

$$F2 = 6105,95 \text{ N}$$

$$F3 = 4560 \text{ N}$$

$$F4 = 6105,95 \text{ N}$$

4.17.2 CÁLCULO DEL PANDEO EN LAS COLUMNAS DE APOYOS

A continuación se pasa a verificar que las columnas de apoyo no fallen por pandeo cuando el porta bobinas esta soportando las bobinas. Para este estudio se analizara la columna que esta sometida a la mayor fuerza de compresión.

Las propiedades de la sección transversal importantes son:

- 1.El área de la sección transversal, A.
- 2.El momento de inercia de la sección transversal, I.
- 3.El valor mínimo del radio de giro de la sección transversal, r.

El radio de giro se calcula a partir de:

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}} \quad \text{Ec. 34}$$

Para el estudio de nuestra columna, es decir, un tubo estructural de acero de sección cuadrada de 200x70 mm. con un esfuerzo de fluencia de 3515kgf/cm², se tiene que:

$$r = \sqrt{\frac{1016,19\text{cm}^4}{21,85\text{cm}^2}} = 6,81\text{cm}$$

$$\text{Razón de Delgadez} = \frac{K \times L}{r} \quad \text{Ec. 35}$$

Donde:

$L_e = K \times L =$ longitud efectiva.

Para el valor $K = 2.10^{-1}$

$L_e = 2,10 \times 0,67 \text{ m}$

$L_e = 1,407 \text{ m} = 140,7\text{cm}$

$$\text{Relación de Delgadez} = \frac{140.7\text{cm}}{6,81\text{cm}} = 20,63$$

La decisión en cuanto a cuál método utilizar para el cálculo del pandeo de las columnas de apoyo, es decir, la fórmula de Euler para columnas largas, esbeltas o delgadas; y la fórmula de J.B. Johnson para columnas cortas, depende del valor de la razón real de delgadez para la columna objeto de análisis en relación con la constante de columna, C_C .

$$C_C = \sqrt{\frac{2 \cdot (\pi)^2 \cdot E}{S_Y}} \quad \text{Ec. 36}$$

Donde E es el módulo de elasticidad del material con que está hecha la columna y S_Y es el esfuerzo de fluencia.

$$C_C = \sqrt{\frac{2 \cdot (\pi)^2 \cdot 2,1 \times 10^6 \text{ Kgf/cm}^2}{3500 \text{ Kgf/cm}^2}} = 108,8280$$

A continuación, se compara C_C con la razón de delgadez; si la razón de delgadez es mayor que C_C entonces la columna es larga, por lo que se utiliza la ecuación de Euler para determinar la carga crítica. Si por el contrario, la razón de delgadez es menor que C_C , entonces la columna es corta, por lo que se usa la fórmula de J.B. Johnson.

En el análisis de una columna larga, la fórmula de Euler establece que la carga crítica está definida por: $P_{CR} = \frac{(\pi)^2 \cdot E \cdot A}{(K \cdot L/r)^2}$

Ahora bien, la fórmula de J.B. Johnson establece que el análisis de una columna corta y su carga crítica que origina el pandeo viene dada por:

$$P_{CR} = A \cdot S_Y \cdot \left[1 - \frac{S_Y \cdot \left(\frac{K \cdot L}{r} \right)^2}{4 \cdot (\pi)^2 \cdot E} \right]$$

Razón de Delgadez $< C_C \Rightarrow$ La columna es corta ; por lo tanto, se utiliza la fórmula de J.B. Johnson para el análisis de la columna, entonces:

$$P_{CR} = A \cdot S_Y \cdot \left[1 - \frac{S_Y \cdot \left(\frac{K \cdot L}{r} \right)^2}{4 \cdot (\pi)^2 \cdot E} \right] \quad \text{Ec. 37}$$

$$P_{CR} = 21,85 \text{ cm}^2 * 3515 \text{ Kg} / \text{ cm}^2 \left[1 - \frac{3515 \text{ Kg} / \text{ cm}^2 (20,63)^2}{4(\pi)^2 * 2,1 * 10^6 \text{ Kg} / \text{ cm}^2} \right]$$

$$P_{CR} = 1385,94 \text{ Kg} \Rightarrow P_{CR} = 13591,51 \text{ N}$$

En resumen, el objetivo de este análisis y diseño de la columna es verificar que la carga que se le aplica es segura, por debajo de la carga crítica que origina el pandeo.

Por lo tanto, se tiene que la carga permisible o tolerable es:

$$P_A = \frac{P_{CR}}{\psi} \quad \text{Ec. 38}$$

Donde ψ es un factor de seguridad.

Entonces, para el caso en estudio, y tomando un valor de factor de seguridad igual a 2, se tiene que nuestra carga permisible o tolerable es:

$$P_A = \frac{13591,51N}{2} = 6795,75N$$

Ahora bien, la carga real que se aplica P, debe ser menor que P_A, por lo que en este caso en donde la carga real que se aplica a cada columna de apoyo del porta bobina es 4560, 21 N es:

$$P = 4560,21 N$$

Podemos concluir que el tubo estructural de 200 x 70mm de sección rectangular no fallará por pandeo.

4.18 CÁLCULO DE LA SOLDADURA.

Primeramente, se debe tener en cuenta que en el portabobina las uniones de cada uno de los tubos estructurales serán soldadas en su conjunto, por medio de soldadura manual de arco metálico SMAW¹.

Los electrodos a utilizar para la soldadura de arco, están normalizados por la AWS². Al producirse el arco, la fusión del extremo del electro constituye el metal de aporte depositado, el cual debe elegirse con características análogas a las del metal de los tubos estructurales. Esta circunstancia se designa compatibilidad de los electrodos.

Una de las ventajas que aporta todos los elementos de la porta bobina es el acero seleccionado, el cual admite ejecutar una unión rápida y económica. Por lo tanto, para la unión soldada se empleara un electrodo E70XX. Este electrodo garantiza una resistencia última a la tensión de 70 kpsi; este valor de resistencia ultima a la tensión del electrodo esta por encima de los valores de resistencia ultima de los tubos estructurales que componen al porta bobina.

Shielding Metal Arc Welding

² American Welding Society

Con respecto al tipo de unión de soldadura de arco a utilizar es a filete o chaflán puesto que es utilizada con mayor frecuencia en el diseño de ingeniería. Las soldaduras de traslape o filete se caracteriza por su sección transversal triangular, que une las caras de los miembros colocadas en ángulo recto. Su tamaño queda definido por la menor dimensión de sus lados, los cuales ejecutan por lo común iguales, de longitud h (Figura N° 4.42).

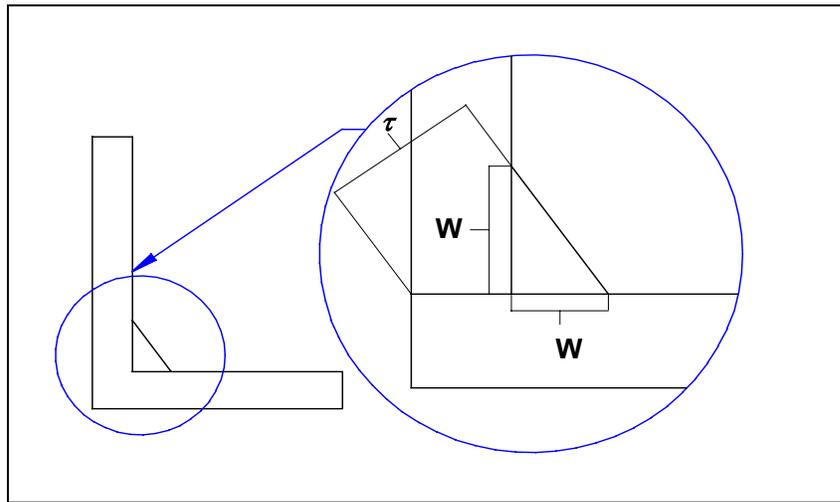


Figura N° 4.42 Dimensiones del Cordón de Soldadura en la base del motor reductor con el perfil de columna. (Fuentes: Los Autores).

La garganta de la soldadura de filete que se aplicará en los elementos del portabobina es la distancia t_s desde la raíz a la recta que une los extremos de h , y representa el espesor que resiste al corte. A lo sumo estos elementos están sometidos solo a esfuerzos de corte.

$$t_s = h \times \frac{\sqrt{2}}{2} \quad \text{Ec. 39}$$

Donde D , es el espesor de la sección rectangular.

$$t_s = 2,25\text{mm} \times \frac{\sqrt{2}}{2} = 1,59\text{mm}$$

El tamaño máximo del cordón de soldadura de filete está estipulado por exigencias prácticas, con el resultado de lograr el perfil adecuado. Los espesores máximos y mínimos se indican en el Anexos C. Definido los espesores máximos y mínimos de los cordones de soldadura de filetes, se debe seleccionar el más apropiado, siempre que no supere el tubo estructural más delgado, por lo que en nuestro caso es el tubo estructural de 80 x 40.

El área de la garganta (Figura N° 4.43) sometido solo a esfuerzos de corte es:

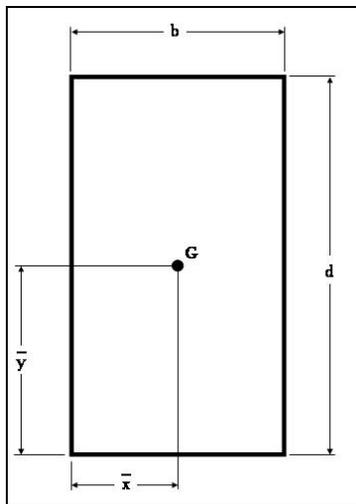


Figura N° 4.43 Área de la Garganta. (Fuentes: Los Autores).

$$A_g = 1,414 \times h \times (b + d) \quad \text{Ec.40}$$

Donde:

h: Cateto de del triangulo rectángulo del cordón de soldadura.

b: Ancho de la garganta de soldadura.

d: largo de la garganta de soldadura

$$A_g = 1,414 \times 2,25 \times (40 + 80) \Rightarrow A_g = 381,78 \text{ mm}^2$$

La fuerza F (figura N° 4.44) que origina tensión en toda la junta, es el peso del motoreductor, este motoreductor tiene un masa de 15 Kg., y por consiguiente la fuerza $F = 15 \text{ Kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 = 147,15 \text{ N}$. Pero como son dos (2) tubos estructurales que conforman la plataforma el valor de la fuerza que origina el motoreductor se divide entre dos (2).

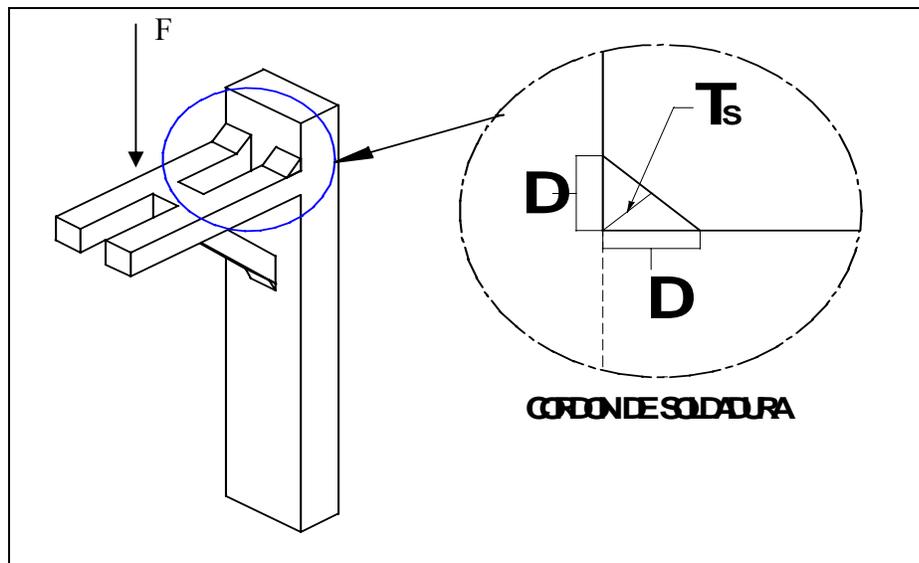


Figura N° 4.44 Plataforma que soporta al motoreductor y soldada a la columna.
(Fuentes: Los Autores).

Por lo tanto el esfuerzo de corte total es:

$$\tau = \frac{F}{A_g} \quad \text{Ec. 41}$$

Utilizando la teoría de esfuerzo cortante máximo se tiene que:

$$\tau \leq \frac{S_y}{2 * \psi} \Rightarrow \psi = \frac{S_y}{2 * \tau} \Rightarrow \psi = \frac{393000000 N / m^2}{2 * 0,192 N / m^2} = 1023437500.$$

Este es el valor de factor de seguridad que previene contra la fluencia en la unión soldada, como se podrá observar este factor de seguridad es extremadamente elevado, es decir que la soldadura nunca va a fallar, puesto que el esfuerzo de corte es ínfimo.

Para la estructura que corresponde el sistema de freno, equivale este análisis por ser solicitaciones inferiores a las solicitaciones de la estructura del motor.

Con respecto a los elementos que conforman los travesaños de la estructura, no existe incidencias directamente de esfuerzos de corte y mucho menos de torsión por consiguiente no aplica el cálculo pero para unir las dos columnas opuestas unidas por los travesaños se utilizara el mismo tipo de electrodo, el diseño de la armadura, compuesta por tubos estructurales de (200 x 70) mm para la columna y de sección rectangular (80 x 40) mm para las barras que le aportan rigidez a la estructura. Por tales circunstancias el valor de la longitud h de esta soldadura resultará estipulado por el espesor del tubo estructural más delgado, que en este caso es el tubo estructural rectangular de (80 x 40).

4.19 CÁLCULO Y DISEÑO DEL SISTEMA DE FRENO

El freno es un dispositivo que realiza la función de disminuir la velocidad angular del eje del rolo, que a medida que pierde inercia, gana rpm, su participación se trata de mantener unas rpm estables y así tener una buena tensión del papel.

Para la activación del freno es de forma manual, este sistema de freno, está compuesto por una palanca, la cual el operador realiza giros requeridos que de una manera visual, observa el incremento de velocidad angular, este giro de la palanca,

activa el mecanismo de tornillo de potencia que hace girar y traslada axialmente el tornillo de potencia en el cual en el extremo tiene adherido el material de fricción que hace contacto con la superficie del disco de moto acoplado a el eje que posee las mayores rpm.

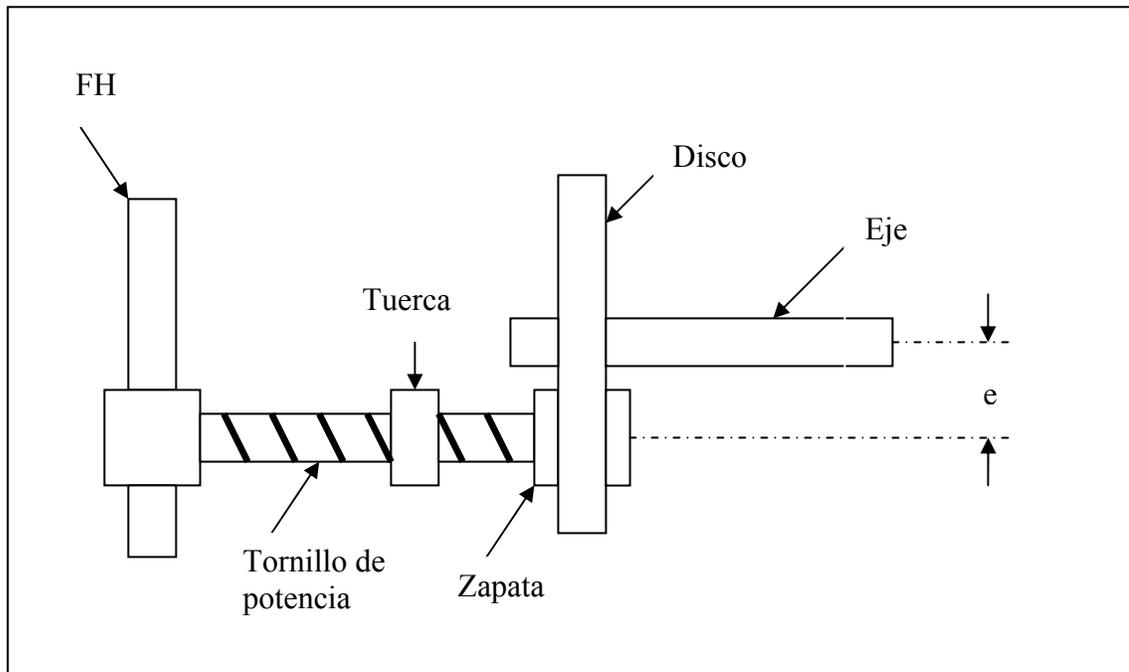


Figura N° 4.45 Sistema de Freno. (Fuentes: Los Autores).

4.19.1 ANÁLISIS Y CÁLCULO DEL DISCO DE FRENO DE MOTO.

El análisis y cálculo del sistema de freno se basa fundamentalmente en el principio del torque aplicado al eje de la bobina que se esta desbobinando, puesto que adquiere mas velocidad angular y el torque de frenado, contrario al torque del eje.

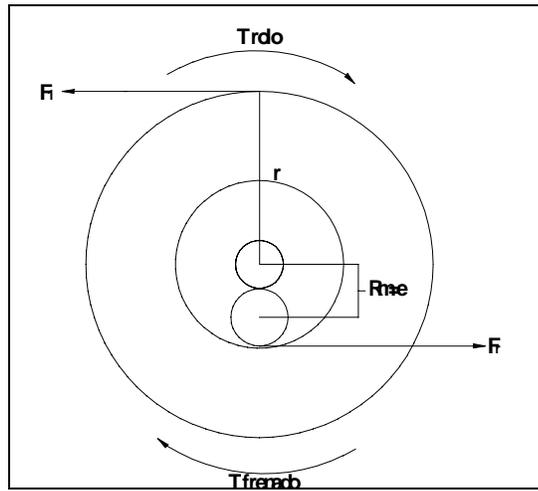


Figura N° 4.46 Diagrama de Cuerpo Libre del Disco de Freno. (Fuentes: Los Autores).

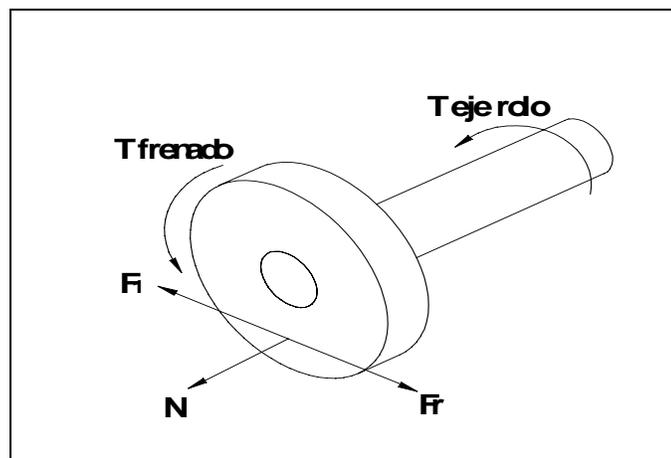


Figura N° 4.47. Diagrama de Cuerpo Libre Disco de Freno. (Fuentes: Los Autores)

Principio

$$\tau_{rolo} = -\tau_{frenado}$$

$$F_1 \times r = FR \times Rm$$

$$F_1 \times r = Nf \times Rm$$

Donde: R_m Punto de contacto hasta centro de giro

f : Coeficiente de fricción

Se realiza sumatoria de fuerza para hallar las incógnitas presentes.

$$\sum F_y = 0 \Rightarrow F_1 - FR = 0 \Rightarrow F_1 = FR$$

$$\tau_{\text{rolo}} = 10,2351466 \text{ Lb.pie} \Rightarrow 13,8769 \text{ N.m}$$

$$r_{\text{maximo rolo}} = 12,045 \text{ cm} = 0,12 \text{ m}$$

$$\tau_{\text{rolo}} = F_1 \times r_{\text{maximo rolo}} \Rightarrow F_1 = \frac{\tau_{\text{rolo}}}{r_{\text{maximo rolo}}} \Rightarrow F_1 = \frac{13,8769 \text{ N.m}}{0,12 \text{ m}}$$

$$F_1 = 115,64 \text{ N}$$

$$F_1 = FR = 115,64 \text{ N}$$

4.19.2 ANÁLISIS DE LA PASTILLA DE FRENO.

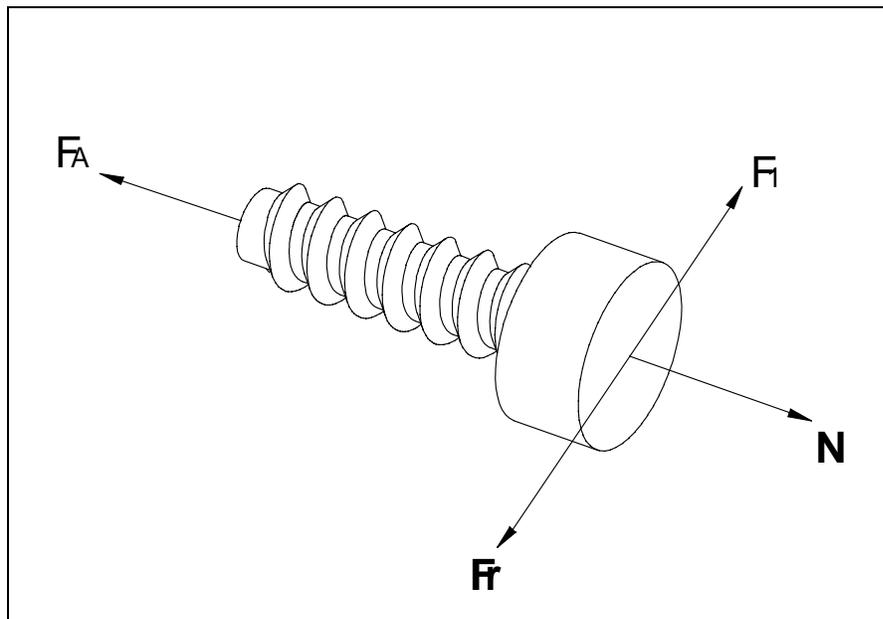


Figura N° 4.48 Diagrama de Cuerpo Libre de la Pastilla de Freno. (Fuente: Los Autores).

$$\sum F_x = 0 \Rightarrow FA - N = 0$$

$$FA = N$$

$$\sum F_y = 0 \Rightarrow F1 - FR = 0$$

$$F1 = FR = 115,64083333N$$

$$FR = N * f$$

$$N = \frac{FR}{f}$$

Material de fricción: Metal Sintetizado [0,15 – 0,45]

$$f = 0,30$$

$$N = \frac{115,64N}{0,30} \Rightarrow N = 385,46N$$

$$N = FA = 385,46N$$

- **Escogencia del material de fricción (tipo de pastilla)**

Con respecto al material de fricción. Un coeficiente de fricción de $f = 0.25$

Que actúa en un rango de fuerza axial de

(1035 - 2070)Kpa.

Consideraciones:

- El material debe tener buena resistencia al desgaste.
 - Se reduce al mínimo las dificultades ambientales.
 - Debe ser químicamente compatible con los componentes que se enlazan.
-

- Además el coeficiente de fricción debe ser constante en alguna medida a lo largo del rango de presión y temperatura de operación, de tal manera, que sea posible esperar un rendimiento predecible.

El disco de freno es un disco de moto comercial, cuyas especificaciones y dimensiones son las siguientes: Diámetro superior: 20 cm

Diámetro inferior: 8 cm

Espesor: 5 mm

Material: Acero

Las pastillas o zapata (Material de fricción), Tiene las siguientes especificaciones:

Diámetro: 5 cm

Espesor: 2 cm.

Material: Metal sinterizado, con un rango de fricción en seco (0,15 – 0,45).

A medida que el plano de fricción (disco) gira en relación a la placa con la que se enlaza (pastilla), con una fuerza axial que tiende a juntarlo, la fuerza de fricción actúa en sentido tangencial y genera torque en el freno de disco. En cualquier punto, la presión a nivel local multiplicada por el diferencial de área en ese punto, es la *fuerza normal*. La fuerza normal multiplicada por el coeficiente de fricción es la *fuerza de fricción FR*. El producto de multiplicar la fuerza de fricción por el radio del punto (Radio Medio efectivo Rm) es el torque que se genera en ese punto, llamado *torque de fricción*

Si se desea calcular el esfuerzo normal σ

$$\sigma = \frac{FA}{A}; \text{ Esto es la resistencia que tiene el material al ser deformado.}$$

4.19.3 ANÁLISIS Y CÁLCULO DE LA PALANCA Y TORNILLO DE POTENCIA

El tornillo de potencia se impulsa por medio de la activación de una palanca, originada por una fuerza ejercida por una persona, es decir este sistema de freno es de activación manual, para hacer girar y trasladar axialmente el tornillo de potencia.

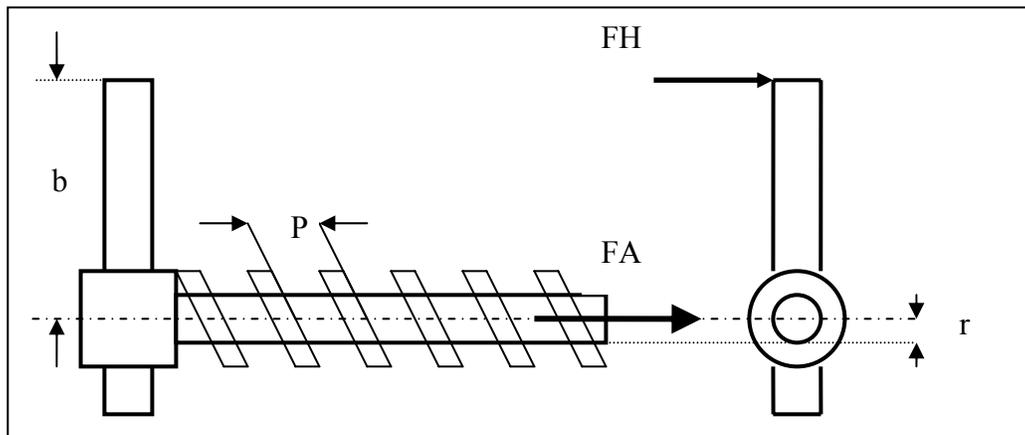


Figura N° 4.48 Diagrama de Cuerpo Libre del Conjunto Palanca y Tornillo de Potencia.

Donde:

FH = Fuerza Aplicada en el extremo de la palanca.

b = Brazo de la palanca.

FA = Fuerza axial.

r = Radio de la rosca

P =Paso de la rosca.

f = Coeficiente de fricción Tornillo y rosca

Consideraciones:

- El momento torcional requerido para apretar un tornillo es diferente del momento torcional requerido para aflojarlo.

- El tornillo es Autobloqueante, es decir permanecerá estacionario mientras no se le aplique un momento torcional y es necesario que se le aplique un momento torcional al tornillo para aflojarlo

El movimiento en dirección de FA: Este movimiento es aplicado la activación en el freno.

Para analizar el tornillo de potencia, y para su estudio se realiza la equivalencia al análisis de un bloque que se desliza sobre un plano inclinado. Para representar el plano inclinado correctamente, se debe desenrollar La Rosca del tornillo y representarla como una línea recta.

Se toma a la roscas del tornillo se desenrolla exactamente una vuelta.

El borde de la rosca formara la hipotenusa de un triangulo rectángulo, cuya base es una circunferencia de un círculo de diámetro medio de la rosca y la altura está dada por el avance.

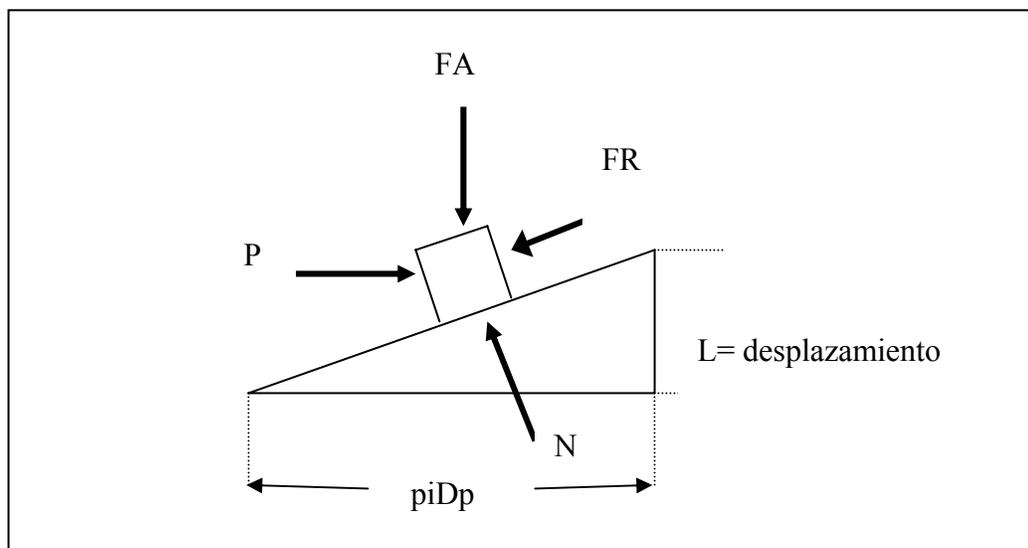


Figura N° 4.49 Diagrama de cuerpo libre de La Rosca. (Fuentes: Los Autores).

En el caso de una rosca Simple; el avance (L) es igual al paso (P).

$$P=L.$$

- El Tornillo es de rosca Cuadrada:

Diámetro de paso (Dp): $1 \frac{1}{4}'' = 32\text{mm} \Rightarrow dm = 0,032\text{m}$.

Paso: 4mm

Consideraciones:

Coefficiente de fricción $\mu = 0,15 \Rightarrow$ Tornillo de Acero bien lubricado, que actúa sobre la tuerca de Acero.

Angulo $\lambda = 8,5^\circ$. Este valor es el ángulo de la rosca observada en la figura N° 4.51

Tuerca Simple, en este caso como es una rosca Simple, el Avance es igual al paso:

$$L = P = 0,004\text{m}.$$

Condición de Autobloqueo:

$$\pi * f * dm > L \quad \text{Dividiendo entre } \pi * dm, \text{ y recordando } L / \pi * dm = \text{Tan } \lambda$$

$$f = \text{Tan } \lambda$$

$0,15 > 0,149 \Rightarrow$ Tornillo Autobloqueante.

$$r = \frac{Dp}{2} = \frac{0,032\text{m}}{2} \Rightarrow r = 0,016\text{m}.$$

Estimando una longitud de la palanca $b = 30\text{cm} \Rightarrow 0,3\text{m}$, y despejando la FH, Fuerza humana mínima requerida para mover la palanca.

Ahora con todos estos valores se procede a calcular la fuerza humana requerida para mover la palanca activar y desactivar el freno, ya que el momento torsional requerido para apretar el tornillo de potencia es diferente del momento torcional requerido para aflojarlo.

La siguiente ecuación es tomada de la fórmula estimando el coeficiente de fricción en tornillos referencia bibliográfica A. L Casillas. MÁQUINAS

Ecuación en dirección de FA

$$FH = FA * \left(\frac{P - 2\pi * \mu * r}{2\pi * r + \mu * P} \right) * \frac{r}{b} \quad \text{Ec. 42}$$

Sustituyendo de la ecuación de movimiento en dirección de FA:

$$FH = 385,46N * \left(\frac{0,004m - 6,2832 * 0,15 * 0,016m}{6,2832 * 0,016 + 0,15 * 0,004m} \right) * \frac{0,016m}{0,3m}$$

$FH = -2,25N$ En sentido hacia el disco del freno, activando el freno, el signo negativo es por la disposición de la coordenada x que fue previsto el sentido positivo hacia la izquierda.

Ecuación en dirección opuesta de FA (movimiento opuesto a FA.

$$FH = FA * \left(\frac{P + 2\pi * \mu * r}{2\pi * r - \mu * P} \right) * \frac{r}{b} \quad \text{Ec. 43}$$

$$FH = 385,46N * \left(\frac{0,004m + 6,2832 * 0,15 * 0,016m}{6,2832 * 0,016 - 0,15 * 0,004m} \right) * \frac{0,016m}{0,3m}$$

Con este valor de FH, se procederá a una comparación con la fuerza promedio que posee un individuo aplicando la ergonomía.

La palanca en particular debe diseñarse ajustándola a la fuerza humana apropiada, teniendo en mente que si bien es posible aplicar una fuerza máxima, hacerlo repetidamente agotará el operador en muy poco tiempo.

Donde la FH, esta relacionada con la magnitud de fuerza promedio máxima que puede ejercer un brazo que puede ejercer depende en gran medida de la postura corporal y de la dirección de la fuerza.

La fuerza de tracción y empuje máxima depende de la posición y dirección del miembro del brazo humano.

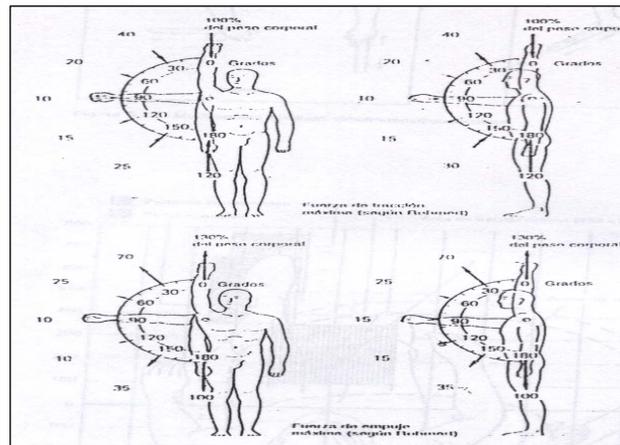


Figura N° 4.50 Fuerza de Tracción y empuje dependiendo del grado de Operación, que produce una persona promedio. (Fuentes: Manual del Ingeniero Mecánico).

En Venezuela la muestra de trabajadores que laboran en industria:

Hombre: Peso promedio: 70Kg

Mujeres: Peso promedio: 60Kg.

Grupo de edades de 15 a 57 años.

En posición frontal. A 90°

Fuerza promedio que ejerce un hombre:

Donde: F_{Th} : Fuerza de tracción

$$F_{Th} = 7,0Kgf \quad F_{Eh} : \text{Fuerza de empuje} \Rightarrow F_{Ph} = 8,80Kgf = 86,29 \text{ N}$$

F_{Ph} : Fuerza promedio

$$F_{Eh} = 10Kgf$$

Comparando con la fuerza máxima de un hombre que pesa 70Kg $\Rightarrow F_{PH} = 86,29\text{N}$

Y la que realiza la persona es de $F_H = 2,25\text{N}$

4.17 AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO.

DISEÑO Y SELECCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL.

Para diseñar un sistema de control y seleccionar los componentes que lo conformarán se debe definir las funciones de los equipos seleccionados que conforman la rebobinadora de papel. Luego se desarrollará el sistema de control, basado en las características de funcionamiento de los equipos seleccionados.

Descripción de las funciones de la rebobinadora.

La rebobinadora de papel debe cumplir las siguientes funciones:

1. Bobinado de papel
2. Desbobinado de papel
3. Tensión de enrollado
4. Ajuste lateral de la banda de papel.

1. Bobinado de papel.

El bobinado consiste en enrollar papel en una bobina impulsada, mediante un motoreductor que transmite un momento torsor al eje de la bobina. Esta a su vez pone en movimiento a una bobina de aporte, a través de una banda de papel que las mantiene unidas, de esta forma se enrolla la bobina alimentada y se desenrolla la bobina suministradora o de aporte de material por medio de una banda de papel.

2. Desbobinado de papel

El desbobinado como ya se menciono, consiste en desenrollar el papel de la bobina de aporte para luego embobinarse en la bobina impulsada y alimentada de material por el motoreductor. Este proceso de desbobinado se lleva a cabo por la tracción que ofrece la bobina delantera, mediante una banda de papel que las conecta, lo cual indica que el motoreductor seleccionado debe ser capaz de suministrar la potencia necesaria para mover ambas bobinas simultáneamente.

3. Tensión de enrollado

La tensión de enrollado consiste en lograr un embobinado uniforme, para esto nos fijamos mantener una velocidad lineal constante de la banda de papel que une a las dos bobinas. Esto se logra mediante un control del movimiento de la bobina de aporte, por medio de un sistema de freno de activación manual, a medida que el proceso de rebobinado transcurre.

4. Ajuste lateral de la banda de papel.

El ajuste lateral de la banda de papel, consiste en alinear la bobina de aporte con respecto a la bobina delantera, de tal modo que los planos laterales de ambas bobinas se mantengan paralelos y así evitar lo que se conoce como el efecto telescopio en la bobina estándar, esto se logra por medio del sistema de freno, el cual tiene como una de sus funciones a lineal lateralmente la bobina de aporte, a través de un carro puesto en un riel que ajusta lateral la bobina.

Circuito Eléctrico.

Para la puesta en marcha y parada del sistema de rebobinado debe determinarse en un principio el circuito eléctrico, que esta conformado por el circuito de potencia y el circuito de control. Los componentes principales y auxiliares que conforman estos circuitos, para el automatismo del sistema se muestran en la figura N° 4.53. Posteriormente, se seleccionará cada componente, usando para ello el Catalogo de telemecanique, especificando sus características, código de referencia y esquemas.

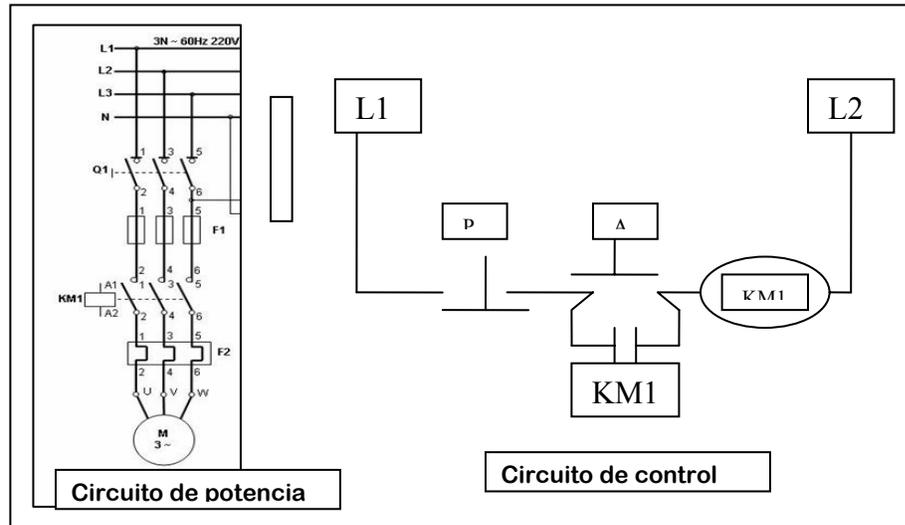


Figura N° 4.51. Circuito de Potencia y Control. (Fuente: Los Autores)

Equipos empleados para la automatización

- El motoreductor
- Panel para el control del arranque y parada del motor
- Contactor
- Interruptor seccionador porta fusible
- Fusibles
- Relee de protección térmica
- Pulsadores
- Cables conductores

Parámetros para la selección de los equipos:**1. Motoreductor:**

Potencia máxima: 3.31Hp. Se trata de la potencia mecánica nominal que debe suministrar la máquina en su eje, a condiciones eléctricas y mecánicas nominales.

Tipo de servicio: El equipo seleccionado debe trabajar en forma intermitente, debe ser capaz de entregar su potencia nominal durante un corto espacio de tiempo

Velocidad de giro: Corresponde a la velocidad de giro del rotor (en RPM) cuando el motor funciona a condiciones nominales tanto eléctricas como mecánicas.

Frecuencia: 60 Hertz esta es la frecuencia utilizada en el país

Voltaje: voltaje de funcionamiento 220 V. es el voltaje disponible en el sitio de instalación.

Factor de servicio: Indica la capacidad de sobre carga mecánica que soporta el motor, siempre y cuando funcione a tensión y frecuencia nominales.

Torque máximo requerido: 256 Nm.

Cumpliendo los parámetros anteriores, el motoreductor seleccionado es:

Tabla N° 15 Modelo del Motoreductor. (Fuentes: Los Autores).

Motoreductor serie MVF Del grupo Bonfiglioli	Tipo corona y sin fin	Modelo W86U
---	------------------------------	--------------------

Tabla N° 16 Resumen Características del Motoreductor:

<i>Parámetros</i>	<i>Característica</i>
Potencia	3 Hp
Rotor	Tipo jaula ardilla
Velocidad de giro	1750 RPM
Frecuencia	60 Hertz
Numero de fases	3
Numero de polos	4
Voltaje	220 V
Corriente nominal	20 Amp.
Factor de servicio	1.15
Relación de transmisión	23/1
Torque máximo	281 Nm. @ 76 RPM

2. Panel para el control de arranque y parada del motor

Para el control de arranque y parada del motoreductor, se dispondrá de un tablero de control Figura N° 3.54, Donde la activada del motor será por medio de un arranque directo por contactor, por consiguiente es preciso el doble circuito, el principal o de potencia que alimenta el motoreductor con corriente trifásica, el secundario o de control.

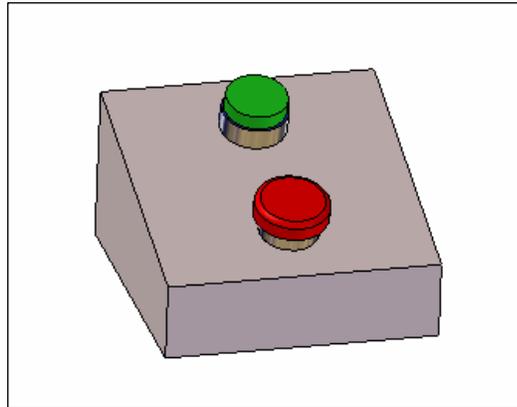


Figura N° 4.52 Tablero de Control. (Fuentes: Los Autores).

3. Equipos de maniobra

- Contactor
- Interruptor seccionador portafusible
- Pulsadores

El contactor es un interruptor accionado a distancia por medio de un electroimán.

Cuando la bobina del contactor es alimentada, se energiza el electroimán lo que origina que el contactor se cierre y permita por intermedio de sus polos la conexión entre la red de alimentación y el motoreductor.

Para la elección del contactor debemos especificar lo siguiente:

- El tipo de corriente de funcionamiento es AC
- Características del circuito de potencia:
 - Capacidad: 3 Hp
 - Tensión de operación: 220 V
 - Frecuencia: 60 Hertz
 - Numero de polos: 4
- Características del circuito de control:
 - Tensión de la bobina: 110 V

Números de contactos de control: 1 NA

- Tipo de maniobra a realizar: Arranque y parada del motoreductor.
- Frecuencia de la maniobra: 1 millón de maniobras
- Categoría de empleo

La categoría de empleo de un contactor tiene en cuenta el valor de la corriente que debe establecer o cortar durante la maniobra de carga. Para este caso la categoría de empleo corresponde a la AC3.

Categoría de empleo utilizada por los motores jaula de ardilla, donde pueden ocurrir muchas maniobras, la corriente de arranque es baja y siempre inferior al poder de cierre del contactor.

Tabla N° 17 Resumen para la Elección del Contactor:

Voltaje = 220V
Corriente = AC
Potencia = 3 Hp
Fases = 3
Corriente nominal = 20 Amp
Categoría de empleo = AC3
N° de maniobras = 1 millón

Con la información anterior y utilizando las tablas de los Anexos E-1 Y E-2 debe escoger un contactor **LC1-D25**

4. Equipos de protección:

- Contra cortocircuito: Fusibles
 - Contra sobrecarga: Reles térmicos
-

5. Cables conductores

La capacidad de corriente máxima que soportaran los conductores, se establecerá en función a la intensidad nominal del motor seleccionado. Utilizando la tabla E-4 de los anexos basada en el Código Eléctrico Nacional (CEN).

El aislante del conductor se seleccionara utilizando la tabla E-3 de los anexos según las normas del CEN

Especificaciones de los elementos empleados en el circuito de potencia y control

Tabla N° 18 Contactor de Arranque del Motoreductor (Fuente: Telemecanique)

<i>Referencia</i>	<i>Contactos auxiliares</i>	<i>Voltaje de la bobina de accionamiento</i>	<i>Nomenclatura</i>
LC1-D25	1 NA- 1 NC	110 V	KM1

Tabla N° 19 Interruptor Seccionador Portafusibles (Fuente: Telemecanique)

<i>Referencia</i>	<i>Potencia Normalizada</i>	<i>Corriente nominal</i>	<i>Fusibles tipo aM</i>	<i>Nomenclatura</i>
LS1-D25	5,5 Kw	20 Amp.	10 X 38 / 20 Amp.	Q 1

Tabla N° 20 Fusibles cilíndricos 10 x 38 para seccionadores LS1-D
(Fuente: Telemecanique)

<i>Referencia unitaria</i>	<i>Calibre en Amp.</i>	<i>Talla</i>	<i>Nomenclatura</i>
DF2-CA20	20 Amp.	10 x 38	F 1

Tabla N° 21 Pulsadores (Fuente: Telemecanique)

<i>Referencia</i>	<i>Designación</i>	<i>Contacto</i>	<i>Color</i>	<i>Aplicación</i>	<i>Nomenclatura</i>
XB2-BA3311	Resante	NA	Verde	Arranque	A
XB2-BR42	Hongo	NC	Rojo	Parada	P

Tabla N° 22. Rele de Protección Térmica (Fuente: Telemecanique)

<i>Referencia unitaria</i>	<i>Zona de regulación en Amp.</i>	<i>Fusible a asociar</i>	<i>Nomenclatura</i>
LR2-D1321	12- 18	aM 20	F 2

Tabla N° 23 Conductores Eléctricos

<i>Calibre</i>	<i>Aislante</i>
14	TW

Narrativa del arranque y parada del motoreductor

La alimentación del motor será con arranque directo por contactor, por lo tanto es necesario describir el circuito de potencia que se encarga de alimentar el motor con corriente trifásica, y el circuito de control que se alimentara con una tensión de 110V.

El circuito de potencia se conectara a una red eléctrica trifásica (L1, L2 y L3) de 220 voltios. En el circuito de potencia se debe instalar un interruptor seccionador portafusibles (Q1), para asegurar el aislamiento del circuito con la red, el seccionador portafusibles soporta los fusibles (F1) destinados a proteger al motor contra los cortocircuitos. Adicionalmente, el circuito de potencia cuenta con un relee de protección térmica (F2), el cual, protege al mismo contra intensidades producidas por baja tensión, exceso de carga en el motor, o falla en alguna de las fases de alimentación.

La bobina del contactor (KM1), como se menciono anteriormente, es el dispositivo del contactor encargado de abrir o cerrar los contactos del contactor para suministrar tensión al motor, cuando es alimentada por el circuito de control.

En la línea de alimentación de la bobina del contactor de arranque, Se debe instalar en serie con dicha bobina, un pulsador tipo rasante (A) y así permitir el paso de la corriente hacia la bobina. Una vez pulsado el botón, la bobina se energiza, se cierran los contactos del contactor y se permite el paso de la corriente trifásica proveniente de la red al motor y poner en marcha el motor. En paralelo con este pulsador, corresponde situar un contacto auxiliar de contactor (KM1), normalmente abierto (NA), para autoalimentar la mencionada línea, cuando se deja de pulsar (A) la

corriente fluirá por este contacto auxiliar que se cierra cuando se energiza la bobina, es decir, el enclavamiento de dicho contacto, este contacto se mantendrá cerrado mientras la corriente fluya hacia la bobina y esta se encuentre energizada, lo que implica que el motor se mantendrá funcionando.

Para detener el funcionamiento del motor, se debe accionar el pulsador (P) que se encargará de abrir la línea de alimentación de la bobina del contactor. Al dejar de pulsarse (P) la bobina se desenergiza y se abren los contactos del contactor que permiten el paso de la corriente trifásica de la hacia el motor. La línea no vuelve a rearmarse, ya que al caer la tensión en la bobina provocará la apertura del contacto auxiliar del contactor que se encontraba en enclavamiento. Solo puede volverse a poner en funcionamiento el motor, si se vuelve a presionar el pulsador (A).

El embobinado y desbobinado de papel en la rebobinadora, comienzan y terminan cuando se pone en marcha y parada el motoreductor que transmite la potencia necesaria para mover ambas bobinas. Las funciones de tensión y ajuste lateral de papel se realizarán mediante equipos diseñados para ser controlados de forma manual por un operador y se explicarán en detalle en el siguiente capítulo.

Para finalizar este apartado se sella de la siguiente manera, la salida directa del motoreductor de corriente alterna de 3 Hp rotor tipo jaula de ardilla será con arranque directo por un contactor, la puesta en marcha y parada del motoreductor será por un doble circuito que consta de un circuito principal o de potencia que alimenta el motor con corriente trifásica con una capacidad de 3 Hp, tensión de operación 220 V, frecuencia 60 Herz y de 4 polos y el secundario o de control, compuesto por números de contactos de 1 normalmente abierto y una tensión en la bobina de 110 V todo lo anterior se resumen en un panel de control muy sencillo que consta de dos botones uno de on y el otro de off.

Una vez terminados los cálculos y diseño de la rebobinadora de papel excedente se describe la propuesta. La rebobinadora de papel excedente se ha diseñado de acuerdo con las restricciones que inicialmente se plantearon en el presente trabajo y está diseñada, para satisfacer las necesidades de su uso, de manera segura apuntando así a un óptimo funcionamiento.

En la siguiente figura se muestra una isometría de la rebobinadora de papel excedente, realizada con el programa de diseño: SolidWork 2005.

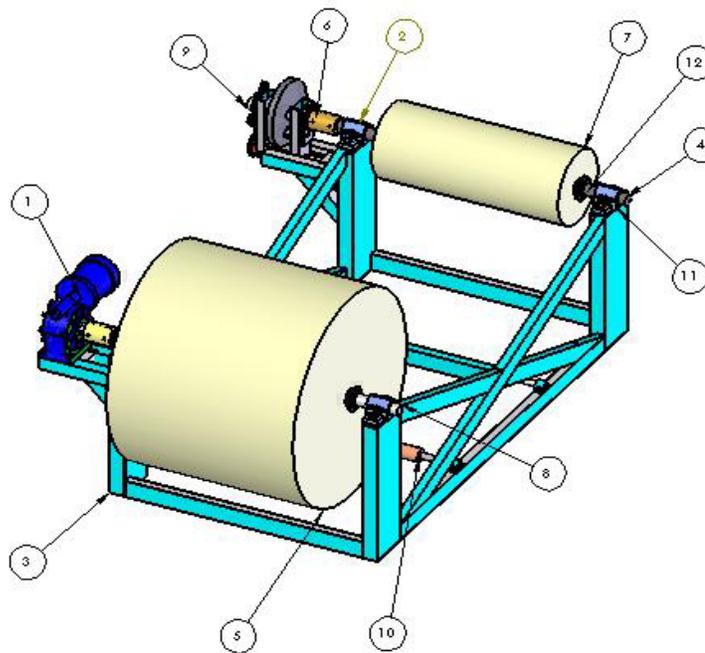


Figura N° 4.53 Isometría de la rebobinadora de papel. (Fuentes: Los Autores).

Descripción de la rebobinadora de papel excedente:

1. Motoreductor tipo corona y sin fin, relación de transmisión de 23/1, capaz de generar un torque máximo de 281 Nm @ 76 rpm, siendo el torque máximo requerido por el sistema de 256 Nm.@ 80 rpm.

Potencia de 3 Hp y un factor de servicio de 1.15, lo que permite generar hasta 3,45 Hp a tensión y frecuencia nominal.

2. Cojinetes de superficie plana, idóneos para esta aplicación ya que permite que los ejes portabobinas deslicen sobre ellos con facilidad, tolerando la carga radial máxima que generan estos ejes sobre ellos y permitiendo que los mismos se desmonten de la estructura con facilidad.
3. La estructura metálica esta diseñada y calculada para el alojamiento de las bobinas y todos los componentes necesarios para el funcionamiento de la rebobinadora. Esta estructura posee cuatro columnas de apoyo y apuntalamientos de tubos estructurales, unidos mediante soldadura, lo que le permite soportar las fuerzas que inciden sobre ella de manera segura.
4. Los ejes de las bobinas, están diseñados bajo un acero AISI 1045 garantizando con este material que el eje resista a las cargas combinadas a las cual esta sometido. Por otra parte se descartan fallas por flexión y se garantiza que el eje tendrá una vida infinita.
5. Los acoples seleccionados para unir los ejes con los sistemas de potencia y frenado, son acoples rígidos capaces de transmitir un torque de 350 Nm, lo cual es superior a el torque generado por los sistemas de freno y potencia.
6. En la siguiente figura se muestra el sistema de freno y alineación de la rebobinadora de papel excedente.

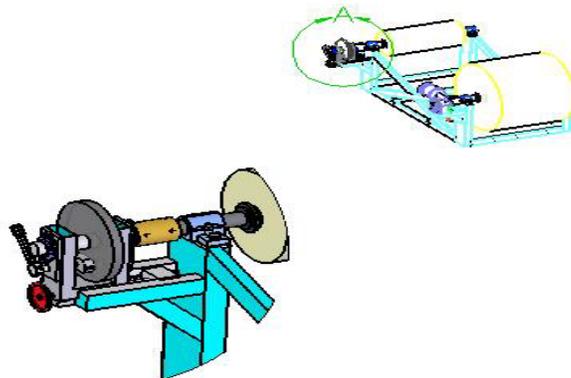


Figura N° 4.54 Sistema de alineación y freno. (Fuentes: Los Autores).

Este sistema de freno es actuado por medio de un tornillo de potencia, que al girar la palanca gradualmente, pone en contacto a las pastillas con el disco y de esta forma permite satisfacer las siguientes funciones:

- Desaceleración controlada
- Control de tensión de la banda de papel.
- Parada de la bobina de aporte.

Otra función para la cual fue diseñado este sistema, es la de alineación de la bobina de aporte con la bobina alimentada, por medio del desplazamiento axial.

7. Por último esta rebobinadora cuenta con un sistema de control, que le permite realizar las funciones de arranque y parada del motoreductor mediante equipos de maniobra (contactores, interruptores y pulsadores) y equipos de protección contra sobrecargas y cortocircuito.

Esta rebobinadora es de fácil operación y mantenimiento, lo que se explicará con mayor detalle en el siguiente capítulo.

CAPÍTULO V
MANUAL DE OPERACIÓN Y
MANTENIMIENTO

CAPÍTULO V

5. MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

A continuación se muestran las rutinas generales del procedimiento para alcanzar una adecuada operación y mantenimiento de la rebobinadora de papel excedente. Es elemental que sean leídas atentamente antes de poner en funcionamiento la máquina para lograr mejor proceso de rebobinado.

Este manual incluye procedimientos recomendados para obtener un perfecto rebobinado. Además se establecen los procedimientos de mantenimiento necesarios para conservar la máquina en buenas condiciones, de modo de garantizar el funcionamiento apropiado de la misma.

5.1. INSTALACIÓN.

Se debe colocar el portabobina (La estructura) sobre un suelo de concreto o cemento, el cual se encuentre perfectamente plano de manera tal que se note un buen balance, en otras palabras el equipo debe de asegurarse en un lugar que tenga las condiciones ergonómicas para su buen desempeño. Solo se requiere de un operador para poner en funcionamiento la rebobinadora de papel excedente.

5.2 MANUAL DE OPERACIÓN

PASOS A SEGUIR PARA PONER EN FUNCIONAMIENTO LA REBOBINADORA DE PAPEL

Es importante verificar el estado de todos los componentes de la Rebobinadora de papel excedente antes de ponerla en marcha, revisar lo siguiente:

1. Verificar que hay suministro de energía eléctrica.
 2. Verificar que los ejes estén bien acoplados
 3. Revisar el sistema de freno.
 - Ver que ningún objeto impida el movimiento de sus partes.
-

- Chequear el estado de todos los componentes del mecanismo que acciona el sistema de freno y asegurarse que se encuentran en condiciones de operación

Una vez chequeados todos los sistemas de potencia y freno y verificado su adecuado funcionamiento, es necesario poner a funcionar la máquina, pero antes se debe seguir las siguientes instrucciones.

La rebobinadora mostrada en la figura 5.1, es una maquina alimentada por pequeños rollos para obtener un rollo estándar, que pueda ser utilizado en las rotativas alimentadas por grandes rollos para distintas impresiones continuas.

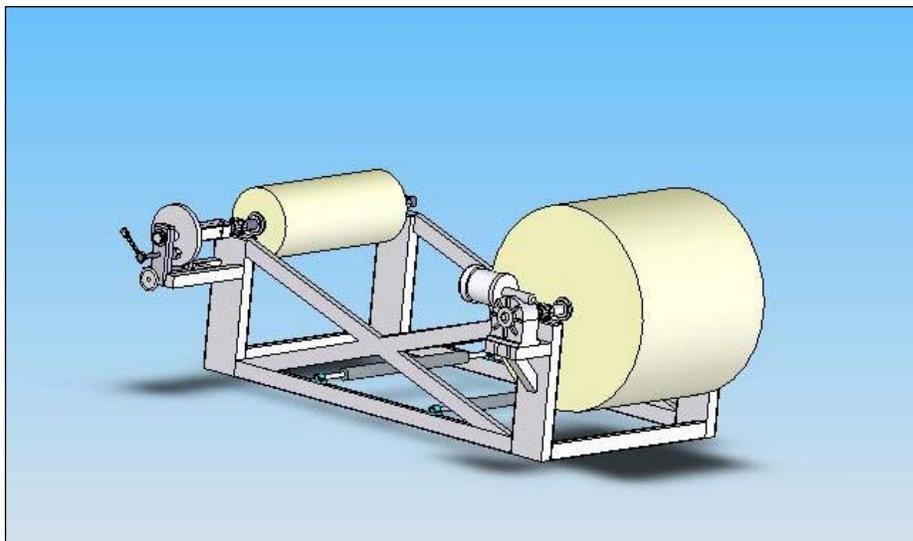


Figura N° 5.1. Rebobinadora de Papel. (Fuentes: Los Autores)

❖ CLASIFICACIÓN DE LOS ROLLOS

Los rollos de papel, que van hacer utilizados para obtener una bobina estándar, se deben clasificar según el tipo de papel, ancho de papel y sus diámetros, para obtener bobinas uniformes y con la menor cantidad de empalmes.

Una vez clasificado los rollos por tipo de papel y anchos, se deben separar los rollos, entre los que van a ser material de aporte y los rollos que van a servir de

bobina de arranque. La bobina de arranque es el rollo de papel que se coloca en el eje impulsor y sirve de materia base para la bobina que se va obtener del proceso de rebobinado, será el rollo que tenga mayor diámetro, 26 cm a 27 cm. Por el contrario los rollos de menor diámetro, 12 cm a 13 cm serán colocados en el eje impulsado y servirán de material de aporte para la bobina que se va ha rebobinar.

❖ **COLOCACIÓN DE LOS ROLLOS EN LA REBOBINADORA.**

Determinada la clasificación de los rollos de papel, deben montarse y desmontarse usando puentes grúas.

- A. Se inserta la flecha o eje correspondiente a cada rollo.
 - B. Se colocan las turcas de sujeción (Roll chuck) que se muestra en la figura 5.2 a cada eje.
 - C. Se aprietan las tuercas y los tronillos que sujetan la tuerca de sujeción a la flecha, utilizando la llave que se muestra en la figura 5.2
 - D. Utilizando grúas y ganchos de cargas previstos en los talleres de impresión, (figura 5.3) se coloca el gancho en el eje y se levanta para colocar cada rollo en su respectivo lugar en la rebobinadora. Los rollos de papel deben estar colocados en la flecha de tal manera que el papel se alimente del rollo de menor diámetro hacia el de mayor diámetro.
 - E. Cada eje se fija a los sistemas tanto de potencia y freno mediante los acoples.
 - F. Se aseguran los ejes colocando las cubiertas de los bujes
-

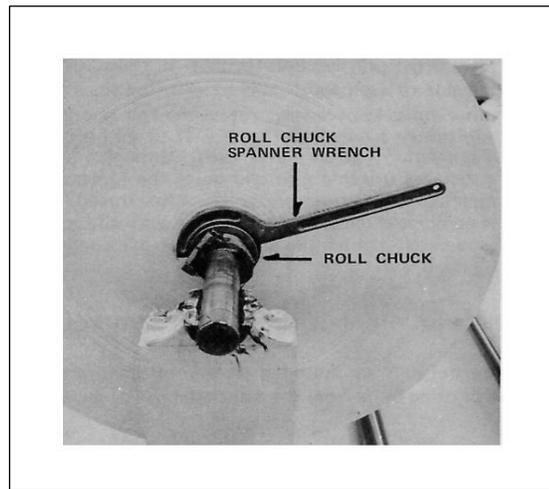


Figura N° 5.2. Eje de acero insertado en la bobina, con la disposición de las tuercas sujetadoras.
(Fuentes: Manual Sistema de impresión de offset a Bobina)

La manera de enganchar las bobinas es por medio de unos ganchos, dispuesto en un monta carga, maquinaria que cuentan todas la imprentas que poseen rotativas.

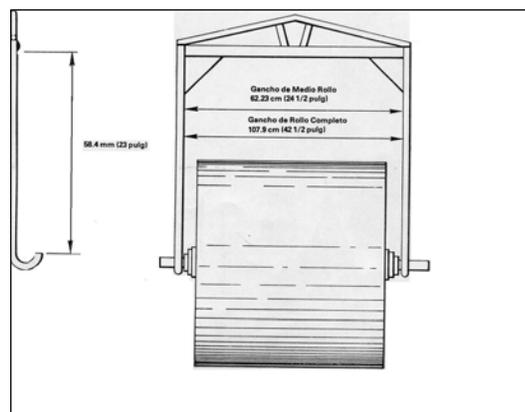


Figura N° 5.3 Ganchos de cargas previstos en los talleres de impresión (Fuentes: Manual Sistema de impresión de offset a Bobina).

❖ EMPALMADO DE LOS ROLLOS

Con los rollos asegurados y en sus lugares, se procede a unirlos mediante el siguiente procedimiento:

1. Al los rollos de papel se les retira el papel que este dañado o sucio.
2. Se hace pasar una banda de papel, proveniente del rollo de aporte, a través de los rodillos guías, hasta la bobina que se va a rebobinar. Esta operación se realiza manualmente.
3. Se unen el extremo de la banda de papel, con el extremo de papel de la bobina que se va a rebobinar, mediante una cinta de transferencia de pega 3M. este procedimiento se ilustra en la figura 5.4.

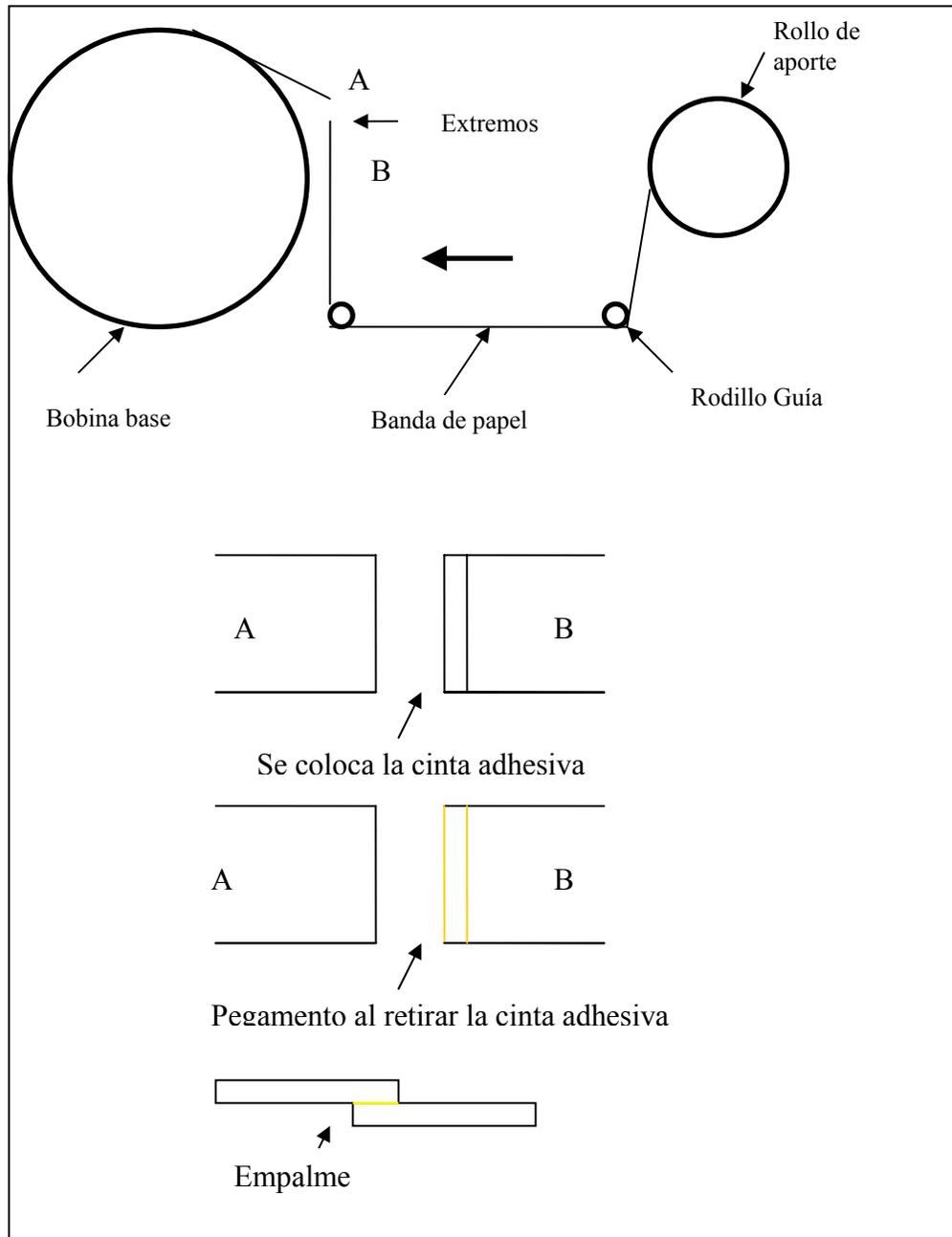


Figura N° 5.4. Procedimiento ilustrativo de la unión de los extremos de papel de cada rollo.
(Fuente Los Autores).

❖ AJUSTE DE TENSIÓN DE LA BANDA DE PAPEL.

Sin aplicar aun freno, se gira manualmente el rollo de papel de aporte, en dirección contraria al movimiento de rebobinado, con el fin de recoger la banda de papel y lograr un tensado de la misma antes de arrancar la maquina.

La tensión de la banda se logra aplicando gradualmente freno, mediante la palanca de frenado. Esta operación requiere de la observación del operador que estimara un tensado moderado a medida que elimina arrugas en la banda.

Una vez terminado el ajuste de tensión el operador activa en el mando la puesta en marcha de la rebobinadora, pulsando el botón de ON.

❖ AJUSTE LATERAL DE LA BANDA DE PAPEL.

El ajuste lateral de la banda debe realizarse cada vez que un nuevo rollo de papel de aporte es instalado.

1. Con la rebobinadora funcionando el operador debe observar la banda de papel cuando esta pasa por los rodillos guías y se rebobina el la bobina que es impulsada.
2. Después de realizar una rápida evaluación, este debe hacer el ajuste en la dirección apropiada, mediante la rotación del volante de ajuste lateral que se encuentra en el sistema de freno.
3. Se hace una segunda observación y verifica el nuevo ajuste.

El proceso de rebobinado requiere de varias paradas, necesarias para retirar los rollos de aporte que se agotan y colocar nuevos rollos. Este procedimiento será controlado por el operador que detendrá la rebobinadora pulsando el botón de parada en el tablero de control momentos antes de que se termine el papel en el rollo y colocara la cantidad necesaria, que detendrá de los diámetros de los rollos, para alcanzar el diámetro estándar.

5.3 MANUAL DE MANTENIMIENTO.

Describir y analizar, que es el mantenimiento no otra cosa que el acumulado de acciones, operaciones y cuidados destinados a tener en buen estado los ejes, acoples, sistema de potencia e instalaciones en general que conforman la rebobinadora de papel, para que logren seguir funcionando apropiadamente.

Un mantenimiento adecuado es el factor primordial para evitar las averías y los desgastes prematuros de la rebobinadora de papel, inclusive impide el descenso en la vida útil de los componentes y equipos de conforman la rebobinadora de papel.

Se pueden distinguir tres tipos de mantenimiento:

5.3.1 MANTENIMIENTO CORRECTIVO (POR UNA AVERIA).

En este caso se intentará reparar o sustituir la pieza averiada. La reparación o sustitución de una pieza, es decir, la avería y su reparación, involucraría un paro del sistema de rebobinado, por lo que esta operación debe ser realizada lo más rápido posible, si esta fuera una maquina de producción, pero esto no es el caso de la rebobinadora de papel, puesto que este proceso no se va a realizar todos los días, se estipula un día a la semana para rebobinar la bobinas, por lo tanto este tipo de mantenimiento se puede efectuar cualquier día que no se este rebobinado y suplantar la pieza dañada por otra nueva.

5.3.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO.

El que se realizará periódicamente con el fin de evitar la aparición de averías en el sistema de potencia, sistema de frenado etc. Por ejemplo:

- Engrases periódicos de los cojinetes de superficie plana, rodamientos y los rieles.
 - Inspecciones de los principales componentes, es decir, motor reductor, acoples, sistema de freno, ejes entre otros.
 - Chequeo del desgaste del disco y pastillas de freno.
-

- Estados de cunas y tornillos de los acoples.

5.3.3 MANTENIMIENTO PREDICTIVO

Es el que se realiza para detectar posibles problemas y por lo tanto evitarlos, por ejemplo el control periódico de las vibraciones del porta bobina, su estabilidad, la capacidad alinear lateralmente el papel, el correcto funcionamiento los acoples y rodamientos, para que se cumpla la transmisión de la potencia y a su vez torque para la correcta rebobinación de papel.

5.3.4 INFORMACIÓN GENERAL.

Para establecer los procedimientos de mantenimiento de la rebobinadora, se hará un listado de los componentes de la maquina dividiéndola en sistemas, para luego elaborar una clasificación de los mismos en conservables y desechables (Tabla N° 24). En base a esta clasificación se proponen las actividades de mantenimiento a realizar

La Rebobinadora de papel, consta de las siguientes partes:

- Sistema de Potencia
- Sistema de Alineación y Frenado.
- Eje de Bobina Alimentada
- Eje de bobina de Aporte
- Estructura.

A su vez estas partes están compuestas por los subsiguientes elementos:

- Sistema de Potencia:
 - Un (1) Motor Reductor.
 - Un (1) Acople.
 - Sistema de Alineación y Frenado:
 - Dos (2) Tornillos sin fin con sus respectivas tuercas.
 - Un (1) Disco de Freno.
-

- Un (1) Acople
- Dos (2) Pastillas de Freno.
- Eje de Bobinas Alimentada:
 - Dos (2) Bujes.
 - Dos (2) Tuercas de Sujeción
 - Un (1) Ejes de Acero AISI 1045
- Ejes Bobina Aporte:
 - Dos (2) Bujes
 - Dos (2) Tuercas de Sujeción.
 - Un (1) Eje de Acero AISI 1045.
- Estructura Portabobina
 - Dos (2) Ejes de Goma.
 - Cuatro (4) Chumaceras.

Los dispositivos de la maquina se clasificaron de acuerdo a las posibilidades técnicas y económicas que existan para repararlo, siendo divididos en desechables y conservable. A continuación se constituyeron las partes por categorías.

Clasificación de equipos

Tabla N° 24 Clasificación de los Equipos de la Rebobinadora.

<i>Número</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Nombre del componente</i>	<i>Desechable</i>	<i>Conservable</i>
<i>Sistema de Potencia</i>				
1	1	Un motor reductor		✓
2	1	Acople		✓
<i>Sistema Alianeción y Frenado</i>				

3	2	Tornillo sin fin con su Respectivas Tuercas	✓
4	1	Disco de Freno	✓
5	2	Rodamientos	✓
6	1	Acople	✓
7	2	Pastilla de Freno	✓
Eje de la bobina Alimentada			
8	2	Cojinetes de Superficie Plana	✓
9	2	Tuercas de Sujeción	✓
10	1	Eje de Acero AISI 1045	✓

Eje de La Bobina Aporte			
11	2	Bujes	
12	2	Tuercas de Sujeción	
13	1	Eje de Acero AISI 1045	
Estructura Portabobina			
14	2	Ejes de Plástico de goma	
15	4	Chumaceras	

Los criterios que se tomaron en cuenta para clasificar los equipos en desechables y conservables fueron las siguientes:

- Costo de fabricación.
- Rentabilidad y mantenimiento
- Posibilidad de intervención
- Existencia en el mercado
- Ejecución del mantenimiento.

5.4 MANTENIMIENTO DE LA REBOBINADORA DE PAPEL.

El mantenimiento del equipo se comienza a realizar en cada una de sus partes, las cuales son revisadas al finalizar una jornada de rebobinado de papel, de manera que los equipos estén listos para una nueva fase de procesamiento. La descripción del mantenimiento de los equipos clasificados anteriormente como conservable y desechables se presentan a continuación.

Sistema Motoreductor:

Semestralmente limpiar con un solvente y engrasar los componentes

Sistema de Control y Automatización:

El mantenimiento del sistema de Control y automatización contempla las siguientes operaciones.

- Antes de efectuar cualquier operación de mantenimiento al sistema de control, desconectar el suministro eléctrico.
 - Revisar el ajuste de los bornes de conexión antes de la puesta en servicio, al mes y anualmente.
-

- Ante un cortocircuito o sobrecarga verificar el origen de la falla y solucionar el problema.
- Ante un cortocircuito verificar el estado de los contactores y los relees de sobrecarga, ya que los equipos han sido seleccionados en coordinación tipo 1 (pueden ser aceptados daños en el contactor y el relee de sobrecarga), puede ser necesario el cambio de uno o mas aparatos. El relee de cortocircuito del interruptor debe ser reseteado y en el caso de protección por fusibles todos deben ser reemplazados.
- Resetear y habilitar un circuito cuando estén restablecidas todas las condiciones de la carga y de los aparatos que componen el sistema, o volver a ajustar las protecciones de sobrecarga.
- En todos los aparatos de corte (interruptores, relees de sobreintensidad térmica o magnética, contactores):
 - **No se debe limar ni engrasar los contactos.**
 - **No se deben reemplazar los contactos.**
 - **No limpiar las cámaras de corte.**
 - **Todos los aparatos seleccionados para el sistema de control son libres de mantenimiento hasta el fin de su vida útil.**
 - No tocar los núcleos magnéticos de los contactores con la mano.
 - En caso de falla de las unidades de mando, señalización y detección (botones giratorios, piloto luminoso y finales de carrera) reemplazarlas por nuevas.

Estructura (Porta bobina):

Pintar anualmente la estructura para evitar posibles corrosiones además mantener la estética de la maquina.

Acoples:

Verificar y reajustar los acoples de los ejes.

Bujes:

Cambiar las conchas de los bujes cuando muestren deterioro.

Pernos:

Verificar y ajustar los pernos de al estructura cada 6 meses

5.5 PUESTA EN MARCHA POR PRIMERA VEZ.

Una vez armado el sistema de la rebobinadora de papel, se procede a precisar que la tensión y la frecuencia de la toma de energía eléctrica se correspondan a la tensión del motor eléctrico.

ANTES DEL ARRANQUE.

Hacer las revisiones y ajuste prelimares siguientes antes de empezar la operación de la rebobinadora:

- Revisar que se haya ajustado las tuercas sujetadoras de las bobinas a los ejes, asegurándose que no haya deslizamientos de las bobinas.
 - Ajuste de los acoples de cada uno de los ejes.
 - Desplazar en la posición apropiada el carro que contiene el sistema de alineación y freno, para realizar la alineación lateral de la bobina de aporte, en función de la bobina alimentada.
 - Proceder a unir las dos puntas de papel de ambas bobinas, con la cinta adhesiva 3M.
 - Realizar el ajuste de freno, para mantener tensionado el papel.
-

CAPÍTULO VI
ESTUDIO DE FACTIBILIDAD
ECONÓMICA

CAPITULO VI

6. ESTUDIO DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA REBOBINADORA.

El propósito de efectuar un estudio de factibilidad económica es establecer si es rentable la construcción de la máquina fundamentándose en los presupuestos donde se especificaron los costos de los equipos y elementos necesarios para su construcción, tomando en cuenta la mano de obra. Teniéndose estos dos variables las cuales determinan el costo total del sistema, se hace posible obtener una comparación con el costo de otras máquinas que oferten en el mercado.

6.1 Costo de materiales y equipos para la construcción de la rebobinadora.

Luego del diseño y la selección de cada uno de los equipos y elementos necesarios para construir y poner en funcionamiento la rebobinadora de papel, se visito a los diferentes fabricantes y proveedores de cada uno de los equipos y elementos requeridos para nuestro diseño, con el fin de reducir los costos de la inversión inicial para la fabricación de la rebobinadora.

Se visitaron y consultaron empresas como:

- FERRUM c.a.
 - MAICA c.a.
 - MARESA c.a.
 - ELECTROCABLE c.a.
 - ELECTROFAR c.a.
 - MULTIHERRAMIENTAS c.a.
 - FERRETERIA EL PICO
 - DISTORBERA
 - TALLER HERMASIN c.a.
 - CONSTRU HIERRO
 - MOTORES ELECTRICOS FRANCAR c.a.
-

- RADAMIENTOS BEARING
- HIERROBECO c.a.
- BALDOR ELECTRIC COMPANY
- MONTALVO BETTER WEB CONTROL
- DOUBLE E COMPANY, INC. SHAFTS AND CHUCKS

Una vez obtenida toda la información necesaria (costos, rendimientos, servicios) y concretada la elección de cada uno de los componentes, se estimó el costo de la rebobinadora.

Tabla N° 25 Lista de precios que conforman los equipos de la rebobinadora de papel. (Fuente: Los autores)

<i>Descripción</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Costo Unidad (Bs.)</i>	<i>Costo Total (Bs.)</i>
Barra de acero AISI 1045, Diámetro de 2" y Longitud: 1,5 metros	2	5.000/m	165.000
Tubos estructurales de 6 metros de longitud y Sección rectangular 80x40mm ASTM-A 500 grado C	3	82.000	246.000
Tubos estructurales 6 metros de longitud y Sección rectangular 200x70mm ASTM-A 500 grado C	1	271.000	271.000
Acople flexible L-95	1	91.200	91.200

Contactor 110v 20 Amp	1	120.000	120.000
Interruptor de línea trifásico Tensión 200v	1	125.000	125.000
Pulsadores de stop y arranque Con caja	1	90.000	90.000
Motoreductor 3 Hp, 200v trifásico	1	1.700.000	1.700.000
Relación 23:1	1	80.000	80.000
Pastillas de freno	1	15.000	15.000
Chumaceras 2"	1	275.000	275.000
Tornillo de potencia simple, Diámetro de 32 mm. Grado 8	1	193.024/m	193.024
Tuerca Hexagonal de alta precisión	1	17.000	17.000
		TOTAL:	4.213.200

6.2 Estimación del costo de la rebobinadora

La siguiente tabla describe cada uno de los componentes principales que conforman la rebobinadora de papel.

Tabla de costos de fabricación:

Tabla N° 26 Costo de fabricación de la Máquina

<i>Descripción</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Costo Unidad (Bs.)</i>	<i>Costo Total (Bs.)</i>
Fondo Anticorrosivo	2	115.000/gal	230.000
Pintura	2	115.000/gal	230.000
Maquinado de ejes	2	250.000	500.000
Construcción	1	1.500.000	1.500.000
		TOTAL :	2.380.000

Como se puede observar el precio de la rebobinadora es de aproximadamente Bs. 6.600.000, con este valor analizamos la factibilidad económica de la propuesta.

6.3 Factibilidad económica.

El estudio de factibilidad esta centrado en la capacidad de la rebobinadora de recuperar el papel excedente de las pequeñas imprentas, de manera de que halla un ahorro en la compra de materia prima y aumento de sus capacidades productivas, a la vez que se recupera la inversión inicial en un breve tiempo.

Consumo de papel.

La imprenta de referencia como ya se ha dicho es La Editorial metrópolis c.a., la cual tiene un consumo mensual aproximado de 58 bobinas, ver apéndice N° A-5 Estudio de consumo, con un peso promedio de 370 kilos cada una, lo que implica 21460 kilos. De los cuales quedan en condición de papel excedente 3.000 kilos (lo que representa un 15% del papel) y el costo del papel es 1750 Bs/kilo.

Utilización del papel excedente.

Hasta ahora las pequeñas imprentas, venden el papel excedente a un precio de 500 Bs/kilo, o en otras ocasiones lo utilizan para hacer impresiones, aumentando los tiempos de producción hasta mas de un 200% como se puede ver en el estudio realizado apéndice debido a las cantidades de paradas necesarias para alimentar a la rotativa de papel suficiente para alcanzar el tiraje establecido por los clientes.

Rebobinando el papel excedente.

El papel excedente representa aproximadamente un 14% del total de papel adquirido por esta imprenta. Si se rebobinan estos 3.000 kilos se obtendrán 8 bobinas listas para impresión continua, lo que representaría un ahorro de Bs 5.250.000 en la compra de este papel importado mensualmente, que por el contrario si se vende sin rebobinar se obtendría una recuperación de tan solo Bs 1.500.000.

Aunque no se precisó el ahorro en bolívares de reducir los tiempos de producción, es notable que se logra una disminución en los tiempos de impresión al remplazar la utilización de bobinas de aporte a bobinas rebobinadas que pueden

ofrecer la cantidad de papel necesaria para alcanzar los tirajes fijados por los clientes, lo que origina un aumento de la productividad de estas imprentas.

Gastos de operación y mantenimiento de la rebobinadora.

La rebobinadora es una maquina sencilla, fácil de operar y con pocas piezas que ameritan mantenimiento.

La rebobinadora esta diseñada para obtener una bobina en una hora. Estimando que se rebobinen 1.500 kilos de papel (4 bobinas) cada 15 días, se necesitara de 4 horas hombre.

Lo expuesto anteriormente se traduce en los siguientes gastos:

- Operación y mantenimiento..... Bs 100.000
- Sueldo del operador (8 horas/mensual)..... Bs 100.000

Total de gastos es de Bs 200.000 mensuales.

Recuperación de la inversión inicial.

Siendo el ahorro mensual de Bs 5.250.000, si se destina un 15% de este monto (Bs 757.500) para la recuperación de la inversión inicial, para un tiempo de ocho mese y medio se estaría recuperando la inversión.

Otras rebobinadoras existente en el mercado.

Se hizo una búsqueda de empresas fabricantes de maquinarias para el sector gráfico como para el sector papeler, a nivel nacional e internacional, consiguiendo máquinas rebobinadoras de menores dimensiones, utilizadas para embobinar productos terminados como etiquetas, cintas. Pero para la aplicación que se necesita solo se encontró una empresa que la puede fabricar a contra pedido y por un costo de \$ 10.000 (21500000 Bs) con características básicas de funcionamiento, como nuestra propuesta de diseño. El costo de fabricación estimado de la rebobinadora de papel en dólares es (\$ 3070).

En resumidas cuentas, realizando una comparación entre los dos valores se pueden observar que el costo estimado de fabricación de la rebobinadora de papel diseñada es menor que el precio de una maquina de características similares.

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

A continuación se presentan las principales conclusiones de este trabajo especial de grado que constituye una visión global en torno a los principales resultados, así como de los objetivos que fueron planteados.

◆ Los materiales y componentes seleccionados para la máquina se adquieren o fabrican en el país, lo que se garantiza la disponibilidad de los recursos necesarios para su construcción.

◆ Se seleccionó el motoreductor, los cojinetes, los acoples, los elementos del circuito de control y potencia, así como los dispositivos para el sistema de freno de la rebobinadora de papel.

◆ Se diseñó y calculó, la estructura de la rebobinadora, el sistema de freno y alineación, los ejes porta bobina, la soldadura, y el circuito de control para la puesta en marcha de la máquina.

◆ El análisis de los diferentes esfuerzos o sollicitaciones a los que estarán sometidos todos y cada uno de los componentes de la máquina se tomaron en cuenta, para garantizar que la máquina no tenga ningún tipo de falla, al verse sometida a algún estado de esfuerzos, y poder pronosticar su comportamiento.

◆ Se logró diseñar una rebobinadora de papel excedente para implantarla en las pequeñas y medianas imprentas, que tiene la función de enrollar y desenrollar papel, aplicar tensión y realizar un ajuste lateral del mismo para garantizar su rebobinado.

◆ El diseño es factible económicamente, ya que se recuperaría un 14% del papel adquirido mensualmente por estas imprentas y la inversión inicial se recobra en un breve periodo de tiempo, permitiendo así reducir los costos operativos de estas pequeñas y medianas empresas.

◆ Se elaboró un manual de operación y mantenimiento con una metodología que garantiza un correcto funcionamiento de todos los componentes que conforman el sistema.

RECOMENDACIONES

RECOMENDACIONES

A continuación se enuncia un conjunto de sugerencias para mejorar el funcionamiento de la máquina.

- ❖ Clasificar previamente las bobinas que se dispondrán como bobina base y bobinas de aporte de papel, para reducir el número de empalmes.
 - ❖ Utilizar las bobinas rebobinadas, para impresiones a blanco y negro, para así no generar fallas de registro de la impresión.
 - ❖ Construcción del prototipo de la Rebobinadora de papel excedente avalado y financiado por un crédito por parte del Ministerio de Ciencias y Tecnología basado en la misión ciencias.
-

BIBLIOGRAFÍA



BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES ELECTRÓNICAS

BIBLIOGRAFÍA

1. ALFONZO, I. **Técnicas de Investigación Bibliografía**. 2^{da} Edición, Contexto-Editores, Caracas, Venezuela, 1984. 208 Pág.
 2. AVALLONE, E. y Baumeister, T; **MARKS. Manual del Ingeniero Mecánico**, 9^a Edición, Mc Graw-Hill, México, 1997, 2200 Pág.
 3. BACHMAN, Forberg. (1968) **Dibujo Técnico**. Edit. Labor. 1968.
 4. BALESTRINI, Miriam. **Procedimientos Técnicos de la Investigación**, Caracas, Editorial PANAPO, 1987
 5. CASILLAS A.L. **Maquinas.Cálculo de Taller**. 35 Edición. Ediciones Hispanoamericana. 1992.
 6. CORRIPIO, F. **Diccionario práctico de Sinónimos y Antónimos**, Ediciones Larousse, España, 1988 420 Pág.
 7. CROSS, N. **Métodos de Diseño**. Limusa Wiley. México, 2002, 187 Pág.
 8. GROOVER, Mikell. **Fundamentos de Manufactura Moderna**, México, Editorial Prentice-Hall, 1997.
 9. HIBBELER, R. **Mecánica de Materiales**. 3^{ra} Edición. Edit. Prentice Hall. México D. F. 1998
 10. MABIE, Hamilton **Mecanismos y Dinámica de Maquinaria**, México, Editorial Limusa, 1999.
 11. MILANI, Rodolfo. **Diseño para nuestra realidad**. Edit. Equinoccio. Caracas. (S.F.), 1987.
 12. MOTT, Robert. **Diseño de Elementos de Máquinas**. 2^{da} Edición. Edit. Prentice Hall Hispanoamericana. México D. F, 1995.
 13. NORTON, R. **Diseño de Maquinaria**. Edit. Mc. Graw-Hill. México D. F., 1995.
-

14. SABINO, Carlos. **Cómo Hacer una Tesis y Elaborar Todo Tipo de Escritos.** Edit. PANAPO Caracas, 1994
15. SHIGLEY, J. y Mischke, C **Diseño en Ingeniería Mecánica.** 5^{ta} Edición. Edit. Mc. Graw-Hill. México D. F. 1997
16. SKF **.Catálogo General de Rodamientos,** 1999.

FUENTES ELECTRÓNICAS

Estudio del Cassette:

1. www.sc.ech.es/sb.ehu.es/sbweb/fisica/cinetica/casete.

Acoples:

2. www.ruland.com/mclx.html

Cojinetes de Fricción Convencionales de Bronce.

3. www.217.76.240.146/grupowisco/mecauro.web

Manual Telemecanique.

4. www.schneider-electric.com.ve

Interruptores Termomagnéticos

5. www.miamlbreaker.com

Motores Eléctricos

6. www.baldor.com

Rodamientos

7. www.skf.com/portal/skf_esl
-

APÉNDICES



APÉNDICE A-1

CÁLCULOS REALIZADOS EN EXCEL

La siguiente tabla muestra el cambio de las distintas propiedades del sistema, limitado a nuestra zona de diseño, a medida que transcurre el tiempo. El subíndice 1 se refiere a las propiedades de la bobina de aporte mientras el subíndice 2 a las propiedades de la bobina alimentada.

Todos estos datos se obtuvieron de programar en Excel todas las ecuaciones descritas en el capítulo de cálculos.

t seg.	R1 cm.	R2 cm.	W1 (Rad./seg.)	W2 (Rad./seg.)	m1(Kg.)	m2(Kg.)	I 1 (kg.cm ²)	I 2 (kg.cm ²)
0	12,045	26,615	34,43752594	15,58519632	17,29908088	97,7814263	1471,13135	35854,40662
20	11,1784	26,9904543	37,10742704	15,36839636	14,42336932	100,657138	1081,43268	37921,80289
40	10,2386	27,360757	40,51329442	15,16039924	11,54765777	103,532849	749,611729	40047,07688
60	9,20341	27,7261145	45,07023268	14,96062494	8,67194621	106,408561	475,668499	42230,2286
80	8,03595	28,0867197	51,61806836	14,76854556	5,796234654	109,284273	259,602989	44471,25803
100	6,66709	28,4427535	62,21609412	14,58367947	2,920523098	112,159984	101,415201	46770,16519
120	4,9319	28,7943853	84,10553894	14,40558622	0,044811543	115,035696	1,10513387	49126,95006

t seg	R1 cm	R2 cm	W1 (rad/seg)	W2 (rad/seg)	m1(kg)	m2(kg)	I 1 (kg.cm ²)	I 2 (kg.cm ²)
0	12,045	28,7943	34,43752594	14,40562889	17,29908088	115,034994	1471,13135	49126,36775
20	11,1784	29,1416903	37,10742704	14,23390325	14,42336932	117,910705	1081,43268	51541,01622
40	10,2386	29,4849879	40,51329442	14,06817602	11,54765777	120,786417	749,611729	54013,54241
60	9,20341	29,8243342	45,07023268	13,90810594	8,67194621	123,662128	475,668499	56543,94632
80	8,03595	30,1598626	51,61806836	13,7533783	5,796234654	126,53784	259,602989	59132,22796
100	6,66709	30,4916991	62,21609412	13,6037024	2,920523098	129,413552	101,415201	61778,38731
120	4,9319	30,8199629	84,10553894	13,4588092	0,044811543	132,289263	1,10513387	64482,42439

t seg	R1 cm	R2 cm	W1 (rad/seg)	W2 (rad/seg)	m1(kg)	m2(kg)	I 1 (kg.cm ²)	I 2 (kg.cm ²)
0	12,045	28,7943	34,43752594	14,40562889	17,29908088	115,034994	1471,13135	49126,36775
20	11,1784	29,1416903	37,10742704	14,23390325	14,42336932	117,910705	1081,43268	51541,01622
40	10,2386	29,4849879	40,51329442	14,06817602	11,54765777	120,786417	749,611729	54013,54241
60	9,20341	29,8243342	45,07023268	13,90810594	8,67194621	123,662128	475,668499	56543,94632
80	8,03595	30,1598626	51,61806836	13,7533783	5,796234654	126,53784	259,602989	59132,22796
100	6,66709	30,4916991	62,21609412	13,6037024	2,920523098	129,413552	101,415201	61778,38731
120	4,9319	30,8199629	84,10553894	13,4588092	0,044811543	132,289263	1,10513387	64482,42439

0	12,045	30,8187966	34,43752594	13,45931853	17,29908088	132,278991	1471,13135	64472,66296
20	11,1784	31,1436129	37,10742704	13,31894284	14,42336932	135,154703	1081,43268	67234,37102
40	10,2386	31,4650763	40,51329442	13,18286969	11,54765777	138,030415	749,611729	70053,95681
60	9,20341	31,7832884	45,07023268	13,05088367	8,67194621	140,906126	475,668499	72931,42032
80	8,03595	32,0983461	51,61806836	12,9227842	5,796234654	143,781838	259,602989	75866,76155
100	6,66709	32,4103413	62,21609412	12,7983842	2,920523098	146,657549	101,415201	78859,9805
120	4,9319	32,7193616	84,10553894	12,67750896	0,044811543	149,533261	1,10513387	81911,07717

t seg	R1 cm	R2 cm	W1 (rad/seg)	W2 (rad/seg)	m1(kg)	m2(kg)	I 1 (kg.cm ²)	I 2 (kg.cm ²)
0	12,045	32,7187748	34,43752594	12,67773633	17,29908088	149,527774	1471,13135	81905,20083
20	11,1784	33,0249092	37,10742704	12,56021623	14,42336932	152,403486	1081,43268	85014,06479
40	10,2386	33,3282316	40,51329442	12,44590485	11,54765777	155,279197	749,611729	88180,80648
60	9,20341	33,6288184	45,07023268	12,33465879	8,67194621	158,154909	475,668499	91405,42589
80	8,03595	33,926742	51,61806836	12,22634345	5,796234654	161,03062	259,602989	94687,92302
100	6,66709	34,2220722	62,21609412	12,12083236	2,920523098	163,906332	101,415201	98028,29787
120	4,9319	34,5148754	84,10553894	12,01800659	0,044811543	166,782043	1,10513387	101426,5504

t seg	R1 cm	R2 cm	W1 (rad/seg)	W2 (rad/seg)	m1(kg)	m2(kg)	I 1 (kg.cm ²)	I 2 (kg.cm ²)
0	12,045	34,5143191	34,43752594	12,0182003	17,29908088	166,776557	1471,13135	101420,0114
20	11,1784	34,8046638	37,10742704	11,91794302	14,42336932	169,652268	1081,43268	104876,0313
40	10,2386	35,0926064	40,51329442	11,82015367	11,54765777	172,52798	749,611729	108389,9289
60	9,20341	35,3782055	45,07023268	11,72473263	8,67194621	175,403691	475,668499	111961,7042
80	8,03595	35,6615174	51,61806836	11,63158582	5,796234654	178,279403	259,602989	115591,3572
100	6,66709	35,9425962	62,21609412	11,54062432	2,920523098	181,155114	101,415201	119278,8879
120	4,9319	36,2214939	84,10553894	11,45176399	0,044811543	184,030826	1,10513387	123024,2964

t seg	R1 cm	R2 cm	W1 (rad/seg)	W2 (rad/seg)	m1(kg)	m2(kg)	I 1 (kg.cm ²)	I 2 (kg.cm ²)
0	12,045	36,2209639	34,43752594	11,45193157	17,29908088	184,02534	1471,13135	123017,0958
20	11,1784	36,4977345	37,10742704	11,36508897	14,42336932	186,901051	1081,43268	126820,2716
40	10,2386	36,7724221	40,51329442	11,28019251	11,54765777	189,776763	749,611729	130681,3251
60	9,20341	37,0450729	45,07023268	11,19717057	8,67194621	192,652474	475,668499	134600,2563
80	8,03595	37,3157316	51,61806836	11,11595518	5,796234654	195,528186	259,602989	138577,0652
100	6,66709	37,5844413	62,21609412	11,03648174	2,920523098	198,403897	101,415201	142611,7519
120	4,9319	37,8512434	84,10553894	10,95868888	0,044811543	201,279609	1,10513387	146704,3162

t seg	R1 cm	R2 cm	W1 (rad/seg)	W2 (rad/seg)	m1(kg)	m2(kg)	I 1 (kg.cm ²)	I 2 (kg.cm ²)
0	12,045	37,8507361	34,43752594	10,95883575	17,29908088	201,274122	1471,13135	146696,4522
20	11,1784	38,2473296	37,10742704	10,84520159	14,42336932	205,586318	1081,43268	152941,6466
40	10,2386	38,6398528	40,51329442	10,73503055	11,54765777	209,898513	749,611729	159316,9831
60	9,20341	39,0284284	45,07023268	10,62815022	8,67194621	214,210709	475,668499	165822,4616
80	8,03595	38,8996635	51,61806836	10,66333131	5,796234654	212,776968	259,602989	163645,0452
100	6,66709	39,1575053	62,21609412	10,59311161	2,920523098	215,65268	101,415201	168026,8877
120	4,9319	39,4136604	84,10553894	10,52426991	0,044811543	218,528391	1,10513387	172466,608

t seg	R1 cm	R2 cm	W1 (rad/seg)	W2 (rad/seg)	m1(kg)	m2(kg)	I 1	
							(kg.cm ²)	I 2 (kg.cm ²)
0	12,045	39,4131732	34,43752594	10,5244	17,29908088	218,522904	1471,13135	172458,0818
20	11,1784	39,6676773	37,10742704	10,45687644	14,42336932	221,398616	1081,43268	176955,5694
40	10,2386	39,9205589	40,51329442	10,39063609	11,54765777	224,274327	749,611729	181510,9346
60	9,20341	40,1718486	45,07023268	10,32563883	8,67194621	227,150039	475,668499	186124,1776
80	8,03595	40,4215762	51,61806836	10,26184625	5,796234654	230,025751	259,602989	190795,2984
100	6,66709	40,6697704	62,21609412	10,19922159	2,920523098	232,901462	101,415201	195524,2968
120	4,9319	40,9164591	84,10553894	10,13772965	0,044811543	235,777174	1,10513387	200311,173

t seg	R1 cm	R2 cm	W1 (rad/seg)	W2 (rad/seg)	m1(kg)	m2(kg)	I 1	
							(kg.cm ²)	I 2 (kg.cm ²)
0	12,045	40,9159898	34,43752594	10,13784591	17,29908088	235,771687	1471,13135	200301,9847
20	11,1784	41,1612029	37,10742704	10,07745088	14,42336932	238,647398	1081,43268	205146,6281
40	10,2386	41,4049637	40,51329442	10,01812253	11,54765777	241,52311	749,611729	210049,1493
60	9,20341	41,6472979	45,07023268	9,959829834	8,67194621	244,398822	475,668499	215009,5482
80	8,03595	41,8882301	51,61806836	9,902543005	5,796234654	247,274533	259,602989	220027,8248
100	6,66709	42,1277844	62,21609412	9,846233444	2,920523098	250,150245	101,415201	225103,9791
120	4,9319	42,3659842	84,10553894	9,790873678	0,044811543	253,025956	1,10513387	230238,0112

t seg	R1 cm	R2 cm	W1 (rad/seg)	W2 (rad/seg)	m1(kg)	m2(kg)	I 1	
							(kg.cm ²)	I 2 (kg.cm ²)
0	12,045	42,3655311	34,43752594	9,790978402	17,29908088	253,02047	1471,13135	230228,1617
20	11,1784	42,6024016	37,10742704	9,73654029	14,42336932	255,896182	1081,43268	235419,9611
40	10,2386	42,8379624	40,51329442	9,683000228	11,54765777	258,771893	749,611729	240669,6382
60	9,20341	43,072235	45,07023268	9,630333793	8,67194621	261,647605	475,668499	245977,193
80	8,03595	43,3052402	51,61806836	9,578517483	5,796234654	264,523316	259,602989	251342,6255
100	6,66709	43,5369984	62,21609412	9,52752867	2,920523098	267,399028	101,415201	256765,9357
120	4,9319	43,7675293	84,10553894	9,477345561	0,044811543	270,274739	1,10513387	262247,1237

t seg	R1 cm	R2 cm	W1 (rad/seg)	W2 (rad/seg)	m1(kg)	m2(kg)	I 1	
							(kg.cm ²)	I 2 (kg.cm ²)
0	12,045	43,7670907	34,43752594	9,477440546	17,29908088	270,269253	1471,13135	262236,6116
20	11,1784	43,9964161	37,10742704	9,428040666	14,42336932	273,144965	1081,43268	267775,5669
40	10,2386	44,2245523	40,51329442	9,379405289	11,54765777	276,020676	749,611729	273372,3999
60	9,20341	44,4515177	45,07023268	9,3315149	8,67194621	278,896388	475,668499	279027,1106
80	8,03595	44,6773301	51,61806836	9,28435067	5,796234654	281,772099	259,602989	284739,699
100	6,66709	44,902007	62,21609412	9,237894432	2,920523098	284,647811	101,415201	290510,1652
120	4,9319	45,1255651	84,10553894	9,192128648	0,044811543	287,523523	1,10513387	296338,509

t seg	R1 cm	R2 cm	W1 (rad/seg)	W2 (rad/seg)	m1(kg)	m2(kg)	I 1	
							(kg.cm ²)	I 2 (kg.cm ²)
0	12,045	45,1251396	34,43752594	9,19221533	17,29908088	287,518035	1471,13135	296327,3325
20	11,1784	45,3475978	37,10742704	9,147121796	14,42336932	290,393747	1081,43268	302213,4437
40	10,2386	45,56897	40,51329442	9,102685452	11,54765777	293,269458	749,611729	308157,4325
60	9,20341	45,7892719	45,07023268	9,058890489	8,67194621	296,14517	475,668499	314159,2991
80	8,03595	46,008519	51,61806836	9,015721625	5,796234654	299,020881	259,602989	320219,0435
100	6,66709	46,2267263	62,21609412	8,973164082	2,920523098	301,896593	101,415201	326336,6655
120	4,9319	46,4439084	84,10553894	8,931203566	0,044811543	304,772305	1,10513387	332512,1653

t seg	R1 cm	R2 cm	W1 (rad/seg)	W2 (rad/seg)	m1(kg)	m2(kg)	I 1 (kg.cm ²)	I 2 (kg.cm ²)
0	12,045	46,443495	34,43752594	8,931283057	17,29908088	304,766818	1471,13135	332500,3289
20	11,1784	46,6596681	37,10742704	8,88990464	14,42336932	307,64253	1081,43268	338733,5959
40	10,2386	46,8748443	40,51329442	8,84909606	11,54765777	310,518242	749,611729	345024,7407
60	9,20341	47,0890372	45,07023268	8,808844358	8,67194621	313,393953	475,668499	351373,7632
80	8,03595	47,3022603	51,61806836	8,769136983	5,796234654	316,269665	259,602989	357780,6635
100	6,66709	47,5145265	62,21609412	8,729961774	2,920523098	319,145376	101,415201	364245,4414
120	4,9319	47,7258486	84,10553894	8,691306952	0,044811543	322,021088	1,10513387	370768,0971

t seg	R1 cm	R2 cm	W1 (rad/seg)	W2 (rad/seg)	m1(kg)	m2(kg)	I 1 (kg.cm ²)	I 2 (kg.cm ²)
0	12,045	47,7254463	34,43752594	8,691380221	17,29908088	322,015601	1471,13135	370755,5961
20	11,1784	47,9358386	37,10742704	8,653233403	14,42336932	324,891312	1081,43268	377336,019
40	10,2386	48,1453116	40,51329442	8,615584501	11,54765777	327,767024	749,611729	383974,3197
60	9,20341	48,353877	45,07023268	8,578422774	8,67194621	330,642735	475,668499	390670,4981
80	8,03595	48,5615468	51,61806836	8,541737807	5,796234654	333,518447	259,602989	397424,5542
100	6,66709	48,7683322	62,21609412	8,505519491	2,920523098	336,394158	101,415201	404236,4881
120	4,9319	48,9742445	84,10553894	8,469758017	0,044811543	339,26987	1,10513387	411106,2996

t seg	R1 cm	R2 cm	W1 (rad/seg)	W2 (rad/seg)	m1(kg)	m2(kg)	I 1 (kg.cm ²)	I 2 (kg.cm ²)
0	12,045	48,9738525	34,43752594	8,469825812	17,29908088	339,264384	1471,13135	411093,1387
20	11,1784	49,1789043	37,10742704	8,43451081	14,42336932	342,140095	1081,43268	418020,7176
40	10,2386	49,3831047	40,51329442	8,399633895	11,54765777	345,015807	749,611729	425006,1742
60	9,20341	49,5864642	45,07023268	8,365186084	8,67194621	347,891519	475,668499	432049,5085
80	8,03595	49,788993	51,61806836	8,331158648	5,796234654	350,76723	259,602989	439150,7205
100	6,66709	49,9907014	62,21609412	8,297543107	2,920523098	353,642942	101,415201	446309,8103
120	4,9319	50,1915992	84,10553894	8,264331218	0,044811543	356,518653	1,10513387	453526,7777

APÉNDICE A-2

Se estudió la variación de torque y potencia, propiedades fundamentales para el diseño y selección del freno y motor del sistema. Como muestra la siguiente tabla, una vez conocidas las variaciones de las propiedades como la inercia, velocidad angular, aceleración angular, a partir de la variación de los radios en función del tiempo. Podemos obtener la variación de las torques y potencias tanto de la bobina de aporte como de la bobina y finalmente del sistema.

Bobina de Aporte		Bobina Alimentada		Potencia del sistema	Torque del sistema
Torque (lb.pie)	Potencia (hp)	Torque (lb.pie)	Potencia (hp)	Hp	(Lb. in)
10,23514655	0,643466799	51,09116683	1,45364458	2,097111379	735,9157606
8,735744057	0,591780811	52,54420303	1,474190121	2,065970932	735,359365
7,217889367	0,533836072	53,99714845	1,494450721	2,028286792	734,5804538
5,668429099	0,466393677	55,45001022	1,514438008	1,980831685	733,4212718
4,05781192	0,382378792	56,90279475	1,53416284	1,916541632	731,52728
2,302964638	0,261571334	58,3555078	1,553635364	1,815206698	727,9016693
0,045860925	0,007041538	59,80815458	1,572865089	1,579906627	718,248186
10,23514655	0,643466799	59,80780002	1,572860424	2,216327223	840,5153589
8,735744057	0,591780811	61,26038525	1,591856327	2,183637138	839,9535517
7,217889367	0,533836072	62,71291319	1,610626735	2,144462807	839,1696307
5,668429099	0,466393677	64,16538774	1,629179541	2,095573218	838,005802
4,05781192	0,382378792	65,61781243	1,647522186	2,029900978	836,1074922
2,302964638	0,261571334	67,0701905	1,665661691	1,927233025	832,4778617
0,045860925	0,007041538	68,52252493	1,683604697	1,690646235	822,8206302
10,23514655	0,643466799	68,51733747	1,683540949	2,327007748	945,0298083
8,735744057	0,591780811	69,9696311	1,701294407	2,293075217	944,4645019
7,217889367	0,533836072	71,42188628	1,718863581	2,252699652	943,6773078
5,668429099	0,466393677	72,87410531	1,73625412	2,202647797	942,5104129

4,05781192	0,382378792	74,32629031	1,753471389	2,135850181	940,6092268
2,302964638	0,261571334	75,77844323	1,770520489	2,032091823	936,9768945
0,045860925	0,007041538	77,23056589	1,787406274	1,794447813	927,3171218
10,23514655	0,643466799	77,22779539	1,78737421	2,43084101	1049,555303
8,735744057	0,591780811	78,67988951	1,804101603	2,395882414	1048,987603
7,217889367	0,533836072	80,13195659	1,820674705	2,354510777	1048,198152
5,668429099	0,466393677	81,58399808	1,837097725	2,303491402	1047,029126
4,05781192	0,382378792	83,03601531	1,853374683	2,235753475	1045,125927
2,302964638	0,261571334	84,48800954	1,869509422	2,131080756	1041,49169
0,045860925	0,007041538	85,93998193	1,885505617	1,892547156	1031,830114
10,23514655	0,643466799	85,93721157	1,885475226	2,528942025	1154,068297
8,735744057	0,591780811	87,38916325	1,901336653	2,493117464	1153,498888
7,217889367	0,533836072	88,8410952	1,917066425	2,450902497	1152,707815
5,668429099	0,466393677	90,29300837	1,932667776	2,399061453	1151,53725
4,05781192	0,382378792	91,74490365	1,94814381	2,330522602	1149,632587
2,302964638	0,261571334	93,19678187	1,963497509	2,225068843	1145,996958
0,045860925	0,007041538	94,64864383	1,978731737	1,985773275	1136,334057
10,23514655	0,643466799	94,64587398	1,978702785	2,622169585	1258,572246
8,735744057	0,591780811	96,09772044	1,993820515	2,585601326	1258,001574
7,217889367	0,533836072	97,54955205	2,008824172	2,542660244	1257,209297
5,668429099	0,466393677	99,00136948	2,023716306	2,490109983	1256,037583
4,05781192	0,382378792	100,4531733	2,038499374	2,420878166	1254,131823
2,302964638	0,261571334	101,9049642	2,053175744	2,314747078	1250,495146
0,045860925	0,007041538	103,3567426	2,067747698	2,074789236	1240,831243
10,23514655	0,643466799	103,3539726	2,067719992	2,711186791	1363,069429
8,735744057	0,591780811	105,5309256	2,089380374	2,681161185	1371,200035
7,217889367	0,533836072	107,7078533	2,110818004	2,644654076	1379,108913
5,668429099	0,466393677	109,8847574	2,13203963	2,598433307	1386,638238
4,05781192	0,382378792	109,1609718	2,125007323	2,507386115	1358,625405
2,302964638	0,261571334	110,6126953	2,139088937	2,400660271	1354,987919
0,045860925	0,007041538	112,064409	2,15307827	2,160119808	1345,323239
10,23514655	0,643466799	112,0616391	2,153051664	2,796518464	1467,561428
8,735744057	0,591780811	113,5133435	2,16695068	2,758731491	1466,98905
7,217889367	0,533836072	114,9650389	2,180760942	2,714597014	1466,195139
5,668429099	0,466393677	116,4167256	2,194484132	2,660877809	1465,021856
4,05781192	0,382378792	117,8684039	2,208121879	2,590500671	1463,11459

2,302964638	0,261571334	119,3200743	2,221675763	2,483247097	1459,476467
0,045860925	0,007041538	120,7717368	2,235147315	2,242188853	1449,811173
10,23514655	0,643466799	120,7689671	2,235121689	2,878588488	1572,049364
8,735744057	0,591780811	122,2206222	2,248512546	2,840293357	1571,476395
7,217889367	0,533836072	123,6722701	2,261823994	2,795660065	1570,681914
5,668429099	0,466393677	125,1239111	2,27505743	2,741451107	1569,508082
4,05781192	0,382378792	126,5755453	2,288214214	2,670593006	1567,600287
2,302964638	0,261571334	128,027173	2,301295663	2,562866997	1563,961652
0,045860925	0,007041538	129,4787945	2,314303059	2,321344597	1554,295865
10,23514655	0,643466799	129,4760252	2,314278314	2,957745113	1676,534061
8,735744057	0,591780811	130,9276406	2,32721304	2,918993851	1675,960615
7,217889367	0,533836072	132,3792501	2,340076167	2,873912239	1675,165674
5,668429099	0,466393677	133,830854	2,352868873	2,81926255	1673,991397
4,05781192	0,382378792	135,2824523	2,365592303	2,747971095	1672,083171
2,302964638	0,261571334	136,7340454	2,378247572	2,639818906	1668,44412
0,045860925	0,007041538	138,1856333	2,390835766	2,397877304	1658,77793
10,23514655	0,643466799	138,1828639	2,390811813	3,034278613	1781,016126
8,735744057	0,591780811	139,6344469	2,403334113	2,995114924	1780,442291
7,217889367	0,533836072	141,0860249	2,415791421	2,949627493	1779,646972
5,668429099	0,466393677	142,5375983	2,428184741	2,894578418	1778,472329
4,05781192	0,382378792	143,9891672	2,440515049	2,822893841	1776,563749
2,302964638	0,261571334	145,4407316	2,452783299	2,714354633	1772,924355
0,045860925	0,007041538	146,8922918	2,464990418	2,472031956	1763,257833
10,23514655	0,643466799	146,889522	2,464967182	3,108433982	1885,496022
8,735744057	0,591780811	148,341078	2,477114191	3,068895002	1884,921865
7,217889367	0,533836072	149,79263	2,489201858	3,02303793	1884,126232
5,668429099	0,466393677	151,2441781	2,501231045	2,967624722	1882,951286
4,05781192	0,382378792	152,6957223	2,513202593	2,895581385	1881,042411
2,302964638	0,261571334	154,1472629	2,525117325	2,786688659	1877,40273
0,045860925	0,007041538	155,5987998	2,536976042	2,54401758	1867,735929
10,23514655	0,643466799	155,5960307	2,536953471	3,180420271	1989,974127
8,735744057	0,591780811	157,0475642	2,548757062	3,140537872	1989,399699
7,217889367	0,533836072	158,4990942	2,560506185	3,094342256	1988,603803
5,668429099	0,466393677	159,950621	2,572201588	3,038595265	1987,428601
4,05781192	0,382378792	161,4021446	2,583844003	2,966222795	1985,519478
2,302964638	0,261571334	162,853665	2,595434144	2,857005478	1981,879556

0,045860925	0,007041538	164,3051824	2,606972709	2,614014248	1972,21252
10,23514655	0,643466799	164,3024127	2,606950741	3,250417541	2094,450712
8,735744057	0,591780811	165,7539272	2,618438511	3,210219321	2093,876055
7,217889367	0,533836072	167,2054387	2,629876055	3,163712126	2093,079937
5,668429099	0,466393677	168,6569474	2,641264026	3,107657703	2091,904518
4,05781192	0,382378792	170,1084534	2,652603066	3,034981858	2089,995184
2,302964638	0,261571334	171,5599567	2,663893799	2,925465133	2086,355056
0,045860925	0,007041538	173,0114574	2,675136838	2,682178376	2076,687819
10,23514655	0,643466799	173,0086883	2,675115434	3,318582234	2198,926018
8,735744057	0,591780811	174,4601864	2,686311469	3,27809228	2198,351166
7,217889367	0,533836072	175,9116821	2,697460996	3,231297068	2197,554858
5,668429099	0,466393677	177,3631754	2,70856459	3,174958267	2196,379254
4,05781192	0,382378792	178,8146663	2,719622816	3,102001608	2194,469738
2,302964638	0,261571334	180,2661549	2,730636225	2,992207559	2190,829434
0,045860925	0,007041538	181,7176412	2,741605358	2,748646896	2181,162026

APÉNDICE A-3

Para la selección del material del eje de la bobina, se programo en una hoja de calculo (Excel), con la intencion de observar el comportamiento de los diferentes diametros que se arroja, a los distintos aceros, donde se escogió el acero verificando la teoria de falla y despejando el diámetro, el inmediatamente inferior a el diámetro de 5 cm estipulado por el diseño

Selección del material eje de la bobina

Propiedades mecánicas del material

SAE o AISI	Sut (Pa)	Sy (Pa)	Sn (Pa)	S'n (Pa)	D (m)	D (cm)
1020	449100000	331500000	150000000	106798500	0,05920829	5,92082852
1025	491300000	338300000	170000000	121038300	0,05679411	5,67941059
1030	552100000	345200000	220000000	156637800	0,05213234	5,2132337
1035	586400000	377500000	225000000	160197750	0,0517382	5,17382043
1040	621700000	413800000	230000000	163757700	0,05135596	5,13559595
1045	673700000	413800000	250000000	177997500	0,04995363	4,99536254
1050	724700000	413800000	270000000	192237300	0,04869412	4,86941203
1055	769800000	449100000	280000000	199357200	0,04810396	4,81039595
1060	814900000	483500000	300000000	213597000	0,04700997	4,70099697
1065	853200000	509000000	325000000	231396750	0,04577429	4,57742857
1070	891400000	535400000	330000000	234956700	0,04553949	4,55394894
1075	928700000	560900000	340000000	242076600	0,04508749	4,50874922
1080	966900000	586400000	350000000	249196500	0,04465297	4,46529693

APÉNDICE A-4

Para la selección del material del eje de la bobina de aporte, se utilizó el mismo procedimiento para el eje de la bobina alimentada, con la intención de observar los diferentes diámetros a distintos aceros, cabe destacar que para el diseño de este eje, se puede seleccionar cualquier acero presente en esta tabla, puesto que todos los valores correspondientes a el diámetro están muy por debajo del diámetro estipulado por el diseño que es de 5 cm, solo queda a convenir por factores de costo.

Selección del material eje del rolo

Propiedades mecánicas del material						
SAE o AISI	Sut (Pa)	Sy (Pa)	Sn (Pa)	S'n (Pa)	D (m)	D (cm)
1020	449100000	331500000	150000000	106798500	0,01929857	1,92985743
1025	491300000	338300000	170000000	121038300	0,01851425	1,85142457
1030	552100000	345200000	220000000	156637800	0,01700208	1,70020847
1035	586400000	377500000	225000000	160197750	0,01687108	1,68710752
1040	621700000	413800000	230000000	163757700	0,0167442	1,67441972
1045	673700000	413800000	250000000	177997500	0,01628961	1,62896073
1050	724700000	413800000	270000000	192237300	0,01588166	1,58816606
1055	769800000	449100000	280000000	199357200	0,01568751	1,56875106
1060	814900000	483500000	300000000	213597000	0,01533058	1,53305781
1065	853200000	509000000	325000000	231396750	0,01492858	1,49285786
1070	891400000	535400000	330000000	234956700	0,01485082	1,48508176
1075	928700000	560900000	340000000	242076600	0,01470289	1,47028906
1080	966900000	586400000	350000000	249196500	0,01456072	1,4560725

APENDICE A-5 (Fuentes: Los Autores).

Consumo de papel mensual de la empresa Editorial Metrópolis

En el siguiente cuadro se describe el montaje de las 58 bobinas de 28", que consume la empresa mensualmente. Los operadores realizan el siguiente montaje, para cubrir los tirajes de los diferentes diarios que imprime esta empresa todas las noches.

Donde N: representa las bobinas nuevas y U: representa las bobinas usadas.

Estas bobinas usadas, son bobinas nuevas que disminuyeron sus diámetros para alcanzar el tiraje del día anterior y aun les queda gran cantidad de papel.

MONTAJE DE BOBINA DE 28" PARA DIARIOS

LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
3 N	2 N + 1 U	3 N	2 N + 1 U	2 N	2 U	3 N

LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
2 N + 1 U	3 N	2 N + 1 U	3 N	2 N	2 U	2 N + 1 U

LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
3 N	2 N + 1 U	3 N	2 N + 1 U	2 N	2 U	3 N

LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	DOMINGO
2 N + 1 U	3 N	2 N + 1 U	3 N	2 N	2 U	2 N + 1 U

Este montaje origina mensualmente un gran número de bobinas con pocos diámetros de papel, y que no son utilizadas por los operadores del turno nocturno debido a que aumentan los tiempos de producción.

En la siguiente tabla se muestra la cantidad de bobinas de pocos diámetros que se acumulan mensualmente.

Variación de los radios de la bobinas (cm.)	Cantidad de bobinas	
0	11	8
11	16	40
16	24	2
24	30	2
30	46	6

Todas estas bobinas de pocos diámetros representan aproximadamente 3000 kilos de papel excedente mensual.

Utilización de las bobinas de pocos diámetros

La empresa Editorial Metrópolis, para disminuir la acumulación de estas bobinas de poco diámetros, realiza impresiones de periódicos alternativos (no son diarios y su impresión se hace en el día).

Se realizó un estudio de los tiempos de impresión con estas bobinas de poco diámetro.

Para el siguiente estudio se tomaron tres periódicos de diferentes tirajes y números de páginas. Se midieron los tiempos de impresión, los tiempos fuera de servicio y los tiempos para ajustar la máquina.

Trabajo: Ojo pelao		Papel: New print	Tamaño: 28"				
					Tiempo Total (min.)	Tiempo F.S. (min)	Tiempo p.a (min)
R. i (cm)	P. i (Kg)	Tiraje (ejem.)	R. f (cm)	P.f (Kg)			
15,5	56	1784	4,5	10	22	8	
15,5	56	1784	4,5	10			
11,5	36	1216	5	12	23		18
11,5	36	1216	5	12			
		3000		44	45	8	18

Rotura de papel, ocasionó una parada de 8 min.

Tiempo en servicio: 19 min.

I.T.P. 236,80%

Trabajo: Lotero		Papel: New print	Tamaño: 28"				
					Tiempo Total (min.)	Tiempo F.S. (min)	Tiempo p.a (min)
R. i (cm)	P. i (Kg)	Tiraje (ejem.)	R. f (cm)	P.f (Kg)			
14	48	2319	0	0	12		
13	42	1928	0	0	19		9
10	29	753	5,5	14	11		6
		5000		14	42		15

Tiempo en servicio: 27 min.

I.T.P. 155,50%

Trabajo: Chacao		Papel: New print	Tamaño: 28"				
					Tiempo Total (min.)	Tiempo F.S. (min)	Tiempo p.a (min)
R. i (cm)	P. i (Kg)	Tiraje (ejem.)	R. f (cm)	P.f (Kg)			
46	370	1000	43		8		
14,5			5	12			
		1000		12	8		

Tiempo en servicio: 8 min.

I.T.P. 100%

Nota:

R.i radio inicial

R.f radio final

P.i peso inicial

P.f peso final

F.S. fuera de servicio

p.a. Tiempo para hacer ajustes (cambios de bobinas, tejer papel, etc)

Tiempo total: Es el tiempo que consume la realización del trabajo.

Tiempo en servicio: $\text{Tiemp. Total} - (\text{Tiemp. F.S.} + \text{Tiemp. P.A.})$

I.T.P. Incremento % del tiempo de producción.

ANEXOS



ANEXO B-1 MOTORES – REDUCTORES.



Gruppo Bonfiglioli

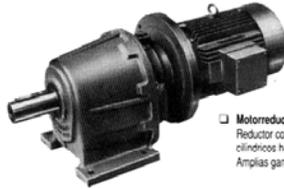
MOTORES - REDUCTORES - MOTORREDUCTORES - MOTOVARIADORES DE VELOCIDAD

Es la principal compañía en Italia y una de las mayores a nivel mundial en reductores de velocidad y accesorios para transmisión de fuerza.

El estricto control de calidad en los procesos tanto organizativos como de producción la han hecho merecedora del certificado de calidad total UNI EN 29001 ISO 9001, certificado que otorga los más exigentes entes internacionales que controlan la calidad en Europa. La capacidad de respuesta a las más exigentes condiciones de trabajo y su incomparable robustez y versatilidad, hacen de los equipos Bonfiglioli una pieza clave en su industria. Bonfiglioli produce además, motores de corriente continua, variadores de frecuencia (inverters), limitadores de torque, acoples, etc. Bonfiglioli posee siempre un producto que se adapta a sus necesidades.



**CERTIFICATION
MARK
QUALITY SYSTEM
ISO 9001
UNI EN 29001**



Motorreductor modelo MAS:
Reductor coaxial con engranajes cilíndricos helicoidales.
Amplias gamas de reducción

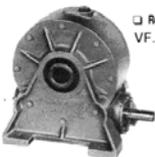
Reductor modelo TA:
Reductor para acople directo al eje a accionar. Ideal para elevadores de cagiones y transportadores de tornillo sin fin.



Motorreductor serie MVF:
Reductor constituido por corona y sin fin. Posicionamiento altamente versátil. Gammas de reducción desde 7 a 1001.



Reductor VF.../A



Motors eléctricos:
Monofásicos o Trifásicos. Disponibles con y sin brida. Tropicalizados. Norma IEC 34-1. Protección IP-54 y IP-55.



Reductor VF.../FC





Moto variador mecánico epicicloidal:
Campo de variación de 6.5 a 1. Previsto con volante indicador de giros. Predisuesto para control a distancia. Salida a 90° o ejes paralelos.



MAQUINARIAS Y ACCESORIOS

ANEXOS B-2 PROPIEDADES DE LOS ACEROS AL CARBON Y CON ALEACION (FUENTES: MOTT)

APENDICE 3 PROPIEDADES DE LOS ACEROS AL CARBON Y CON ALEACIONES							
Número de designación del material (número AISI)	Condición	Resistencia a la tracción		Resistencia a punto cedente		Ductibilidad (elongación porcentual en 2 pulg)	Dureza Brinell (HB)
		Ksi	MPa	Ksi	MPa		
1020	Rolado en caliente	55	379	30	207	25	111
1020	Extruido en frío	61	420	51	352	15	122
1020	Recocido	60	414	43	296	38	121
1040	Rolado en caliente	72	496	42	290	18	144
1040	Extruido en frío	80	552	71	490	12	160
1040	OQT 1300	88	607	61	421	33	183
1040	OQT 400	113	779	87	600	19	262
1050	Rolado en caliente	90	620	49	338	15	180
1050	Extruido en frío	100	690	84	579	10	200
1050	OQT 1300	96	662	61	421	30	192
1050	OQT 400	143	986	110	758	10	321
1117	Rolado en caliente	62	427	34	234	33	124
1117	Extruido en frío	69	476	51	352	20	138
1117	WQT 350	89	614	50	345	22	178
1137	Rolado en caliente	88	607	48	331	15	176
1137	Extruido en frío	98	676	82	565	10	196
1137	OQT 1300	87	600	60	414	28	174
1137	OQT 400	157	1083	136	938	5	352
1144	Rolado en caliente	94	648	51	352	15	188
1144	Extruido en frío	100	690	90	621	10	200
1144	OQT 1300	96	662	68	469	25	200
1144	OQT 400	127	876	91	627	16	277
1213	Rolado en caliente	55	379	33	228	25	110
1213	Extruido en frío	75	517	58	340	10	150
12L13	Rolado en caliente	57	393	34	234	22	114
12L13	Extruido en frío	70	483	60	414	10	140
1340	Recocido	102	703	63	434	26	207
1340	OQT 400	285	1960	234	1610	8	578
1340	OQT 700	221	1520	197	1360	10	444
1340	OQT 1000	144	993	132	910	17	363
1340	OQT 1300	100	690	75	517	25	235
3140	Recocido	95	655	67	462	25	187
3140	OQT 400	280	1930	248	1710	11	555
3140	OQT 700	220	1520	200	1380	13	461
3140	OQT 1000	152	1050	133	920	17	311
3140	OQT 1300	115	792	94	648	23	233
4130	Recocido	81	558	52	359	28	156
4130	WQT 400	234	1610	197	1360	12	461
4130	WQT 700	208	1430	180	1240	13	415
4130	WQT 1000	143	986	132	910	16	302
4130	WQT 1300	98	676	89	614	28	202
4140	Recocido	95	655	60	414	26	197
4140	OQT 400	290	2000	251	1730	11	578
4140	OQT 700	231	1590	212	1460	13	461
4140	OQT 1000	168	1160	152	1050	17	341
4140	OQT 1300	117	807	100	690	23	235

ANEXO B-3. CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES MECANICAS A LA TENSION. (FUENTES: MOTT)

TABLA A-20

Características y propiedades mecánicas *a la tensión* de algunos aceros rolados en caliente (HR) y estirados en frío (CD).

[Las resistencias indicadas son valores mínimos ASTM estimados en el intervalo de tamaños de 18 a 32 mm (¾ a 1¼ in). Tales resistencias son adecuadas para el uso con el factor de diseño definido en la sección 1-9, siempre que los materiales cumplan los requisitos ASTM A6 o A568, o sean requeridos en las especificaciones de compra. Conviene recordar que una designación numérica no es una especificación. Véanse en la tabla 1-1 las propiedades de algunos aceros ASTM.

1	2	3	4	5	6	7	8
UNS NÚM.	SAE Y/O AISI NO.	PROCESAMIENTO	RESISTENCIA ÚLTIMA, MPa (kpsi)	RESISTENCIA DE FLUENCIA, MPa (kpsi)	ELONGACIÓN EN 2 in, %	REDUCCIÓN EN ÁREA %	DUREZA BRINELL
G10060	1006	HR	300 (43)	170 (24)	30	55	86
		CD	330 (48)	280 (41)	20	45	95
G10100	1010	HR	320 (47)	180 (26)	28	50	95
		CD	370 (53)	300 (44)	20	40	105
G10150	1015	HR	340 (50)	190 (27.5)	28	50	101
		CD	390 (56)	320 (47)	18	40	111
G10180	1018	HR	400 (58)	220 (32)	25	50	116
		CD	440 (64)	370 (54)	15	40	126
G10200	1020	HR	380 (55)	210 (30)	25	50	111
		CD	470 (68)	390 (57)	15	40	131
G10300	1030	HR	470 (68)	260 (37.5)	20	42	137
		CD	520 (76)	440 (64)	12	35	149
G10350	1035	HR	500 (72)	270 (39.5)	18	40	143
		CD	550 (80)	460 (67)	12	35	163
G10400	1040	HR	520 (76)	290 (42)	18	40	149
		CD	590 (85)	490 (71)	12	35	170
G10450	1045	HR	570 (82)	310 (45)	16	40	163
		CD	630 (91)	530 (77)	12	35	179
G10500	1050	HR	620 (90)	340 (49.5)	15	35	179
		CD	690 (100)	580 (84)	10	30	197
G10600	1060	HR	680 (98)	370 (54)	12	30	201
G10800	1080	HR	770 (112)	420 (61.5)	10	25	229
G10950	1095	HR	830 (120)	460 (66)	10	25	248

Fuente: 1986 SAE Handbook, p. 2.15.

**ANEXO B-4 CONSTANTE ELÁSTICA Y FÍSICA DE LOS MATERIALES
(FUENTE: MOTT)**

TABLA A-5
Constantes elásticas y físicas de materiales

MATERIAL	MÓDULO DE ELASTICIDAD E		MÓDULO DE RIGIDEZ G		RELACIÓN DE POISSON ν	PESO UNITARIO w		
	Mpsi	GPa	Mpsi	GPa		lb/in ³	lb/ft ³	kN/m ³
Aluminio (todas las aleaciones)	10.3	71.0	3.80	26.2	0.334	0.098	169	26.6
Cobre al berilio	18.0	124.0	7.0	48.3	0.285	0.297	513	80.6
Latón	15.4	106.0	5.82	40.1	0.324	0.309	534	83.8
Acero común	30.0	207.0	11.5	79.3	0.292	0.282	487	76.5
Hierro colado (gris)	14.5	100.0	6.0	41.4	0.211	0.260	450	70.6
Cobre	17.2	119.0	6.49	44.7	0.326	0.322	556	87.3
Madera (abeto Douglas)	1.6	11.0	0.6	4.1	0.33	0.016	28	4.3
Vidrio	6.7	46.2	2.7	18.6	0.245	0.094	162	25.4
Inconel	31.0	214.0	11.0	75.8	0.290	0.307	530	83.3
Plomo	5.3	36.5	1.9	13.1	0.425	0.411	710	111.5
Magnesio	6.5	44.8	2.4	16.5	0.350	0.065	112	17.6
Molibdeno	48.0	331.0	17.0	117.0	0.307	0.368	636	100.0
Monel	26.0	179.0	9.5	65.5	0.320	0.319	551	86.6
Niquel plata	18.5	127.0	7.0	48.3	0.322	0.316	546	85.8
Acero al níquel	30.0	207.0	11.5	79.3	0.291	0.280	484	76.0
Bronce fosforado	16.1	111.0	6.0	41.4	0.349	0.295	510	80.1
Acero inoxidable	27.6	190.0	10.6	73.1	0.305	0.280	484	76.0

APÉNDICE B-5. FACTORES DE CONCENTRACIÓN DE ESFUERZOS K_{ts}
(Fuente: Mott).

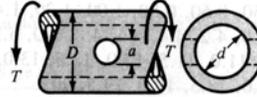
TABLA A-16 (Cont.)

Factores de concentración de esfuerzo K_{ts} aproximados para barra o tubo circular con agujero transversal sometidos a torsión.

[El esfuerzo máximo ocurre en el interior del agujero, ligeramente abajo de la superficie de la barra. El esfuerzo cortante nominal es $\tau_0 = TD/2J_{net}$, donde J_{net} es un valor reducido del segundo momento polar de área, que se define por

$$J_{net} = \frac{\pi A(D^4 - d^4)}{32}$$

Los valores de A se dan en la tabla. Utilícese $d = 0$ en el caso de una barra maciza.]



a/D	d/D									
	0.9		0.8		0.6		0.4		0	
	A	K_{ts}	A	K_{ts}	A	K_{ts}	A	K_{ts}	A	K_{ts}
0.05	0.96	1.78							0.95	1.77
0.075	0.95	1.82							0.93	1.71
0.10	0.94	1.76	0.93	1.74	0.92	1.72	0.92	1.70	0.92	1.68
0.125	0.91	1.76	0.91	1.74	0.90	1.70	0.90	1.67	0.89	1.64
0.15	0.90	1.77	0.89	1.75	0.87	1.69	0.87	1.65	0.87	1.62
0.175	0.89	1.81	0.88	1.76	0.87	1.69	0.86	1.64	0.85	1.60
0.20	0.88	1.96	0.86	1.79	0.85	1.70	0.84	1.63	0.82	1.58
0.25	0.87	2.00	0.82	1.86	0.81	1.72	0.80	1.63	0.79	1.54
0.30	0.80	2.18	0.78	1.97	0.77	1.76	0.75	1.63	0.74	1.51
0.35	0.77	2.41	0.75	2.09	0.72	1.81	0.69	1.63	0.68	1.47
0.40	0.72	2.67	0.71	2.25	0.68	1.89	0.64	1.63	0.63	1.44

Fuente: R. E. Peterson, *Stress Concentration Factors*, Wiley, Nueva York, 1974, págs. 148, 244.

**ANEXO B-6. FACTORES DE TAMAÑO PARA DISEÑO DE EJE.
(FUENTE: MOTT).**

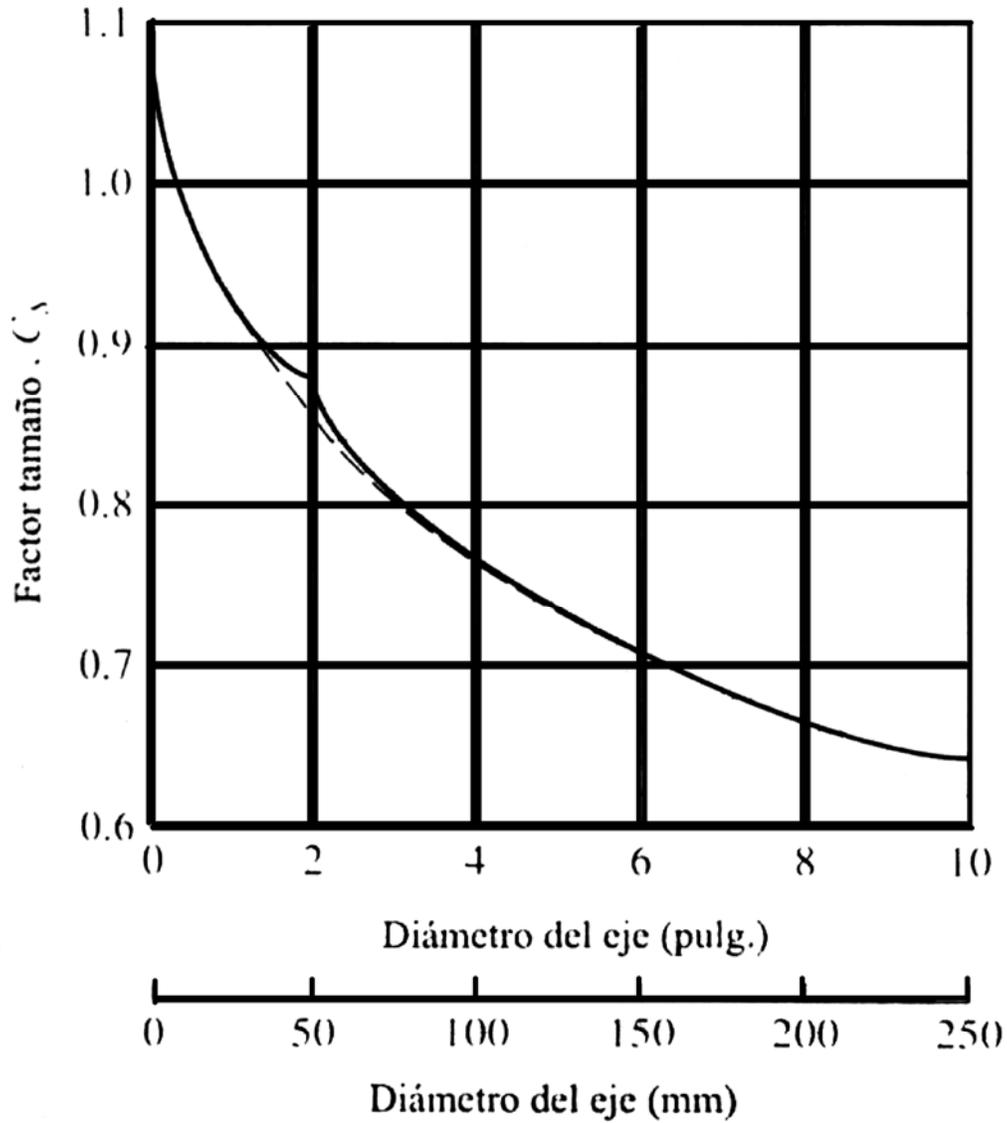
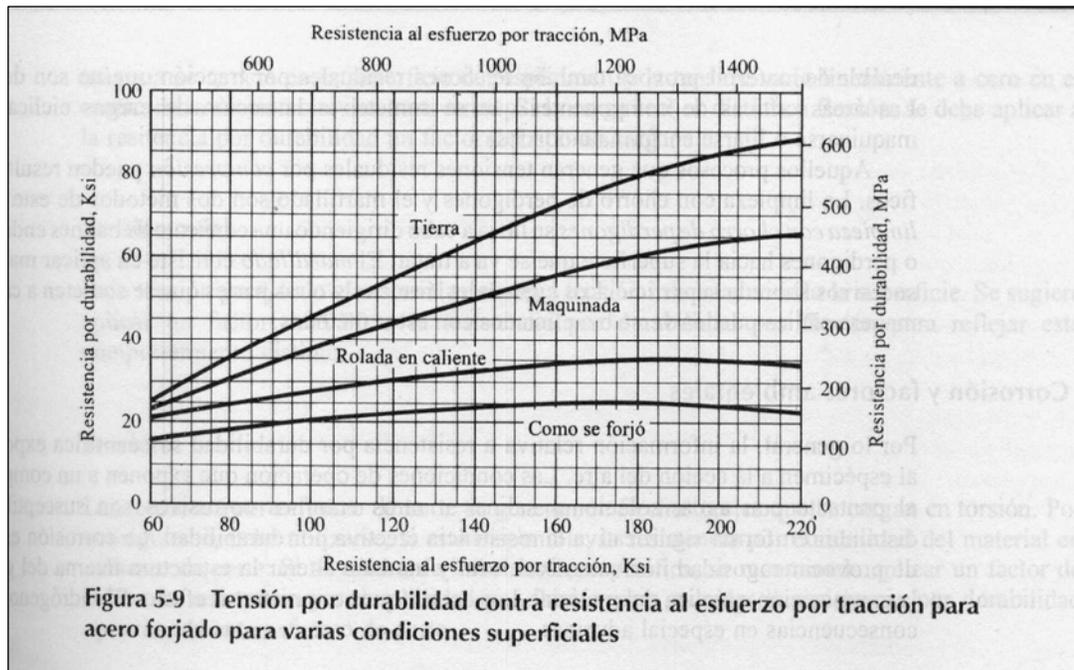


Figura 9-8 Factor de tamaño para diseño de ejes

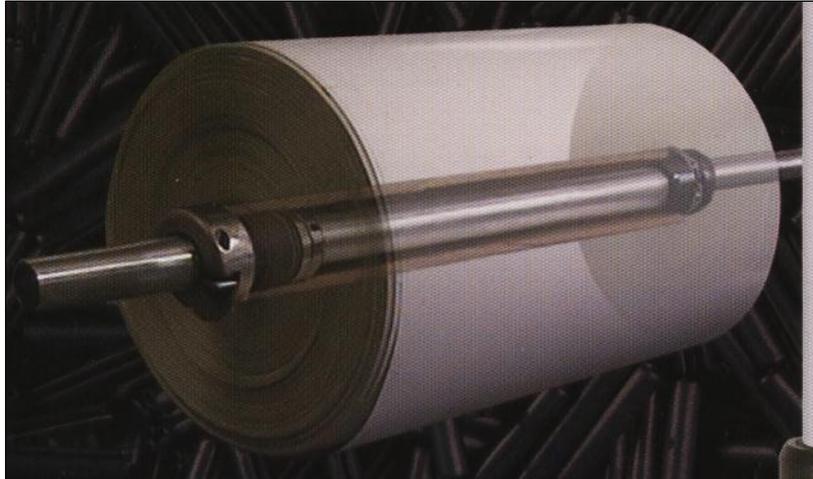
ANEXO B-6 TABLA FACTOR DE CONFIABILIDAD.

Confiabilidad que se desea	Factor de confiabilidad, C_R
0.50	1.00
0.90	0.90
0.99	0.81
0.999	0.75

ANEXO B-7. TENSION POR DURABILIDAD CONTRA RENDIMIENTO AL ESFUERZO POR TRACCIÓN. (FUENTES: MOTT)



ANEXO B-8 EJES DE LAS BOBINAS (FUENTE: LOS AUTORES).



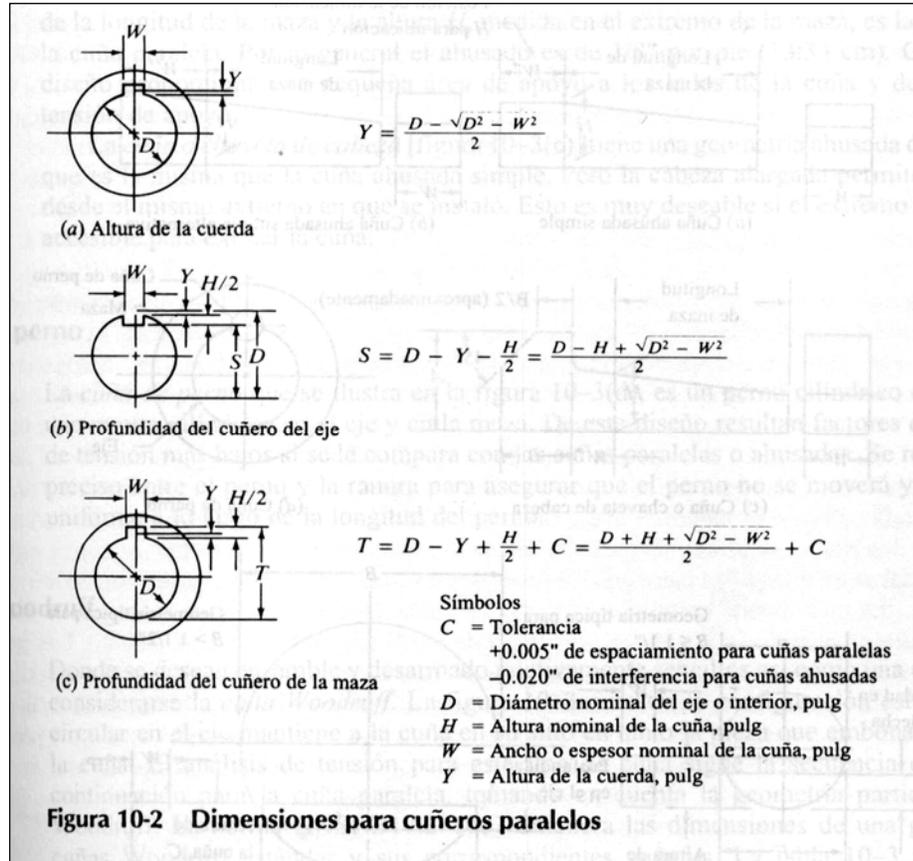
**ANEXOS B-9. TAMAÑO DE CUÑA CONTRA TAMAÑO DE FLECHA.
(FUENTE: MOTT)**

Tabla 10-1 Tamaño de cuña contra tamaño de flecha

<i>Diámetro nominal de la flecha</i>		<i>Tamaño nominal de la cuña</i>		
<i>Más de</i>	<i>Hasta (incluso)</i>	<i>Espesor, W</i>	<i>Altura, H</i>	
			<i>Cuadrada</i>	<i>Rectangular</i>
5/16	7/16	3/32	3/32	
7/16	9/16	1/8	1/8	3/32
9/16	7/8	3/16	3/16	1/8
7/8	1 1/4	1/4	1/4	3/16
1 1/4	1 3/8	5/16	5/16	1/4
1 3/8	1 3/4	3/8	3/8	1/4
1 3/4	2 1/4	1/2	1/2	3/8
2 1/4	2 3/4	5/8	5/8	7/16
2 3/4	3 1/4	3/4	3/4	1/2
3 1/4	3 3/4	7/8	7/8	5/8
3 3/4	4 1/2	1	1	3/4
4 1/2	5 1/2	1 1/4	1 1/4	7/8
5 1/2	6 1/2	1 1/2	1 1/2	1
6 1/2	7 1/2	1 3/4	1 3/4	1 1/2
7 1/2	9	2	2	1 1/2
9	11	2 1/2	2 1/2	1 3/4
11	13	3	3	2
13	15	3 1/2	3 1/2	2 1/2
15	18	4		3
18	22	5		3 1/2
22	26	6		4
26	30	7		5

Nota: Se recomiendan los valores que no aparecen en las áreas sombreadas. Las dimensiones están en pulgadas.
Fuente: ANSI Standard B17.1-1967, *Keys and Keyseats* (American Society of Mechanical Engineers, Nueva York).

ANEXOS B-10. DIMENSIONES PARA CUÑEROS PARALELOS



ANEXOS B-11. FORMULA PARA DEFLEXION DE VIGAS

APENDICES		
APENDICE 14 FORMULAS PARA DEFLEXION DE VIGAS		
Tipo de viga	Deflexiones*	
Fórmula general para deflexión en cualquier punto	Deflexiones en puntos críticos	
<p>Caso 1: Soportada en ambos extremos, carga uniforme</p> <p>Carga total W</p>	$y = \frac{Wx(l-x)}{24EI} [l^2 + x(l-x)]$	<p>Deflexión máxima en el centro</p> $\frac{5}{384} \frac{Wl^4}{EI}$

**ANEXO B-12. VIDA UTIL DE DISEÑO RECOMENDADA PARA
COJINETES. (FUENTE: MOTT)**

Tabla 15-3 Vida util de diseño recomendada para cojinetes

<i>Uso</i>	<i>Vida útil de diseño L₁₀, h</i>
Aparatos domésticos	1 000–2 000
Motores para aviones	1 000–4 000
Automotriz	1 500–5 000
Equipo agrícola	3 000–6 000
Elevadores, ventiladores industriales, engranes de uso múltiple	8 000–15 000
Motores eléctricos, ventiladores industriales con tolva, máquinas industriales en general	20 000–30 000
Bombas y compresoras	40 000–60 000
Equipo crítico en operación continua las 24 horas	100 000–200 000

Fuente. Eugene A. Avallone y Theodore Baumeister III, eds. *Marks' Standard Handbook for Mechanical Engineers*, 9ª edición. Nueva York: McGraw-Hill Book Company, 1986.

ANEXOS B-13. RODAMIENTOS Y. (FUENTES: MOTT).

Rodamientos Y

Tolerancias de los ejes
 En condiciones normales de funcionamiento, los asientos de ejes mecanizados con tolerancia h7 son adecuados para los rodamientos de las series YET 2, YEL 2, YAR 2 y YAJ 2. Para cargas ligeras y bajas velocidades, la tolerancia h8 es suficiente, y para aplicaciones muy sencillas pueden usarse tolerancias desde h9 a h11. Para fuertes cargas y/o elevadas velocidades, se hace necesaria la tolerancia h6.

Para rodamientos con manguito de fijación de la serie 3620(00), los asientos mecanizados con tolerancia h9 son adecuados, pero la tolerancia de su forma cilíndrica deberá estar comprendida dentro de los límites IT5/2.

Para los rodamientos con aro interior estándar de las series 17262(00)-2RS1 y 17263(00)-2RS1, deberán usarse las tolerancias recomendadas para los rodamientos rígidos de bolas estándar. Esto significa que para rodamientos con diámetro de agujero hasta 17 mm inclusive, los asientos de los ejes deben estar mecanizados con tolerancia j6 para cargas ligeras, y con tolerancia j5 para cargas normales y elevadas. Para rodamientos más grandes, las tolerancias recomendadas son k5 y k6. La tolerancia k6 se puede usar cuando la reducción del juego del rodamiento carezca de importancia o cuando las velocidades sean bajas.

Capacidad de carga axial
 La capacidad de carga axial de los rodamientos Y no depende fundamentalmente de la geometría interna, sino del método utilizado para fijar el rodamiento al eje.

Los rodamientos con anillo de fijación excéntrico o con prisioneros de fijación pueden soportar cargas axiales de hasta un 20 % de su capacidad de carga dinámica, siempre que se usen ejes blandos y se apriete bien el prisionero de fijación durante el montaje.

Para los rodamientos con manguito de fijación, la capacidad de carga axial depende del par empleado para apretar la tuerca del manguito. Si se emplean los pares recomendados en la tabla de la página 681, los rodamientos podrán soportar cargas axiales, aproximadamente, entre un 15 y un 20 % de su capacidad de carga dinámica.

Para rodamientos Y montados con ajuste de apriete en el eje, la carga axial que pueden soportar dependerá de la fijación axial del rodamiento. Sin embargo, generalmente no es recomendable que la carga axial sea superior a 0,25 C₀. Caso de que se precise que el rodamiento tenga que soportar mayores cargas axiales, se deberá consultar a SKF.

Carga dinámica equivalente
 La carga dinámica equivalente para los rodamientos Y se determina de la misma forma que para los rodamientos rígidos de bolas estándar

$$P = XF_r + YF_a$$

Los factores X e Y correspondientes podrán hallarse en la tabla adyacente.

Carga estática equivalente
 Para rodamientos Y cargados estáticamente

$$P_0 = 0,6 F_r + 0,5 F_a$$

Cuando $P_0 < F_r$, se toma $P_0 = F_r$.

Otras informaciones
 Para más detalles en cuanto a

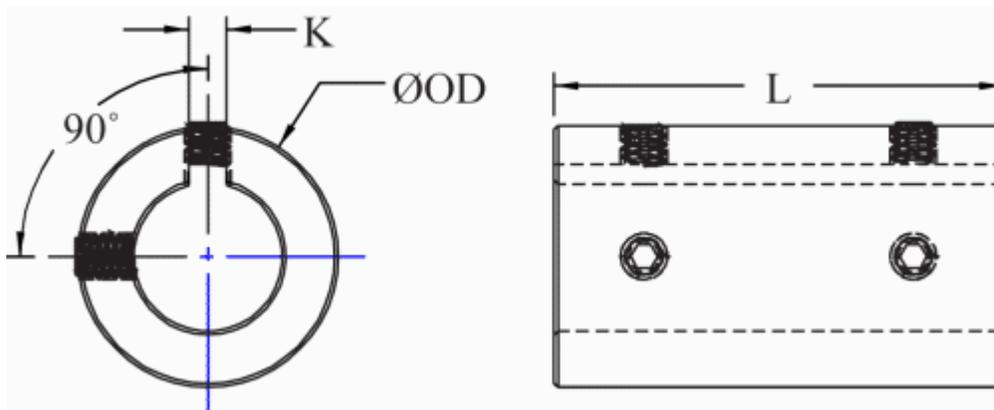
- capacidad de carga de los soportes,
- lubricación y mantenimiento,
- montaje

ver las secciones correspondientes en "Soportes con rodamientos Y", página 676.

Factores de cálculo dinámico

F _a /C ₀	e	F _a /F _r ≤ e		F _a /F _r > e	
		X	Y	X	Y
0,025	0,22	1	0	0,56	2
0,04	0,24	1	0	0,56	1,8
0,07	0,27	1	0	0,56	1,6
0,13	0,31	1	0	0,56	1,4
0,25	0,37	1	0	0,56	1,2
0,5	0,44	1	0	0,56	1

ANEXOS B-14 ACOUPLE



- Precision honed bore on straight bore couplings
- Bore tolerance: $+.051\text{mm}$
 $-.000\text{mm}$
- Clamp style couplings available
- Additional sizes available

MSCC-12-12-F	MSCC-12-12- 121229 45 4 M5 SS
MSCC-14-14-F	MSCC-14-14- 141434 50 5 M6 SS
MSCC-15-15-F	MSCC-15-15- 151534 50 5 M6 SS
MSCC-16-16-F	MSCC-16-16- 161634 50 5 M6 SS
MSCC-20-20-F	MSCC-20-20- 202042 65 6 M8 SS
MSCC-25-25-F	MSCC-25-25- 252545 75 8 M8 SS
MSCC-30-30-F	MSCC-30-30- 303053 83 8 M8 SS
MSCC-35-35-F	MSCC-35-35- 353567 95 10 M8 SS
MSCC-40-40-F	MSCC-40-40- 40407710812M10 SS
MSCC-50-50-F	MSCC-50-50- 50508512414M10 SS

ANEXO B-15. CATÁLOGO DE PRODUCTO. (FUENTE: HIERROBECO)

HIERROBECO, C.A.

CATALOGO DE PRODUCTOS



SUCURSALES - DIRECCIONES

HIERROBECO, C.A. OFICINA PRINCIPAL - CARACAS

DIRECCION: Urbanización Palo Verde Avenida la Industria. Edificio Hierrobeco. Caracas.
TELEFONOS: (0212) 251-66-22 (Master) / 251-61-22 (Master) / 251-48-23 / 251-05-22 / 251-07-25 /
251-09-84 / 251-14-55 / 251-10-63 / 251-60-38 / 251-65-54 / 251-23-24 / 251-07-40
FAX: (0212) 251-63-35 / 251-60-19 / 251-20-06.
E-MAIL: ventasccs@hierrobeco.com

HIERROBECO, C.A. SUCURSAL SAN JOAQUIN

DIRECCION: Carretera Nacional Guacara. Fundo Chiva de Casabe Edificio Hierrobeco San Joaquin,
Estado Carabobo.
TELEFONOS: (0245) 552-02-36 / 552-04-77 / 552-08-52 / 552-09-38 / 552-14-51 / 552-13-32 / 552-09-69
FAX: (0245) 552-0476.
E-MAIL: ventassjq@hierrobeco.com

HIERROBECO, C.A. SUCURSAL BARQUISIMETO

DIRECCION: Carrera 4. Esquina Calle 15. Zona Industrial I. Barquisimeto. Estado Lara.
TELEFONOS: (0251) 237-69-20 (Master) / 237-36-36 (Master) / 237-34-13 / 237-57-74 / 237-59-05
237-50-46 / 237-65-56 / 37-22-45 / 37-14-21 / 37-35-41 / 37-22-45.
FAX: (0251) 37-11-55 / 37-21-21

HIERROBECO, C.A. SUCURSAL PUERTO ORDAZ

DIRECCION: Carretera Vieja a Sidor. Parcela 503. Zona Industrial Matanzas. Puerto Ordaz. Edo. Bolivar.
TELEFONOS: (0286) 994-10-24 / 994-19-46 / 994-07-57 / 994-00-85 / 994-17-24 / 994-19-11 / 994-00-41
994-10-06 / 994-20-44 / 994-08-35 / 994-12-09 / 994-11-65 / 994-05-19.
FAX: (0286) 994-02-72 / 994-10-73
E-MAIL: ventasorient@hierrobeco.com

ANEXO B-16 CATÁLOGO DE PRODUCTO. (FUENTE: HIERROBECO. CA).

HIERROBECO, C.A.

CATALOGO DE PRODUCTOS



TUBERIAS

MATERIA PRIMA

✓ *COMPOSICION QUIMICA.*

CALIDAD	C	Mn	Si	Smax	Pmax
LAMINADO EN FRIO.					
ASTM - A - 366	0.15	0.60	-	0.040	0.035
ASTM - A - 619	0.10	0.50 Max.	-	0.035	0.025
ASTM - A - 620	0.10	0.50 Max.	-	0.035	0.025
LAMINADO EN CALIENTE.					
ASTM - A - 569	0.15	0.60	-	0.040	0.035
ASTM - A - 36	0.25	-	-	0.050	0.040
ASTM - A - 572 GRADO 50	0.23	1.35	-	0.050	0.040
SAE 1020	0.20	30/50	-	0.050	0.040
API5L GRADO B	0.30	1.20	-	0.045	0.050
ASTM - A - 53 GRADO B	0.30	1.20	-	0.045	0.050

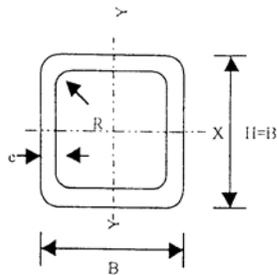
✓ *CARACTERISTICAS MECANICAS.*

CALIDAD	R kg/mm ²	RE min kg/mm ²	A % 8"
LAMINADO EN CALIENTE			
ASTM - A - 36	41.0/56.0	25.5	20
ASTM - A - 572 GRADO 50	43.6	32.5	21
SAE 1020	40	22.5	25
ASTM - A - 53 GRADO B	42	24.0	

ANEXOS B-17. CATÁLOGO DE PRODUCTO. (FUENTE: HIERROBECO)

HIERROBECO, C.A. SECCION CUADRADA

CATALOGO DE PRODUCTOS



Materia Prima: Astm - A - 500 Grado C
 Esfuerzo De Fluencia $F_y = 3.515 \text{ KG.F/cm}^2$
 $F_b = 0.69 \times F_y$

Recomendado como Columna, para cargas axiales grandes,
 momentos moderados y (KL)grandes.
 Longitud 12 Metros.

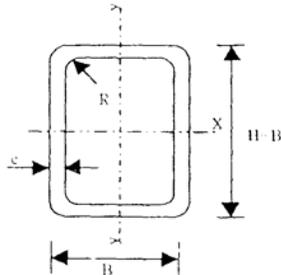
DIMENSIONES			SECCIÓN A cm ²	PESO kg/m	PROPIEDADES ESTATICAS		
H x B mm	mm				I cm ⁴	S cm ³	r cm
	e	r					
60 x 60	2.25	3.38	5.02	3.94	27.40	9.13	2.34
70 x 70	2.25	3.38	5.92	4.65	44060	12.74	2.74
90 x 90	2.50	3.75	8.54	6.70	107.46	23.88	3.55
100 x 100	3.00	4.50	11.32	8.89	175.10	35.02	3.93
110 x 110	3.40	5.10	14.10	11.07	263.04	47.82	4.32
120 x 120	4.00	6.00	18.01	14.14	397.30	66.22	4.70
135 x 135	4.30	6.45	21.85	17.15	612.27	90.71	5.29
155 x 155	4.50	6.75	26.39	20.72	982.43	126.77	6.10
175 x 175	5.50	8.25	36.25	28.46	1709.23	195.34	6.87
200 x 200	5.50	8.25	41.75	32.77	2597.67	259.77	7.89
200 x 200	7.00	10.50	52.36	41.10	3194.10	319.41	7.81
220 x 220	7.00	10.50	57.96	45.50	4314.30	392.21	8.63
220 x 220	9.00	13.50	73.18	57.45	5317.27	483.39	8.52
260 x 260	9.00	13.50	87.58	68.75	9038.52	695.27	10.16
260 x 260	11.00	16.50	105.41	82.74	10656.87	819.76	10.06

Fuente Conduven

ANEXOS B-18 CATÁLOGO DE PRODUCTOS. (FUENTES: HIERROBECO C.A)

HIERROBECO, C.A. CATALOGO DE PRODUCTOS

SECCION RECTANGULAR



Materia Prima: Astm - A - 500, Grado C
 Esfuerzo De Fluencia $F_y = 3.515 \text{ Kg + /Cm}^2$
 $F_b = 0.72 \times F_y$.

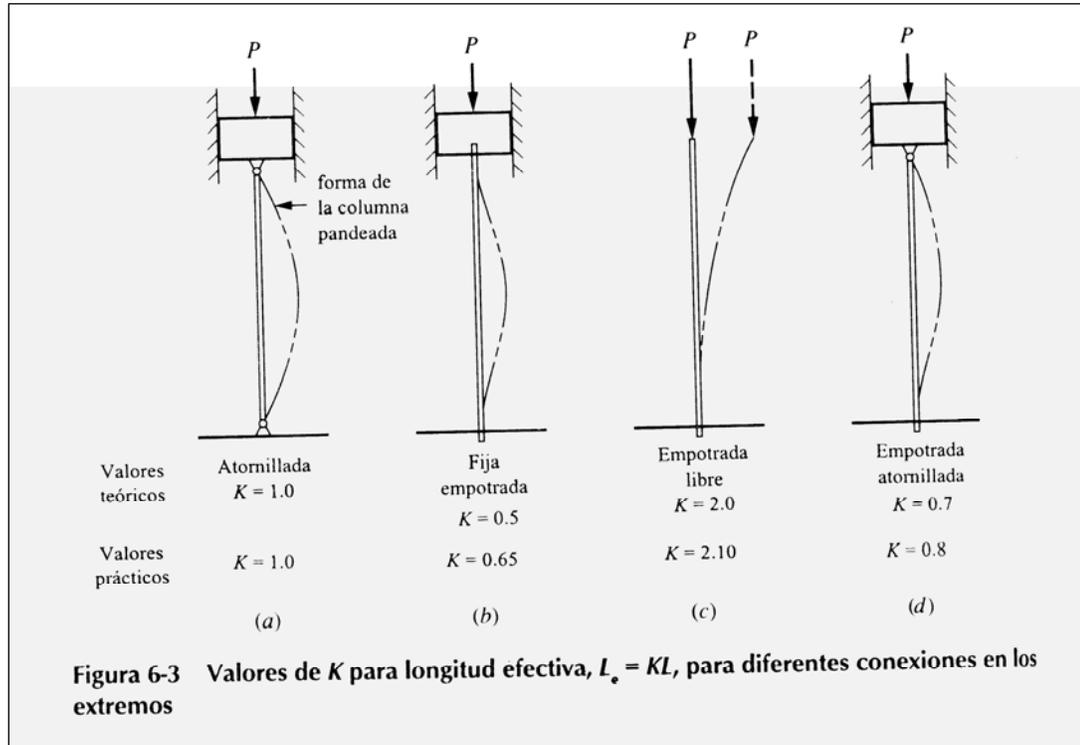
Recomendado Como Vigas Para Grandes Momentos; Cargas Axiales Moderadas Y Valores (Kl) Pequeños.

Longitud: 12 Metros

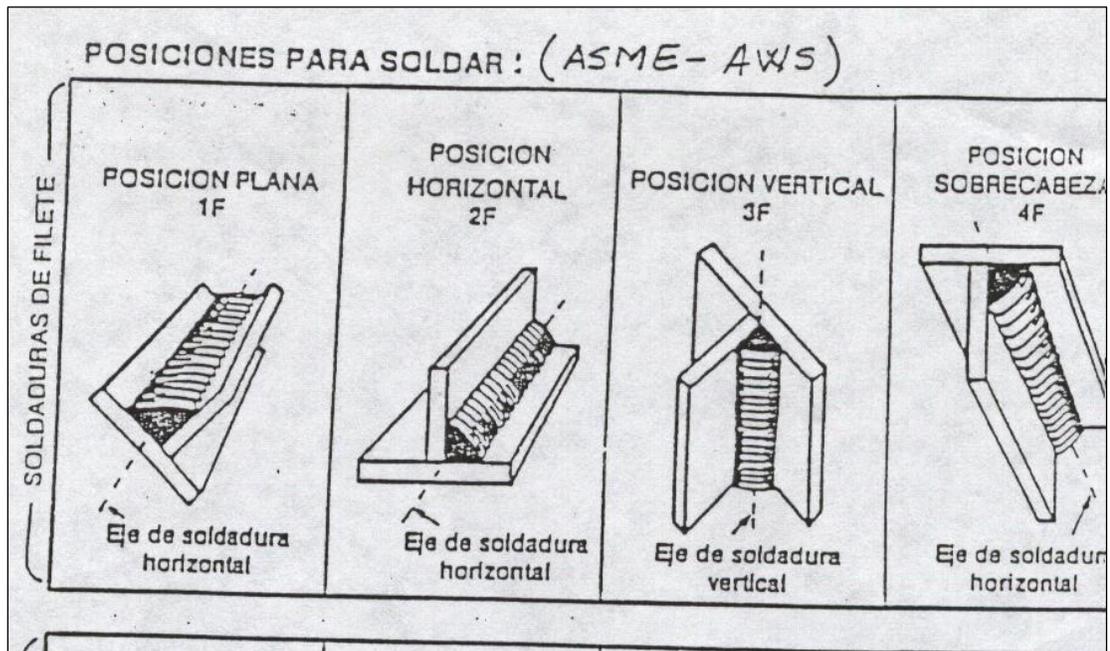
DIMENSIONES			SECCION A cm ²	PESO kgf/m	PROPIEDADES ESTATICAS					
H X B mm	mm				Ix cm ⁴	Sx cm ³	rx cm	Ly cm ⁴	Sy cm ³	ry cm
	e	r								
80 x 40	2.25	3.38	5.02	3.94	40.61	10.15	2.84	13.84	6.92	1.66
100 x 40	2.25	3.38	5.92	4.65	71.37	14.27	3.47	17.05	8.53	1.70
120 x 60	2.50	3.75	8.54	6.70	159.29	26.55	4.32	54.67	18.22	2.53
140 x 60	3.00	4.50	11.33	8.89	274.27	39.18	4.92	73.46	24.49	2.55
160 x 65	3.40	5.10	14.44	11.39	449.65	56.21	5.58	110.41	33.97	2.77
180 x 65	4.00	6.00	18.41	14.45	697.99	77.55	6.16	140.88	43.35	2.77
200 x 70	4.30	6.45	21.85	17.15	1016.19	101.62	6.82	194.94	55.70	2.99
220 x 90	4.50	6.75	26.39	20.72	1561.83	141.98	7.69	388.34	86.30	3.84
260 x 90	5.50	8.25	36.25	28.46	2844.82	218.83	8.86	536.10	119.31	3.85
300 x 100	5.50	8.25	41.75	32.77	4366.42	291.09	10.23	777.00	155.40	4.31
300 x 100	7.00	10.50	52.36	41.10	5360.46	357.36	10.12	943.61	188.72	4.25
320 x 120	7.00	10.50	57.96	45.50	7032.23	439.51	11.02	1512.24	252.04	5.11
320 x 120	9.00	13.50	73.18	57.45	8654.16	540.89	10.87	1841.31	306.88	5.02
350 x 170	9.00	13.50	87.58	68.75	13546.10	774.06	12.44	4418.30	519.80	7.10
350 x 170	11.00	16.50	105.41	82.74	15966.43	912.37	12.31	5179.04	609.30	7.01

Fuente Conduven

**ANEXO B-19. VALORES DE K PARA LONGITUD EFECTIVA
(FUENTE: MOTT)**



ANEXO B-20 POSICIONES PARA SOLDAR



ANEXOS B-21. PROPIEDADES MINIMAS A LA TENSION DEL METAL SOLDANTE PARA SOLDADURA AL ARCO. (FUENTE: MOTT)

TABLA 9-4
Propiedades mínimas a la tensión del metal soldante para soldadura al arco

NÚMERO DE ELECTRODO AWS	RESISTENCIA ÚLTIMA kpsi (MPa)	RESISTENCIA DE FLUENCIA kpsi (MPa)	ELONGACIÓN (%)
E60xx	62 (427)	50 (345)	17-25
E70xx	70 (482)	57 (393)	22
E80xx	80 (551)	67 (462)	19
E90xx	90 (620)	77 (531)	14-17
E100xx	100 (689)	87 (600)	13-16
E120xx	120 (827)	107 (737)	14

*Sistema de designación numérica de los electrodos según el código de especificaciones de la American Welding Society (AWS). Se utiliza un prefijo literal E con un grupo de cuatro o cinco dígitos, los dos o tres primeros indican la resistencia aproximada a la tensión. El último indica variantes en la técnica de soldadura, como la corriente eléctrica a usar. El penúltimo señala la posición de la junta como, por ejemplo, en plano horizontal, vertical o sobre cabeza. El conjunto completo de especificaciones puede obtenerse solicitándolo a la AWS.

ANEXO B-22 CONTINUACION.

Tabla 9-3 (Cont.)

FORMA DE UNIÓN	ÁREA DE GARGANTA	UBICACIÓN DE G	SEGUNDO MOMENTO DE ÁREA UNITARIO
	$A = 0.707h(2b + d)$	$\bar{x} = \frac{b^2}{2b + d}$ $\bar{y} = d/2$	$I_x = \frac{d^3}{12}(6b + d)$
	$A = 0.707h(b + 2d)$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = \frac{d^2}{b + 2d}$	$I_x = \frac{2d^3}{3} - 2d^2\bar{y} + (b + 2d)\bar{y}^2$
	$A = 1.414h(b + d)$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$I_x = \frac{d^3}{6}(3b + d)$
	$A = 0.707h(b + 2d)$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = \frac{d^2}{b + 2d}$	$I_x = \frac{2d^3}{3} - 2d^2\bar{y} + (b + 2d)\bar{y}^2$
	$A = 1.414h(b + d)$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$I_x = \frac{d^3}{6}(3b + d)$
	$A = 1.414\pi r^2$		$I_x = \pi r^3$

* I_x es el segundo momento de área unitario, se toma con respecto a un eje que pasa por G, el centroide del grupo de juntas soldadas; h es el tamaño de junta; el plano del flexionante es normal al de la página y paralelo al eje y; todas las juntas de soldadura son del mismo tamaño.

ANEXOS B-24 ELECCIÓN DE CONTACTORES TRIPOLAR EN FUNCIÓN DE LA DURABILIDAD ELÉCTRICA

Categoría de empleo AC3 ($U_e \leq 440V$)

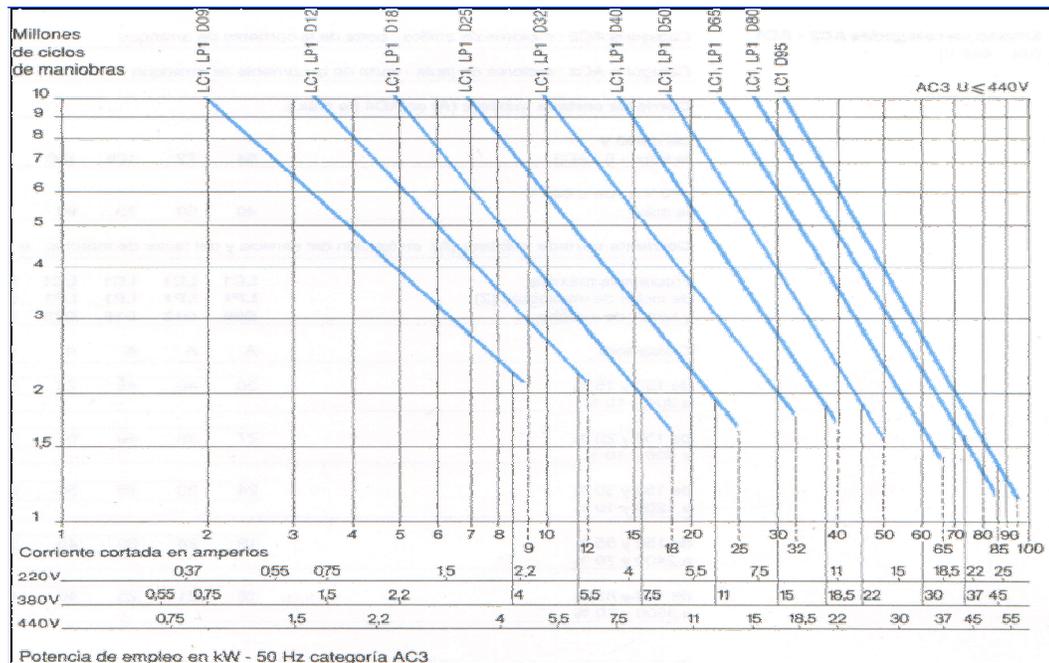
Mando de motores trifásicos asíncronos de jaula, con corte motor lanzado.

La corriente I_c cortada en AC3 es igual a la corriente nominal absorbida por el moto

Categoría de empleo AC3 ($U_e \leq 440V$)

Mando de motores trifásicos asíncronos de jaula, con corte motor lanzado.

La corriente I_c cortada en AC3 es igual a la corriente nominal de empleo I_e del motor.



ANEXO B-25. TIPOS DE AISLANTE MÁS UTILIZADOS

tabla 1 resume los tipos de aislante más utilizados en conductores para instalaciones residenciales o industriales estándar, sí como también sus características técnicas.

De los tipos de aislantes mostrados, el más utilizado en instalaciones es el tipo TW.

Tabla 1: aislantes de los conductores y su uso

Tipo	Temperatura máxima	Uso	Aislante	Calibres	Espesor en mm
RH	75 °C	Lugares secos o húmedos	Goma resistente al calor	14-12	0.76
RHH	90 °C	Lugares secos o húmedos		10	1.14
				8-2	1.52
				1-4/0	2.03
				213-500	2.41
				501-1000	2.79
			1001-2000	3.18	
RHW	75 °C	Lugares mojados y secos	Goma resistente al calor y humedad	14-10	1.14
				8-2	1.52
				1-4/0	2.03
				213-500	2.41
				501-1000	2.79
				1001-2000	3.18
TW	60 °C	Lugares mojados y secos	Termoplásticos resistente a la humedad y retardante de la llama	14-10	0.76
				8	1.14
				6-2	1.52
				1-4/0	2.03
				213-500	2.41
				501-1000	2.79
				1001-2000	3.18

ANEXOS B-26 CORRIENTE MAXIMA PERMITIDA.

Tabla 2: corriente máximas permitidas (en Amperios) en conductores aislados ($T \leq 30^\circ \text{C}$, no más de 3 conductores por canalización)

CALIBRE	60 °C	75 °C
	TW	RH, RHW
14	20	20
12	25	25
10	30	35
8	40	50
6	55	65
4	70	85
2	95	115
1	110	130
0	125	150
00	145	175
000	165	200
0000	195	230
250	215	255
300	240	285
350	260	310
400	280	335
500	320	380
600	355	420
700	385	460
750	400	475
800	410	490
900	435	520
1000	455	545
1250	495	590
1500	520	625
1750	545	650
2000	560	665

Si la temperatura ambiente es mayor de 30°C , deben multiplicarse los valores de la **tabla 2** por el factor de corrección correspondiente indicado en la **tabla 3**, para obtener la máxima corriente permitida.

ANEXOS B-27 PRESUPUESTO DISCO DE FRENO

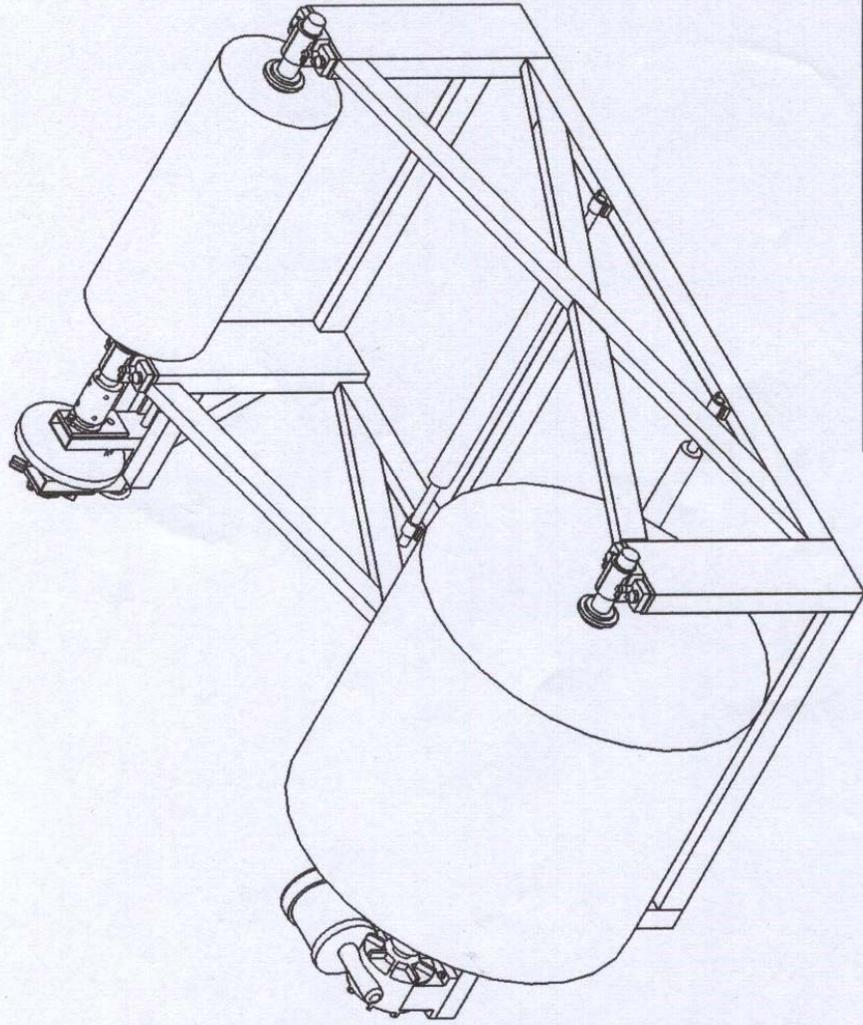
Motoaccesorios M.M. BARO, s.r.l.
CONCESIONARIOS YAMAHA
 REPUESTOS LEGITIMOS YAMAHA
 RIF.: 00117427-3
 Avenida Fuerzas Armadas - Esquina Los Isleños
 Edificio Pichincha - Locales 1, 2 y 3 - Caracas
 Telfs., 541 28 52 - 541.34.18 - 541.69.30 - Telefax., 541.62.10

Caracas, 25 de Noviembre de 2005 Nota de Entrega
 Orden de Compra **Nº 024925**
 Presupuesto

Señor(es): Taliana Moreno
 Dirección: Caricuao
 Proveedor: C.I. 18.534.061

Cant.	Pieza No.	DESCRIPCION	Precio Unitario	TOTAL
1		Freno de Disco		80.000 Bs
1		Juego de Pastillas		15.000 Bs
TOTAL Bs.				95.000 Bs

NOTA: Para ser anexada a la factura para su cancelación
 No se aceptan devoluciones. Las partes eléctricas no
 tienen garantía. Precio sujeto a cambio sin previo aviso.



Autores: Tatiana Moreno
Gustavo Urbina

Tutor Prof. Ing.
Enrique Limongi

Fecha: 02-06

Unidades: mm.

Universidad Central de Venezuela
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica

"Diseño de una rebobinadora de papel excedente para implementarios
en las pequeñas y medianas imprentas"

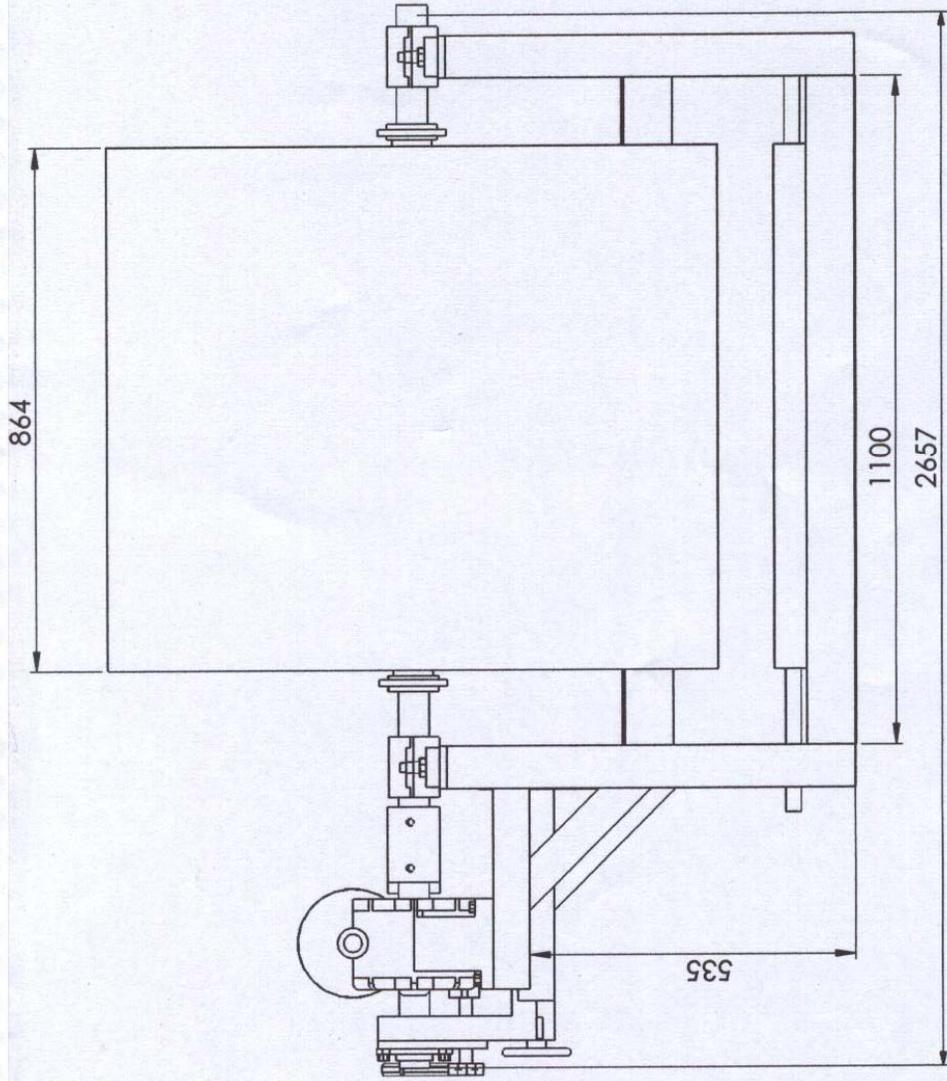
Descripción: Ensamble Rebobinadora

Material:

Cantidad: 1 unidad

Escala: 1:15

Plano: 1



Autores: Tatiana Moreno Gustavo Urbina	
Tutor Prof. Ing.	Enrique Limongi
Fecha:	02-06
Unidades:	mm.

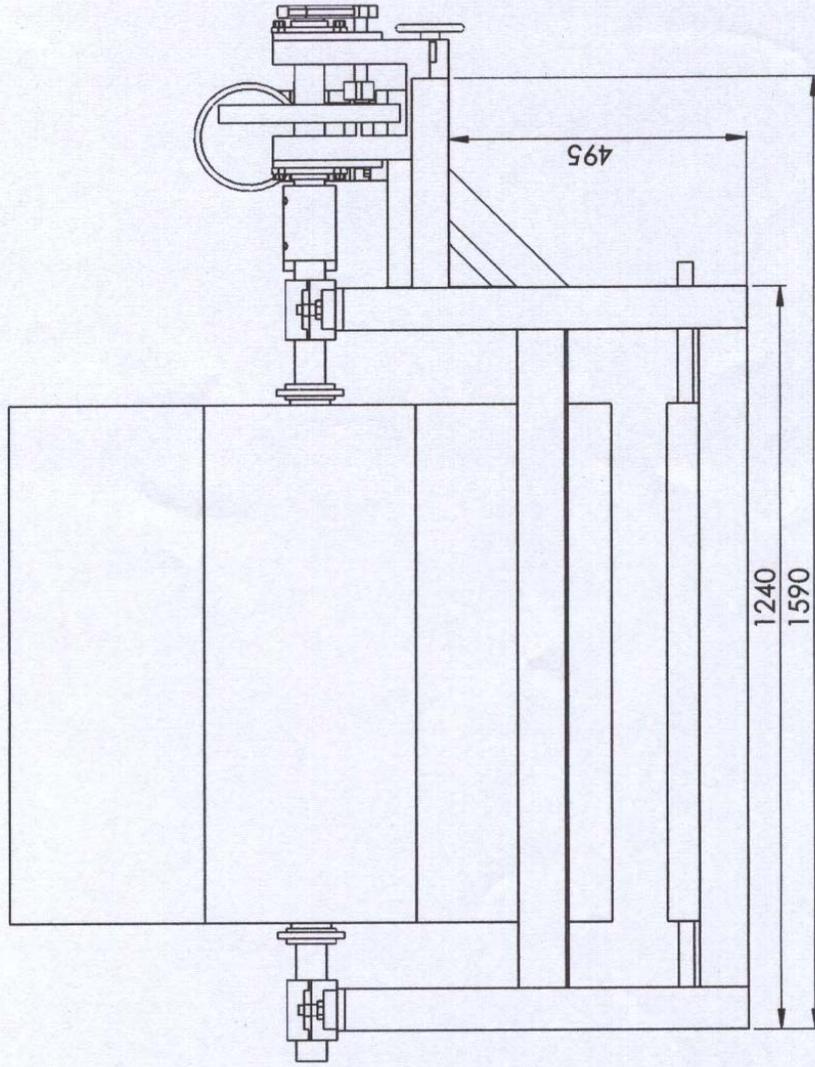
Universidad Central de Venezuela
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica

"Diseño de una rebobinadora de papel excedente para implementarios en las pequeñas y medianas imprentas"

Descripción: Vista frontal de la rebobinadora

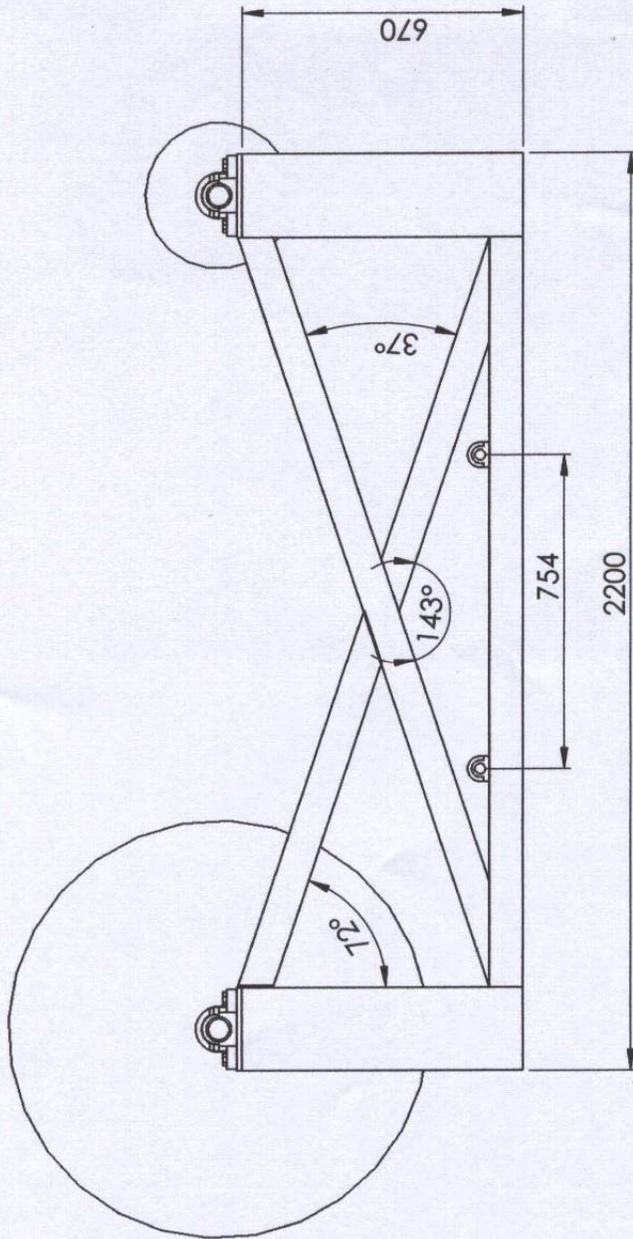
Escala: 1:10

Plano: 2

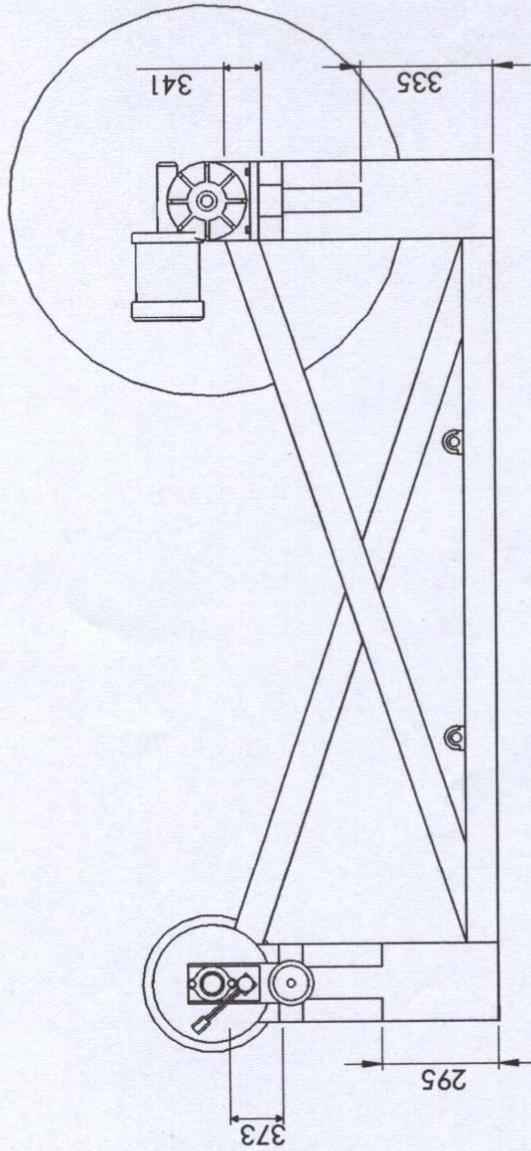


Autores: Tatiana Moreno Gustavo Urbina		Universidad Central de Venezuela Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Mecánica	
Tutor Prof. Ing. Limongi		Descripción: Vista Posterior de la rebobinadora	
Fecha: 02-06		Material:	
Unidades: mm.		Cantidad:	
		Escala: 1:10	
		Plano: 3	

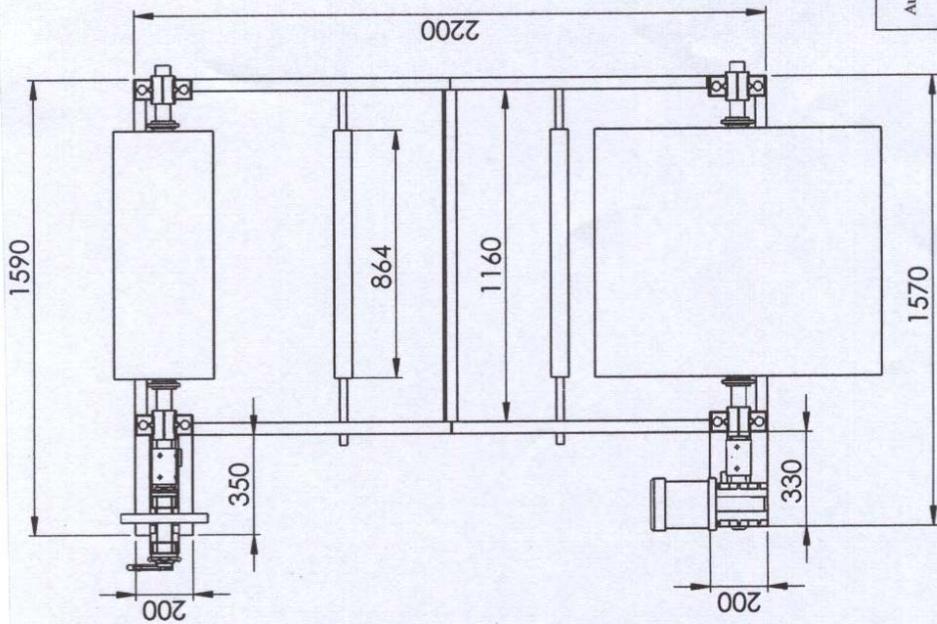
"Propuesta de una rebobinadora de papel excedente para implementarios en las pequeñas y medianas imprentas"



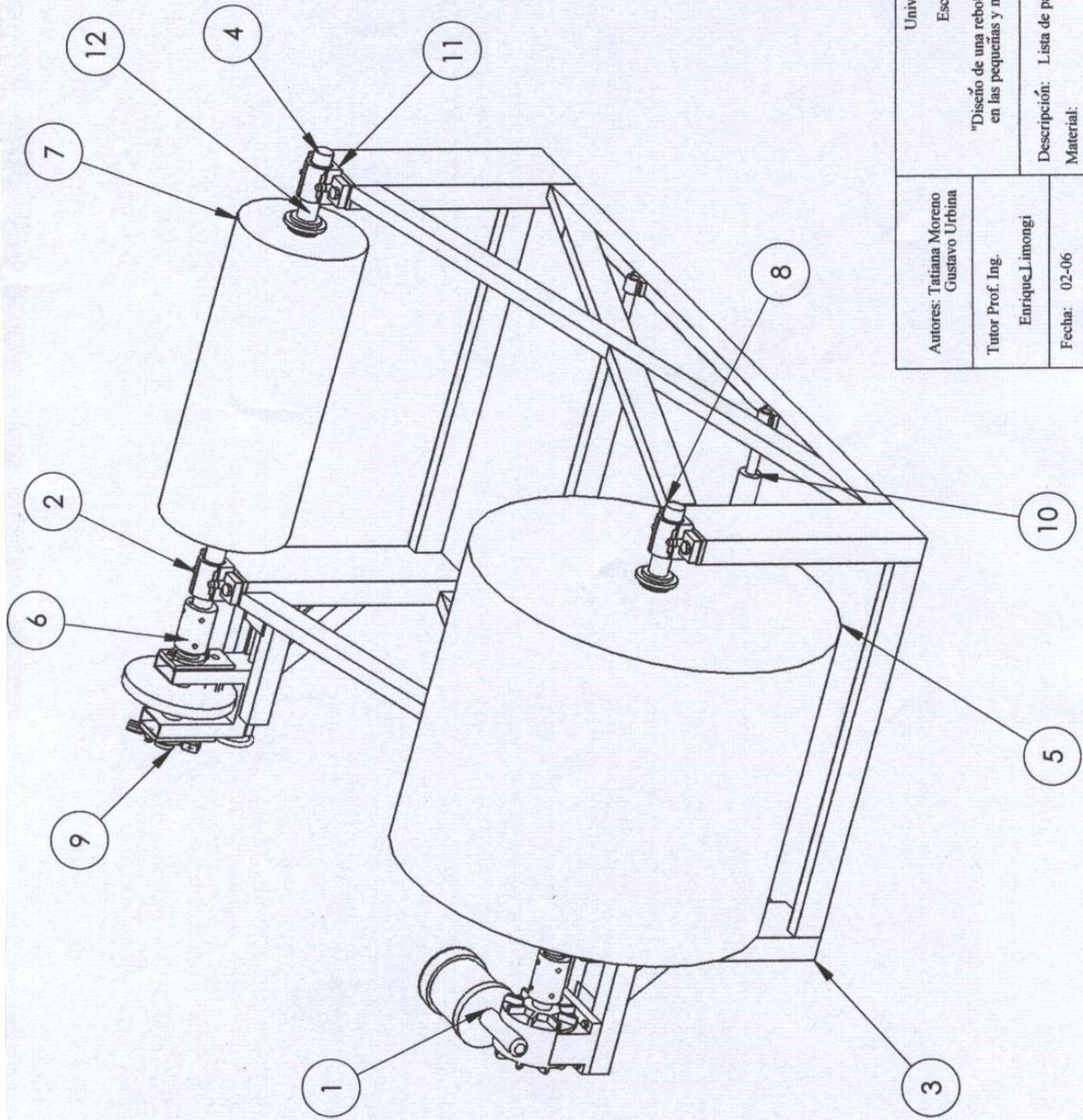
Autores: Tatiana Moreno Gustavo Urbina		Universidad Central de Venezuela Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Mecánica	
Tutor Prof. Ing. Enrique Limongi		"Diseño de una rebobinadora de papel excedente para implementarios en las pequeñas y medianas imprentas"	
Fecha: 02-06		Descripción: Vista derecha de la rebobinadora	
Unidades: mm.		Material:	
		Cantidad:	
		Escala: 1:15	
		Plano: 4	



Universidad Central de Venezuela Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Mecánica		Descripción: Vista izquierda de la rebobinadora Material: Cantidad:	Escala: 1:15 Plano: 5
Autores: Tatiana Moreno Gustavo Urbina		"Diseño de una rebobinadora de papel excedente para implementarios en las pequeñas y medianas imprentas"	
Tutor Prof. Ing. Enrique Limongi		Fecha: 02-06 Unidades: mm.	



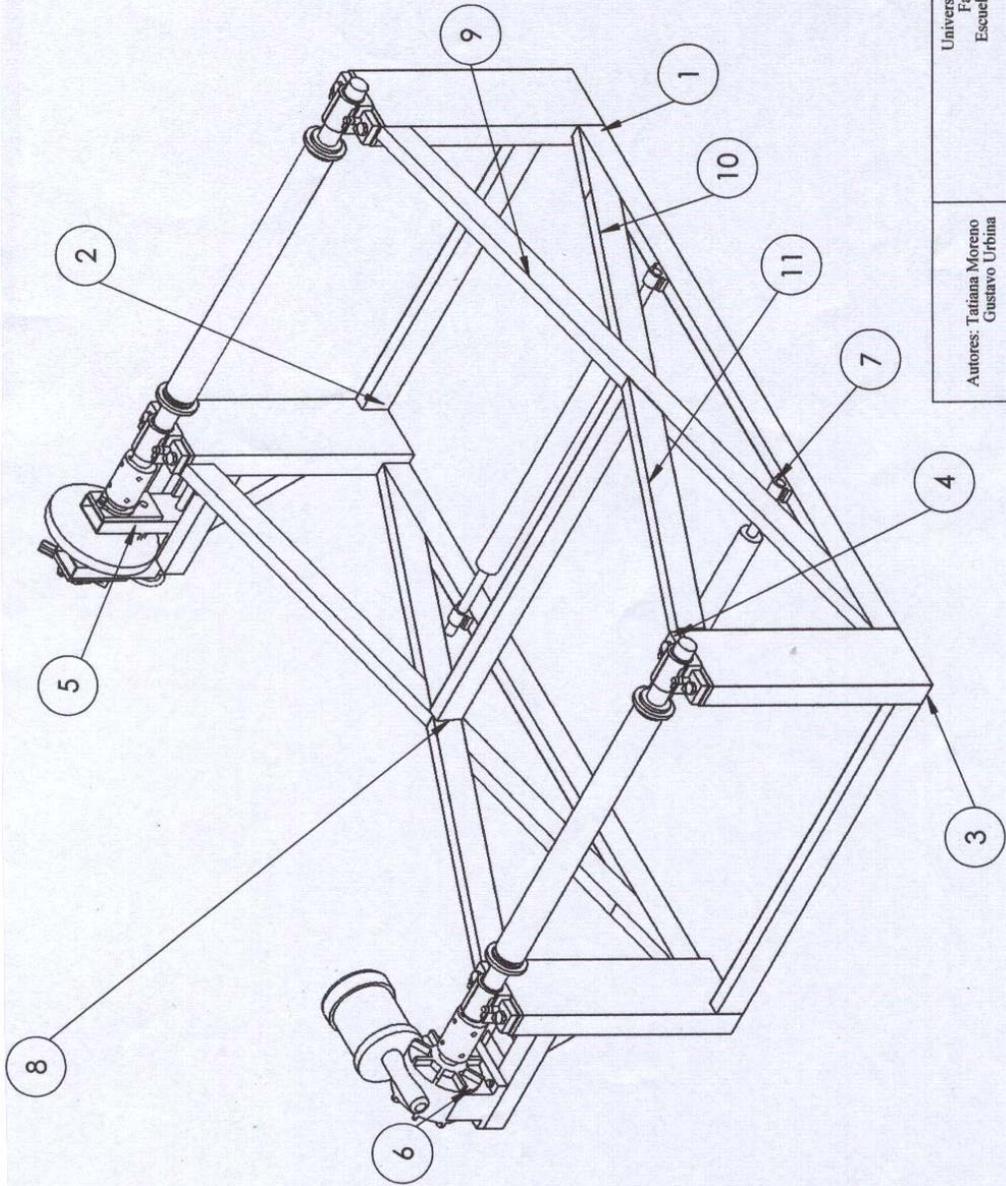
Autores: Tatiana Moreno Gustavo Urbina		Universidad Central de Venezuela Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Mecánica	
Tutor Prof. Ing. Enrique Limongi		Descripción: Vista superior de la rebobinadora en las pequeñas y medianas imprentas*	
Fecha: 02-06		Escala: 1:20	
Unidades: mm.		Plano: 6	



12	4	Sujetadores
11	4	Placa soporte
10	2	Eje guías de banda de papel
9	1	Sistema de freno y alineación del papel
8	1	Eje bobina
7	1	Bobina de aporte
6	2	Acople
5	1	Bobina
4	1	Eje bobina de aporte
3	1	Estructura
2	4	Cojinetes de superficie planas
1	1	Motoreductor
#	Cant.	Descripción

Lista de partes

Autores: Tatiana Moreno Gustavo Urbina Tutor Prof. Ing. Enrique Jimongi Fecha: 02-06 Unidades: mm.		Universidad Central de Venezuela Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Mecánica "Diseño de una rebobinadora de papel excedente para implementarles en las pequeñas y medianas imprentas" Descripción: Lista de partes de la rebobinadora Material: Cantidad:		Escala: 1:15 Plano: 7
--	--	---	--	--------------------------

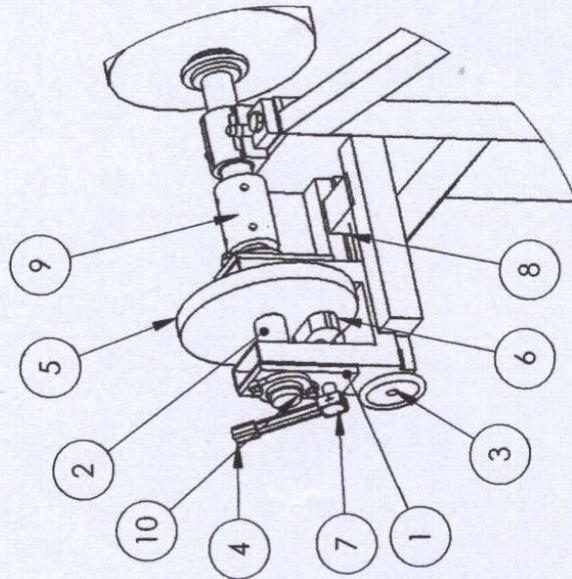
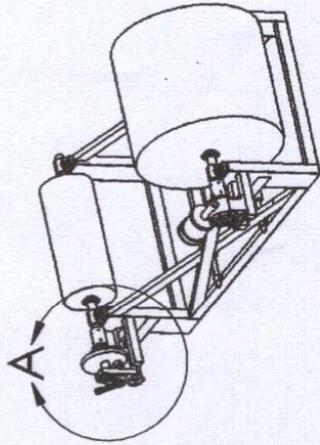


11	2	Tubo estructural 80x40 F
10	2	Tubo estructural 80x40 E
9	2	Tubo estructural 80x40 D
8	1	Tubo estructural 80x40 C
7	4	Rodamiento
6	1	Apoyo motorreductor
5	2	Riel
4	4	Placa
3	4	Columna de apoyo
2	2	Tubo estructural 80x40 B
1	2	Tubo estructural 80x40 A
#	Cant	Descripción

Lista de partes

Universidad Central de Venezuela Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Mecánica		Descripción: Lista de partes de la estructura Material: A sm- A- 500 grado c Cantidad:	Escala: 1:15 Plano: 8
Autores: Tatiana Moreno Gustavo Urbina		"Diseño una rebobinadora de papel excedente para implementarlos en las pequeñas y medianas imprentas"	
Tutor Prof. Ing. Enrique Limongi		Fecha: 02-06	Unidades: mm.

Nota: Todas las uniones Soldadas.



DETALLE A
ESCALA 1 : 10

10	2	Rodamiento
9	1	Acople
8	1	Tornillo de alineacion
7	1	Tornillo de potencia
6	2	Pastilla de freno
5	1	Disco de freno
4	1	Palanca de freno
3	1	Volante de alineacion
2	1	Eje porta disco
1	1	Carro de alineacion
#		Cant.
		Descripcion

Lista de partes

Universidad Central de Venezuela
Facultad de Ingenieria,
Escuela de Ingenieria Mecanica

"Propuesta de una rebobinadora de papel excedente para implementarles en las pequeñas y medianas imprentas"

Descripcion: Lista de partes del sistema de freno

Escala: 1-40

Material:

Cantidad:

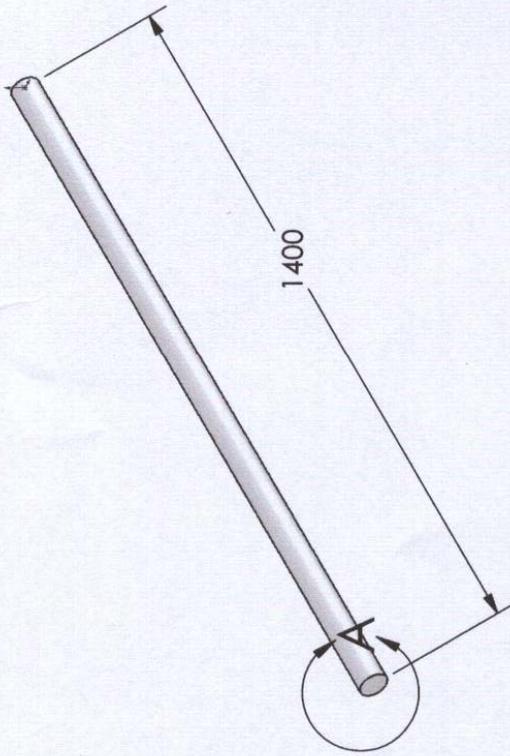
Plano: 9

Autores: Tatiana Moreno
Gustavo Urbina

Tutor Prof. Ing.
Llanuigi

Fecha: 02-06

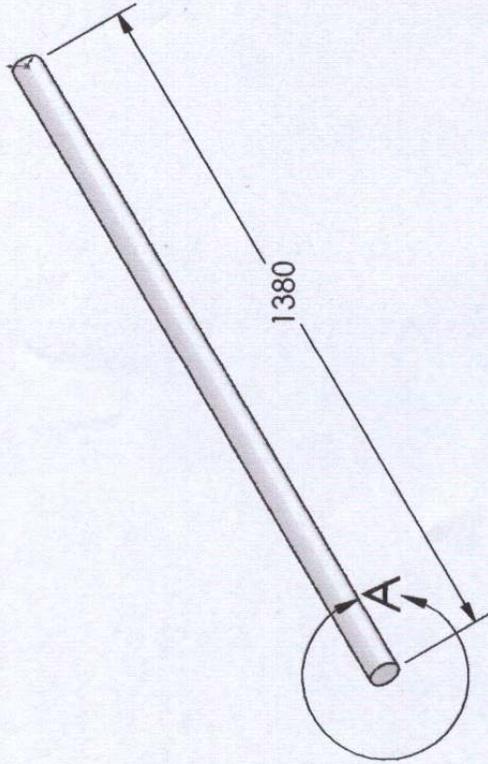
Unidades: mm.



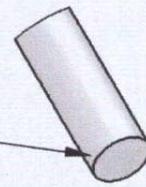
R VERDADERO25

DETALLE A
ESCALA 1 : 5

Autores: Tatiana Moreno Gustavo Urbina		Universidad Central de Venezuela Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Mecánica	
Tutor Prof. Ing. Enrique Jimongi		"Diseño de una rebobinadora de papel excodente para implementarios en las pequeñas y medianas imprentas"	
Fecha: 02-06		Descripción: Eje bobina de aporte	
Unidades: mm.		Material: AISI 1045	
		Escala: 1:10	
		Plano: 10	
		Cantidad: 1	

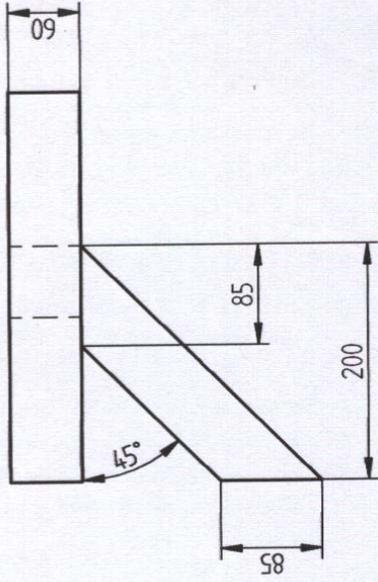
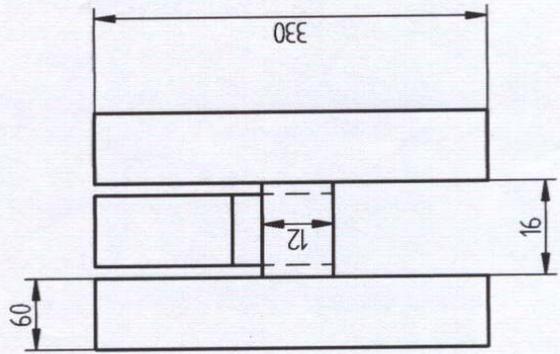
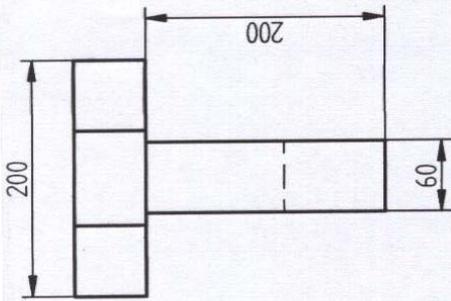


R VERDADERO25

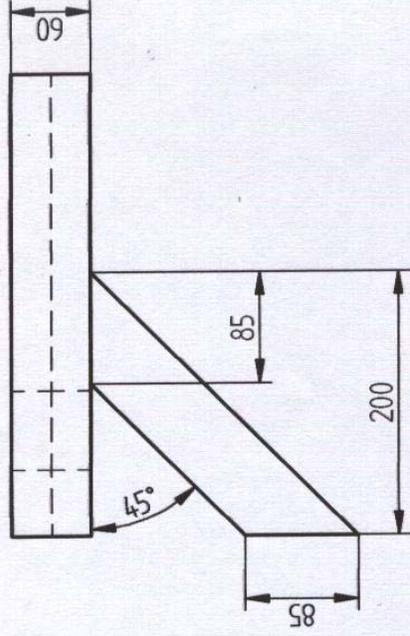
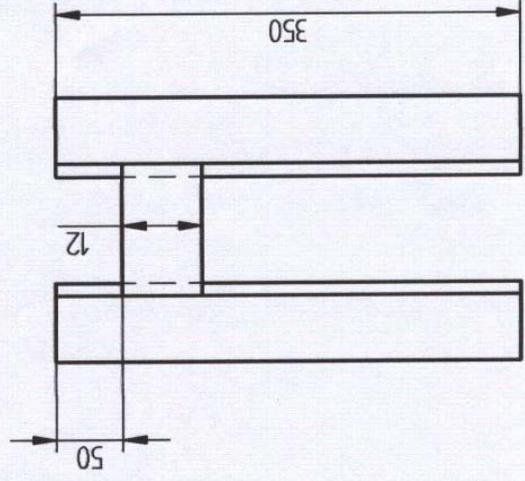
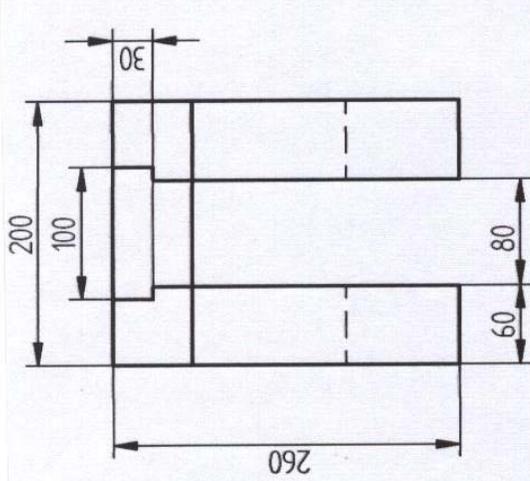


DETALLE A
ESCALA 1 : 5

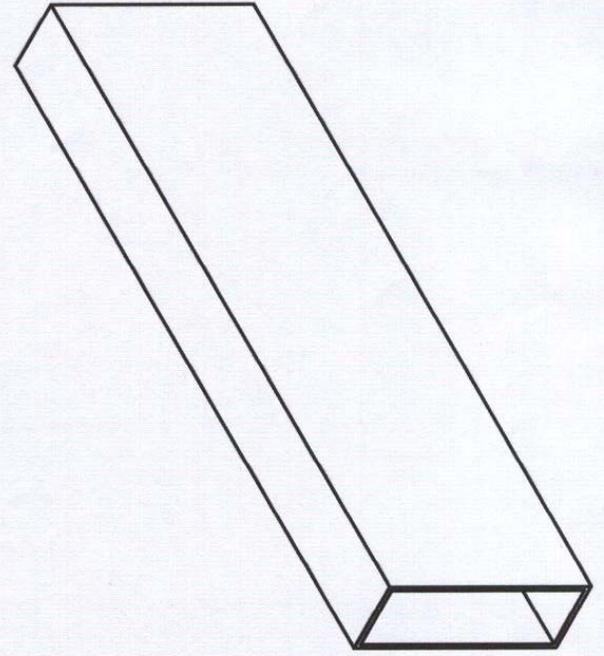
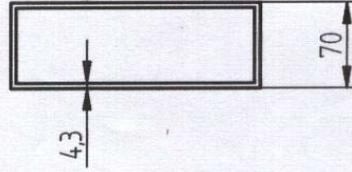
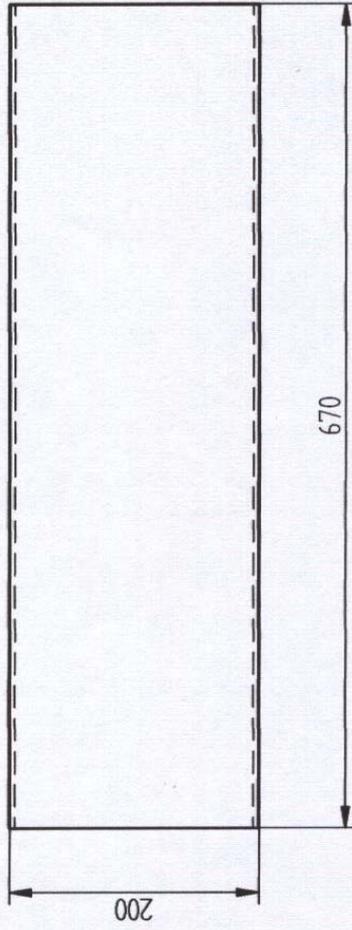
Autores: Tatiana Moreno Gustavo Urbina		Universidad Central de Venezuela Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Mecánica	
Tutor Prof. Ing. Enrique Limongi		"Diseño de una rebobinadora de papel excedente para implementarios en las pequeñas y medianas imprentas"	
Fecha: 02-06		Descripción: Eje bobina Material: AISI 1045	
Unidades: mm.		Escala: 1:10 Plano: 11	
		Cantidad: 1	



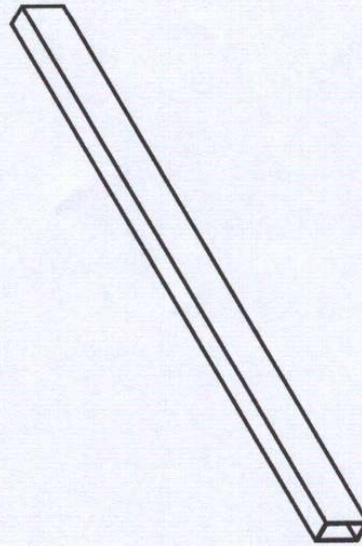
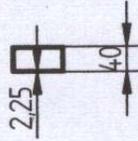
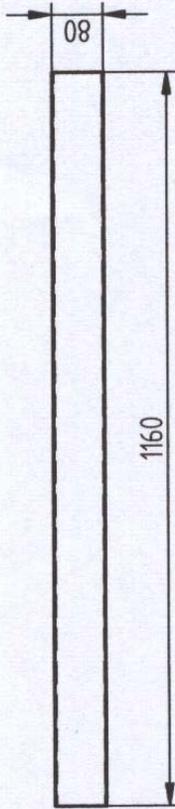
Autores: Tatiana Moreno Gustavo Urbina		Universidad Central de Venezuela Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Mecánica	
Tutor Prof. Ing. Enrique Limongi		"Diseño de una rebobinadora de papel excedente para implementarios en las pequeñas y medianas imprentas"	
Fecha: 03-06		Descripción: Soporte moto reductor	
Unidades: mm.		Material:	
		Cantidad: 1	
		Escala: 1:5	
		Plano: 12	



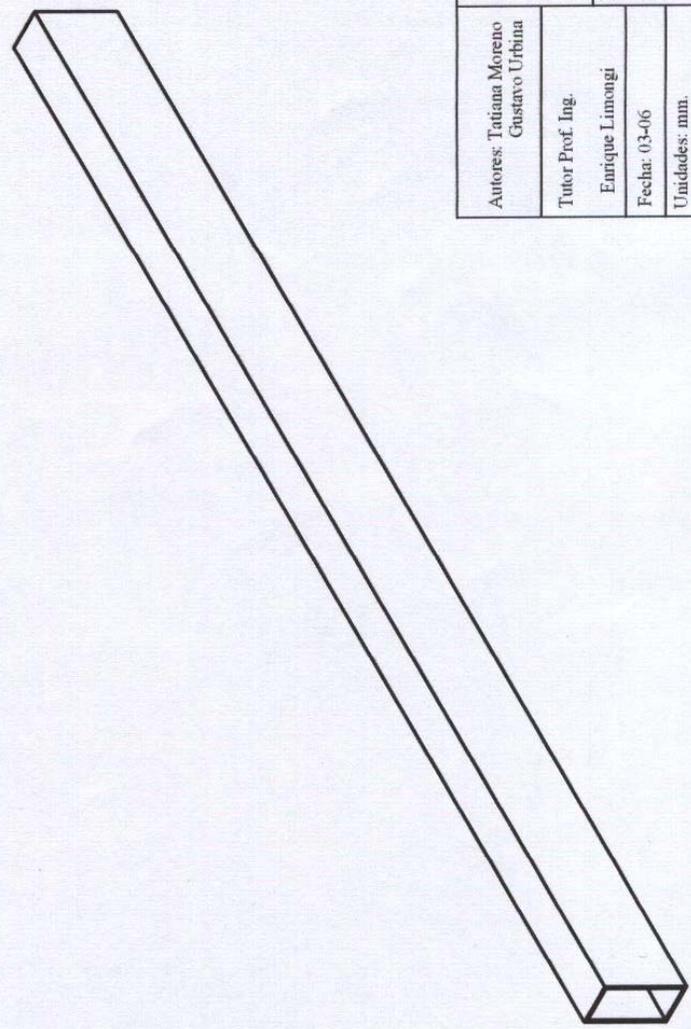
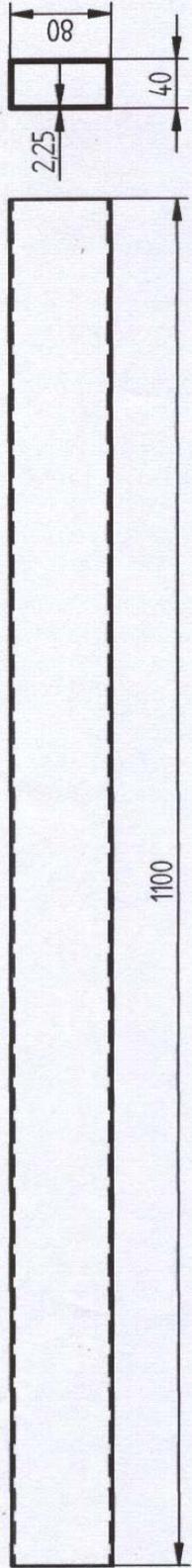
Autores: Tatiana Moreno Gustavo Urbina		Universidad Central de Venezuela Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Mecánica	
Tutor Prof. Ing. Enrique Limongi		"Diseño de una rebobinadora de papel excedente para implementarlos en las pequeñas y medianas imprentas"	
Fecha: 03-06		Descripción: Soporte de freno	
Unidades: mm.		Material:	
		Escala: 1:5	
		Plano: 13	
		Cantidad: 1	



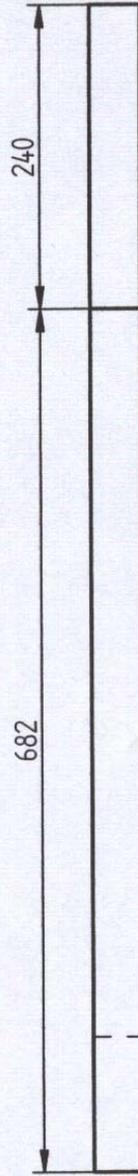
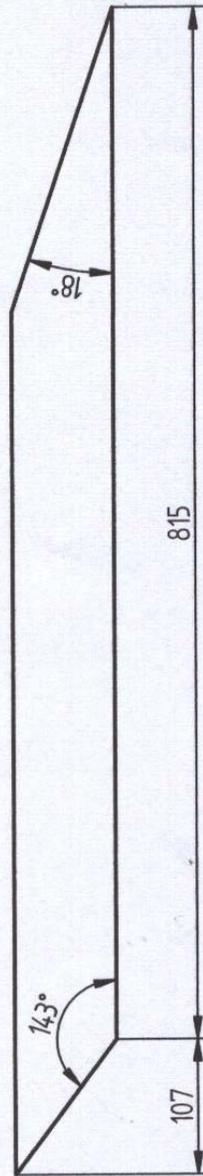
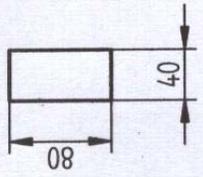
Autores: Tatiana Moreno Gustavo Urbina		Universidad Central de Venezuela Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Mecánica	
Tutor Prof. Ing. Enrique Limongi		"Disco de una rebolinadora de papel excedente para implementarios en las pequeñas y medianas imprentas"	
Fecha: 03-06		Descripción: Columna de apoyo Material:	
Unidades: mm.		Cantidad: 4	
		Escala: 1:5	
		Plano: 14	



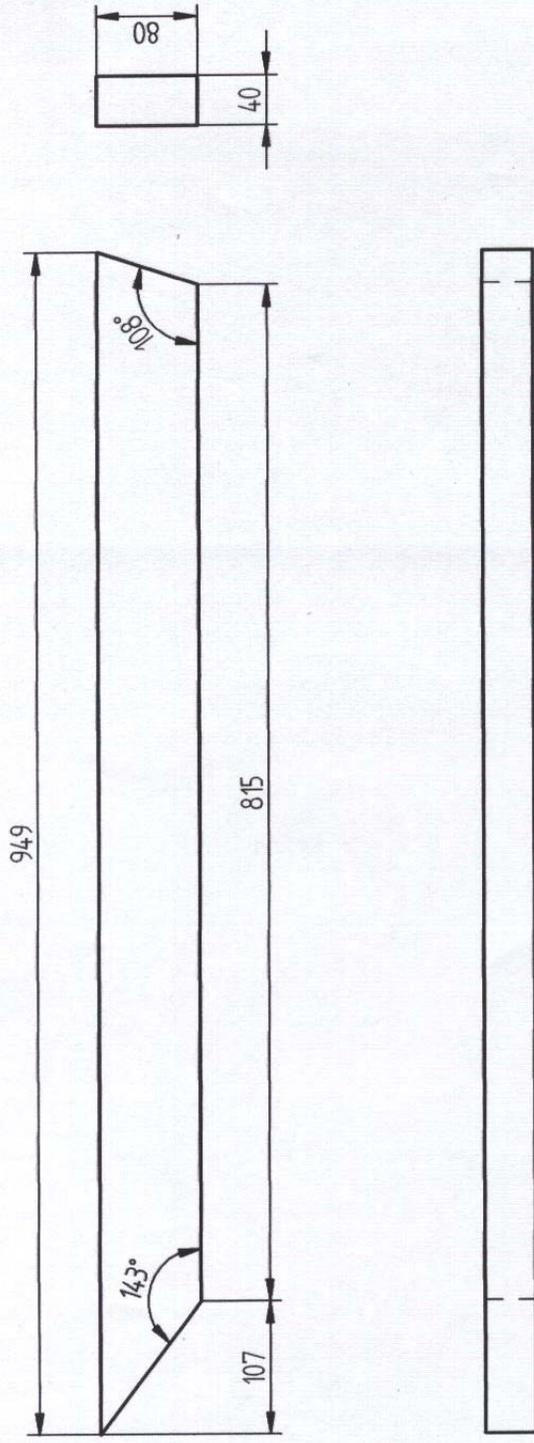
Autores: Tatiana Moreno Gustavo Urbina	Universidad Central de Venezuela Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Mecánica
Tutor Prof. Ing. Enrique Limongi	"Diseño de una rebobinadora de papel excedente para implementarlos en las pequeñas y medianas imprentas"
Fecha: 03-06	Descripción: Tubo estructural 80x40 A Material:
Unidades: mm.	Cantidad: 2 Escala: 1:5 Plano: 15



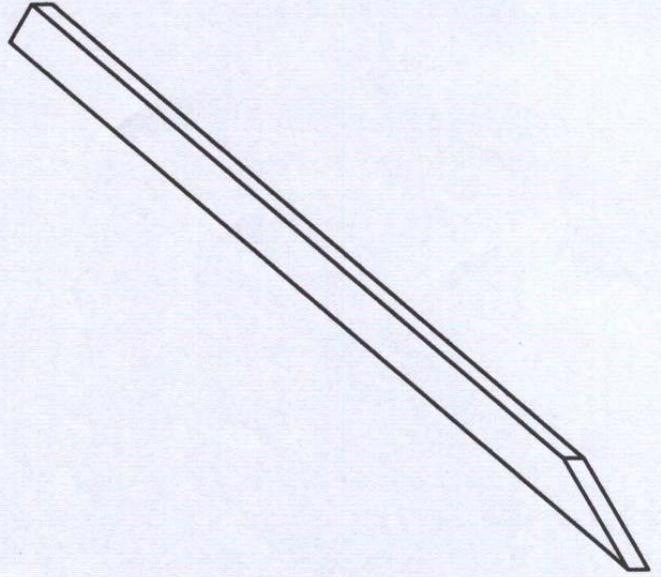
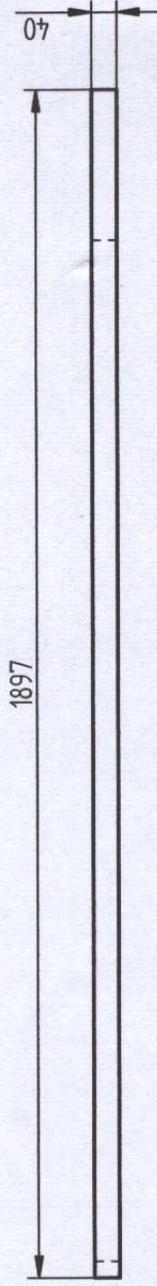
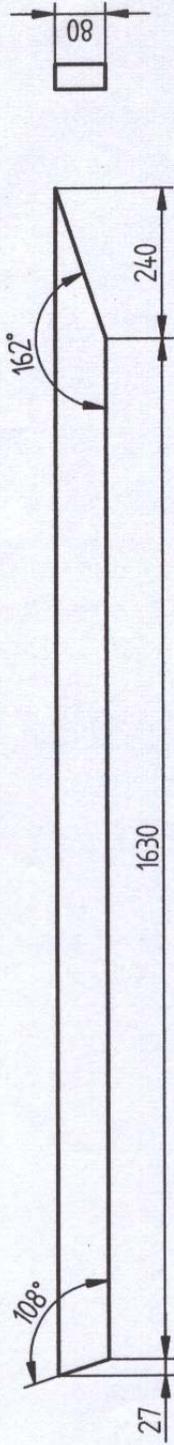
Autores: Tatiana Moreno Gustavo Urbina		Universidad Central de Venezuela Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Mecánica	
Tutor Prof. Ing. Enrique Limongi		"Diseño de una rebolinadora de papel excedente para implementarles en las pequeñas y medianas imprentas"	
Fecha: 03-06		Descripción: Tubo estructural 80x40 B	
Unidades: mm.		Material:	
		Cantidad: 2	
		Escala: 1:5	
		Plano: 16	



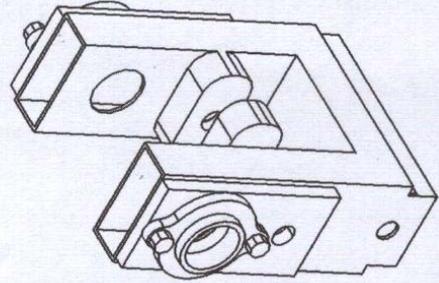
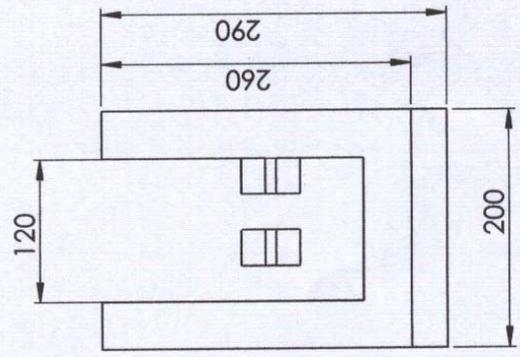
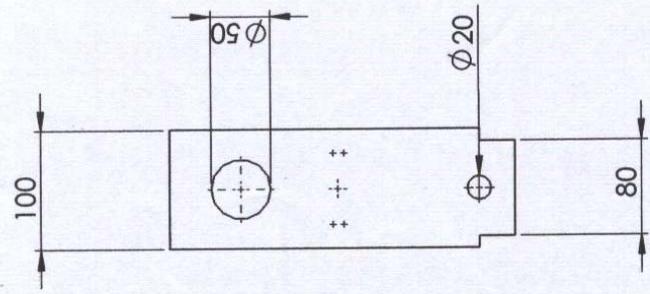
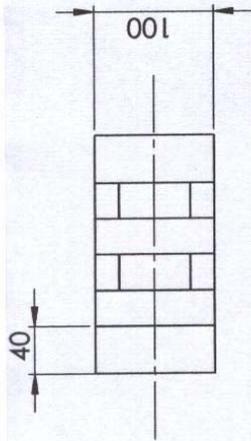
Autores: Tatiana Moreno Gustavo Urbina	Universidad Central de Venezuela Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Mecánica
Tutor Prof. Ing. Enrique Limongi	"Diseño de una rebobinadora de papel excedente para implementarios en las pequeñas y medianas imprentas"
Fecha: 03-06 Unidades: mm.	Descripción: Tubo estructural 80x40 F Material: Cantidad: 2
Escala: 1:5 Plano: 17	



Autores: Tatiana Moreno Gustavo Urbina		Universidad Central de Venezuela Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Mecánica	
Tutor Prof. Ing. Enrique Limongi		"Diseño de una rebobinadora de papel excedente para implementarios en las pequeñas y medianas imprentas"	
Fecha: 03-06		Descripción: Tubo estructural 80x40 E	
Unidades: mm.		Material:	
		Escala:	
		Plano: 18	
		Cantidad: 2	



Autores: Tatiana Moreno Gustavo Urbina	Universidad Central de Venezuela Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Mecánica
Tutor Prof. Ing. Enrique Limongi	
Fecha: 03-06	"Diseño de una rebolinadora de papel excedente para implementarios en las pequeñas y medianas imprentas" Descripción: Tubo estructural 80x40 D
Unidades: mm.	
Cantidad: 2	



Autores: Tatiana Moreno Gustavo Urbina		Universidad Central de Venezuela Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Mecánica	
Tutor Prof. Ing. Limongi		Descripción: Carro de alineación Material: Cantidad: 1	
Fecha: 02-06 Unidades: mm.		Escala: 1:5 Plano: 20	