



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE  
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**“IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CORTE  
Y TRANSPORTE DE LAS PLACAS DE EUROLIT  
EN LA EMPRESA TUBASEC”**

**VICENTE LAGUNA ROMMEL RODRIGO  
FIALLOS ORTIZ BERNARDO RODOLFO**

**TESIS DE GRADO**

Previa a la obtención del Título de:  
**INGENIERO MECÁNICO**

**RIOBAMBA – ECUADOR**

**2011**

**Espoch**

Facultad de Mecánica

---

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS**

---

**CONSEJO DIRECTIVO**

Diciembre, 20 del 2011

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

---

**BERNARDO RODOLFO FIALLOS ORTIZ**

---

Titulada:

**“IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CORTE Y TRANSPORTE DE LAS  
PLACAS DE EUROLIT EN LA EMPRESA TUBASEC”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

**INGENIERO MECÁNICO**

---

Ing. Geovanny Novillo A.  
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

Ing. Pablo Fierro F.  
DIRECTOR DE TESIS

---

Ing. José Paredes M.  
ASESOR DE TESIS

**Espoch**

Facultad de Mecánica

---

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS**

---

**CONSEJO DIRECTIVO**

Diciembre, 20 del 2011

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

---

**ROMMEL RODRIGO VICENTE LAGUNA**

---

Titulada:

**“IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CORTE Y TRANSPORTE DE LAS  
PLACAS DE EUROLIT EN LA EMPRESA TUBASEC”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

**INGENIERO MECÁNICO**

---

Ing. Geovanny Novillo A.  
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

Ing. Pablo Fierro F.  
DIRECTOR DE TESIS

---

Ing. José Paredes M.  
ASESOR DE TESIS

---

## CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** BERNARDO RODOLFO FIALLOS ORTIZ

**TÍTULO DE LA TESIS:** “IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CORTE Y TRANSPORTE DE LAS PLACAS DE EUROLIT EN LA EMPRESA TUBASEC”

**Fecha de Examinación:** Diciembre, 20 del 2011

### RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
ING. CARLOS SANTILLÁN (Presidente Trib. Defensa)			
ING. PABLO FIERRO F. (Director de Tesis)			
ING. JOSÉ PAREDES M. (Asesor)			

\* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_

---

El Presidente del Tribunal quien certifica al Consejo Directivo que las condiciones de la defensa se han cumplido.

---

f) Presidente del Tribunal

---

## CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** ROMMEL RODRIGO VICENTE LAGUNA

**TÍTULO DE LA TESIS:** “IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CORTE Y TRANSPORTE DE LAS PLACAS DE EUROLIT EN LA EMPRESA TUBASEC”

**Fecha de Examinación:** Diciembre, 20 del 2011

**RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
ING. CARLOS SANTILLÁN (Presidente Trib. Defensa)			
ING. PABLO FIERRO F. (Director de Tesis)			
ING. JOSÉ PAREDES M. (Asesor)			

\* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_

---

El Presidente del Tribunal quien certifica al Consejo Directivo que las condiciones de la defensa se han cumplido.

---

f) Presidente del Tribunal

## **DERECHOS DE AUTORÍA**

El trabajo de grado que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teórico - científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

---

f) Bernardo Rodolfo Fiallos Ortiz

---

f) Rommel Rodrigo Vicente Laguna

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios todopoderoso por darme la fuerza para cumplir mis objetivos y especialmente a mis queridos padres por ser los principales gestores de este triunfo, a mis profesores que impartieron todos sus conocimientos para llegar ser un buen profesional, a la gloriosa Escuela de Ingeniería Mecánica por abrirme sus puertas y permitirme obtener esta profesión, en general agradezco a mi familia y amigos por apoyarme a lo largo de mi carrera.

**Rommel Rodrigo Vicente Laguna**

Un profundo agradecimiento al Dios creador de todas las cosas por permitirme culminar esta carrera, a mis amados padres por brindarme la oportunidad de ser un profesional, por ser el ejemplo diario de superación y por llenarme de tanto amor cada día, a mis hermanos y hermanas por compartir tantos momentos a mi lado, a mis profesores por impartirme sus conocimientos y hacer de la carrera de Ingeniería Mecánica una experiencia inolvidable, en general agradezco a todas las personas que de una u otra manera estuvieron a mi lado todos estos años.

**Bernardo Rodolfo Fiallos Ortiz**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo de tesis a las personas más importantes en mi vida mis padres Cristóbal Vicente y Ena Laguna, por el gran esfuerzo que significó brindarme su comprensión y apoyo para cumplir con mi meta y por enseñarme con el ejemplo a vencer los problemas, los quiero mucho. A mis hermanas Carina y Silvia por su ayuda y las palabras de aliento para seguir adelante en este largo camino, a mi hermano Sebastián por compartir la vida estudiantil y ser mi mejor amigo. A Marilú por su amor y desinteresado apoyo para superar los momentos difíciles.

**RRVL**

Quiero dedicar el presente trabajo de tesis a mis viejitos Rodolfo y Cecilia por esforzarse tanto para que yo pueda llegar hasta estas instancias, por la comprensión y por ser mi inspiración diaria, por siempre estar a mi lado en los momentos difíciles donde las fuerzas parecían irse, a mis hermanas Mónica y Angélica por llenar mi vida de tanta alegría y de manera especial a mi hermano Carlitos para que vea que con esfuerzo, dedicación y constancia los sueños se pueden alcanzar.

**BRFO**

## TABLA DE CONTENIDOS

<b>CAPÍTULO</b>	<b>PÁGINA</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Justificación.....	2
1.3 Objetivos.....	3
1.3.1 Objetivo General.....	3
1.3.2 Objetivos Específicos.....	3
<b>2. MARCO TEÓRICO</b>	
2.1 Introducción.....	4
2.1.1 Proceso de elaboración de las placas de fibrocemento.....	4
2.1.2 Preparación de la pasta.....	4
2.1.3 Proceso de laminado.....	8
2.2 Análisis de las alternativas para la solución del problema.....	10
2.2.1 Alternativas del sistema de transporte.....	10
2.2.1.1 Alternativa 1.....	10
2.2.1.2 Alternativa 2.....	11
2.2.2 Alternativas del sistema de corte longitudinal y transversal.....	11
2.2.2.1 Alternativa 1.....	11
2.2.2.2 Alternativa 2.....	12

2.3	Análisis de los movimientos.....	13
2.3.1	Conformado de la placa en la periferie del rodillo de laminación.....	13
2.3.2	Corte de la placa en el rodillo de laminación.....	14
2.3.3	Posicionamiento de la placa sobre la mesa.....	15
2.3.4	Enrollamiento de la placa en un poste de madera para posterior transporte.....	15
2.3.5	Posicionamiento y desenrollamiento de la placa sobre el molde.....	16
2.3.6	Transporte y corte transversal de la placa.....	16
2.3.7	Moldeo manual.....	17
2.3.8	Transporte y corte longitudinal de la placa.....	17
2.4	Análisis de tiempos requeridos.....	18
2.4.1	Análisis de los datos obtenidos.....	18
2.5	Selección de la alternativa más adecuada.....	19
2.5.1	Selección del sistema de transporte.....	19
2.5.2	Selección del sistema de corte longitudinal y transversal.....	19
2.5.2.1	Selección del sistema de corte longitudinal.....	19
2.5.2.2	Selección del sistema de corte transversal.....	20
<b>3.</b>	<b>DISEÑO MECÁNICO</b>	
3.1	Generalidades.....	22
3.1.1	Descripción de funcionamiento de una banda transportadora.....	23
3.1.2	Componentes de una banda transportadora y su denominación.....	25
3.1.2.1	Tambor motriz.....	25

3.1.2.2 Tambor conducido.....	27
3.1.2.3 Tambores de desviación y de inflexión.....	27
3.1.2.4 Rodillos.....	27
3.1.2.5 Tensores.....	28
3.1.2.6 Dispositivos de limpieza.....	29
3.2 Parámetros geométricos.....	30
3.2.1 Esquema de la unidad.....	30
3.2.2 Componentes mecánicos.....	31
3.2.3 Desplazamiento horizontal de la banda transportadora.....	32
3.2.3.1 Área total de la placa plana de fibrocemento.....	32
3.2.3.2 Primera posición de la placa sobre la banda.....	33
3.2.3.3 Segunda posición de la placa sobre la banda.....	33
3.2.3.4 Tercera posición de la placa sobre la banda.....	34
3.3 Longitud total de la banda transportadora.....	35
3.3.1 Bastidor 1.....	35
3.3.2 Bastidor 2.....	35
3.4 Parámetros físicos.....	36
3.4.1 Velocidad de la banda.....	36
3.4.2 Densidad de las placas planas de fibrocemento.....	37
3.5 Parámetros funcionales.....	37
3.5.1 Corte transversal de la placa de fibrocemento sobre el rodillo laminador.....	39

3.5.2	Posicionamiento de la placa sobre la banda transportadora.....	39
3.5.3	Proceso de corte longitudinal de la placa.....	39
3.5.4	Proceso de corte transversal de la placa.....	39
3.5.5	Salida de la placa cortada.....	40
3.6	Dimensionamiento de elementos.....	40
3.6.1	Criterios de diseño para la banda transportadora.....	40
3.6.1.1	Material a transportar.....	41
3.6.1.2	Capacidad de transporte de la banda.....	42
3.6.1.3	Capacidad de transporte teórica volumétrica.....	42
3.6.1.4	Ancho de la banda.....	43
3.6.1.5	Configuración de las estaciones, paso y distancias de transición.....	43
3.6.1.6	Paso de las estaciones.....	44
3.6.1.7	Elección del diámetro de los rodillos en relación con la velocidad.....	45
3.6.1.8	Elección en relación con la carga.....	47
3.6.1.9	Determinación de la carga.....	49
3.6.1.10	Cálculo de la elección de los rodillos.....	50
3.6.1.11	Esfuerzo tangencial $F_u$ .....	51
3.6.1.12	Resistencias fijas y pasivas.....	52
3.6.1.13	Peso de la banda por metro lineal $q_b$ .....	54
3.6.1.14	Cantidad de material transportado por metro lineal.....	54
3.6.1.15	Peso de las partes giratorias de los rodillos de las estaciones.....	55

3.6.1.16	Potencia motriz.....	57
3.6.1.17	Tensiones en la banda T1 y T2.....	58
3.6.1.18	Tensión T3.....	59
3.6.1.19	Tensión de dispositivos de tensado Tg.....	60
3.6.1.20	Diámetros de los tambores.....	62
3.6.1.21	Dimensionamiento y diseño del eje del tambor motriz.....	63
3.6.1.22	Dimensionamiento del eje del tambor conducido.....	66
3.6.2	Diseño de los bastidores para la banda transportadora.....	68
3.6.3	Diseño del sistema de corte transversal.....	71
3.6.3.1	Descripción del sistema de corte.....	72
3.6.3.2	Análisis general de los cilindros.....	74
3.6.3.3	Dimensionamiento de los cilindros.....	77
3.6.3.4	Consideraciones para la selección.....	80
3.6.3.5	Cálculo de caudales para un ciclo de movimientos.....	82
3.6.3.6	Selección del relief.....	82
3.6.3.7	Selección de electroválvula.....	83
3.6.3.8	Selección de regulador de caudal.....	84
3.6.3.9	Selección de la tubería.....	84
3.6.3.10	Selección de la bomba.....	85
3.6.3.11	Selección del motor eléctrico.....	87
3.6.3.12	Cálculo del calor producido.....	89

3.6.3.13	Diseño del reservorio.....	93
3.6.4	Diseño del bastidor para la guillotina.....	95
3.6.5	Diseño del sistema de corte longitudinal.....	96
3.6.5.1	Selección del par de discos de corte.....	97
3.7	Selección de equipos y elementos.....	98
3.7.1	Selección del motorreductor para el accionamiento de la banda transportadora.....	99
3.7.2	Selección de la cadena para la transmisión.....	99
3.7.2.1	Longitud de la cadena en pasos.....	100
3.7.2.2	Potencia de diseño o corregida DHP.....	100
3.7.2.3	Carga de trabajo.....	103
3.7.2.4	Número de tramos.....	103
3.7.2.5	Selección de las ruedas o catalinas.....	104
3.7.3	Selección de las chumaceras.....	105
3.7.4	Selección del tensor para el tambor conducido.....	105
3.7.5	Selección del par de motores para el sistema de corte longitudinal.....	106
3.7.6	Selección de la banda.....	107
3.7.7	Selección del variador de frecuencia.....	109
<b>4.</b>	<b>CONSTRUCCIÓN, INSTALACIÓN Y PRUEBAS DEL SISTEMA</b>	
4.1	Introducción.....	113
4.2	Construcción de los componentes del sistema.....	114

4.2.1	Operaciones tecnológicas ejecutadas en la construcción del sistema de transporte y corte de placas de fibrocemento.....	115
4.2.2	Flujograma de operaciones tecnológicas.....	118
4.2.2.1	Flujograma del bastidor.....	119
4.2.2.2	Flujograma del conjunto de corte longitudinal.....	120
4.2.2.3	Flujograma del conjunto de corte transversal.....	120
4.3	Instalación de equipos y accesorios.....	121
4.3.1	Instalación de los elementos del bastidor.....	121
4.3.2	Instalación de los elementos del sistema de corte longitudinal. ....	122
4.3.3	Instalación de los elementos del sistema de corte transversal.....	122
4.3.4	Flujograma de montaje.....	123
4.4	Pruebas de funcionamiento del sistema.....	124
4.4.1	Plan de pruebas.....	124
4.4.1.1	Tiempos y movimientos del sistema de transporte y corte de placas de fibrocemento.....	124
4.5	Análisis de resultados.....	129
4.5.1	Tiempo del ciclo en el sistema de transporte y corte de placas de fibrocemento.....	129
4.5.2	Comparación entre los tiempos del ciclo del sistema de transporte y corte de placas de fibrocemento y el sistema ahora existente en la empresa Tubasec.....	132
4.6	Mantenimiento de la máquina.....	133
4.6.1	Operación y mantenimiento de la máquina.....	133

4.6.1.1	Indicaciones básicas para el montaje.....	133
4.6.1.2	Operación inicial de la máquina.....	134
4.6.1.3	Mantenimiento del sistema de transporte y corte.....	135
<b>5.</b>	<b>COSTOS</b>	
5.1	Generalidades.....	138
5.2	Costos directos.....	138
5.2.1	Costos de materiales y accesorios mecánicos.....	138
5.2.2	Costos por maquinaria y equipos utilizados.....	141
5.2.3	Costos por mano de obra.....	141
5.2.4	Costo por transporte.....	142
5.3	Costos indirectos.....	142
5.4	Costos totales.....	142
5.	Análisis de costos por operación y mantenimiento.....	143
5.6	Salvamento de la máquina.....	144
5.7	Depreciación de la máquina.....	144
5.8	Viabilidad del proyecto.....	146
5.8.1	VAN.....	146
5.8.2	TIR.....	146
5.8.3	Análisis del VAN y TIR.....	147
5.9	Análisis del punto de equilibrio.....	149

**6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

6.1 Conclusiones.....151

6.2 Recomendaciones.....152

**REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

**BIBLIOGRAFIA**

**LINKOGRAFIA**

**ANEXOS**

**PLANOS**

## LISTA DE TABLAS

TABLA		PÁGINA
I	TOMA DE TIEMPOS.....	18
II	VELOCIDADES MÁXIMAS ACONSEJABLES .....	37
III	PASO MÁXIMO ACONSEJABLE PARA ESTACIONES.....	45
IV	VELOCIDAD Y NÚMERO DE REVOLUCIONES PARA RODILLOS...46	
V	DIÁMETRO DE LOS RODILLOS ACONSEJADO.....	46
VI	FACTOR DE PARTICIPACIÓN.....	47
VII	FACTOR DE CHOQUE.....	48
VIII	FACTOR DE SERVICIO.....	48
IX	FACTOR AMBIENTAL.....	48
X	FACTOR DE VELOCIDAD.....	48
XI	COEFICIENTE DE LAS RESISTENCIAS FIJAS.....	53
XII	COEFICIENTE DE LAS RESISTENCIAS PASIVAS.....	53
XIII	COEFICIENTE DE ROZAMIENTO INTERIOR.....	53
XIV	PESO DEL NÚCLEO DE LA BANDA.....	54
XV	PESO DE LAS PARTES GIRATORIAS SUPERIORES E INFERIORES....	55
XVI	FACTOR DE ABRAZAMIENTO.....	59
XVII	DIÁMETROS MÍNIMOS RECOMENDADOS.....	63
XVIII	CARACTERÍSTICAS DE CILINDROS HIDRÁULICOS.....	81

XIX	ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DEL BASTIDOR.....	114
XX	ELEMENTOS DEL SISTEMA DE CORTE LONGITUDINAL.....	115
XXI	ELEMENTOS DEL SISTEMA DE CORTE TRANSVERSAL. ....	115
XXII	OPERACIONES TECNOLÓGICAS REALIZADAS EN EL BASTIDOR...116	
XXIII	OPERACIONES TECNOLÓGICAS DEL SISTEMA LONGITUDINAL....117	
XXIV	OPERACIONES TECNOLÓGICAS DEL SISTEMA TRANSVERSAL.118	
XXV	OPERACIONES DE MONTAJE DEL BASTIDOR.....	121
XXVI	OPERACIONES DE MONTAJE DEL SISTEMA LONGITUDINAL.....122	
XXVII	OPERACIONES DE MONTAJE DEL SISTEMA TRANSVERSAL.....123	
XXVIII	POSICIONAMIENTO DE LA PLACA.....	124
XXIX	VELOCIDAD DE LA BANDA TRANSPORTADORA.....	125
XXX	LONGITUD RECORRIDA DEBIDO A LA INERCIA DEL MOTOR...126	
XXXI	VELOCIDAD DE LOS CILINDROS.....	127
XXXII	TIEMPO TOTAL EMPLEADO EN UN CICLO.....	128
XXXIII	COMPARACIÓN ENTRE TIEMPOS DEL CICLO.....	129
XXXIV	COSTO DE MATERIALES Y ACCESORIOS MECÁNICOS.....	138
XXXV	COSTO DE MATERIALES HIDRÁULICOS.....	140
XXXVI	COSTO DE MATERIALES ELÉCTRICOS.....	140
XXXVII	COSTO TOTAL DE MATERIALES.....	140
XXXVIII	COSTO POR MAQUINARIA Y EQUIPOS.....	141
XXXIX	COSTO POR MANO DE OBRA.....	141

XL	COSTO POR TRANSPORTE.....	142
XLI	TOTAL COSTOS DIRECTOS.....	142
XLII	TOTAL COSTOS INDIRECTOS.....	142
XLIII	CONSUMO ELÉCTRICO.....	143
XLIV	COSTOS POR OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO EN UN MES.....	143
XLV	DEPRECIACIÓN ANUAL DEL SISTEMA DE TRANSPORTE.....	145
XLVI	FLUJO DE CAJA.....	147
XLVII	INTERÉS COMPUESTO.....	148
XLVIII	ANÁLISIS DEL PUNTO DE EQUILIBRIO.....	150

## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA</b>		<b>PÁGINA</b>
1	Mezclador.....	5
2	Hidrolizador.....	5
3	Molino de bolas.....	6
4	Silos para almacenar cemento.....	6
5	Tanques receptores de mezcla.....	7
6	Pasta final de fibrocemento.....	7
7	Etapa de laminado.....	9
8	Proceso de desmoldeo y desbarbado.....	9
9	Producto terminado.....	10
10	Formación de placa.....	14
11	Corte de la placa.....	14
12	Posicionamiento de la placa.....	15
13	Enrollamiento de la placa.....	15
14	Desenrollamiento de la placa sobre el molde.....	16
15	Transporte y corte transversal.....	16
16	Moldeo manual.....	17
17	Transporte y corte longitudinal.....	17
18	Banda transportadora.....	25
19	Tambor motriz.....	26

20	Mototambor.....	26
21	Tambor de desviación.....	27
22	Rodillos.....	28
23	Tensor de tornillo.....	29
24	Raspador.....	30
25	Esquema de la unidad.....	31
26	Esquema de interacción de componentes mecánicos.....	31
27	Placa plana de fibrocemento.....	32
28	Primera posición.....	33
29	Segunda posición.....	34
30	Tercera posición.....	34
31	Esquema general del sistema de transporte y corte.....	38
32	Características físicas y mecánicas.....	41
33	Área del material transportado “S”.....	41
34	Ancho de la banda.....	43
35	Estaciones fijas de ida y de retorno.....	44
36	Paso de las estaciones.....	44
37	Tensiones $T_1$ y $T_2$ .....	58
38	Tensión $T_3$ .....	60
39	Tensión $T_g$ .....	60
40	Resultante $C_p$ de las tensiones.....	64
41	Distancia entre soporte y brida.....	64

42	Resultante Cpr de las tensiones.....	67
43	Mesa 1.....	69
44	Mesa 2.....	69
45	Ensamble mesa 1 y mesa 2 (Bastidor 1).....	69
46	Bastidor 2.....	70
47	Ensamble bastidor 1 y bastidor 2.....	70
48	Sistema de corte transversal.....	71
49	Diagrama del circuito hidráulico de la guillotina.....	73
50	Útil portacuchilla.....	74
51	Cuchilla guillotina.....	74
52	Propiedades físicas del útil de la cuchilla.....	75
53	Propiedades físicas de la cuchilla guillotina.....	76
54	Diagrama de cuerpo libre.....	77
55	Configuración de montaje.....	81
56	Bastidor guillotina.....	96
57	Conjunto corte longitudinal.....	97
58	Velocidades de corte.....	98
59	Esquema sistema de transmisión.....	99
60	Variador de velocidad.....	110
61	Display atv 31.....	111
62	Tiempo de posicionamiento de la placa.....	124
63	Velocidad de la banda transportadora.....	125

64	Longitud recorrida debido a la inercia del motor.....	126
65	Velocidad de los cilindros.....	127
66	Tiempo total empleado en un ciclo.....	128
67	Diagrama de evaluación financiera.....	147
68	TIR.....	148

## SIMBOLOGÍA

<b>a</b>	paso de las estaciones
<b>ag</b>	distancia entre soporte y brida del tambor
<b>ao</b>	paso de las estaciones de ida
<b>au</b>	paso de las estaciones de retorno
<b>Ca</b>	carga estática en la estación de ida
<b>ca</b>	carga en el rodillo central de la estación de ida
<b>Ca1</b>	carga dinámica en la estación de ida
<b>Cp</b>	carga que resulta de las fuerzas que actúan sobre el eje del tambor motriz
<b>Cpr</b>	carga que resulta de las fuerzas que actúan sobre el eje del tambor loco
<b>Cq</b>	coeficiente de las resistencias fijas
<b>Cr</b>	carga estática en la estación de retorno
<b>cr</b>	carga en el rodillo de la estación de retorno
<b>Cr1</b>	carga dinámica en la estación de retorno
<b>Ct</b>	coeficiente de las resistencias pasivas debidas a la temperatura
<b>Cw</b>	coeficiente de rozamiento entre banda y tambor, dado un ángulo de abrazamiento
<b>d</b>	diámetro eje/árbol
<b>D</b>	diámetro rodillos/tambores
<b>e</b>	base de los logaritmos naturales
<b>f</b>	coeficiente de rozamiento interior del material y de los elementos giratorios
<b>Fd</b>	factor de choque

<b>Fm</b>	factor ambiental
<b>Fp</b>	factor de participación
<b>Fr</b>	esfuerzo tangencial para mover la banda en el tramo de retorno
<b>Fs</b>	factor de servicio
<b>Fu</b>	esfuerzo tangencial total
<b>Fv</b>	factor de velocidad
<b>H</b>	desnivel de la banda
<b>IM</b>	capacidad de transporte volumétrica
<b>IV</b>	capacidad de transporte de la banda (flujo de material)
<b>IVT</b>	capacidad de transporte volumétrica a 1 m/s
<b><math>\sigma_{adm}</math></b>	esfuerzo admisible
<b>L</b>	distancia entre ejes de la cinta transportadora
<b>Mf</b>	momento de flexión
<b>Mif</b>	momento ideal de flexión
<b>Mt</b>	momento de torsión
<b>N</b>	ancho de la banda
<b>n</b>	número de revoluciones
<b>P</b>	potencia absorbida
<b>Ppri</b>	peso de las partes giratorias inferiores
<b>Pprs</b>	peso de las partes giratorias superiores
<b>qb</b>	peso de la banda por metro lineal
<b>qbn</b>	peso del núcleo de la banda
<b>qG</b>	peso del material por metro lineal
<b>qRO</b>	peso de las partes giratorias superiores referido al paso de las estaciones

<b>q<sub>RU</sub></b>	peso de las partes giratorias inferiores referido al paso de las estaciones
<b>q<sub>s</sub></b>	peso específico
<b>q<sub>T</sub></b>	peso del tambor
<b>S</b>	sección del material en la banda
<b>T<sub>1</sub></b>	tensión del lado tenso
<b>T<sub>2</sub></b>	tensión del lado lento
<b>T<sub>3</sub></b>	tensión de los tambores (no de mando)
<b>T<sub>g</sub></b>	tensión de la banda en el punto de situación del contrapeso
<b>T<sub>x</sub></b>	tensión de la banda en un punto considerado
<b>T<sub>y</sub></b>	tensión de la banda en un punto considerado
<b>v</b>	velocidad de la banda
<b>W</b>	módulo de resistencia
<b>α</b>	ángulo de abrazamiento de la banda en el tambor
<b>η</b>	rendimiento

## LISTA DE ANEXOS

<b>ANEXO 1</b>	Densidad de las placas de fibrocemento
<b>ANEXO 2</b>	Catálogo de chumaceras milimétricas
<b>ANEXO 3</b>	Variadores de velocidad para motores asíncronos
<b>ANEXO 4</b>	Discos de corte de alta velocidad
<b>ANEXO 5</b>	Motores eléctricos trifásicos
<b>ANEXO 6</b>	Cadenas de rodillos
<b>ANEXO 7</b>	Catalinas para cadena ANSI N° 80
<b>ANEXO 8</b>	Bandas transportadoras y de transmisión
<b>ANEXO 9</b>	Bombas hidráulicas
<b>ANEXO 10</b>	Cilindros hidráulicos de doble efecto
<b>ANEXO 11</b>	Válvulas reguladoras de presión
<b>ANEXO 12</b>	Electroválvulas
<b>ANEXO 13</b>	Válvula reguladora de caudal
<b>ANEXO 14</b>	Cuchillas HSS
<b>ANEXO 15</b>	Rodillos de retorno
<b>ANEXO 16</b>	Resultado de esfuerzos sobre el bastidor longitudinal
<b>ANEXO 17</b>	Resultado de deformaciones sobre el bastidor longitudinal
<b>ANEXO 18</b>	Resultado de esfuerzos sobre el bastidor transversal
<b>ANEXO 19</b>	Resultado de deformaciones sobre el bastidor transversal

**ANEXO 20** Motorreductores Motovario

**ANEXO 21** Tensores de tornillo

## RESUMEN

La Implementación del Sistema de Corte y Transporte de las Placas de Euroolit en la Empresa TUBASEC ha sido diseñado y construido por un sistema de transporte por medio de banda, así como dos sistemas de corte, uno longitudinal usando discos de acero de alta velocidad de giro, y otro transversal empleando una guillotina accionada hidráulicamente, con el objetivo de automatizar los procesos de corte y transporte de las placas de fibrocemento.

Con la implementación de este sistema se logró disminuir el tiempo de corte y transporte de las placas, incrementando así la producción diaria en 50 placas, haciendo que el mismo tenga una rentabilidad aceptable y el costo de la inversión sea recuperable en poco tiempo; además de esto, se consiguió mejorar la calidad del corte longitudinal y transversal, ya que los procesos de corte son automáticos.

En vista de que la producción se ve limitada por el tiempo que tarda la placa en ser conformada se debería considerar disminuir este tiempo o aumentar el número de rodillos laminadores, y debido a que las pruebas efectuadas en el sistema construido mostraron excelentes resultados, se recomienda analizar la alternativa de implementar el sistema de corte y transporte de placas de fibrocemento en las demás líneas de producción.

Se debe cumplir con un mantenimiento periódico del sistema para asegurar la vida útil de sus elementos; especialmente controlar la tensión en la banda, ya que una tensión excesiva provocaría la ruptura de los ejes y poca tensión produciría el deslizamiento de la banda sobre el tambor motriz.

## SUMMARY

The Implementation of the Cutting and Transport of Eurolit Plates at the TUBASEC Enterprise has been designed and constructed by a transport system by means of a band, as well as two cutting systems, a longitudinal one using high speed steel discs and the other using a hydraulically driven guillotine to automate the fiber-cement plate cutting and transport processes.

With the implementation of this system it was possible to diminish the plate cutting and transport time, thus increasing the daily production by 50 plates, making it have an acceptable profit and making the investment cost be recoverable in a short time; moreover, it was possible to improve the longitudinal and cross cutting quality as the cutting processes are automated.

As the production is limited by time of the plate to be formed, it should be considered to diminish this time or increase the laminating roller number; due to the fact that the tests carried out in the showed excellent results, it is recommended to analyze the alternative of implementing the fiber-cement plate transport and cutting system in the other production lines.

A periodic system maintenance must be accomplished to secure the service life of its elements; the tension band must also be controlled as an excessive tension would cause the axes to break and the little tension would produce a sliding of the band on the mobile drum.

# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 ANTECEDENTES

TUBASEC C.A. empresa ecuatoriana que contribuye desde hace más de tres décadas al desarrollo del Ecuador, inició su actividad con su línea de tuberías, llevando agua potable a todos los rincones del país. Y con el fin de proporcionar variedad en los productos, la empresa se especializó en los diferentes tipos de cubiertas.

Su primer paso lo hizo con los prestigiosos techos de fibrocemento marca Eurolit, reconocidos como los más fuertes y resistentes del mercado. En este sentido cabe decir que, donde otros no hablan técnicamente de garantías, Eurolit puede decir en voz alta y con legítimo orgullo, que es la única marca existente en el mercado que tiene todos sus techos con la garantía y el respaldo total de cumplir con las normas INEN 1320 e ISO 9001: 2001 y por lo tanto todas sus placas vendidas en el pasado y en el presente tienen la garantía real y total de tener una resistencia superior a los 4250 Newtons por metro lineal.

Después de introducir en el mercado su línea Eurolit, TUBASEC C.A., amplió su gama de actividades con la fabricación de tejas de hormigón marca Ecuateja, las mismas cuentan con la característica de tener color integrado en la masa y la resistencia y calidad acostumbrada en todos sus techos; pero añadiéndole a la vivienda la nota de clase, elegancia y belleza. La incorporación a esta nueva actividad se efectuó mediante la adquisición de la fábrica e instalaciones que estaban radicadas en Quito y que inmediatamente fueron trasladadas a su complejo industrial de Riobamba. La política de desarrollo y diversificación no paró ahí, sino que se vio acrecentada con la incorporación de los tanques de polietileno marca Eurotank e Hipotank que se complementan con la gama de tanques de fibrocemento, convirtiendo así a TUBASEC C.A. en el único fabricante en ofrecer la gama completa de tanques tanto, en fibrocemento como en polietileno.

## 1.2 JUSTIFICACIÓN

En la industria en general uno de los problemas que se presentan al momento de realizar el proceso para la obtención de un producto final, es sin duda la falta de procesos automáticos que simplifiquen y ahorren tiempo, así como también el esfuerzo físico que realizan los obreros u operarios, por lo que se hace necesario la implementación de un sistema automático que remplace total o parcialmente el proceso existente de corte de placas de Eurolit (fibrocemento).

La automatización se ha convertido con el paso del tiempo en una necesidad cotidiana, se trata de sustituir los procesos manuales por mecanismos de funcionamiento automático, que eviten en lo posible la participación directa del hombre, todo ello hoy en día se consigue mediante el uso de sistemas Hidráulicos y/o Neumáticos además de diferentes tipos de mecanismos en los cuales interviene los diferentes sistemas de transmisión.

En la actualidad el proceso de transporte de las placas de fibrocemento para la fabricación de la cubierta Eurolit en la Empresa TUBASEC C.A se la realiza manualmente, lo que conlleva a que el personal que labora en esta área de trabajo se vea en la necesidad de realizar un esfuerzo físico, que en el ciclo diario llega a ser en extremo agotador, como es de suponerse con el pasar del tiempo se tendrá como consecuencias graves daños a la integridad física del personal que trabaja en esta sección.

Mediante la aplicación del presente proyecto de tesis se pretende dar solución a un problema existente en la Empresa TUBASEC C.A, reemplazando los distintos procesos manuales efectuados para llevar a cabo el transporte y corte de las placas de fibrocemento por un sistema semiautomático, a la vez que se pretende poner en práctica los conocimientos adquiridos en el transcurso de la carrera de Ingeniería Mecánica.

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 Objetivo General**

- Implementación del sistema de corte longitudinal, transversal y el transporte de las placas de Eurolit en la empresa TUBASEC.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Investigar las alternativas de solución a la necesidad requerida por la Empresa TUBASEC C.A.
- Determinar la alternativa más adecuada y factible que satisfaga dicha necesidad.
- Diseñar y construir los distintos mecanismos y seleccionar los equipos requeridos.
- Instalar el equipo y probar su funcionamiento.
- Determinar el manual de mantenimiento correspondiente a las distintas partes, mecanismos y equipos.
- Cuantificar los costos y comprobar la factibilidad de la ejecución de este proyecto.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1 INTRODUCCIÓN

##### 2.1.1 Proceso de elaboración de las placas de fibrocemento

Las placas de fibrocemento se fabrican en un proceso continuo a partir de la mezcla íntima y homogénea de cemento, celulosa, crisotilo y agua en cantidades preestablecidas; de modo que la consistencia del producto terminado, cumpla con los requerimientos de resistencia a impactos y permeabilidad determinados.

Se utilizan normalmente en obras de edificación, para el revestimiento de elementos constructivos expuestos a la intemperie y también en interiores húmedos.

##### 2.1.2 Preparación de la pasta

En la preparación de la pasta, la pulpa debe ser óptima, para la formación de la placa de fibrocemento, a partir de las materias primas. La misma abarca las operaciones que se llevan a cabo en el hidrolizador.

El proceso comienza con la introducción manual de una cantidad de cartón (celulosa) previamente pesada en un tanque provisto de unas aspas, conocido como mezclador (figura 1), que se encarga de desmenuzar el cartón, para lo cual se requiere agregar agua en cantidad dosificada dependiendo del peso del cartón. Con la ayuda de una bomba hidráulica se puede recircular la mezcla y refinarla hasta obtener la consistencia adecuada.



Figura 1. Mezclador

A través de tuberías la pasta es enviada a un tanque o hidrolizador (figura 2) para abrir aún más la fibra a través de una constante agitación. Entonces la celulosa estará lista para ser cargada en su respectivo dosificador.



Figura 2. Hidrolizador

Simultáneamente a la preparación de la celulosa en un molino de bolas (Figura 3) accionado por un motor de inducción se muele crisotilo mezclado con agua y se obtiene una mezcla sin grumos que ingresa por tuberías a un tanque de almacenamiento y pesaje, para luego ser enviada al tanque principal de mezcla.



Figura 3. Molino de bolas

El tanque mezclador es un tanque de aproximadamente 70 m<sup>3</sup> de capacidad, donde se mezcla, cemento, agua y material seco molido proveniente de productos defectuosos o rotos semisecos, la cual es bombeada a un tanque en cantidades establecidas de acuerdo a la composición del producto a fabricarse<sup>1</sup>.

El cemento se encuentra almacenado en tres silos de 220 toneladas cada uno, y pasa a través de tuberías a una tolva para ser pesado y descargado al cono mezclador.



Figura 4. Silos para almacenar cemento

Las mezclas preparadas indicadas anteriormente, son trasladadas por tuberías independientes hasta el tanque o noria, en el que se unen formando una pasta de cemento, crisotilo, celulosa y agua, a la que se añade carbonato de calcio.

---

<sup>1</sup> Departamento de Producción Empresa TUBASEC C.A

La dosificación de la mezcla de la materia prima se la realiza en los porcentajes indicados a continuación: 70% de cemento, 20% de carbonato de calcio (complemento de estabilidad del cemento), 2% Celulosa (solo cartón), < 8% crisotilo (asbesto), 2% de material seco recuperado del proceso.

Los tanques receptores de mezcla son recipientes metálicos, de forma cilíndrica vertical, en cuyo fondo se encuentra un rotor o rodete, acoplado a un motor eléctrico (figura 5). El continuo accionar de dicho rotor origina que los diferentes materiales en estado sólido se desintegren completamente produciendo una pasta más homogénea, libre de grumos.



Figura 5. Tanques receptores de mezcla



Figura 6. Pasta final de fibrocemento

### 2.1.3 Proceso de laminado

En el proceso de laminado se realiza la fabricación de placas planas, esta abarca las operaciones que se llevan a cabo en los separadores de agua, el rodillo laminador, el moldeado de las placas y el desmolde. Tal como se ilustra en la figura 7.

La pasta proveniente de los tanques almacenadores de pasta lleva un exceso de mezcla y viene con una densidad de aproximadamente  $330$  a  $340 \text{ Kg/m}^3$ , pero con esta densidad no se puede trabajar para elaborar las laminas por lo que se debe bajar la densidad simplemente aumentando agua, con este proceso se logra reducir la densidad a un valor de entre  $85$  a  $90 \text{ Kg/m}^3$ . La pasta pasa luego a un agitador central el cual mantiene a la pasta en movimiento haciendo que la densidad sea uniforme en todos los puntos. De aquí la pasta pasa a través de canaletas a la antefina que es una especie de tina provista de una reja la cual distribuye la pasta ya diluida uniformemente a lo largo de la generatriz de un bombo o tamiz ubicado en otra tina y llenándola, este bombo está provisto de dos agitadores que con el movimiento continuo provocan que las fibras del crisotilo se vayan direccionando y se adhieran al bombo y luego a un tambor de caucho el mismo que se encuentra en contacto con un fieltro que va arrastrando la pasta hasta el equipo de formación. Como existe aún humedad excesiva entre  $60$  y  $70\%$  esta es retirada por medio de cajas de vacío reduciéndola a un  $40\%$ . Luego la pasta se va adhiriendo al rodillo laminador debido a que a unos  $5$  segundos previamente se le da una presión inicial de formación y luego se libera quedando solamente la presión debida al propio peso del rodillo que esta aproximadamente en un rango de  $200$  a  $250$  libras y la lámina continua formándose y de acuerdo al tipo se controla el espesor y el tiempo promedio en el tablero de control, esto se logra manteniendo un flujo de entrada de pasta constante y una película inicial de pasta tomada del bombo hacia el fieltro de  $0.3$  a  $0.35$  milímetros de espesor, para completar el espesor necesario el rodillo gira entre  $16$  y  $20$  vueltas para luego detenerse automáticamente y proceder al corte primario y posterior retirado de la lamina del rodillo para luego ser enrollada en rolos de madera y llevada a las líneas de corte para ser formadas a la medida deseada.

Dependiendo de la línea de productos a fabricar se requieren distintas dimensiones de la placa, para cuya formación se utilizan rodillos de diferente diámetro.

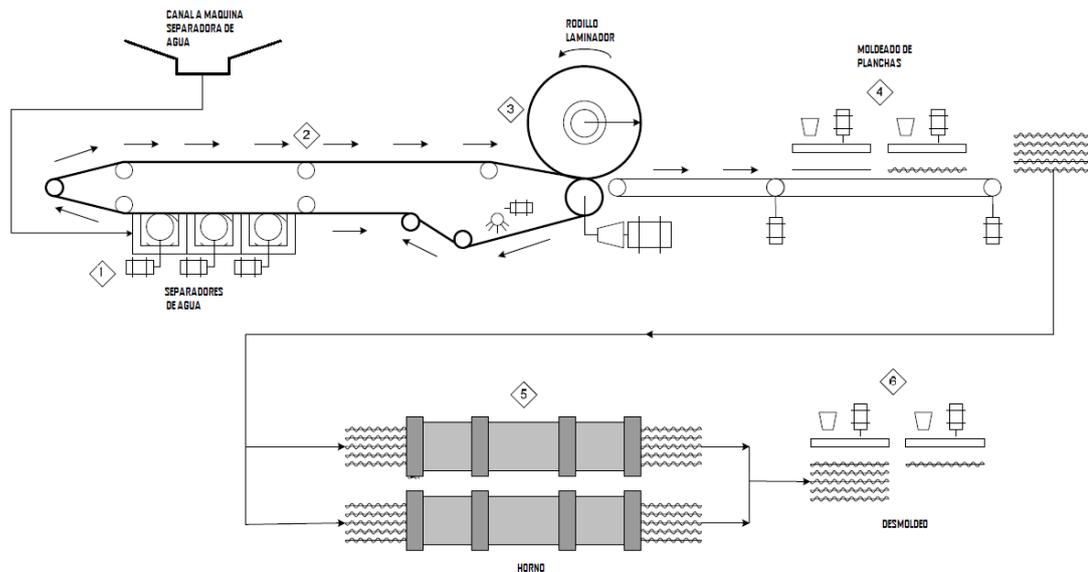


Figura 7. Etapa de Laminado

Una vez cortadas las láminas y ubicadas en paquetes son trasladadas a un horno que está entre 90 y 95 grados centígrados y con una humedad del 90% para que absorban cierta cantidad de agua que ayudará con el fraguado caso contrario si no son hidratadas las placas saldrían frágiles y quebradizas debiendo permanecer dentro del horno por un tiempo de 20 horas antes de proceder al desmoldeo.

Transcurridas mínimo 20 horas los paquetes de láminas son llevadas al proceso de corte o desbarbado de producto final retirando excesos en ancho y largo, aquí son separadas las placas de los moldes y transportadas a los cortes finales para luego salir a la venta del producto terminado.



Figura 8. Proceso de desmoldeo y desbarbado



Figura 9. Producto terminado

## **2.2 ANÁLISIS DE LAS ALTERNATIVAS PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA**

### **2.2.1 Alternativas del sistema de transporte**

#### **2.2.1.1 Alternativa 1**

Como primera alternativa se pensó en un sistema de transporte de las placas por medio de un coche el cual debía ser automático.

#### **Ventajas**

- El transporte de las placas se realiza de forma automática a través de los sistemas de corte.
- En el coche se pueden recibir varias placas con sus respectivos moldes.

#### **Desventajas**

- La alimentación de los moldes para las placas requiere de un sistema adicional consistente en un brazo mecánico.

- Para la alimentación de las placas al coche se requiere de un sistema de transporte por banda.

### **2.2.1.2 Alternativa 2**

Como segunda alternativa se considera el sistema de transporte por banda sobre la cual se realizan los dos procesos de corte, longitudinal y transversal.

#### **Ventajas**

- Sobre un solo sistema de transporte por banda se realizan todos los procesos.
- Las placas se reciben directamente del rodillo de conformación de la placa.
- Adecuado sistema de carga de las placas sobre la banda gracias a su forma horizontal.
- Se obtiene continuidad en el movimiento.
- Se reduce la manipulación de la placa de fibrocemento obteniendo así una mejor calidad final.

#### **Desventajas**

- El diseño del sistema requiere de un proceso de calibración de tiempos con respecto al sistema de corte.

### **2.2.2 Alternativas del sistema de corte longitudinal y transversal**

#### **2.2.2.1 Alternativa 1**

Como primera alternativa se analiza un sistema de corte a través discos, ubicados longitudinal y transversalmente, los mismos que estarán colocados sobre el bastidor de la banda transportadora.

## **Ventajas**

- Velocidad de corte constante y uniforme que garantiza un buen acabado.
- Intercambiabilidad sencilla de los discos por daños ocasionados debido al uso continuo.
- Discos relativamente baratos y que se comercializan en el mercado local sin ningún problema.
- Se disminuye el riesgo al que están propensos los trabajadores al momento de efectuar cada corte.

## **Desventajas**

- Se tiene una sola velocidad de giro de los discos.
- En el caso del corte transversal existe la necesidad de construir una estructura aérea que sirva de soporte para el mecanismo de corte.

### **2.2.2.2 Alternativa 2**

Como segunda alternativa se considera la opción de realizar el corte longitudinal y transversal de placas de fibrocemento a través de una cuchilla simulando la acción realizada por una guillotina.

## **Ventajas**

- El resultado del corte es una superficie de mejor calidad.
- Se elimina la vibración ocasionada por los motores.
- La longitud de la carrera de trabajo se reduce al máximo ya que la cuchilla de la guillotina puede ser colocada muy cercana a la placa de fibrocemento.
- La cuchilla puede ser afilada en reiteradas ocasiones antes que sea retirada para colocar una nueva.
- Para efectuar el corte es necesario una mínima presión.

## **Desventajas**

- Para realizar un corte longitudinal se debe usar una cuchilla de gran longitud, ocasionando problemas de nivelación y alineamiento al bastidor de la mesa.

### **2.3 ANÁLISIS DE LOS MOVIMIENTOS**

Según lo observado, el proceso de transporte y corte manual de las placas se lo realiza en 8 movimientos fundamentales que son:

- Conformado de la placa en la periferie del rodillo de laminación.
- Corte de la lámina en el rodillo de laminación.
- Posicionamiento de la lámina sobre la mesa.
- Enrollamiento de la lámina en un poste de madera para posterior transporte.
- Posicionamiento y desenrollamiento de la lámina sobre el molde.
- Transporte y corte transversal de la lámina.
- Moldeo manual.
- Transporte y corte longitudinal de la lámina.

El proceso actual que se viene realizando para el transporte y corte de las placas en parte es de forma manual haciendo que la producción se vea limitada ya sea por cansancio de los obreros o también por errores al momento de transportar las placas ya que estas están en contacto directo con las manos del obrero provocando roturas en las esquinas y haciendo que las placas sean clasificadas como rechazo. A continuación se detalla el proceso manual de todo el sistema de transporte y corte de las placas.

#### **2.3.1 Conformado de la placa en la periferie del rodillo de laminación**

La pasta separada del agua y transportada por la banda de fieltro se adhiere al rodillo que por cada giro incrementa el espesor como indica la figura 10, de tal suerte que, dependiendo del tipo de producto, se establece el número de giros y la velocidad.

Cuando las capas han formado una placa compacta del grosor requerido, el cual se muestra en un aviso de luz indicadora, el rodillo empieza a detenerse, estando así la placa lista para su posterior corte.



Figura 10. Formación de placa

### **2.3.2 Corte de la placa en el rodillo de laminación**

Una vez que la placa está conformada sobre el rodillo este se detiene y se realiza un corte transversal mediante una sierra neumática para separar la placa del rodillo laminador como se muestra en la figura 11.



Figura 11. Corte de la placa

### **2.3.3 Posicionamiento de la placa sobre la mesa**

La placa cortada es sujeta con las manos y halada uniformemente fuera del rodillo por dos obreros para ser colocada sobre una mesa como se muestra en la figura 12.



Figura 12. Posicionamiento de la placa

### **2.3.4 Enrollamiento de la placa en un poste de madera para posterior transporte**

Con la placa sobre la mesa se coloca un poste de madera en el que se enrolla dicha placa y se coloca a un costado donde se encuentra el molde como se muestra en la figura 13.



Figura 13. Enrollamiento de la placa

### **2.3.5 Posicionamiento y desenrollamiento de la placa sobre el molde**

La placa es desenrollada sobre un molde metálico el cual será transportado hacia el primer corte como se muestra en la figura 14.



Figura 14. Desenrollamiento de la placa sobre el molde

### **2.3.6 Transporte y corte transversal de la placa**

La placa junto con el molde es empujada sobre un coche hasta el primer sistema de corte que es el transversal donde se encuentran dos operarios los cuales reciben el coche y manualmente levantan los filos de la placa y accionan las sierras eléctricas realizándose el corte como se observa en la figura 15.



Figura 15. Transporte y corte transversal

### 2.3.7 Moldeo manual

Finalmente la placa junto con el molde sale de los procesos de corte y se detiene para el proceso de moldeo manual que consiste en el aplastamiento con dos postes de madera sobre la placa dando la forma del onda como se muestra en la figura 16.



Figura 16. Moldeo manual

### 2.3.8 Transporte y corte longitudinal de la placa

Luego del corte transversal los operarios empujan el coche hacia el segundo sistema de corte que es el longitudinal donde se encuentran dos operarios los cuales reciben el coche y nuevamente levantan los filos de la placa y accionan las sierras eléctricas realizándose el corte como se observa en la figura 17.



Figura 17. Transporte y corte longitudinal

## 2.4 ANÁLISIS DE LOS TIEMPOS REQUERIDOS

Los tiempos que intervienen en un ciclo de transporte y corte de las placas de fibrocemento fueron tomados experimentalmente en la planta de producción de Tubasec, los mismos se muestran a continuación:

TABLA I. TOMA DE TIEMPOS

MOVIMIENTOS	Tiempo (seg.)				Promedio
	1	2	3	4	(seg)
<b>PASO # 1</b>	130,00	130,00	130,00	130,00	<b>130,00</b>
<b>PASO # 2</b>	3,69	3,13	3,95	3,60	<b>3,60</b>
<b>PASO # 3</b>	8,70	8,10	8,95	9,05	<b>8,70</b>
<b>PASO # 4</b>	17,10	17,90	18,40	17,20	<b>17,70</b>
<b>PASO # 5</b>	12,10	12,88	11,73	11,97	<b>12,10</b>
<b>PASO # 6</b>	16,12	15,68	16,39	16,20	<b>16,10</b>
<b>PASO # 7</b>	9,40	9,00	8,90	9,10	<b>9,10</b>
<b>PASO # 8</b>	11,00	12,10	11,80	11,90	<b>11,70</b>
<b>Tiempo Total</b>					<b>209,00</b>

### 2.4.1 Análisis de los datos obtenidos

Los tiempos anteriormente mencionados pueden variar, dependiendo de la experiencia de los trabajadores y su habilidad al momento de realizar cada uno de los procesos de los que consta la elaboración de placas de fibrocemento en la empresa Tubasec y teniendo en cuenta que se tratan de procesos manuales.

Como se puede observar en la tabla detallada anteriormente el paso 1: Conformación de la placa de fibrocemento en la periferie del rodillo de laminación, es el proceso que toma mayor tiempo de ejecución.

## **2.5 SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA MÁS ADECUADA**

De las ventajas y desventajas de las alternativas que se mencionan se decide que para alcanzar los objetivos planteados en el proyecto, el mecanismo a diseñar y construir deberá proyectarse de manera que el transporte y el corte se realicen sobre un mismo elemento, el cual debe prestar todas las facilidades para conseguir una funcionalidad eficiente de los distintos mecanismos que sobre este se instalen.

### **2.5.1 Selección del sistema de transporte**

De las alternativas expuestas resulta la más adecuada la N ° 2 (transporte por banda), porque facilita el transporte y alimentación de las placas de fibrocemento para su posterior corte e implica un relativo bajo costo de construcción.

Además que se logra disminuir la distancia existente entre los puntos iniciales y finales del proceso para la elaboración de placas de fibrocemento, pudiendo ser este espacio utilizado o aprovechado en otros procesos.

### **2.5.2 Selección del sistema de corte longitudinal y transversal**

#### **2.5.2.1 Selección del sistema de corte longitudinal**

En este caso se ha optado por la alternativa N° 1 (corte por disco), en el cual un disco montado en el eje de un motor rotativo realizará el corte de las placas de fibrocemento, la velocidad de avance de las placas es entregada por el sistema de transporte por banda.

<b>CORTE POR DISCO</b>	<b>CORTE POR CUCHILLA</b>
<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
El disco permite una longitud de corte muy extensa.	Al ser grande la longitud a cortar, la cuchilla también lo será, provocando grandes esfuerzos y desalineación.
El avance de la placa es continuo ya que esta se traslada sobre la banda.	Hay que detener el movimiento de avance de la placa hasta que la cuchilla realice el corte.
El bastidor del sistema de corte es montado sobre el bastidor principal.	Se necesita de una estructura diferente que soporte los esfuerzos a los que está sometido la cuchilla.
La distancia entre los discos de corte es regulable a través de conjuntos perno-tuerca.	Complejidad al intentar regular la distancia entre las cuchillas, ya que se tendría que diseñar otro mecanismo.

### 2.5.2.2 Selección del sistema de corte transversal

La mejor alternativa expuesta es la N° 2 (corte por cuchilla), en la cual una cuchilla ubicada perpendicularmente al eje del bastidor principal realiza el corte de la placa, este movimiento de la cuchilla se obtiene de un sistema hidráulico que acciona dos cilindros situados en el bastidor del sistema de corte transversal.

<b>CORTE POR CUCHILLA</b>	<b>CORTE POR DISCO</b>
<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
El corte transversal se lo realiza en un solo ciclo de los cilindros.	Se tendría que acoplar un motor adicional para que realice el avance del disco de corte.
El bastidor del sistema de corte es sencillo.	Se necesita de una estructura aérea sobre la cual se desplacen los distintos mecanismos.
La calidad superficial después de realizar el corte es muy alta.	Baja calidad superficial al efectuar el corte.
La alineación de la cuchilla al ser de poca longitud es fácil de corregir.	Se presentan problemas de alineación en el eje del motor y su corrección se vuelve complicada.

Cabe mencionar que los mejores justificativos para la selección de las alternativas más adecuadas tanto en el sistema de transporte como en el de corte son:

- Disminuir en gran proporción los riesgos laborales a los que están expuestos los trabajadores.
- Satisfacer requerimientos de velocidad y continuidad del movimiento.
- Posibilidad de aumentar la producción de placas de fibrocemento.
- Implementar un ciclo de producción semiautomático.

## **CAPÍTULO III**

### **3. DISEÑO MECÁNICO**

#### **3.1 GENERALIDADES**

En el transporte de materiales, materias primas, minerales y diversos productos se han creado diversas formas; pero una de las más eficientes es el transporte por medio de bandas y rodillos transportadores, ya que estos elementos son de una gran sencillez de funcionamiento, ya que una vez instaladas en óptimas condiciones suelen dar pocos problemas mecánicos y de mantenimiento.

Las bandas y rodillos transportadores son elementos auxiliares de las instalaciones, cuya misión es la de recibir un producto de forma más o menos continua y regular para conducirlo a otro punto.

Son aparatos que funcionan solos, intercalados en las líneas de proceso y que no requieren generalmente de ningún operario que manipule directamente sobre ellos de forma continua.

El transportador de banda es de servicio intenso y adecuado para el transporte de grandes tonelajes sobre trayectorias que quedan fuera del intervalo cubierto por cualquier otro tipo de transportador.

La capacidad puede ser de varios miles de toneladas por hora y las distancia de algunos metros a varios miles de toneladas por hora. La trayectoria puede ser horizontal o inclinado, hacia arriba o hacia abajo, o una combinación de estas direcciones.

Es evidente que lo primero que debe conocerse al proyectar una Cinta Transportadora, son las características del material a transportar, teniendo en cuenta la gran diversidad de materiales existentes.

### **3.1.1 Descripción de funcionamiento de una banda transportadora [2][3]**

En su forma más sencilla, la banda transportadora consiste en un tambor motriz o cabezal, un tambor compensador de la tensión, una banda o cinta sin fin, y de rodillos locos de guía en el tramo de transporte y en el retorno. La separación de estos rodillos guías en el lado de transporte varía con el ancho y la carga de la cinta, y es ordinariamente de 1,5 metros o menos. Los rodillos guías del lado de retorno van separados por distancia de 3 metros entre ejes o algo menos, según el peso y ancho de la cinta. La capacidad de un transportador de cinta depende del ancho de la misma, de su velocidad y de la densidad y características del material a transportar.

Los transportadores de cinta pueden ser de dos tipos: planos o en forma de canal o “U” abierta. Los primeros se usan más frecuentemente para trasladar paquetes o materiales a granel sobre rutas fijas y a velocidades deseadas. Los segundos se usan universalmente para trasladar materiales a granel tales como carbón, cemento, vidrio, minerales, arena, tanto húmeda como seca. El canal suele estar formado por tres rodillos, los dos de los extremos se ponen formando un ángulo de 20° para proporcionar el máximo volumen de carga.

La vida o duración de una banda depende del material a transportar. Con material en terrones o trozos, sus golpes en el punto de carga pueden ser destructivos. Los trozos pesados, tales como mineral y roca, atraviesan el recubrimiento protector y ponen al descubierto la armazón de la banda.

El efecto de tales golpes se reduce haciendo flexibles los soportes de la banda. Esto puede conseguirse empleando rodillos guías con llantas o cubiertas acolchadas o neumáticas o soportando los rodillos locos sobre montajes de caucho.

Otros factores destructivos son el sobretensado de la banda, el que las bandas trabajen desalineadas y el rozamiento contra los soportes, los rodillos guías rotos y el hecho de que no se limpie la superficie de la banda antes de ponerse en contacto con los rodillos desviadores y descargadores.

El tambor motriz es el encargado de la impulsión de la banda transportadora. El deslizamiento de la banda sobre el tambor motriz es destructivo. Hay poca diferencia en esta tendencia a deslizarse entre un tambor desnudo y uno recubierto cuando la banda está limpia y seca. Sin embargo, una banda mojada se adherirá mejor a una polea recubierta, especialmente si el recubrimiento es acanalado.

Para tensar la banda convenientemente, se emplean tensores de tornillo y tensores de gravedad por contrapeso. Los primeros son satisfactorios para transportadores cortos. Para transportadores largos, la dilatación y contracción de la banda con las variaciones de temperatura hacen preferible a los segundos, sobre todo cuando se usan juntas vulcanizadas. En este caso el tensor debe ubicarse, de ser posible donde primero se produzca el aflojamiento, generalmente justo detrás de la polea impulsora.

En el funcionamiento de las bandas transportadoras se tiene en cuenta los siguientes componentes o cálculos:

**Tensión en una correa:** es una fuerza actuando a lo largo de la banda, tendiendo a elongarla. La tensión de la correa es medida en Newtons. Cuando una tensión es referida a una única sección de la banda, es conocida como una tensión unitaria y es medida en Kilonewtons por metro (kN/m).

**Torque:** es el resultado de una fuerza que produce rotación alrededor de un eje. El torque es el producto de una fuerza (o tensión) y de la extensión del brazo que se esté utilizando y es expresado en Newton por metro (N\*m).

**Energía y trabajo:** están relacionados muy cercanamente debido a que ambos son expresados en la misma unidad. El trabajo es el producto de una fuerza y la distancia a recorrer. La energía es la capacidad de ejecutar un trabajo. Cada uno es expresado en Joules, en el que un Joule equivale a un Newton-metro. La energía de un cuerpo en movimiento es medida en Joules.

**La potencia:** es la relación entre la realización de un trabajo o transmisión de energía, la unidad mecánica de potencia es el watt, que es definido como un Newtonmetro por segundo. La potencia empleada en un periodo de tiempo produce trabajo, permitiendo su medición en kilowatt-hora.

### 3.1.2 Componentes de una Banda Transportadora y su denominación [2]

En la Figura 18, están ilustrados los componentes básicos de una banda transportadora tipo. En la realidad, con el variar de las exigencias de empleo, se pueden disponer diferentes combinaciones de carga, descarga, elevación y de otros accesorios.

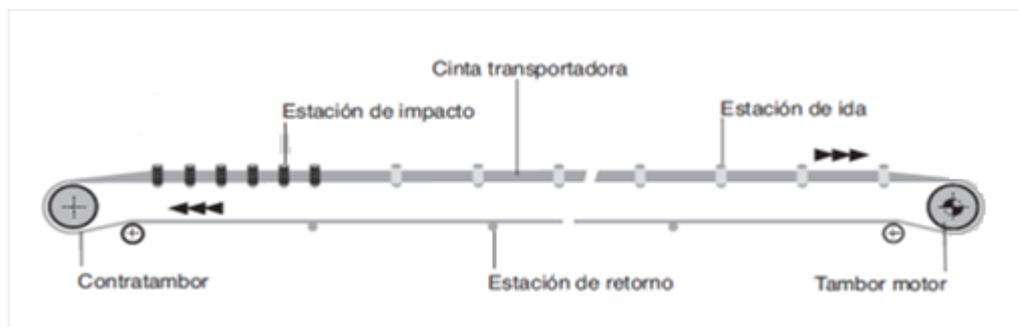


Figura 18. Banda Transportadora

#### 3.1.2.1 Tambor motriz

Los tambores están dimensionados en base a las características de cada cinta transportadora y presentan una amplia variedad de modalidades constructivas.

Según la posición que ocupan en una cinta transportadora, los tambores tienen que resistir esfuerzos debidos por las tensiones de la banda y por la carga.

El tambor motriz puede ser de tipo tradicional o con mototambor.

##### - Tradicional

Está compuesto por un grupo de mando constituido sucesivamente por un tambor motriz de diámetro apropiado a la carga en la banda y por un tambor de inflexión como se muestra en la figura 19.

El movimiento lo proporciona un motoreductor del tipo pendular o de ejes ortogonales o paralelos, éstos últimos acoplados por medio de una junta al tambor motriz.



Figura 19. Tambor motriz

### - Mototambor

En esta configuración el motor, el reductor y los cojinetes forman una unidad integrada y protegida en el interior del tambor de arrastre de la banda; se eliminan así todas las voluminosas partes exteriores de los tambores motrices tradicionales como se muestra en la figura 20.

Actualmente se fabrican mototambores con un diámetro de hasta 800 mm y una potencia de unos 130 Kw, con un rendimiento que puede alcanzar incluso el 97%.

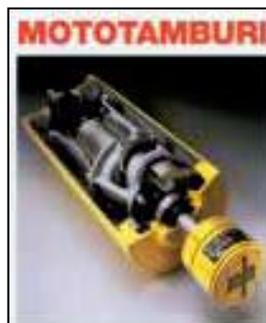


Figura 20. Mototambor

En el tambor motriz tradicional o en el mototambor, la envoltura se reviste normalmente de goma, de un espesor adecuado a la potencia a transmitir. El revestimiento se presenta nervado, en forma de espiga, con el vértice situado en el sentido de la marcha o con surcos romboidales, para elevar el coeficiente de rozamiento y facilitar el desagüe.

### 3.1.2.2 Tambor Conducido

La principal función de este tambor es la de transmitir el movimiento a la banda a través del tensado provocado por el ángulo de abrazamiento de la banda con el mismo, la envoltura no necesita revestimiento, a no ser en casos particulares; el diámetro normalmente es inferior o igual al previsto para el tambor motriz.

### 3.1.2.3 Tambores de desviación y de inflexión

Se emplean para aumentar el ángulo de abrazamiento de la banda. Además, se utilizan también para todas las desviaciones necesarias en presencia de dispositivos de tensión mediante contrapeso, descargadores móviles, etc.

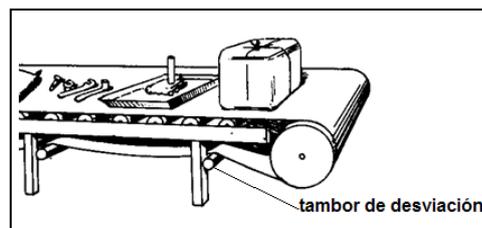


Figura 21. Tambor de desviación

### 3.1.2.4 Rodillos

Sostienen la banda y tienen que garantizar el deslizamiento libre y regular bajo carga.

Son los elementos más importantes de la banda transportadora y representan una parte considerable de su valor global. El funcionamiento correcto de los rodillos es fundamental para garantizar la eficacia y la economía de empleo de la instalación.

Los rodillos representan muy a menudo una parte relevante de la inversión global requerida para la realización de una instalación de cinta transportadora. La elección de rodillos de elevada calidad, que garanticen una vida operativa adecuada, es determinante para el funcionamiento sin interrupciones de marcha de la instalación.

Entre las principales funciones de los rodillos están la de soportar la banda y el material a transportar por la misma en el ramal superior, y soportar la banda en el ramal

inferior, contribuir al centrado de la banda, por razones diversas la banda está sometida a diferentes fuerzas que tienden a descentrarla de su posición recta ideal.

Reviste particular importancia al respecto la eficacia del sistema de sellado, realizado como protección de los rodamientos de los rodillos.

En la construcción del presente proyecto no se ha contemplado la utilización de estos rodillos como soporte para la banda transportadora, debido a que la banda tomaría la forma del arco descrito por el rodillo al entrar en contacto con la superficie interior de la banda, y las placas de fibrocemento al encontrarse en un estado de materia prima fresca copiaría en su superficie dichas irregularidades provocando defectos de fabricación e incluso la posibilidad de que dicha placa sea obsoleta.

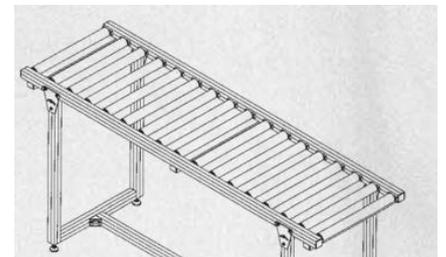


Figura 22. Rodillos

### 3.1.2.5 Tensores

La tensión necesaria para que se adhiera la banda al tambor motriz se mantiene mediante un dispositivo de tensión, que puede ser del tipo de tornillo, de contrapeso o con cabrestante motorizado. El contrapeso determina una tensión constante en la banda, independientemente de las condiciones de funcionamiento. Su peso se dimensiona en el límite mínimo necesario para garantizar el arrastre de la banda, a fin de evitar esfuerzos inútiles.

La carrera prevista para un tensor de contrapeso depende de la deformación elástica a la que está sometida la banda en las diferentes fases de funcionamiento.

La carrera mínima de un tensor no deberá ser inferior al 2% de la distancia entre ejes del transportador para bandas reforzadas con productos textiles, y al 0,5% para bandas reforzadas con elementos metálicos. Los Dispositivos de tensado cumplen las siguientes funciones:

- Lograr el adecuado contacto entre la banda y el tambor motriz.
- Evitar derrames de material en las proximidades de los puntos de carga, motivados por falta de tensión en la banda.
- Compensar las variaciones de longitud producidas en la banda, estas variaciones son debidas a cambios de tensión en la banda.
- Mantener la tensión adecuada en el ramal de retorno durante el arranque.

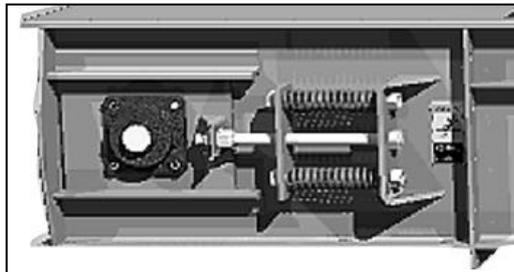


Figura 23. Tensor de Tornillo

### 3.1.2.6 Dispositivos de limpieza

Actualmente, los sistemas de limpieza de las bandas son considerados con una atención particular, tanto porque reducen las intervenciones de mantenimiento en las cintas transportadoras que transportan materiales húmedos y particularmente pegajosos, porque permiten obtener la máxima productividad.

Los dispositivos adoptados son diferentes. Los más difundidos, por la sencillez de su aplicación, son los de cuchillas raspadoras montadas en soportes elásticos de goma.

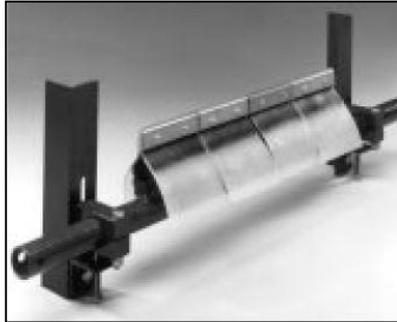


Figura 24. Raspador

## 3.2 PARÁMETROS GEOMÉTRICOS

Dentro de los parámetros geométricos más importantes a tomar en consideración para el diseño de la banda transportadora están el área de posicionamiento de la placa de fibrocemento, la posición y calibración de las herramientas de corte y en general la calibración de los diferentes movimientos realizados a través del desplazamiento de la banda transportadora.

Para entender de una mejor manera más adelante se describen los desplazamientos que realizará la placa en la extensión total de la banda transportadora.

### 3.2.1 Esquema de la unidad

Para comprensión del sistema de la unidad de transporte de las placas planas de fibrocemento, en la Figura 25 se esquematiza la interacción, dentro de la instalación, de la banda transportadora. Se puede apreciar un grupo de componentes que se asocia a los componentes mecánicos de la banda que están en contacto con la placa. Estos son el rodillo laminador, el sistema de corte longitudinal, el sistema de corte transversal y por último el proceso de moldeo.

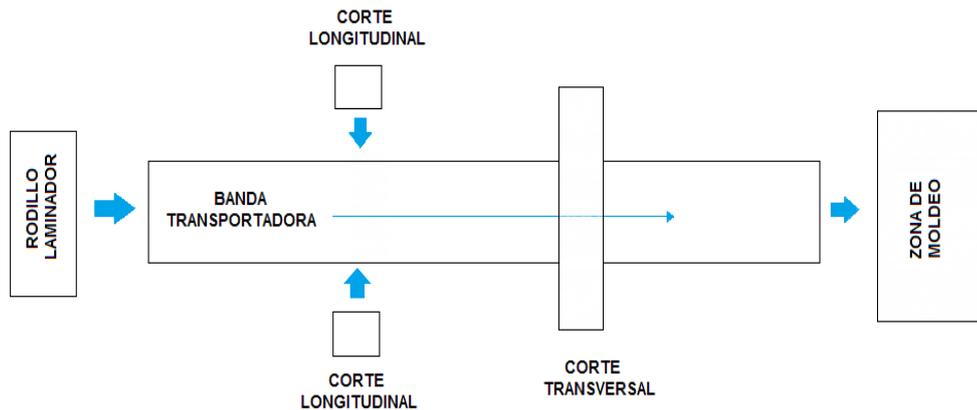


Figura 25. Esquema de la unidad

### 3.2.2 Componentes Mecánicos

En la Figura 26 se aprecia un esquema donde están integrados los principales componentes mecánicos que interactúan directamente con la banda transportadora.

Se puede observar que los componentes mecánicos más importantes están asociados al sistema de tracción de la banda, estos componentes son los motores y motoredutores, el variador, parte de esto son también los rodillos, los cuales se asocian muy bien a la estructura que soporta la banda. Otro componente muy importante, que no es común para todos, pero si existe en cada uno es el sistema de lubricación. Este se puede asociar a un proceso de mantenimiento, dadas las condiciones de operación de una banda (ambiente muy abrasivo), conviene considerarlo como uno de los componentes mecánicos.

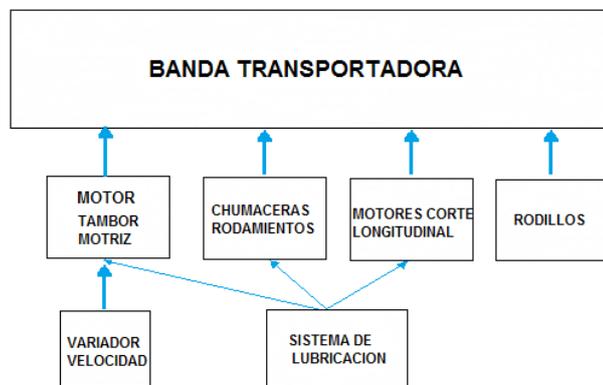


Figura 26. Esquema de interacción de componentes mecánicos

### 3.2.3 Desplazamiento Horizontal de la banda transportadora

El desplazamiento que realizará la banda se dividirá en dos tramos, es decir se requerirá de la construcción de dos bastidores similares por motivos de espacio. El área en bruto de la placa de fibrocemento permite determinar el recorrido total que realizará la banda en su longitud horizontal siendo el detalle el siguiente:

#### 3.2.3.1 Área total de la placa plana de fibrocemento

Las características geométricas de las placas planas de fibrocemento al salir del rodillo de laminación son:

-LARGO: 3800 mm

-ANCHO: 1380 mm

-ESPESOR: 6 mm

En la Figura 27 se muestra la placa plana conocida como P7 siendo esta la considerada para los cálculos. En las secciones correspondientes más adelante se muestran sus características físicas y químicas.

Cabe mencionar que la placa se encuentra en fresco, es decir tal como sale del proceso de laminación.

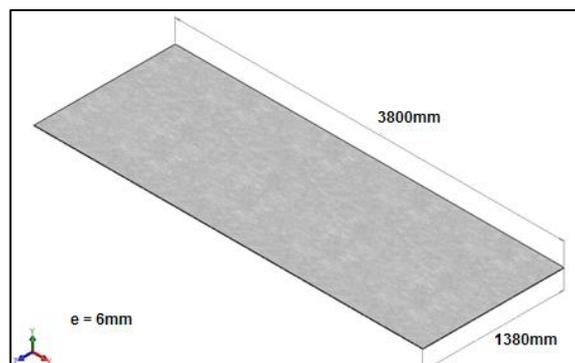


Figura 27. Placa plana de fibrocemento

### 3.2.3.2 Primera posición de la placa sobre la banda

Al salir la placa ya conformada del rodillo laminador se debe extender a lo largo de la banda transportadora en una longitud de 3800 mm como se muestra en la Figura 28.

Una vez ubicada la placa sobre la banda esta avanzará hasta encontrarse con los patines del Sistema de Corte Longitudinal reduciendo el área transversal de la placa de 1380mm a una medida igual a 1100mm, hasta que la placa realice este recorrido se habrá avanzado una distancia aproximada de  $L_1 = 9$  metros haciendo cuenta que sobre la banda transportadora se ubicaran dos placas planas a la vez y separadas entre ellas 1 metro como mínimo.

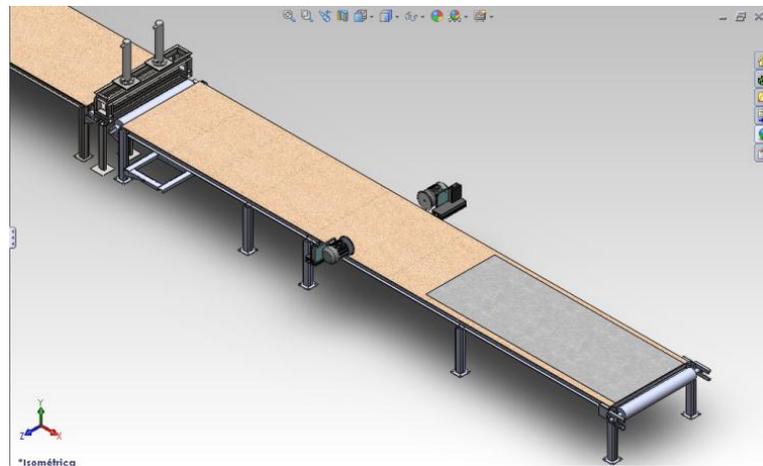


Figura 28. Primera posición

### 3.2.3.3 Segunda posición de la placa sobre la banda

Para la segunda posición la placa plana de fibrocemento se desplaza con una longitud de 3800 mm en esta posición se realiza el segundo proceso de corte que corresponde al Corte Transversal en el cual el área longitudinal de la placa es reducida a una longitud de 3660mm y 1100mm de ancho como se muestra en la figura 29. La placa plana avanzara en dos tiempos, uno para realizar el primer corte en el lado inicial de la placa y el otro para el corte en el lado final. Entonces el recorrido que habrá realizado la placa corresponderá a una distancia aproximada de  $L_2 = 4$  metros.



Figura 29. Segunda Posición

### 3.2.3.4 Tercera posición de la placa sobre la banda

Esta corresponde a la última posición que se realiza sobre la banda transportadora aquí la placa de fibrocemento llega con la misma longitud de corte transversal de 3660mm como se muestra en la Figura 30. En esta posición la placa se ubica libremente sobre la banda con las siguientes medidas:

-LARGO: 3660mm

-ANCHO: 1100mm

-ESPESOR: 6mm

Medidas sobre las cuales luego se realiza el proceso de moldeado.

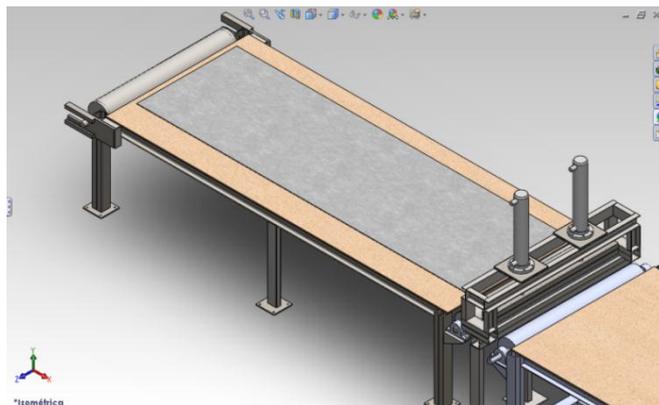


Figura 30. Tercera posición

### **3.3 LONGITUD TOTAL DE LA BANDA TRANSPORTADORA**

La longitud total de la banda corresponde a la suma doble de las longitudes parciales debido a que la banda realiza dos recorridos, uno de ida y el otro de regreso mas una longitud  $L' = 1250\text{mm}$  (asumido) que corresponde a una suma de longitudes debido a holguras entre posiciones correspondientes a los sistemas de cortes y perímetros de los tambores motriz y conducido, por lo tanto se tiene lo siguiente:

$$\begin{aligned}L_t &= 2L_1 + 2L_2 + L' \\L_t &= 2*9000 + 2*4000 + 1250 \\L_t &= 27250 \text{ mm} \approx 28\text{m}\end{aligned}$$

Esta longitud total se la distribuye de la siguiente manera:

#### **3.3.1 Bastidor 1**

El bastidor 1 deberá ser de una longitud igual a 10 metros correspondiente a la distancia entre centros que habrá entre los dos tambores, el motriz y el conducido. Sobre el bastidor 1 irá ubicado sólo el sistema de corte longitudinal por lo que al bastidor le corresponderá una longitud desarrollada de banda transportadora de 20 metros aproximadamente, pero se debe tener en cuenta que la distancia entre centros es variable debido a que la distancia del tambor conducido debe ser regulada por el tensor de tornillo, debiendo aumentar un porcentaje a la longitud total de la banda. Este porcentaje corresponderá a la carrera que tendrá el tensor.

#### **3.3.2 Bastidor 2**

El bastidor 2 deberá ser de una longitud igual a 4 metros correspondiente a la distancia entre centros que habrá entre los dos tambores, el motriz y el conducido. Para este bastidor por lo tanto le corresponderá una longitud de banda desarrollada de 8 metros aproximadamente, como en el caso del bastidor 1 también se deberá tomar en cuenta el porcentaje debido a la carrera del tensor.

### 3.4 PARÁMETROS FÍSICOS

La velocidad de la banda es uno de los parámetros físicos más importantes ya que esta determina la selección de la misma así como también las características técnicas (ancho, número y tipo de telas, calidad y espesor) en relación a los elementos conocidos del transportador.

Entre otros parámetros se tienen la Fuerza de accionamiento en el tambor motriz, la naturaleza del material a transportar (densidad), entre otros.

#### 3.4.1 Velocidad de la Banda

La velocidad máxima de funcionamiento de las cintas transportadoras ha alcanzado límites que eran impensables hasta hace algunos años. Las velocidades más elevadas han permitido incrementar los volúmenes transportados a igualdad de carga, se han reducido las cargas de material por unidad lineal de transportador y, por tanto, los costes de las estructuras de las estaciones portantes y de la banda.

Las características físicas de los materiales a transportar influyen de manera determinante la velocidad de funcionamiento.

Para este caso la velocidad de la banda esta en relación a la velocidad del rodillo de laminación debido a que la placa debe ubicarse sobre la banda mientras está en funcionamiento por lo tanto se deben igualar las velocidades para evitar que la placa se rompa al momento de ser arrastrada, entonces para los cálculos necesarios se debe tomar la velocidad lineal del rodillo.

- $v_{\text{banda}} = v_{\text{lineal rodillo}} = \text{Velocidad de la periferia del rodillo}$
- Velocidad Lineal del rodillo: 25 m/min (0.416m/seg)

TABLA II. VELOCIDADES MÁXIMAS ACONSEJABLES [2]

Tamaño dimensiones máximas		Banda ancho mín mm	velocidad max			
uniforme hasta mm	mixto hasta mm		A m/s	B	C	D
50	100	400	2.5	2.3	2	1.65
75	150	500				
125	200	650	3	2.75	2.38	2
170	300	800	3.5	3.2	2.75	2.35
250	400	1000	4	3.65	3.15	2.65
350	500	1200				
400	600	1400	4.5	4	3.5	3
450	650	1600				
500	700	1800	5	4.5	3.5	3
550	750	2000				
600	800	2200	6	5	4.5	4

Fuente: Componentes para el transporte por banda Rulmeca S.p.A

**A** - materiales ligeros deslizables, no abrasivos, peso específico de 500÷1000 Kg/m<sup>3</sup>

**B** - materiales no abrasivos de tamaño medio, peso específico de 1000÷1500 Kg/m<sup>3</sup>

**C** - materiales medianamente abrasivos y pesados, peso específico de 1500÷2000 Kg/m<sup>3</sup>

**D** - materiales abrasivos, pesados y cortantes > 2000 Kg/m<sup>3</sup>

### 3.4.2 Densidad de las placas planas de fibrocemento

Las características de la placa plana de fibrocemento son adquiridas a través de pruebas directamente en el laboratorio de la empresa Tubasec, estas pruebas se realizan para diferentes tipos de placas y en diferentes turnos de producción, permitiendo obtener datos de densidad, humedad, entre otros. En el Anexo 1 se muestra una hoja de Control.

## 3.5 PARÁMETROS FUNCIONALES

La banda transportadora proyectada debe cubrir de manera eficiente los procesos de corte que intervienen en el ciclo de transporte. La precisión de los cortes dependerá en gran medida de la calibración del equipo por parte del operario. Se consideran como parámetros funcionales los requerimientos observados en el proceso, como son: el corte transversal de la placa de fibrocemento sobre el rodillo laminador, el posicionamiento

de la placa en bruto sobre la banda transportadora para empezar los procesos de corte, proceso de corte longitudinal de la placa, proceso de corte transversal de la placa, salida de la placa cortada y moldeo de la placa, tal como se ilustra en la figura 31.

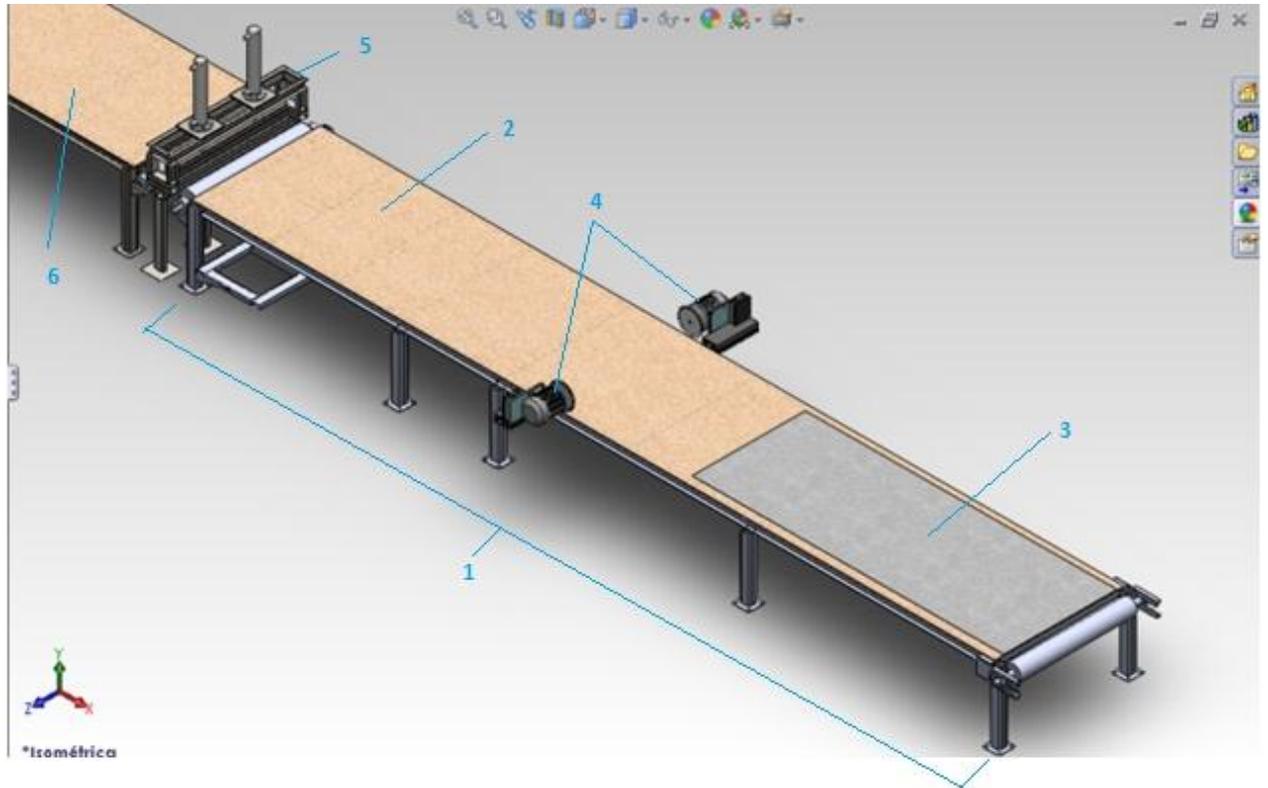


Figura 31. Esquema general del sistema de transporte y corte

Donde:

1. Bastidor.
2. Banda transportadora.
3. Placa de fibrocemento.
4. Sistema de corte longitudinal por discos.
5. Sistema de corte transversal por guillotina.
6. Zona de moldeo de la placa de fibrocemento.

Para esto las funciones deben ser realizadas eficientemente por medio de un sistema que permita optimizar todo el proceso, el mismo que se detalla a continuación:

### **3.5.1 Corte transversal de la placa de fibrocemento sobre el rodillo laminador**

Una vez que la placa se encuentra conformada alrededor del rodillo laminador, es decir cuando ha alcanzado un espesor de 6mm, el sistema de conformación se detiene automáticamente y de inmediato la placa es cortada transversalmente sobre el rodillo por un operario con la ayuda de una sierra neumática.

### **3.5.2 Posicionamiento de la placa sobre la banda transportadora**

Luego de ser cortada la placa es separada y colocada sobre la banda transportadora la cual debe encontrarse a la misma velocidad del rodillo para que sea retirada sin sufrir deformación o rotura. La banda avanza hasta la primera posición transportando la placa, de esta manera se va ubicando para proceder con el primer proceso de corte longitudinal.

### **3.5.3 Proceso de corte longitudinal de la placa**

La placa avanza arrastrada por la banda transportadora hasta encontrarse con dos discos ubicados sobre el bastidor de la banda transportadora que esperan a su paso, estos reciben la placa con la ayuda de patines ubicados estratégicamente y la dirigen hacia el corte mientras la placa sigue su trayectoria.

### **3.5.4 Proceso De Corte Transversal De La Placa**

La placa cortada avanza cierta distancia y luego se detiene al ser detectada por un sensor de proximidad el cual permite que la placa se ubique a una medida previamente calibrada en la que se realiza el proceso de corte el cual consiste en el desplazamiento vertical de una guillotina sobre la placa, en esta posición bajo la placa se encuentra

ubicada en el bastidor de la guillotina una barra de grilón<sup>2</sup> la cual sirve de apoyo para la presión que ejerce la cuchilla al momento de cortar la placa. Realizado el primer corte la placa avanza y nuevamente se detiene esta vez con la ayuda de un encoder<sup>3</sup>, entonces se realiza un segundo corte y la placa culmina con el proceso de corte.

### **3.5.5 Salida de la Placa cortada**

Una vez que la placa está cortada a la medida deseada se ubica al final de la banda y se encuentra lista para proceder con el proceso de moldeado.

## **3.6 DIMENSIONAMIENTO DE ELEMENTOS**

Como primera etapa de dimensionamiento, los cálculos son la base en el diseño de la banda transportadora luego se analizará el diseño de los sistemas de corte.

### **3.6.1 Criterios de diseño para la banda transportadora [2]**

La elección del sistema de transporte óptimo, su correcto diseño, su utilización racional, depende del conocimiento de las características constructivas y del comportamiento bajo carga de todos los componentes del propio sistema.

Los factores principales que influyen en el dimensionado de una cinta transportadora son: la capacidad de transporte requerida, la granulometría, las características fisicoquímicas del material a transportar y el perfil altimétrico del recorrido.

A continuación se redactan los criterios utilizados para determinar la velocidad y el ancho de la banda, para elegir la configuración de las estaciones, el tipo de rodillos a utilizar y el dimensionamiento de los tambores.

---

<sup>2</sup>GRILÓN.- Termoplástico técnico o de ingeniería obtenido a partir de poliamida de uso corriente por sus excelentes propiedades mecánicas, eléctricas, térmicas, químicas y la posibilidad de ser modificado con aditivos.

<sup>3</sup> ENCODER.- Codificador rotatorio electromecánico usado para convertir la posición angular de un eje a un código digital.

### 3.6.1.1 Material a transportar

El diseño correcto de una cinta transportadora empieza con la evaluación de las características del material a transportar, en particular del ángulo de reposo y del ángulo de sobrecarga.

En este caso el material a transportar corresponde a placas de fibrocemento, a continuación se detallan sus características físicas y mecánicas<sup>4</sup>.

<b>CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LAS PLANCHAS PLANAS DE FIBROCEMENTO</b>			
Referencia: INN - NCh 186/1			
Característica	Condición		
Densidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>La densidad de las planchas de fibrocemento Clase A debe ser mayor o igual a 1.200 kg/m<sup>3</sup>.</li> <li>Para las planchas de fibrocemento Clase B, el fabricante debe especificar la densidad de su producto y certificarlo mediante un laboratorio autorizado.</li> <li>El ensayo se realiza de acuerdo al procedimiento descrito en NCh 1909, cláusula 6.</li> </ul>		
Resistencia a la flexión (valores mínimos)	Clase	Sentido paralelo a la dirección de las fibras, N/mm <sup>2</sup> (kgf/cm <sup>2</sup> )	Sentido perpendicular a la dirección de las fibras, N/mm <sup>2</sup> (kgf/cm <sup>2</sup> )
	A	13,0 (130)	20,0 (200)
	B	13,0 (130)	20,0 (200)
<b>NOTAS</b>			
Se considera 1 N/mm <sup>2</sup> = 10 kgf/cm <sup>2</sup> (Referencia NCh 186/1)			
Cuando sea difícil identificar la dirección de las fibras, el valor de la resistencia a la flexión se determina en ambos sentidos; se considera que el menor valor obtenido debe ser mayor o igual que el indicado para la carga paralela a la dirección de las fibras, y el valor mayor debe ser mayor o igual que el indicado para la carga perpendicular a la dirección de las fibras.			

Figura 32. Características Físicas y Mecánicas

Para el diseño propuesto se hace uso de las propiedades de una placa plana de fibrocemento denominada P7 de la empresa TUBASEC, detallada en el Anexo 1.

El material transportado sobre una banda se configura en su sección como se muestra en la Figura 33, el área de la sección del material transportado “S” se lo puede calcular geoméricamente obteniendo el área de un rectángulo.

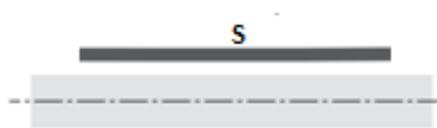


Figura 33. Área del material transportado “S”

<sup>4</sup> <http://materiales.cdt.cl>. Revista BiT Scanner Tecnológico-Placas Planas de Fibrocemento- Marzo 2005

### **Cálculo:**

Para el caso de las placas el área que interesa para el cálculo del material transportado corresponde a una sola ya que la geometría de la placa es plana por lo tanto el área será:

$$\begin{aligned} S &= a * b & (1) \\ S &= (3.8\text{m})*(1.38\text{m}) \\ S &= 5.24 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

#### **3.6.1.2 Capacidad de transporte volumétrica**

La capacidad de transporte de la banda viene dada por:

$$I_M = \frac{I_V}{q_s} \text{ [m}^3/\text{h]} \quad (2)$$

Donde:

$I_V$  = capacidad de transporte de la banda (t/h)

$q_s$  = peso específico del material (t/m<sup>3</sup>)

### **Cálculo:**

Para una capacidad de transporte  $I_V$  requerida de 100 t/h

$$\begin{aligned} I_M &= \frac{100}{1,82} \\ I_M &= 54.95 \text{ m}^3/\text{h} \end{aligned}$$

#### **3.6.1.3 Capacidad de transporte teórica volumétrica**

Esta capacidad está determinada para una velocidad de 1m/s y está dada por:

$$I_{VT} = \frac{I_M}{v} \quad [m^3/h] \quad (3)$$

**Cálculo:**

$$I_{VT} = \frac{54.95}{1}$$

$$I_{VT} = 54.95 \text{ m}^3/\text{h}$$

### 3.6.1.4 Ancho de la Banda

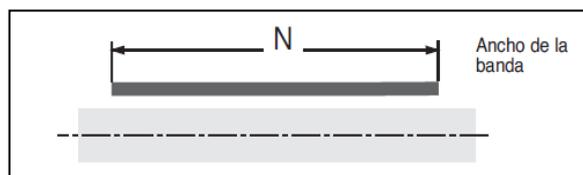


Figura 34. Ancho de la Banda

El ancho de la banda esta en relación al ancho mayor de la placa de fibrocemento producida que viene a ser de 1380mm, por lo tanto nos basamos en el cálculo para una banda normalizada<sup>5</sup> de N=1400mm de ancho.

ANCHOS DE BANDAS NORMALIZADOS												
300	400	500	600	650	800	1.000	1.200	1.400	1.600	1.800	2.000	2.200

### 3.6.1.5 Configuración de las estaciones, paso y distancias de transición[2][11]

#### Configuración

Se define como estación la combinación de los rodillos con el correspondiente bastidor de soporte fijo Fig. 35; la estación también se puede suspender en forma de guirnalda. Se distinguen dos tipos de estación base: las portantes de ida, que sostienen la banda cargada, y las inferiores, que sostienen la banda vacía en el tramo de retorno.

<sup>5</sup> [http://www.kauman.com/es/products/bt\\_datostecnicos\\_es.asp](http://www.kauman.com/es/products/bt_datostecnicos_es.asp)

Las estaciones de ida fijas forman generalmente dos configuraciones:

- con uno o dos rodillos planos
- con dos, tres o más rodillos en artesa.

Las estaciones de retorno pueden ser:

- con uno o dos rodillos
- en artesa con dos rodillos.

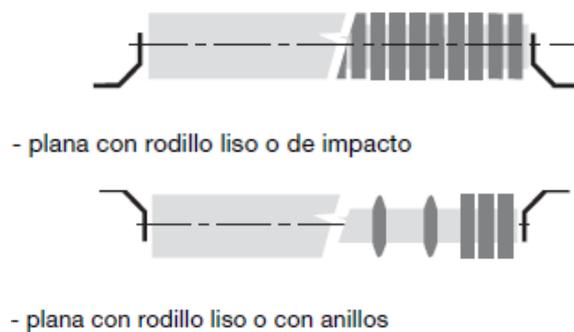


Figura 35. Estaciones fijas de ida y de retorno

### 3.6.1.6 Paso de las estaciones

En las bandas transportadoras el paso ( $a_o$ ) más usado normalmente para las estaciones de ida es de un metro, mientras que para el retorno es de tres metros ( $a_u$ ). La flecha de flexión de la banda, entre dos estaciones portantes consecutivas, no tiene que superar el 2% del paso. Una flecha de flexión mayor genera, durante la carga, salidas de material desde la banda y excesivos rozamientos debidos a las deformaciones de la masa del material transportado. Esto origina no sólo trabajo o absorción de potencia superiores, sino también anómalos esfuerzos de los rodillos, así como un desgaste prematuro de la cubierta de la banda.

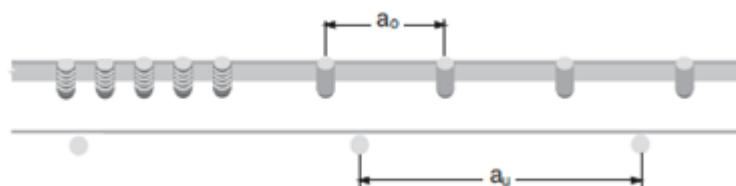


Figura 36. Paso de las estaciones

En la Tabla III se propone de todos modos el paso máximo aconsejable de las estaciones en funcionamiento, del ancho de la banda y del paso específico del material para mantener la flecha de flexión de la banda dentro de los límites indicados. Además, el paso puede ser limitado también por la capacidad de carga de los rodillos mismos.

TABLA III. PASO MÁXIMO ACONSEJABLE PARA ESTACIONES

Ancho banda  m	Paso de las estaciones			retorno  m
	ida	peso específico del material a transportar t/m <sup>3</sup>		
		< 1.2 m	1.2 ÷ 2.0 m	
300	1.65	1.50	1.40	3.0
400				
500				
650				
800	1.50	1.35	1.25	3.0
1000	1.35	1.20	1.10	3.0
1200	1.20	1.00	0.80	3.0
1400				
1600				
1800				
2000	1.00	0.80	0.70	3.0
2200				

Fuente: Componentes para el transporte por banda Rulmeca S.p.A

### 3.6.1.7 Elección del diámetro de los rodillos en relación con la velocidad

Uno de los factores importantes a considerar en el diseño de una cinta transportadora es la velocidad de traslación de la banda en relación con las condiciones de transporte requeridas. Con la velocidad de la banda y el diámetro de los rodillos se establece el número de revoluciones de los mismos según la fórmula:

$$n = \frac{v * 1000 * 60}{D * \pi} [rpm] \quad (4)$$

Donde:

$v$  = velocidad de la banda en (m/s)

$D$  = diámetro del rodillo en (mm)

La Tabla IV incluye la relación existente entre la velocidad máxima de la banda, el diámetro del rodillo y el correspondiente número de revoluciones. Al elegir el rodillo es interesante notar que, aunque los rodillos con diámetros mayores comportan una mayor inercia al arranque, estos proporcionan, con las mismas condiciones, muchas ventajas como: menor número de revoluciones, menos desgaste de los rodamientos y de la envoltura, rozamientos de rodamiento más bajos y limitada abrasión entre rodillos y banda.

TABLA IV. VELOCIDAD Y NÚMERO DE REVOLUCIONES PARA RODILLOS

Rodillo diámetro mm	Velocidad de la banda m/s	Revolucio- nes/min n
50	1.5	573
63	2.0	606
76	2.5	628
89	3.0	644
102	3.5	655
108	4.0	707
133	5.0	718
159	6.0	720
194	7.0	689

Fuente: Componentes para el transporte por banda Rulmecca S.p.A

La elección correcta del diámetro tiene que considerar, además, el ancho de la banda, en la Tabla V se indican los diámetros de los rodillos aconsejables.

TABLA V. DIÁMETRO DE LOS RODILLOS ACONSEJADO

Ancho banda mm	Para velocidad $\leq 2$ m/s			$2 \div 4$ m/s			$\geq 4$ m/s		
	Ø rodillos mm			Ø rodillos mm			Ø rodillos mm		
500	89			89					
650	89			89	108				
800	89	108		89	108	133	133		
1000	108	133		108	133	159	133	159	
1200	108	133		108	133	159	133	159	
1400	133	159		133	159		133	159	
1600	133	159		133	159	194	133	159	194
1800	159	159	194	159	194				
2000	159	194		159	194		159	194	
2200 e oltre	194			194			194		

Fuente: Componentes para el transporte por banda Rulmecca S.p.A

### 3.6.1.8 Elección en relación con la carga

El primer valor a definir es la carga que gravita sobre la estación. A continuación, en función del tipo de estación (ida, retorno o impacto), del número de rodillos por estación, de su inclinación, del tamaño del material y de los demás factores de funcionamiento enumerados más abajo, se podrá determinar la carga que existe sobre el rodillo sometido a mayor esfuerzo para cada tipo de estación.

Existen además algunos coeficientes correctores que tienen en cuenta el número de horas diarias de funcionamiento de la instalación (factor de servicio), de las condiciones ambientales y de la velocidad para los diferentes diámetros de rodillos. Los valores de capacidad de transporte así obtenidos se tienen que comparar, por tanto, con las capacidades de carga de los rodillos indicadas en el catálogo, válidas para una duración de diseño de 30.000 horas.

Factores de funcionamiento principales:

**Iv** = capacidad de transporte de la banda (t/h)

**v** = velocidad de la banda (m/s)

**a<sub>o</sub>** = paso de las estaciones de ida (m)

**a<sub>u</sub>** = paso de las estaciones de retorno (m)

**qb** = peso de la banda por metro lineal (Kg/m)

**Fp** = factor de participación del rodillo sometido a mayor esfuerzo véase Tabla VI

**Fd** = factor de choque véase Tabla VII. (depende del tamaño del material)

**Fs** = factor de servicio véase Tabla VIII

**Fm** = factor ambiental véase Tabla IX

**Fv** = factor de velocidad véase Tabla X

TABLA VI. FACTOR DE PARTICIPACIÓN

0°	20°	20°	30°	35°	45°
					
1.00	0.50	0.60	0.65	0.67	0.72

**TABLA VII. FACTOR DE CHOQUE**

Tamaño del material	Velocidad de la banda m/s						
	2	2.5	3	3.5	4	5	6
0 ÷ 100 mm	1	1	1	1	1	1	1
100 ÷ 150 mm	1.02	1.03	1.05	1.07	1.09	1.13	1.18
150 ÷ 300 mm en estrato de material fino	1.04	1.06	1.09	1.12	1.16	1.24	1.33
150 ÷ 300 mm sine estrato de material	1.06	1.09	1.12	1.16	1.21	1.35	1.5
300 ÷ 450 mm	1.2	1.32	1.5	1.7	1.9	2.3	2.8

Fuente: Componentes para el transporte por banda Rulmeca S.p.A

**TABLA VIII. FACTOR DE SERVICIO AMBIENTAL**

Duración	Fs
Menos de 6 horas al día	0.8
De 6 a 9 horas al día	1.0
De 10 a 16 horas al día	1.1
Más de 16 horas al día	1.2

**TABLA IX. FACTOR**

Condiciones	Fm
Limpio y con mantenimiento regular	0.9
Con presencia de material abrasivo o muy corrosivo	1.0
Con presencia de material muy abrasivo o corrosivo	1.1

**TABLA X. FACTOR DE VELOCIDAD**

Velocidad banda m/s	Diámetro de los rodillos mm						
	60	76	89-90	102	108-110	133-140	159
0.5	0.81	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
1.0	0.92	0.87	0.85	0.83	0.82	0.80	0.80
1.5	0.99	0.99	0.92	0.89	0.88	0.85	0.82
2.0	1.05	1.00	0.96	0.95	0.94	0.90	0.86
2.5			1.01	0.98	0.97	0.93	0.91
3.0			1.05	1.03	1.01	0.96	0.92
3.5					1.04	1.00	0.96
4.0					1.07	1.03	0.99
4.5					1.14	1.05	1.02
5.0					1.17	1.08	1.0

Fuente: Componentes para el transporte por banda Rulmeca S.p.A

### 3.6.1.9 Determinación de la carga

Una vez definido el diámetro del rodillo en relación con la velocidad y con el número de revoluciones, hay que determinar la carga estática en las estaciones de ida, que se determina con las siguientes fórmulas:

$$Ca = a_o * \left( q_b + \frac{lv}{3.6*lv} \right) * 0.981 [dN] \quad (5)$$

Multiplicando luego por los factores de funcionamiento, obtendremos la carga dinámica en la estación:

$$Ca_1 = Ca * Fd * Fs * Fm [dN] \quad (6)$$

Multiplicando luego por el factor de participación, se obtendrá la carga sobre el rodillo sometido a mayor esfuerzo (rodillo central en el caso de estaciones con tres rodillos de igual longitud):

$$ca = Ca_1 * Fp [dN] \quad (7)$$

La carga estática en las estaciones de retorno, al no estar presente el peso del material, se determina con la siguiente fórmula:

$$Cr = a_u * q_b * 0,981 [dN] \quad (8)$$

La carga dinámica en la estación de retorno será:

$$Cr_1 = Cr * Fs * Fm * Fv [dN] \quad (9)$$

Y la carga en el rodillo de retorno, individual o por pareja, será:

$$cr = Cr_1 * Fp [dN] \quad (10)$$

Una vez establecidos los valores de “ca” y “cr”, se buscarán en el catálogo los rodillos (con las tablas detalladas anteriormente) que tengan una capacidad de carga suficiente.

#### **3.6.1.10 Cálculo de la elección de los rodillos**

Para el tramo de ida no se usan rodillos sino que se hace el uso de placas planas secas de fibrocemento de (1210 x 1560 x14) mm, las mismas que han sido usadas en otro tipo de instalaciones de sistemas de bandas transportadoras obteniéndose buenos resultados. El paso de las estaciones se elige en función de la flexión de la banda entre dos estaciones portantes consecutivas.

La Tabla III permite determinar el paso máximo de las estaciones, en función del ancho de la banda y del peso específico del material a transportar. Habrá que controlar luego que la flecha no supere el 2% del paso. Una flecha de flexión mayor originaría durante el movimiento de la banda deformaciones de la masa del material, y por tanto rozamientos más elevados.

Esto determinaría un mayor trabajo: por tanto una mayor absorción de potencia, esfuerzos anómalos tanto por parte de los rodillos como de la banda así como un desgaste prematuro de su revestimiento.

En este diseño, dado un ancho de la banda de 1400 mm con peso específico del material 1,82 t/m<sup>3</sup>, la tabla indica que:

- para las estaciones de retorno el paso aconsejado es de  $a_u = 3$  m.

De la Tabla V con una banda de 1400 mm y una velocidad de 1 m/seg elegimos rodillos con un diámetro de 133 mm.

Se determina ahora la carga que gravita sobre los rodillos de retorno. Suponiendo que se utiliza una banda con clase de resistencia igual a 1250 N/mm, con revestimiento de espesor 4 + 2 que da un valor  $q_b$  de 16.2 Kg/m, tendremos:

- Para los rodillos de retorno la carga estática será:

$$C_r = 3 * 16.2 * 0.981 = 47.67 \text{ (dN)}$$

- La carga dinámica será:

$$C_{r1} = 47.67 * 1.2 * 1.1 * 0.8 = 50.34 \text{ (dN)}$$

- Eligiendo la estación de retorno tendremos que la carga sobre el rodillo de retorno será:

$$c_r = 50.34 * 1 = 50.34 \text{ (dN)}$$

- Luego se puede elegir para una banda de 1400 mm los rodillos de retorno:  
Rodillos para la retorno tipo **PSV/1-20 F\*-133N- 1608**, Ø 133 mm, con rodamiento 6204 de longitud C = 1608 mm con una capacidad de carga de 71 kg que cumple con la capacidad de transporte requerida de 50.34 kg. Ver (Anexo 15).

- El número de revoluciones será:

$$n = \frac{v * 1000 * 60}{D * \pi} \text{ [rpm]}$$

Donde:

**v** = velocidad de la banda en (m/s)

**D** = diámetro del rodillo en (mm)

$$n = \frac{1 \frac{m}{s} * 1000 * 60}{133 \text{ mm} * \pi} = 143.6 \text{ rpm}$$

### 3.6.1.11 Esfuerzo Tangencial Fu. [2]

Los esfuerzos a los que está sometida la banda transportadora en funcionamiento varían a lo largo de su recorrido.

El primer cálculo a realizarse corresponde al esfuerzo tangencial  $F_u$  en la periferia del tambor motriz, el esfuerzo tangencial motriz tiene que vencer todas las resistencias que se oponen al movimiento y esta dado por:

$$F_u = [L \times C_q \times C_t \times f (2 q_b + q_G + q_{RU} + q_{RO}) \pm (q_G \times H)] \times 0.981 \quad [dN] \quad (11)$$

Donde:

$L$  = Distancia entre ejes del transportador (m)

$C_q$  = Coeficiente de las resistencias fijas (accesorios banda), véase Tabla XI

$C_t$  = Coeficiente resistencias pasivas, véase Tabla XII

$f$  = Coeficiente de rozamiento interior de las partes giratorias (estaciones), véase Tabla XIII

$q_b$  = Peso de la banda por metro lineal en Kg/m, véase Tabla XIV (suma de los revestimientos y del peso del núcleo)

$q_G$  = Peso material transportado por metro lineal Kg/m

$q_{RU}$  = Peso partes giratorias inferiores, en Kg/m

$q_{RO}$  = Peso partes giratorias superiores, Kg/m

$H$  = Desnivel de la cinta transportadora.

### 3.6.1.12 Resistencias Fijas y Pasivas

Las resistencias fijas y pasivas se expresan mediante coeficientes proporcionales a la longitud de la cinta transportadora, a la temperatura ambiente, a la velocidad, al tipo de mantenimiento, a la limpieza y a la fluidez, al rozamiento interior de la banda transportadora.

En las tablas siguientes se muestran algunos valores de  $C_q$  para diferentes distancias entre ejes así como también los valores de  $C_t$  para diferentes valores de temperatura ambiente y los valores de  $f$  para diferentes valores de velocidad.

**TABLA XI. COEFICIENTE DE LAS RESISTENCIAS FIJAS**

Distancia entre ejes m	Cq
10	4.5
20	3.2
30	2.6
40	2.2
50	2.1
60	2.0
80	1.8
100	1.7
150	1.5
200	1.4
250	1.3
300	1.2
400	1.1
500	1.05
1000	1.03

Fuente: Componentes para el transporte por banda Rulmecca S.p.A

**TABLA XII. COEFICIENTE DE LAS RESISTENCIAS PASIVAS**

Tab. 8 - Coeficiente de las resistencias pasivas debidas a la temperatura							
Temperatura °C	+ 20°	+ 10°	0	- 10°	- 20°	- 30°	
Factor Ct	1	1,01	1,04	1,10	1,16	1,27	

Fuente: Componentes para el transporte por banda Rulmecca S.p.A

**TABLA XIII. COEFICIENTE DE ROZAMIENTO INTERIOR**

Tab. 9 - Coeficiente de rozamiento interior f del material y de los elementos giratorios							
Cintas transportadoras horizontales, ascendentes o ligeramente descendentes	velocidad m/s						
	1	2	3	4	5	6	
Elementos giratorios y material con rozamientos interiores estándares	0,0160	0,0165	0,0170	0,0180	0,0200	0,0220	
Elementos giratorios y material con rozamientos interiores altos en condiciones de trabajo difíciles	da 0,023 a 0,027						
Elementos giratorios de cintas transportadoras descendentes con motor freno y/o generador	da 0,012 a 0,016						

Fuente: Componentes para el transporte por banda Rulmecca S.p.A

### 3.6.1.13 Peso de la banda por metro lineal $q_b$

El peso total de la banda  $q_b$  se puede determinar sumándole al peso del núcleo de la banda, el del revestimiento superior e inferior, es decir aproximadamente  $1.15 \text{ Kg/m}^2$  por cada milímetro de espesor del revestimiento.

TABLA XIV. PESO DEL NÚCLEO DE LA BANDA

Tab. 10 - Peso del núcleo de la banda $q_{bn}$		
Carga de rotura de la banda N/mm	Banda reforzada con productos textiles (EP) Kg/m <sup>2</sup>	Con elementos metálicos Steel Cord (ST) Kg/m <sup>2</sup>
200	2.0	-
250	2.4	-
315	3.0	-
400	3.4	-
500	4.6	5.5
630	5.4	6.0
800	6.6	8.5
1000	7.6	9.5
1250	9.3	10.4
1600	-	13.5
2000	-	14.8
2500	-	18.6
3150	-	23.4

Fuente: Componentes para el transporte por banda Rulmeca S.p.A

### 3.6.1.14 Cantidad de material transportado por metro lineal

La cantidad de material por metro lineal que se transporta sobre la banda esta dado por la siguiente relación:

$$qG = \frac{Iv}{3.6 * v} \quad [\text{Kg/m}] \quad (12)$$

Donde:

$Iv$  = capacidad de transporte de la banda (t/h)

$v$  = velocidad de la banda (m/s)

### 3.6.1.15 Peso de las partes giratorias de los rodillos de las estaciones.

En la Tabla XV se indican los pesos aproximados de las partes giratorias de una estación superior de tres rodillos y de una estación inferior plana.

El peso de las partes giratorias superiores  $q_{RO}$  está dado por:

$$q_{RO} = \frac{P_{prs}}{a_o} \text{ Kg/m} \quad (13)$$

Donde:

**Pprs** = peso de las partes giratorias superiores

**ao** = paso estaciones de ida

El peso de las partes giratorias inferiores está dado por:

$$q_{RU} = \frac{P_{pri}}{a_u} \text{ Kg/m} \quad (14)$$

Donde:

**Ppri** = peso de las partes giratorias inferiores

**au** = paso estaciones de retorno

TABLA XV. PESO DE LAS PARTES GIRATORIAS SUPERIORES E INFERIORES

Tab.11 - Peso de las partes giratorias de los rodillos de las estaciones (sup/inf)										
Ancho banda mm	Diámetro rodillos mm									
	89		108		133		159		194	
	Pprs	Ppri	Pprs	Ppri	Pprs	Ppri	Pprs	Ppri	Pprs	Ppri
	Kg									
400	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
500	5.1	3.7	—	—	—	—	—	—	—	—
650	9.1	6.5	—	—	—	—	—	—	—	—
800	10.4	7.8	16.0	11.4	—	—	—	—	—	—
1000	11.7	9.1	17.8	13.3	23.5	17.5	—	—	—	—
1200	—	—	20.3	15.7	26.7	20.7	—	—	—	—
1400	—	—	—	—	29.2	23.2	—	—	—	—
1600	—	—	—	—	31.8	25.8	—	—	—	—
1800	—	—	—	—	—	—	47.2	38.7	70.5	55.5
2000	—	—	—	—	—	—	50.8	42.2	75.3	60.1
2200	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Fuente: Componentes para el transporte por banda Rulmeca S.p.A

### **Cálculos:**

Los datos necesarios para el cálculo del esfuerzo tangencial se obtienen de las diferentes tablas y de medidas reales tomadas del proyecto y se detallan a continuación:

#### **Para el bastidor 1**

$$L = 10.4\text{m}$$

$$Cq = 4.5$$

$$Ct = 1$$

$$f = 0.027 \quad (\text{para condiciones de trabajo difíciles})$$

$$q_b = 9.3 + (1.15 \cdot 6) = 16.2 \text{ Kg/m} \quad (\text{para una carga de rotura de } 1250\text{N/mm} \text{ y un revestimiento de } 6 \text{ mm})$$

$$q_G = 66.77 \text{ Kg/m} \cdot 2 = 133.54 \text{ Kg/m} \quad (\text{suponiendo } q \text{ sobre la banda van a estar dos placas})$$

$$q_{RO} = 0 \quad (\text{no hay partes giratorias superiores})$$

$$q_{RU} = 7.73 \text{ Kg/m}$$

$$H = 0 \quad (\text{no hay desnivel})$$

Remplazando datos el valor del esfuerzo tangencial es:

$$F_u = 2153 \text{ (N)}$$

#### **Para el bastidor 2**

En el bastidor 2 los datos que difieren son los siguientes:

$$L = 4.012\text{m}$$

$$q_{RO} = 0 \quad (\text{no hay partes giratorias superiores})$$

$$q_{RU} = 7.73 \text{ Kg/m}$$

$$H = 0 \quad (\text{no hay desnivel})$$

Remplazando datos el valor del esfuerzo tangencial es:

$$F_u = 832 \text{ (N)}$$

### 3.6.1.16 Potencia Motriz

Con el esfuerzo tangencial en la periferia del tambor determinado, la velocidad de la banda y el rendimiento  $\eta$  del reductor, la potencia mínima del motor está dada por:

$$P = \frac{F_u * v}{100 * \eta} [Kw] \quad (15)$$

#### Cálculo:

Hipotéticamente para un rendimiento del motor eléctrico y de eventuales transmisiones se tiene un rendimiento  $\eta$  entre (80-90%), y tomando el mayor esfuerzo tangencial; entonces la potencia para el motor será:

$$\eta = 0.8$$

$$P = \frac{F_u * v}{100 * \eta} [Kw]$$

$$P = \frac{215,3 * 1}{100 * 0,8}$$

$$P = 2.7 \text{ Kw}$$

Siendo 1 HP= 0,746 Kw; la potencia motriz es:

$$P = 3.6 \text{ HP}$$

### 3.6.1.17 Tensiones en la Banda $T_1$ y $T_2$

El esfuerzo tangencial  $F_u$  en la periferia del tambor motriz corresponde a la diferencia de las tensiones  $T_1$  (lado tenso) y  $T_2$  (lado lento). Esto se deriva del par motriz necesario para que se mueva la banda y transmitido por el motor. Las tensiones se muestran en la figura 37.

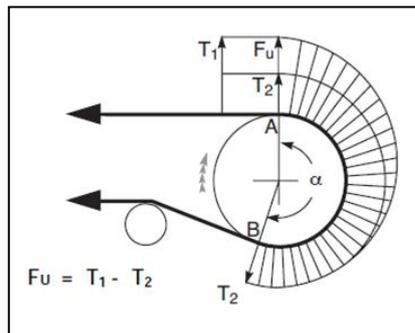


Figura 37. Tensiones  $T_1$  y  $T_2$

Entre  $T_1$  y  $T_2$  subsiste la relación:

$$\frac{T_1}{T_2} \leq e^{Cw} \quad (\text{Ecuación de Euler-Eytelwein})$$

Donde:

$Cw$  = coeficiente de rozamiento entre banda y tambor, dado un ángulo de abrazamiento  
 $e$  = base de los logaritmos naturales (2.718)

El signo igual define la condición límite de adherencia. Si la relación  $T_1/T_2$  se vuelve  $>e^{Cw}$ , la banda patina en el tambor motriz sin que se transmita el movimiento.

De las relaciones antedichas se obtiene:

$$T_1 = F_u + T_2 \quad (16)$$

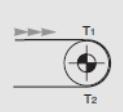
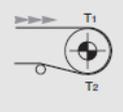
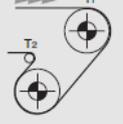
$$T_2 = Fu * Cw \quad (17)$$

Donde:

**Cw** = factor de abrazamiento. Véase Tabla XVI

**TABLA XVI. FACTOR DE ABRAZAMIENTO**

*Tab. 12 - Factor de abrazamiento Cw*

Tipo de motorización	Ángulo de abrazamiento $\alpha$	tensor de contrapeso tambor		tensor de tornillo tambor	
		sin revestimiento	con revestimiento	sin revestimiento	con revestimiento
	180°	0.84	0.50	1.2	0.8
	200°	0.72	0.42	1.00	0.75
	210°	0.66	0.38	0.95	0.70
	220°	0.62	0.35	0.90	0.65
	240°	0.54	0.30	0.80	0.60
	380°	0.23	0.11	-	-
	420°	0.18	0.08	-	-

Fuente: Componentes para el transporte por banda Rulmecca S.p.A

### 3.6.1.18 Tensión $T_3$

Con  $T_1$  y  $T_2$  definidos queda por determinar  $T_3$  que se genera al acercarse al contratambor como se muestra en la figura 38, esta tensión viene dada por la suma algebraica de la tensión  $T_2$  y de los esfuerzos tangenciales  $Fr$  correspondiente a cada uno de los tramos de retorno de la banda y está dada por:

$$T_3 = T_2 + (Fr_1 + Fr_2 + Fr_3 \dots) \text{ [dN]} \quad (18)$$

$$Fr = [L \times Cq \times Ct \times f(qb + q_{RU}) \pm (qb \times H)] \times 0.981 \text{ [dN]} \quad (19)$$

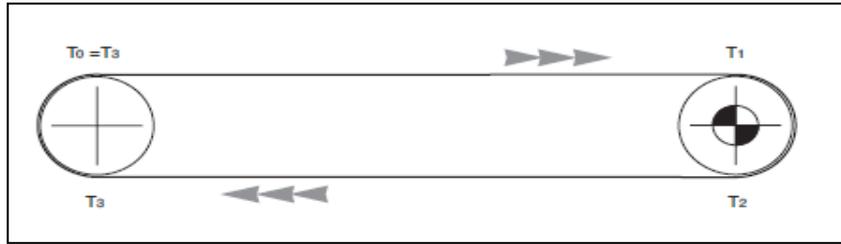


Figura 38. Tensión  $T_3$

### 3.6.1.19 Tensión de dispositivos de tensado $T_g$

La carrera mínima requerida por el dispositivo de tensión se determina en función del tipo de banda instalada es decir:

-banda reforzada con productos textiles: carrera mínima 2% de la distancia entre ejes de la banda transportadora.

-banda reforzada con elementos metálicos: carrera mínima 0.3-0.5% de la distancia entre ejes de la banda transportadora.

La carrera del dispositivo tensor se elige según sea la longitud y el tipo de camino del transportador, de modo que se aseguren la compensación del alargamiento de la cinta y la posibilidad de efectuar los trabajos de montaje y reparación indispensables. Habitualmente este alargamiento se toma aproximadamente igual a 1% de longitud del transportador, pero no menos de 400mm, para los transportadores horizontales.<sup>6</sup>

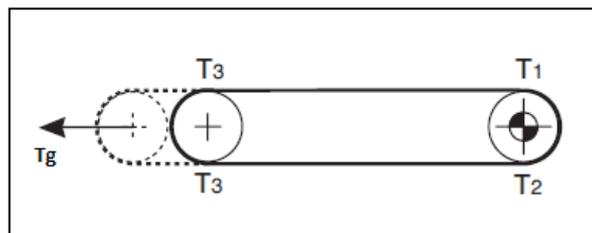


Figura 39. Tensión  $T_g$

<sup>6</sup> ALEXÁNDROV, M. Aparatos y Máquinas de Elevación y Transporte.

En la configuración de la figura 39 la tensión se regula manualmente ajustando periódicamente los tornillos de tensado.

### **Cálculos necesarios de las tensiones:**

Obteniendo de las tablas y remplazando datos se tiene:

$$C_w = 1.2 \quad (\text{tensor de tornillo})$$

$$T_2 = F_u * C_w$$

$$T_2 = 215.3 * 1.2 = 258.36 \text{ dN}$$

$$T_2 = 2583.6 \text{ N}$$

$$T_1 = F_u + T_2$$

$$T_1 = 215.3 + 258.36 = 473.66 \text{ dN}$$

$$T_1 = 4736.6 \text{ N}$$

$$F_r = [L * C_q * C_t * f * (q_b + q_{RU}) \pm (q_b * H)] * 0.981$$

$$F_r = [10.4 * 4.5 * 1 * 0.027 * (16.2 + 7.73) + (16.2 * 0)] * 0.981 = 29.66 \text{ dN}$$

$$F_r = 296.6 \text{ N}$$

$$T_3 = T_2 + (F_{r1} + F_{r2} + F_{r3} \dots)$$

$$T_3 = 258.36 + 29.66 = 288.02 \text{ dN}$$

$$T_3 = 2880.2 \text{ N}$$

$$T_g = 2\% * L$$

$$T_g = 10.4 * 0.02$$

$$T_g = 0.21 \text{ m (carrera mínima del tensor)}$$

Luego definimos la condición:  $T_1/T_2 \leq e^{C_w}$

$C_w = 1.2$  (tensor de tornillo tambor sin revestimiento)

$$4736.6/2583.6 \leq (2.718)^{1.2}$$

$$1.83 \leq 3.32 \text{ OK!}$$

Por lo que se asegura que la banda no patinará sobre el tambor.

### 3.6.1.20 Diámetros de los tambores [2]

El correcto dimensionamiento de los diámetros de los tambores determina el correcto funcionamiento ya que a través de estos se calcula el grado de esfuerzo al que va a estar sometida la banda en las flexiones que provoca su paso por ellos.

Para obtener el mejor rendimiento posible, tanto en el caso de sustitución como para nueva instalación, en el diseño de los tambores es necesario disponer de los siguientes datos que permiten determinar las características constructivas y dimensionales.

Los principales datos, necesarios para definir un tambor, son los siguientes:

- ancho de la banda;
- diámetro del tambor en relación con el tipo y con las características de la banda;
- diámetro del eje y tipo de acero;
- tipo de bloqueo del eje con los cabezales (anillos ensambladores, chaveta, soldadura);
- posición del tambor (mando, transmisión, inflexión...);
- ángulo de abrazamiento de la banda en el tambor “ $\alpha$ ”;
- tensión de la banda T1, T2 o T3;
- distancias entre los soportes y brida tambor “ag”;
- revestimiento (tipo) si se requiere.

La superficie de contacto entre la banda y el tambor motriz ha de ser la suficiente para dar la fuerza de accionamiento necesaria evitando un tensionamiento excesivo.

En la siguiente tabla se muestran diámetros mínimos recomendados de los tambores.

Para diámetro exterior del tambor se escoge  $\phi = 200\text{mm}$  según diámetros mínimos recomendados, a este diámetro se le incrementa 30mm que corresponden a parámetros geométricos debido a instalación, por lo tanto  $D = 230\text{mm}$ .

Este diámetro exterior corresponde al de un cilindro de espesor  $e = 4\text{mm}$ , debido a que no es necesario ejes macizos de estos diámetros ya que se tendría una inercia muy grande debido al excesivo peso.

TABLA XVII. DIÁMETROS MÍNIMOS RECOMENDADOS.

*Tab. 13 - Diámetros mínimos recomendados de los tambores*

Carga de rotura de la banda N/mm	Bandas reforzadas con productos textiles DIN 22102			Bandas reforzadas con elementos metálicos ST DIN 22131		
	Ø tambor motriz mm	contra-tambor	desviador	Ø tambor motriz mm	contra-tambor	desviador
200	200	160	125	-	-	-
250	250	200	160	-	-	-
315	315	250	200	-	-	-
400	400	315	250	-	-	-
500	500	400	315	-	-	-
630	630	500	400	-	-	-
800	800	630	500	630	500	315
1000	1000	800	630	630	500	315
1250	1250	1000	800	800	630	400
1600	1400	1250	1000	1000	800	500
2000	-	-	-	1000	800	500
2500	-	-	-	1250	1000	630
3150	-	-	-	1250	1000	630

Diámetros mínimos recomendados para los tambores en mm, hasta el 100% de carga de trabajo máxima recomendada RMBT ISO bis/3654

Fuente: Componentes para el transporte por banda Rulmeca S.p.A

### 3.6.1.21 Dimensionamiento y Diseño del eje del Tambor Motriz [1] [2] [9]

El eje del tambor motriz está sometido a flexiones con fatiga alterna y a torsión, para calcular el diámetro habrá que determinar por tanto el momento de flexión  $M_f$  y el momento de torsión  $M_t$ .

El momento de flexión del eje esta generado por la resultante  $C_p$  de la suma vectorial de las tensiones T1 y T2 y del peso del tambor  $q_T$ . Figura 40.

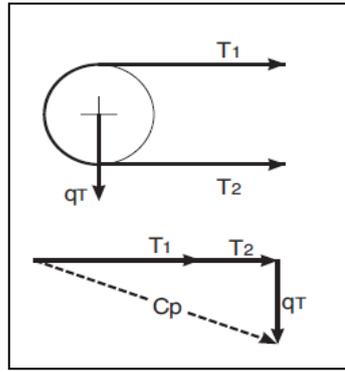


Figura 40. Resultante Cp de las tensiones

La resultante de las tensiones está dada por:

$$Cp = \sqrt{(T_1 + T_2)^2 + q_T^2} \quad [\text{dN}] \quad (20)$$

El momento de flexión esta dado por:

$$Mf = \frac{Cp}{2} * a_g \quad [\text{dNm}] \quad (21)$$

Donde:

$a_g$  = distancia entre soporte y brida del tambor. Figura 41

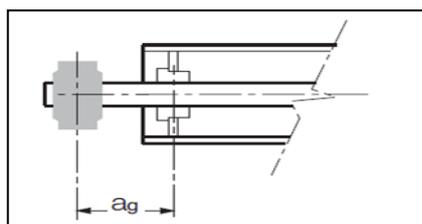


Figura 41. Distancia entre soporte y brida

El momento de torsión esta dado por:

$$Mt = \frac{P}{n} * 954.9 \quad [\text{dNm}] \quad (22)$$

Donde:

**P** = Potencia absorbida en Kw

**n** = numero de revoluciones del tambor motriz

El momento ideal de flexión **Mif** se expresa según la ecuación:

$$\mathbf{Mif} = \sqrt{Mf^2 + 0.75 * Mt^2} \quad [\text{dNm}] \quad (23)$$

El módulo de resistencia está dado por:

$$\mathbf{W} = \frac{Mif * 1000}{\sigma_{adm}} \quad [\text{mm}^3] \quad (24)$$

$$\mathbf{W} = \frac{\pi}{32} * d^3 \quad [\text{mm}^3] \quad (25)$$

De la combinación de la ecuación 3.24 y 3.25 se obtienen el diámetro del eje como sigue:

$$\mathbf{d} = \sqrt[3]{\frac{W * 32}{\pi}} \quad [\text{mm}] \quad (26)$$

Remplazando datos para el dimensionamiento del eje del tambor motriz se tiene:

$$\mathbf{q_T} = 55.6 \text{ dN}$$

$$\mathbf{C_p} = 734.12 \text{ dN}$$

$$\mathbf{a_g} = 0.1023\text{m}$$

$$\mathbf{M_f} = 37.55 \text{ dNm}$$

$$\mathbf{M_t} = 25.78 \text{ dNm} \quad \text{para } n=100\text{rev.}$$

$$\mathbf{Mif} = 43.68 \text{ dNm}$$

$$\mathbf{W} = 9928.6 \text{ mm}^3 \quad \text{para } \sigma_{adm} = 4.4 \text{ dN/mm}^2$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{W * 32}{\pi}}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{9928.6 \text{ mm}^3 * 32}{\pi}}$$

$$d = \sqrt[3]{101131.9 \text{ mm}^3}$$

$$d = 46.59 \text{ mm}$$

Este diámetro corresponde al del eje en los asientos del rodamiento o chumacera, es decir se puede subir al inmediato superior disponible para un rodamiento normalizado.

En este caso el diámetro mecanizado escogido es  $d = 50\text{mm}$ .

### 3.6.1.22 Dimensionamiento del eje del Tambor Conducido

El eje del tambor conducido se puede considerar que está sometido a esfuerzo por simple flexión por lo que se debe determinar el momento de flexión  $M_f$ , generado por la resultante  $C_{pr}$  de la suma vectorial de las tensiones de la banda y del peso del mismo.

En este caso se considera como un tambor loco por lo que  $T_x = T_y = T_3$ . Figura 42.

La resultante de las tensiones está dada por:

$$C_{pr} = \sqrt{(T_x + T_y)^2 + q_T^2} \quad [\text{dN}] \quad (27)$$

$$C_{pr} = \sqrt{(2T_3)^2 + q_T^2} \quad [\text{dN}]$$

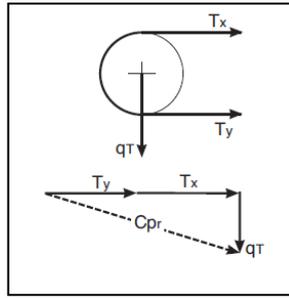


Figura 42. Resultante Cpr de las tensiones

El momento de flexión está definido por:

$$Mf = \frac{Cpr}{2} * a_g \quad [dNm] \quad (28)$$

El módulo de resistencia se obtiene de:

$$W = \frac{Mf * 1000}{\sigma_{adm}} \quad [mm^3] \quad (29)$$

Siendo el módulo de resistencia:

$$W = \frac{\pi}{32} * d^3 \quad [mm^3]$$

Y determinando el diámetro por:

$$d = \sqrt[3]{\frac{W * 32}{\pi}} \quad [mm]$$

**Cálculos necesarios:**

Remplazando datos para el dimensionamiento del eje del tambor conducido se tiene:

$$q_T = 51.12 \text{ dN}$$

$$Cpr = 578.3 \text{ Dn}$$

$$\mathbf{Mf} = 29.58 \text{ dNm}$$

$$\mathbf{W} = 6722.78 \text{ mm}^3$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{W*32}{\pi}}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{6722.78 \text{ mm}^3 * 32}{\pi}}$$

$$d = \sqrt[3]{68477.7 \text{ mm}^3}$$

$$\mathbf{d} = 40.9 \text{ mm}$$

Igual que el caso anterior escogemos  $\mathbf{d} = 50\text{mm}$ .

### **3.6.2 Diseño de los bastidores para la banda transportadora [6]**

Los bastidores deben asegurar una buena estabilidad y a la vez soportar las cargas del material, de la banda, por tal motivo su diseño es el más sencillo de las cintas transportadoras.

Para facilidad de instalación y de proceso de corte se hace necesaria la construcción de dos bastidores en los cuales se dispondrá de dos sistemas de transmisión independientes para su accionamiento y así mismo se dispondrá de dos bandas transportadoras de las mismas características.

El primer bastidor consta a la vez de la unión por medio de bridas de dos mesas para su facilidad de ensamblaje y ubicación al momento de realizar el conjunto total de la banda transportadora.

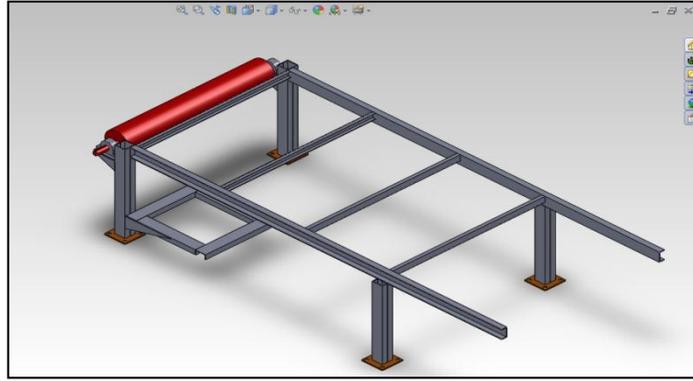


Figura 43. Mesa 1



Figura 44. Mesa 2

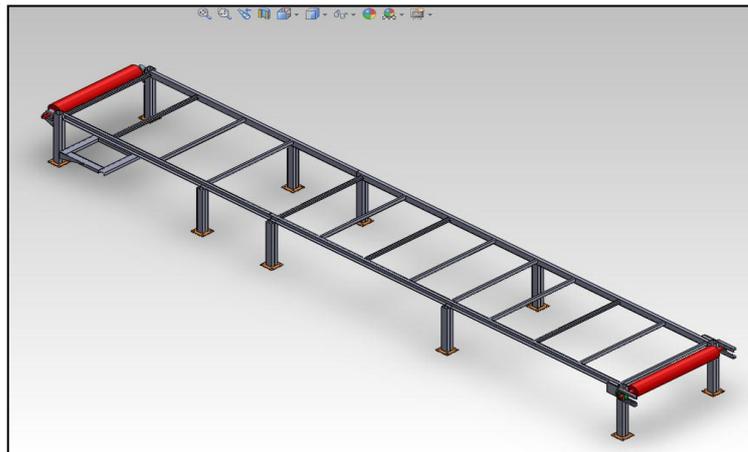


Figura 45. Ensamble Mesa 1 y Mesa 2 (Bastidor 1)

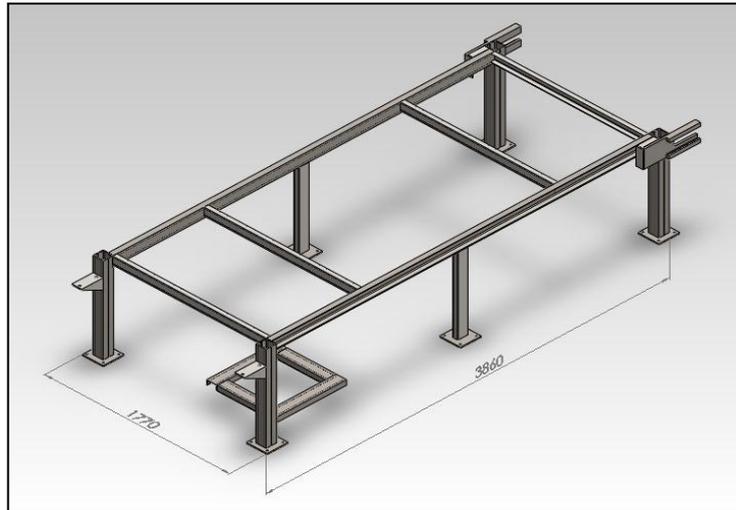


Figura 46. Bastidor 2

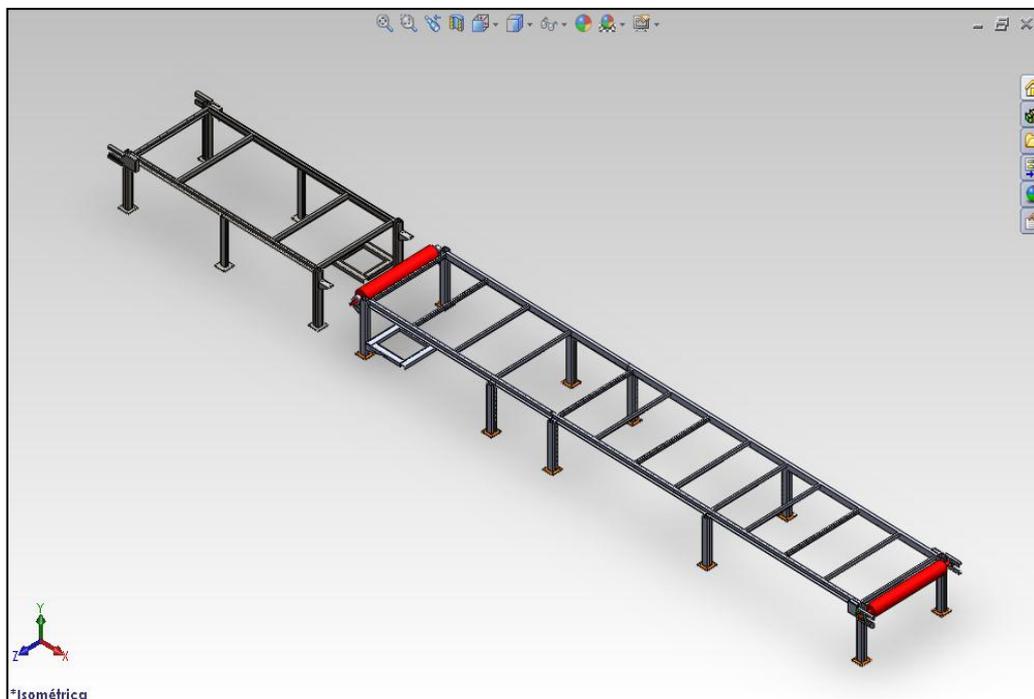


Figura 47. Ensamble Bastidor 1 y Bastidor 2

El diseño de los bastidores que comprenden la banda transportadora se lo realizó en el paquete de software SOLIDWORKS, en los Anexos 16 y 17 se presentan los datos correspondientes a cada uno.

### 3.6.3 Diseño del Sistema de Corte Transversal

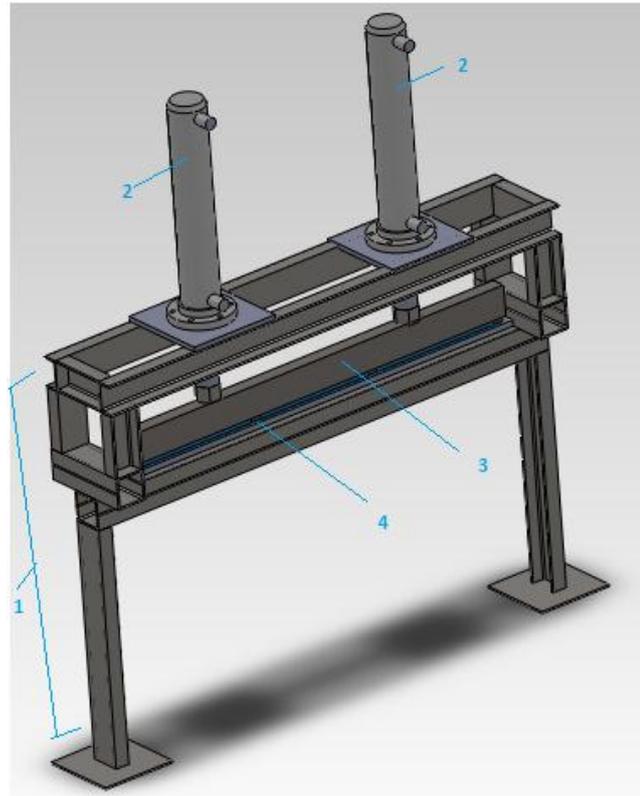


Figura 48. Sistema de corte transversal

Donde:

1. Bastidor
2. Cilindro Hidráulico
3. Portacuchilla o portaútil
4. Cuchilla o guillotina

El corte transversal de las placas de fibrocemento debe asegurar una calidad aceptable por lo que el uso de un sistema hidráulico dotado de una guillotina cumple con los requerimientos deseados, por un lado el corte que se realiza es uniforme y no requiere de una rectificación y por otro lado se reemplaza el uso de discos como herramientas de corte.

Como el sistema se basa en el uso de una guillotina accionada por cilindros hidráulicos (Fig. 48) el diseño se centra en el cálculo de la fuerza necesaria empleada por los mismos para realizar el corte de la placa y en sí la selección de los diferentes

componentes del sistema como son los cilindros hidráulicos, las válvulas distribuidoras, el reservorio entre otros.

A continuación se describe brevemente el funcionamiento del sistema.

### **3.6.3.1 Descripción del Sistema de corte**

Para el corte de la placa se selecciona una cuchilla de tipo HSS 18% W cuyas medidas son 1450x40x6.5 mm (Anexo 14).

Esta cuchilla presenta una característica especial en su filo cortante que es en forma de V, para que el corte de la placa sea necesariamente perpendicular.

El sistema de corte es accionado por un fluido en este caso aceite, por lo que el diseño corresponde a un sistema hidráulico.

El circuito hidráulico se compone de los siguientes elementos:

1. Reservorio.
2. Filtro.
3. Bomba hidráulica.
4. Motor eléctrico.
5. Válvula de máxima presión o alivio (relief).
6. Manómetros.
7. Electroválvula direccional 4x3.
8. Válvula reguladora de caudal.
9. Cilindros de Doble Efecto.

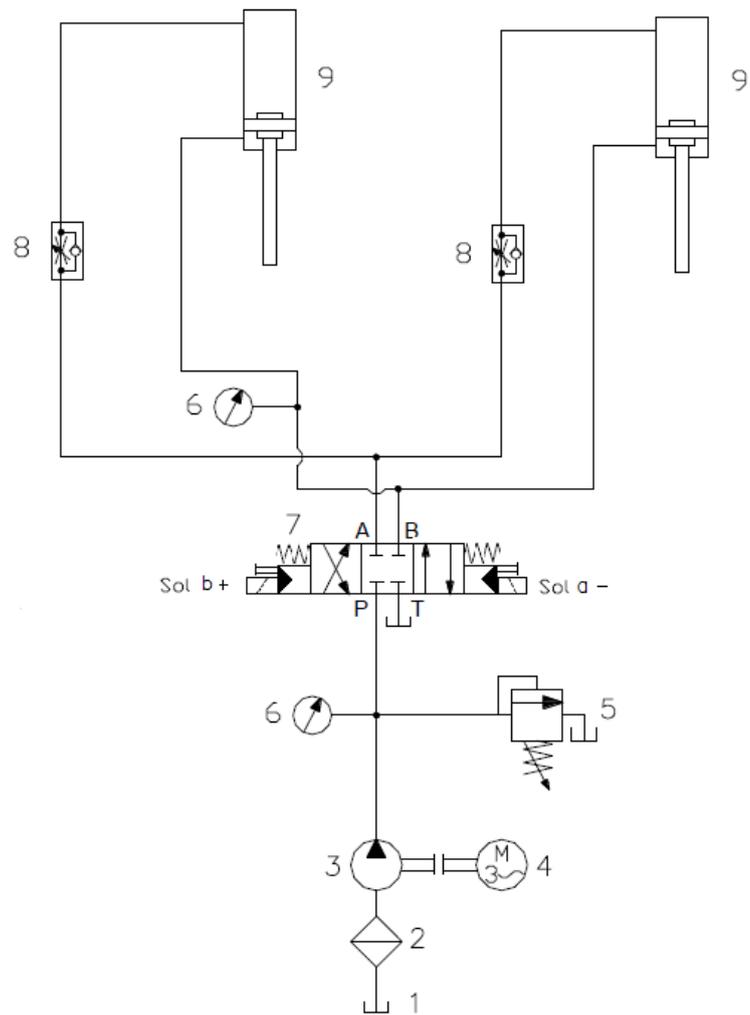


Figura 49. Diagrama del circuito Hidráulico de la Guillotina

El fluido hidráulico se almacena en el reservorio (1), y se realiza una purificación a través del filtro (2) cuando es succionado por la bomba. El caudal necesario que permite el movimiento de los cilindros lo suministra el grupo motor-bomba (3-4). La protección del sistema se lo hace con la ayuda de la válvula reguladora de presión (5), la misma que descarga al reservorio el fluido cuando la presión sobrepasa el valor límite tarado de antemano, el valor de esta diferencia de presión puede leerse en el manómetro (6).

El accionamiento de los vástagos de los cilindros, tanto para la salida como para el retorno se logra operando la electroválvula direccional 4x3 (7) en su posición central la válvula tiene bloqueo, el Relief o válvula reguladora de presión permite el paso directo del fluido desde la bomba al reservorio cuando no esté en funcionamiento los cilindros, de esta forma se evita el consumo inútil de energía y el calor generado en los tiempos muertos pues el fluido al alcanzar la presión de taratura del relief, se descarga a través

de este hacia el reservorio. La válvula reguladora de caudal (8) permite regular la velocidad al retorno del vástago del cilindro (9).

### 3.6.3.2 Análisis General De Los Cilindros [7] [8]

Para el presente diseño se va a emplear un par de cilindros:

- **CILINDROS A-B:** Cilindros que efectúan el desplazamiento vertical de la guillotina.

Se debe considerar que las fuerzas de los cilindros deben ser iguales ya que el sujetador es simétrico y con lo cual se logra que la guillotina al bajar no se desequilibre, caso contrario si cualquiera de las dos fuerzas es mayor el sujetador tiende a inclinarse a un costado.

Para lograr conocer el peso del sujetador y de la guillotina se realizó su diseño en el software SolidWorks, dando características a los materiales como es el caso de un acero AISI 1020 y un acero AISI 316L respectivamente [6].

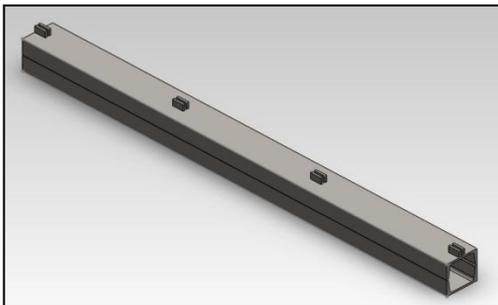


Figura 50. Útil Portacuchilla

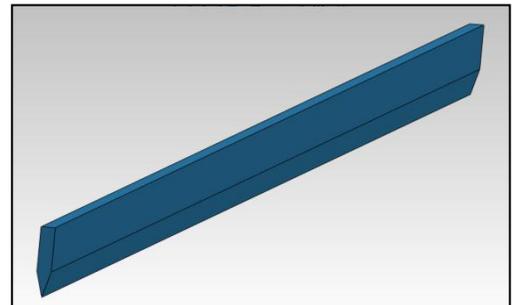


Figura 51. Cuchilla Guillotina

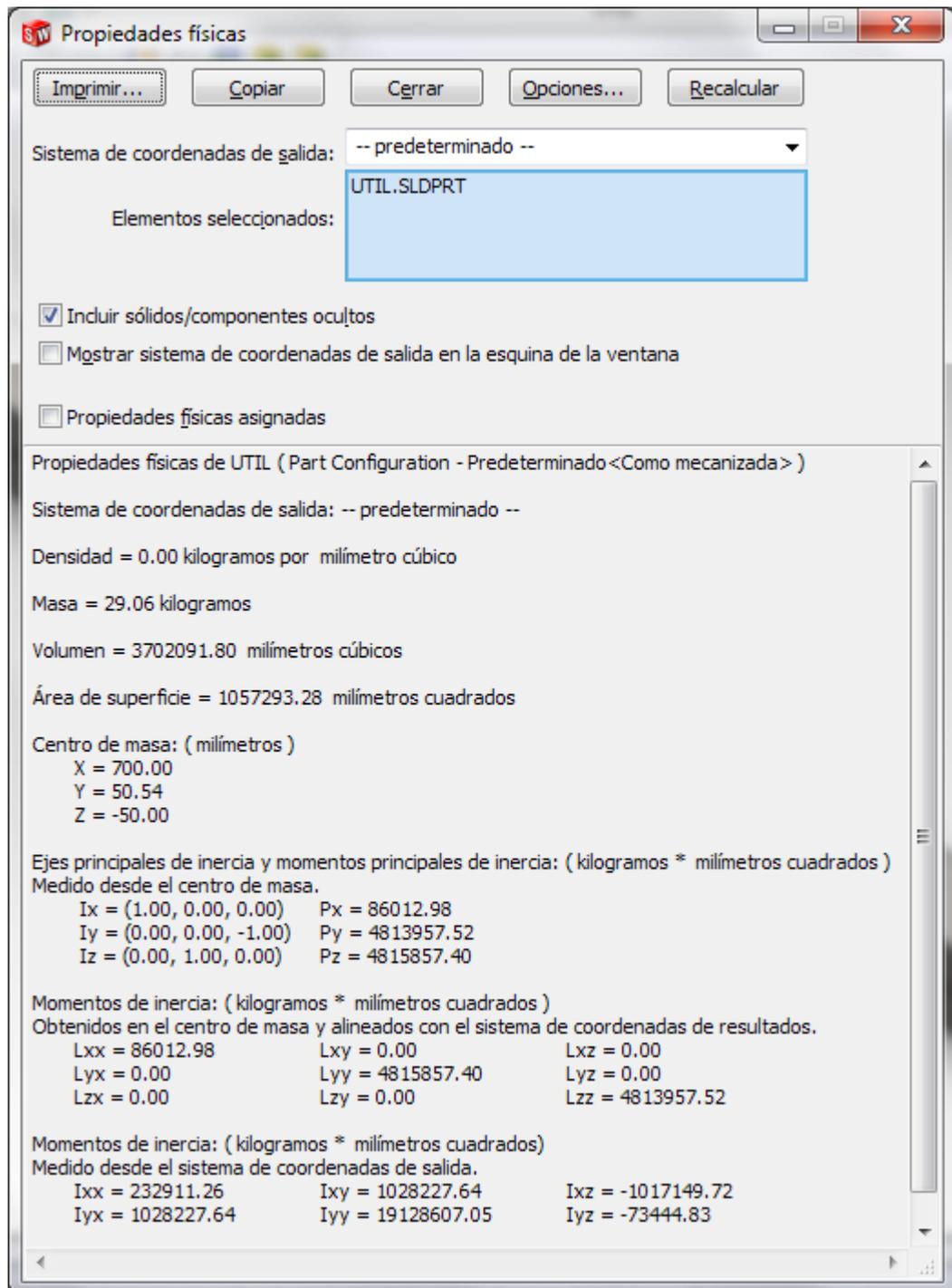


Figura 52. Propiedades Físicas del Útil de la cuchilla

$$P_{\text{(sujetador)}} = 29.06 \text{ Kg.}$$

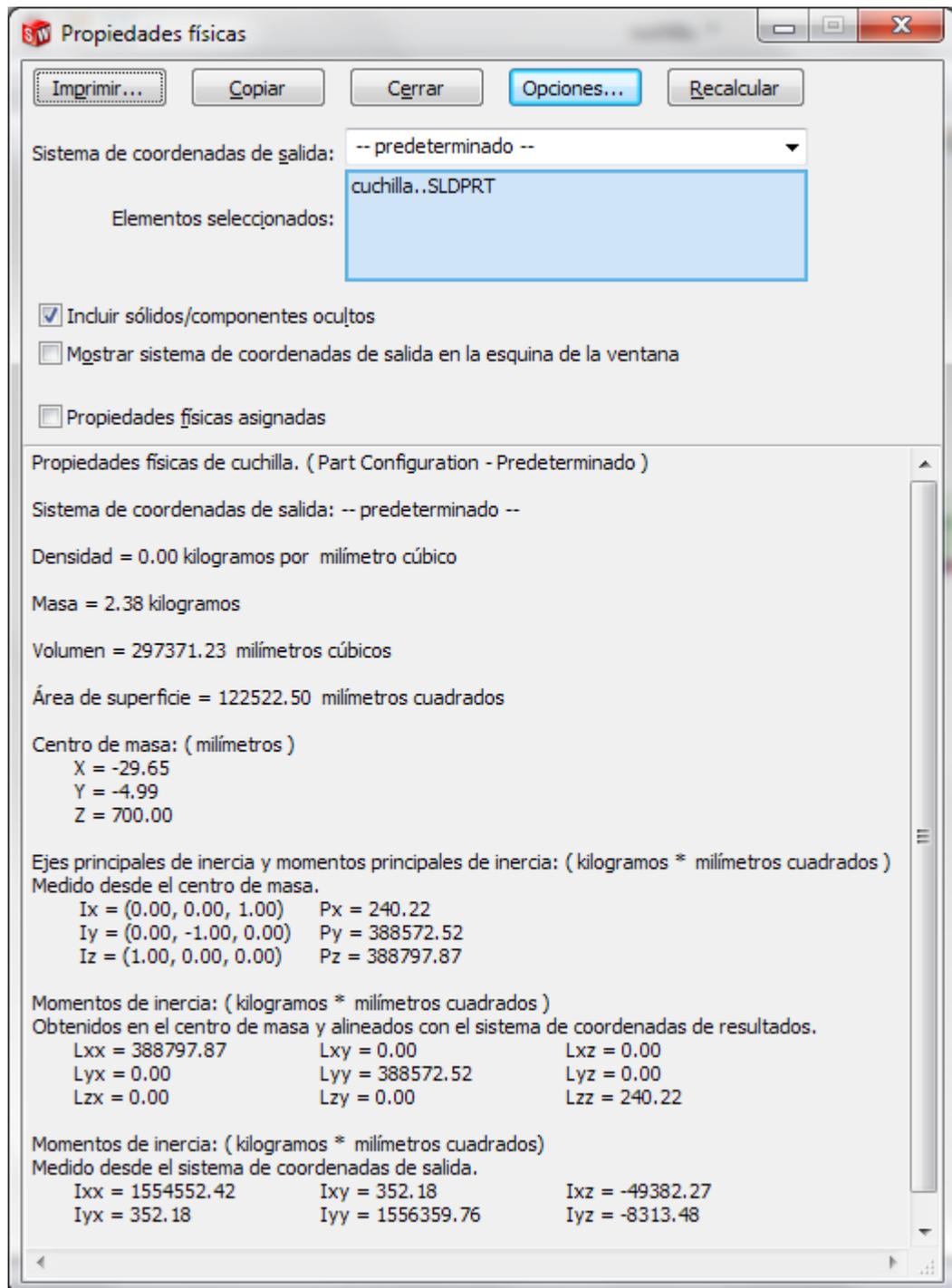


Figura 53. Propiedades Físicas de la cuchilla guillotina

$$P_{\text{(cuchilla)}} = 2.38 \text{ Kg}$$

### 3.6.3.3 Dimensionamiento de los cilindros [4]

Para el dimensionamiento de los cilindros se toma en cuenta que estos van a soportar el peso del sujetador y el peso de la cuchilla, al momento del regreso, y la fuerza que ejerce para cortar la placa al momento del avance, siendo estos los momentos de mayor esfuerzo por lo que su selección se realizara en base a estos parámetros.

Realizando un análisis en un diagrama de cuerpo libre se tiene:

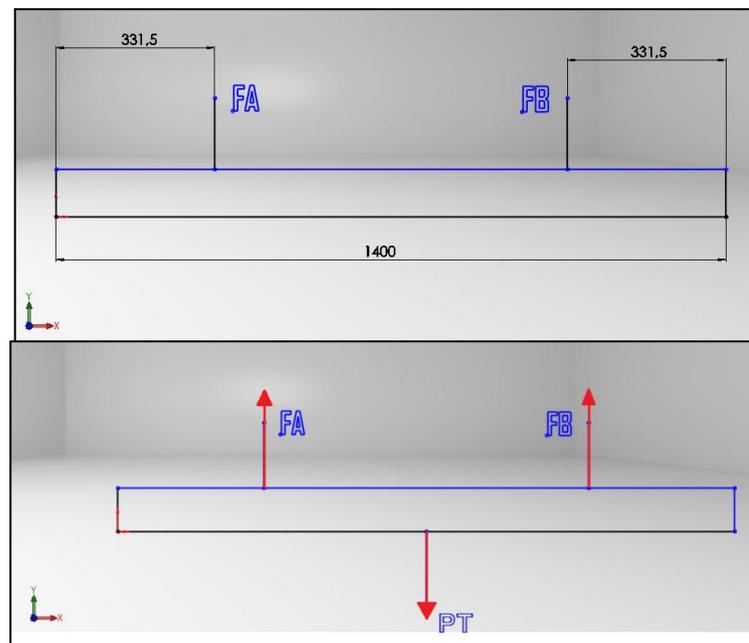


Figura 54. Diagrama de cuerpo libre

Se realiza un análisis estático tomando en cuenta las posiciones de bloqueo de los cilindros hidráulicos.

Como se puede observar la forma del sujetador es simétrica por lo que se ubica el peso del sujetador y el peso de la cuchilla en el centro, es decir debido a que el elemento es simétrico el centro de masa se ubicara en la parte central del elemento.

$$\mathbf{P_T} = \mathbf{P_{(sujetador)}} + \mathbf{P_{(cuchilla)}} \quad (30)$$

$$\mathbf{P_T} = 31.4 \text{ Kg}$$

Por seguridad a este peso se le aumenta un factor de seguridad de  $n = 1.4$ , para asegurar el diseño y evitar posibles deformaciones.

Tomando en cuenta todas estas consideraciones se tiene que el peso total aproximado del conjunto es de:

$$\mathbf{P_T} = 45 \text{ Kg}$$

En la construcción de este conjunto se procede a verificar el valor calculado anteriormente, dando como resultado:

$$\mathbf{P_{Real}} = 43.5 \text{ Kg}$$

**Cálculo:**

$$\Sigma \mathbf{F_Y} = m \cdot a$$

Se toma en cuenta para ambos cilindros:

$\mathbf{V} = \text{constante}$ .      Entonces  $\mathbf{a} = 0$

Por lo tanto:

$$\Sigma \mathbf{F_Y} = 0$$

$$\mathbf{F_A} + \mathbf{F_B} - \mathbf{P_T} = 0$$

$$\mathbf{P_T} = \mathbf{F_A} + \mathbf{F_B}$$

**Como:**  $\mathbf{F_A} = \mathbf{F_B}$

$$\mathbf{P_T} = 2 \mathbf{F_A}$$

$$F_A = P_T / 2 = 45 / 2 \text{ (Kg)}$$

$$F_A = 22.5 \text{ Kg}$$

$$F_B = 22.5 \text{ Kg}$$

$$F_{\text{neto}} = p \times A + F_{\text{rozamiento}} \quad (31)$$

Donde:

**p** = Presión

**A** = Área

$$F_{\text{rozamiento}} = 10 \text{ a } 20\% \text{ de } F_{\text{neto}} \quad (32)$$

Remplazando (32) en (31) se tiene:

$$F_{\text{neto}} = p \times A + 0,1 F_{\text{neto}}$$

$$p \times A = 0,9 F_{\text{neto}}$$

$$A = \frac{0,9 F_{\text{neto}}}{p} \quad (33)$$

$$A = \frac{\pi}{4} d^2 \quad (34)$$

**Cálculo:**

$$F_{\text{neto}} = 22.5 \text{ Kg} \quad \text{Del diagrama de cuerpo libre}$$

$$p = 100 \text{ psi} = 7.0307 \text{ Kg/cm}^2 \quad \text{Presión de trabajo}$$

$$A = \frac{0,9 F_{\text{neto}}}{p}$$

$$A = \frac{0,9 * 22.5 \text{ Kg}}{7.0307 \text{ Kg/cm}^2}$$

$$A = 2.88 \text{ cm}^2$$

$$d = 1.9 \text{ cm}$$

Si a este diámetro le imponemos un factor de seguridad de  $n = 2$  puesto que debemos garantizar el resultado obtenido, el diámetro es  $d = 3.8 \text{ cm} \approx 4 \text{ cm}$

La fuerza que se ejerce por la cuchilla para el corte de la placa se encontró experimentalmente de la siguiente forma:

- Sobre la cuchilla se colocaron masas equivalentes a 1 Kg cada una, hasta que el valor total de las masas colocadas logre que la cuchilla corte el área transversal de la placa de fibrocemento.

El resultado del experimento anterior corresponde a un valor de 18 Kg.

Remplazando este valor en la ecuación (33) encontramos un área igual a  $2.3 \text{ cm}^2$  y reemplazando este valor en la ecuación (34) y despejando el diámetro se tiene un valor de  $d = 1.71 \text{ cm}$ .

Para el diseño se toma el mayor diámetro obtenido de los cálculos anteriores.

#### **3.6.3.4 Consideraciones para la selección [4]**

Los cilindros deben recorrer verticalmente una distancia de 13 cm para efectuar el corte, por lo que una carrera adecuada estaría entre 10 y 20 cm.

Así mismo se debe considerar el tipo de instalación de los cilindros que para el presente caso corresponde a una instalación por medio de brida delantera.

Con  $d = 4 \text{ cm}$  y una carrera de 13 cm, del catálogo de CILINDROS Y CROMADOS (Anexo 10) se selecciona el siguiente cilindro:

REF.	Ø VAST. ROD	Ø PISTÓN	Z CARRERA   STROKE	E	C	D	F	G	H	I	J	K	L	M	N BSP
8017/Z	36	80	50 - 2000	126 + Z	110	M42x2	28	2	45	68	142	170	15	95	3/8
8018/Z	40														
8019/Z	45														
8020/Z	50														
8021/Z	56														

TABLA XVIII. CARACTERÍSTICAS DE CILINDROS HIDRÁULICOS

	CILINDRO HIDRAULICO
Código	8018/Z
Presión de operación	200 Kg/cm <sup>2</sup>
Configuración de Montaje	FA
Diámetro exterior de la camisa	95 mm
Diámetro interior de la camisa	80 mm
Diámetro del vástago	40 mm
Carrera	126 + Z

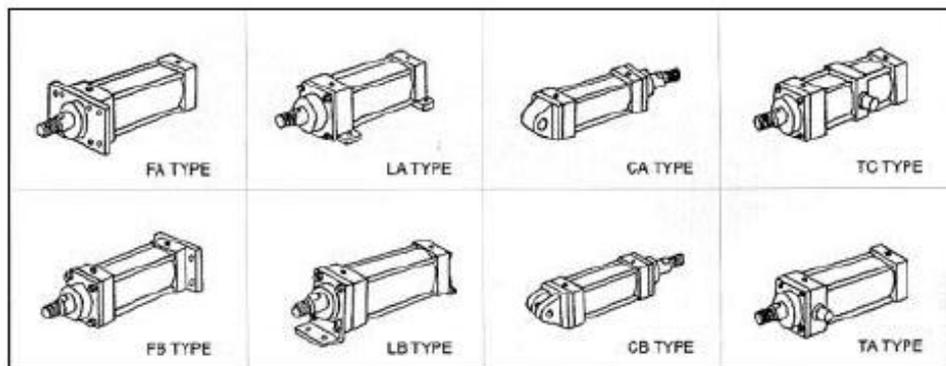


Figura 55. Configuración de montaje

### 3.6.3.5 Cálculo de caudales para un ciclo de movimientos [4]

Con las medidas del cilindro hidráulico seleccionadas anteriormente, el caudal requerido para la salida del vástago del cilindro esta dado por:

$$Qs = \frac{x}{ts} * As \quad (35)$$

Donde:

$Qs$  = caudal requerido

$x$  = carrera = 13 cm

$ts$  = tiempo de salida = 3 segundos

$tr$  = tiempo de regreso = 3 segundos

$As$  = área de trabajo a la salida del vástago

**Cálculo:**

$$Qs = \frac{13 \text{ cm}}{3 \text{ s}} * \frac{\pi}{4} (8\text{cm})^2 = 217.8 \text{ cm}^3/\text{s}$$

El caudal requerido para el retorno del vástago del cilindro esta dado por:

$$Qs = \frac{13 \text{ cm}}{3 \text{ s}} * \frac{\pi}{4} (8^2 - 4^2) \text{ cm}^2 = 163.4 \text{ cm}^3/\text{s}$$

### 3.6.3.6 Selección del relief

Con la presión del sistema de 200 psi ó 14,276 Kg/cm<sup>2</sup> y un caudal máximo erogado por la bomba de 217.8 cm<sup>3</sup>/s = 13.068 lit/min, en el catálogo KOMPASS (Anexo 11) se tiene una válvula de máxima tipo **BHT-04B** cuyas características son:

$$Q_{\text{funcionamiento}} = 100 \text{ lit/min} = 0.001667 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$P_{\text{max. operación}} = 250 \text{ Kg/cm}^2 = 24500000 \text{ Pa}$$

$T$  = Conexión por rosca

$04$  = Tamaño

$B$  = Rango de ajuste de presión  $10\text{-}70 \text{ Kg/cm}^2 = 980000 - 6860000 \text{ Pa}$

$$\Delta p = 2 \text{ bares} = 200000 \text{ Pa}$$

### 3.6.3.7 Selección de electroválvula [8] [10]

Para la selección de la electroválvula se considera el caudal erogado por la bomba, además se toma en cuenta que los cilindros trabajan verticalmente por lo que se necesita eliminar la libertad de movimiento por gravedad.

Por las razones antes señaladas se decide por la selección de un distribuidor 4x3 con la posición central en no enlace (bloqueado).

Del catálogo KOMPASS (Anexo 12) se selecciona una electroválvula de tipo **D5-02-3C8-A16-B**, cuyas características son:

$$Q_{\text{funcionamiento}} = 40 \text{ lit/min} = 0.000667 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$P_{\text{max(Puertos: P,A,B)}} = 315 \text{ Kg/cm}^2 = 30870000 \text{ Pa}$$

$D5$  = Tipo de conexión de enchufe

$02$  = Tamaño

$3$  = 3 posiciones

$C8$  = 4 vías posición central bloqueada

$A1$  = 110 VAC

$6$  = 60 Hz

**Caída de presión:**

Vías P-A  $\Delta p = 1.2 \text{ bar}$

Vías B-T  $\Delta p = 1.2 \text{ bar}$

$$\Delta p = 2.4 \text{ bar} = 240000 \text{ Pa}$$

### 3.6.3.8 Selección de regulador de caudal [8]

Del catálogo KOMPASS (Anexo 13) se selecciona un regulador de tipo *TVC-03*, cuyas características son:

$$Q_{\max} = 20 \text{ lit/min} = 0.000333 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$p_{\max} = 350 \text{ Kg/cm}^2 = 34300000 \text{ Pa}$$

$$\Delta p = 0.8 \text{ bar} = 80000 \text{ Pa}$$

### 3.6.3.9 Selección de la tubería [12]

Para las conexiones entre la centralina y los cilindros hidráulicos se utiliza una tubería flexible de presión con un diámetro interior de 0,5 in. Según la ecuación de continuidad:

$$Q = A * v$$

Despejando  $v$  se tiene:

$$v = \frac{4 * Q}{\pi * d_{tuberia}^2} \quad (36)$$

Como:

$$Q = 217.8 \text{ cm}^3/\text{s} = 13.3 \text{ in}^3/\text{s} = 0.000218 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$dt = \text{Diámetro interior de la tubería (in)} = 0,5 \text{ in}$$

Remplazando valores en (3.29) se tiene:

$$v = 67.7 \text{ in/s} = 1.72 \text{ m/s}$$

Las pérdidas de presión en la tubería dependen de si el régimen de las partículas líquidas es laminar o turbulento, el tipo de régimen se caracteriza por el número de Reynolds que viene dado por la siguiente ecuación:

$$Re = \frac{v * d_t * \rho}{\mu} \quad (37)$$

Donde:

**Re** = Número de Reynolds

**dt** = Diámetro interior de la tubería (in) = 0,5 in

**v** = Velocidad del fluido = 67.7 in/s

**ρ** = Densidad del fluido a 15°C = 0.032 lb/in<sup>3</sup>

**μ** = Viscosidad dinámica del fluido = 0.011 lb/in\*s

Remplazando valores en la ecuación (3.37) se tiene:

$$Re = 98.5$$

Como el número de Reynolds es menor a 2000 se tiene un flujo laminar, por lo tanto la selección de la tubería para el sistema hidráulico es la correcta.

Para este tipo de régimen se recomienda una pérdida igual a 0,06 Bar/m de tubería, por lo tanto se tiene:

$$\text{Pérdidas en la tubería} = 0,06 \text{ Bar/m} * 30 \text{ m} = 1,8 \text{ bares}$$

### 3.6.3.10 Selección de la bomba

Para la selección de la bomba se considera el caudal máximo requerido por los actuadores hidráulicos en un ciclo de trabajo por lo que el caudal máximo efectivo es:

$$Q_{ef} = 217.8 \text{ cm}^3/\text{s} = 13068 \text{ cm}^3/\text{min}. \text{ Como son 2 cilindros } 26136 \text{ cm}^3/\text{min}$$

**Como:**

$$Q_t = Q_{ef} / \eta_{lv} \quad (38)$$

Donde:

$Q_t$  = Caudal teórico

$\eta_v$  = Eficiencia volumétrica = 0.95

Entonces se tiene:

$$Q_t = 27511,5 \text{ cm}^3/\text{min}$$

La bomba se acopla a un motor cuya velocidad angular es  $N = 1755$  rpm. La relación existente es:

$$C = Q / N \quad (39)$$

Donde:

$C$  = Cilindrada

$Q$  = Caudal

$N$  = velocidad angular

Remplazando valores se tiene:

$$C = 15,67 \text{ cm}^3/\text{rev}$$

Para seleccionar la bomba se necesita conocer la presión total que corresponde a la suma de la presión de trabajo más la presión debido a pérdidas:

$$P_{\text{bomba}} = P_{\text{trabajo}} + P_{\text{pérdidas}} \quad (40)$$

$P_{\text{trabajo}} = 6.9$  bar

$P_{\text{pérdidas}} = \text{relief} + \text{electroválvula} + \text{reguladora de caudal} + \text{pérdidas en tubería} + \text{filtro.}$

Remplazando valores en (40) se tiene:

$$p_{bomba} = 6.9 + 2 + 2.4 + 0.8 + 1.8 + 2 = 15.9 \text{ bares} = 16.21 \text{ Kg/cm}^2$$

Por lo tanto para una presión de 16.21 Kg/cm<sup>2</sup> y una cilindrada de 15,67 ml/rev. Del catálogo KOMPASS (Anexo 9) se selecciona la siguiente bomba: **P216RU01GT** cuyas características son:

$$p_{max} = 300 \text{ Kg/cm}^2$$

$$p_{operacion} = 250 \text{ Kg/cm}^2$$

Cilindrada = 16,5 ml/rev

Rango de velocidad = 600 – 4000 rpm

Sentido de rotación = horario

Puertos de conexión = UNF (rosca fina)

### 3.6.3.11 Selección del motor eléctrico

El motor eléctrico debe tener una velocidad angular de 1755 rpm como se asumió anteriormente. Para encontrar la potencia necesaria del motor eléctrico se debe calcular la potencia hidráulica requerida por el sistema hidráulico, la cual está dada por:

$$P_H = \frac{p * Q}{612} \quad (41)$$

Donde:

**P<sub>H</sub>** = Potencia hidráulica en Kw

**p** = Presión de la bomba = 16.21 Kg/cm<sup>2</sup>

**Q** = Caudal requerido = 26.14 lit/min

Remplazando valores en la ecuación (41) se tiene:

$$P_H = \frac{p * Q}{612}$$

$$P_H = \frac{16.21 \text{ Kg/cm}^2 * 26.14 \text{ lit/min}}{612}$$

$$P_H = 0.69 \text{ Kw} \approx 0.92 \text{ HP}$$

La potencia en el eje del motor eléctrico está dada por:

$$P_{eje} = \frac{P_H}{\eta_b} \quad (42)$$

Donde:

$\eta_b$  = eficiencia en la bomba =  $\eta_v * \eta_m$

Eficiencia volumétrica  $\eta_v = 0,85$ ; Eficiencia mecánica  $\eta_m = 0,80$

Reemplazando valores en la ecuación (42) se tiene:

$$P_{eje} = \frac{P_H}{\eta_b}$$

$$P_{eje} = \frac{0.92 \text{ Hp}}{0.85 * 0.8}$$

$$P_{eje} = 1.36 \text{ HP}$$

Ahora la potencia del motor eléctrico está dada por la siguiente relación:

$$P_{motor} = \frac{P_{eje}}{\eta_{motor}} \quad (43)$$

Donde:

$\eta_{\text{motor}} = \text{rendimiento del motor} = 85 \%$

Por lo tanto:

$$P_{\text{motor}} = \frac{P_{\text{eje}}}{\eta_{\text{motor}}}$$

$$P_{\text{motor}} = \frac{1.36}{0.85}$$

$$P_{\text{motor}} = 1.6 \text{ HP}$$

Del catálogo SIEMENS se selecciona un motor eléctrico trifásico de 4 polos con una potencia de 2 Hp, jaula de ardilla 1LA7 083 - 2YA60.

### 3.6.3.12 Cálculo del calor producido

El calor total producido en el sistema corresponde a la suma de todos los calores que se generan por las pérdidas en los elementos del sistema hidráulico y se expresa por:

$$H_T = \sum H_i \quad (44)$$

Donde:

$H_i$  = Calor generado de cada uno de los componentes del sistema hidráulico.

El calor generado por la bomba se expresa como [4]:

$$H_B = \frac{Q_{max} * p}{458} \left[ \frac{1}{\eta_g} - 1 \right] * X \quad (45)$$

Donde:

**Q** =Caudal máximo = 13.068 lit/min

**p** = Presión de trabajo = 6.89 bar

**X** = Factor de utilización en función del tiempo del ciclo = 1 (trabaja todo el tiempo)

**$\eta_g$**  = rendimiento de la bomba =  $\eta_v * \eta_m = 0,95*0,9$

Reemplazando valores en la ecuación (45) se tiene:

$$H_B = \frac{Q_{max} * p}{458} \left[ \frac{1}{\eta_g} - 1 \right] * X$$

$$H_B = \frac{26.14 \frac{lit}{min} * 6.89 bar}{458} \left[ \frac{1}{0.95 * 0.9} - 1 \right] * 1$$

$$H_B = 0.066 \text{ cv}$$

El calor generado por el relief se expresa como [4]:

$$H_R = \frac{Q_{max} * \Delta p}{458} \left[ \frac{1}{\eta_g} - 1 \right] * X \quad (46)$$

Donde:

**$\Delta p$**  = Caída de presión en el elemento = 2bar

**X** =  $t_{max}/\Sigma t = 3/(3+5) = 0.375$

Reemplazando valores en la ecuación (46) se tiene:

$$H_R = \frac{Q_{max} * \Delta p}{458} \left[ \frac{1}{\eta_g} - 1 \right] * X$$

$$H_R = \frac{26.14 \frac{lit}{min} * 2bar}{458} \left[ \frac{1}{0.95 * 0.9} - 1 \right] * 0.375$$

$$H_R = 6 \times 10^{-3} \text{ cv}$$

El calor generado por los cilindros se expresa como [4]:

$$H_C = \frac{Q_{max} * p}{458} \left[ \frac{1}{\eta_c} \right] * X \quad (47)$$

Donde:

$\eta_c$  = Eficiencia de los cilindros hidráulicos = 90%.

Reemplazando valores en la ecuación (47) se tiene:

$H_C = 0.08 \text{ cv}$  (para un cilindro)

$H_C = 0.17 \text{ cv}$  (para dos cilindros)

El calor generado por la electroválvula, el regulador de caudal y el filtro se expresa como [4]:

$$H_E = \frac{Q_{max} * \Delta p}{458} * X \quad (48)$$

Reemplazando valores en la ecuación (48) se tiene:

El calor en la electroválvula es:

$$H_E = \frac{26.14 \frac{\text{lit}}{\text{min}} * 2.4 \text{ bar}}{458} * 0.375$$

$$H_E = 0.05 \text{ cv}$$

El calor en el regulador de caudal es:

$$H_{RC} = \frac{26.14 \frac{\text{lit}}{\text{min}} * 0.8 \text{ bar}}{458} * 0.375$$

$$\mathbf{H_{RC} = 0.017 \text{ cv}}$$

El calor en el filtro es:

$$H_F = \frac{26.14 \frac{\text{lit}}{\text{min}} * 2 \text{ bar}}{458} * 1$$

$$\mathbf{H_F = 0.114 \text{ cv}}$$

Remplazando todos los valores de los calores encontrados en la ecuación (44):

$$H_T = \sum H_i$$

$$\mathbf{H_T = H_B + H_R + H_C + H_E + H_{RC} + H_F}$$

$$\mathbf{H_T = 0.066 \text{ cv} + 6 \times 10^{-3} \text{ cv} + 0.17 \text{ cv} + 0.05 \text{ cv} + 0.017 \text{ cv} + 0.114 \text{ cv}}$$

$$\mathbf{H_T = 0.423 \text{ cv}}$$

### 3.6.3.13 Diseño del reservorio

El reservorio es una pieza que puede ser diseñado para cumplir varias funciones: Primero se utiliza como almacén para el fluido hasta que el sistema lo necesita; también debe de tener un lugar para separar el aire del fluido y debe permitir que se asienten los contaminantes.

Además un reservorio bien diseñado ayudará a disipar cualquier calor que se genere en el sistema.

El reservorio se diseña para darle mantenimiento fácil al fluido, el fondo del tanque es combado ya que así se reduce el espacio intermolecular existente en la estructura física del material previniendo de esta forma posibles filtraciones a través del fondo del tanque teniendo en cuenta que el fluido al aumentar su temperatura pierde su viscosidad y tiende a fluir más fácilmente.

El reservorio tiene un tapón de drenaje en el punto más bajo para poder evacuar todo el fluido.

La temperatura máxima de servicio del aceite tiene que permanecer por debajo de un valor límite tabulado, es decir, el calor absorbido por el aceite tiene que ser compensado por una disipación de calor equivalente en forma natural a través de las paredes del reservorio.

Como regla general el volumen de aceite es aproximadamente 3 a 4 veces el Caudal máximo erogado por la bomba.

Para obtener una vida de servicio óptima del aceite y de los elementos del sistema hidráulico se recomienda que la temperatura del aceite oscile entre 49°C y 54°C siendo 66°C la máxima temperatura de aceite recomendada. Además, el grado de viscosidad debe estar entre 150 SSU y 315 SSU, es decir se debe utilizar aceite SAE 10W o SAE 20-20W [5]. El aceite utilizado en el sistema hidráulico es SAE 10W, presentando una temperatura final de 35 °C, la temperatura ambiente donde se instalaría este sistema es de 18 °C.

La disipación de calor por conducción se realiza a través de las paredes de acero de espesor  $\frac{1}{4}$  in las mismas que se encuentran lacadas interiormente está dada en forma empírica por [4]:

$$A_L = \frac{H_T * 31}{\Delta T} \quad (49)$$

Donde:

$A_L$  = Área de intercambio de calor = paredes laterales del reservorio en contacto con el fluido

$H_T$  = Calor generado por el sistema en (cv)

$\Delta T$  = Diferencia de temperatura del fluido en ( $^{\circ}C$ )

$\Delta T = (35-18) ^{\circ}C = 17^{\circ}C$

Remplazando valores se tiene:

$$A_L = \frac{H_T * 31}{\Delta T}$$

$$A_L = \frac{0.423 \text{ cv} * 31}{17 ^{\circ}C}$$

$$A_L = 0.77 \text{ m}^2$$

El volumen requerido es:

$$V_R = 3 * Q_{\max} * \text{min}$$

$$V_R = 3 * 27.98 \text{ in}^3/\text{s} * 60\text{s}/1\text{min}$$

$$V_R = 5036.4 \text{ in}^3 \approx 0.08\text{m}^3$$

Luego el volumen disponible esta dado por:

$$V_D = a * b * c$$

Si:

$$a = b = 0.5 \text{ m}$$

Entonces:

$$c = V / a * b$$

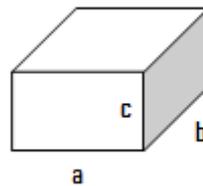
$$c = 0.11 / 0.5 * 0.5 = 0.43 \text{ m}$$

Finalmente las medidas para el reservorio son:

$$a = 0.5 \text{ m (base)}$$

$$b = 0.5 \text{ m (base)}$$

$$c = 0.2 \text{ m (altura)}$$



$$V_D = 0.1075 \text{ m}^3$$

$$V_R = 0.08 \text{ m}^3$$

$$V_D > V_R \quad \text{OK!}$$

### 3.6.4 Diseño del Bastidor para la Guillotina [6]

El bastidor va a soportar el peso de los cilindros hidráulicos y el portacuchilla por lo que se diseña tomando en cuenta estos parámetros. De la misma manera que en los casos anteriores el diseño se lo realiza en el software SOLIDWORKS mostrándose los resultados en los Anexos 18 y 19.

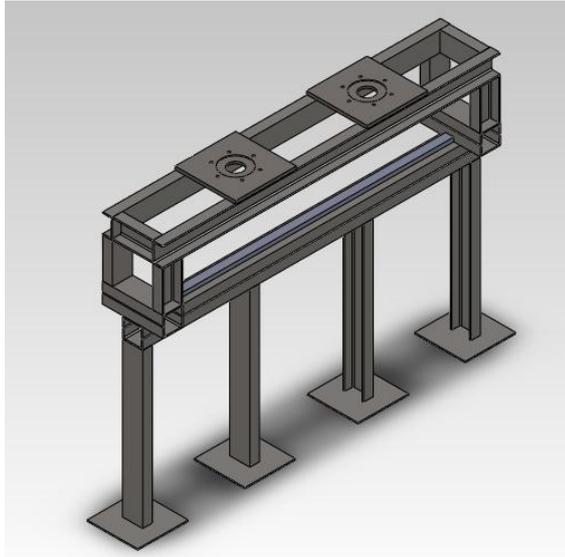


Figura 56. Bastidor Guillotina

### **3.6.5 Diseño del Sistema de Corte Longitudinal [6]**

Para el Sistema de Corte Longitudinal se hace necesario el uso de un par de discos de corte ubicados de forma estratégica a los lados del bastidor de la banda, los cuales mediante un sistema de transmisión reciben la placa con la ayuda de un patín mientras se va realizando el corte.

El diseño se canaliza a la selección del disco de corte y a la selección del motor con su respectivo sistema de transmisión.

El mecanismo de regulación del espesor de corte se lo realiza mediante un volante acoplado a un sistema de tornillo sin-fin, al igual que el avance perpendicular del disco hacia la placa.

Para cada tipo de placa existirá un avance diferente del disco por ejemplo para una placa P7 el avance en ambos lados será de 140mm.

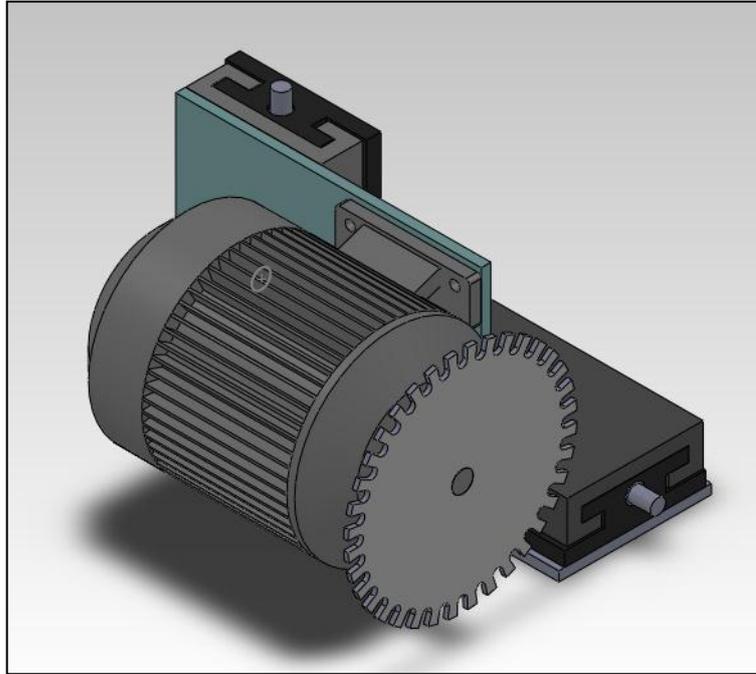


Figura 57. Conjunto Corte Longitudinal

#### 3.6.5.1 Selección del par de discos de corte.

La hoja de la sierra debe sobrepasar en la altura de un diente el espesor del material a cortar, para que los dientes penetren con el ángulo adecuado de corte ( $45^\circ$  aprox.).

Con estas características se logra que el sistema de corte se conserve mayor tiempo y el corte sea de buena calidad.

Para obtener una buena calidad y a la vez un buen proceso de corte no solo influye el tipo de diente sino que también se toma en cuenta el número de dientes, las condiciones del material, las revoluciones de la máquina, la velocidad de avance y el ángulo de penetración del corte.

A continuación se muestra una gráfica de velocidades recomendadas para corte.

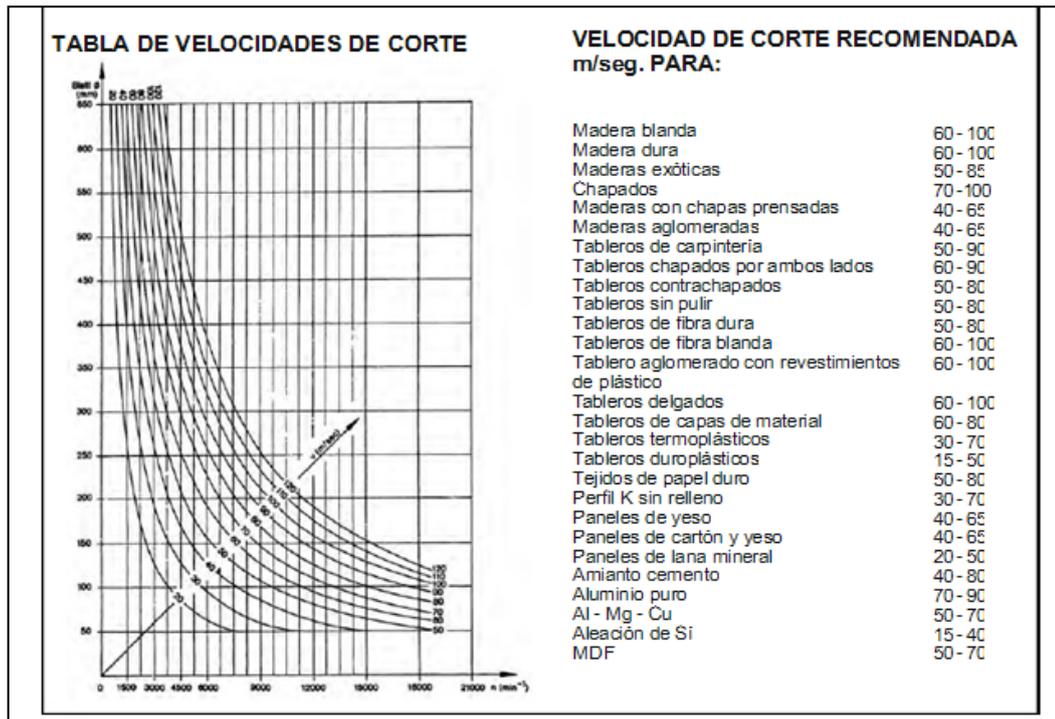


Figura 58. Velocidades De Corte

Las características para la selección del disco de corte son:

- Condición del material: Fibrocemento (material no ferroso)
- Tipo de máquina : Fija
- Velocidad: 40-80 m/seg

Del Catálogo ASEIN (Anexo 4) para discos de corte se selecciona un disco con las siguientes características:

-Discos de corte UNI STEEL 2 WS

-Dimensiones: 300x3.2x25.4

### 3.7 SELECCIÓN DE EQUIPOS Y ELEMENTOS

La selección de equipos corresponde básicamente a la banda, motor, chumaceras, variador de frecuencia entre otros.

### 3.7.1 Selección del motoreductor para accionar la banda transportadora [14]

En este caso se dispondrá de un motoreductor, para evitar utilizar un sistema de transmisión o reductor de velocidad por poleas o cualquier otro método.

La selección está en función de la potencia requerida y la velocidad de avance del transportador, según el catálogo de motorreductores. (Anexo 20).

MARCA:	<b>Motovario.</b> Dos Polos.
POTENCIA:	4 Kw
MODELO:	HA62
RELACIÓN DE TRANSMISIÓN:	14,5
FACTOR DE SERVICIO:	1,1

### 3.7.2 Selección de la cadena para la transmisión

En el caso más simple, una transmisión por cadena consta de una *cadena* y dos ruedas de estrella o catalinas: una conductora o motriz y otra conducida.

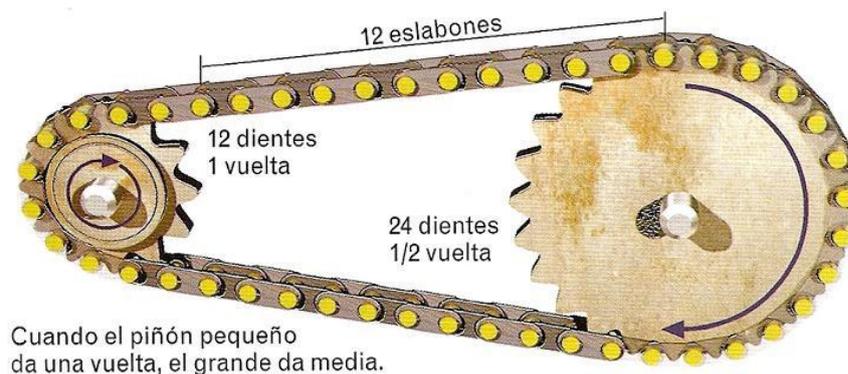


Figura 59. Esquema sistema de transmisión

### 3.7.2.1 Longitud de la cadena en pasos [13]

Las características básicas de las transmisiones de cadena incluyen una relación constante de velocidad puesto que no hay resbalamiento o estirado, larga vida o duración y la capacidad para impulsar cierto número de ejes desde una sola fuente de potencia o fuerza motriz

La longitud de la cadena en pasos viene dada por la siguiente relación:

$$\frac{L}{p} = \frac{2C}{p} + \frac{N_1 + N_2}{2} + \frac{(N_2 - N_1)^2}{4\pi^2(C/p)} \quad (50)$$

Donde:

$L/p$  = longitud de la cadena, en pasos

$N_1$  = Número de dientes de la rueda motriz

$N_2$  = Número de dientes de la rueda conducida

$C$  = Distancia entre ejes de centros en pulgadas

$p$  = Paso de la cadena en pulgadas

### 3.7.2.2 Potencia de diseño o corregida DHP [13]

De acuerdo con el tipo de unidad conducida y las condiciones de operación para una previa selección de la cadena se requiere del cálculo de la potencia de diseño DHP que viene dada por la ecuación:

$$DHP = P * fs \quad [hp] \quad (51)$$

Donde:

**P**: potencia del Motoreductor

**fs**: factor de servicio

Datos:

$$P = 5\text{hp}$$

$$fs = 1.0 \quad \text{factor para servicio Clase A Steady Load}$$

$$N_1 = 12$$

$$n_1 = 120 \text{ rpm número de revoluciones de la catalina motriz.}$$

$$N_2 = 22$$

$$C = 30 \text{ plg. (Asumido)}$$

$$p = 1 \text{ plg. (Para una cadena ANSI 80)}$$

Remplazando datos se tiene:

$$DHP = P * fs$$

$$DHP = 5 \text{ hp} * 1$$

$$DHP = 5 \text{ hp}$$

$$\frac{L}{p} = \frac{2C}{p} + \frac{N_1 + N_2}{2} + \frac{(N_2 - N_1)^2}{4\pi^2(C/p)}$$

$$\frac{L}{p} = \frac{2 * 30 \text{ plg}}{1 \text{ plg}} + \frac{12 + 22}{2} + \frac{(22 - 12)^2}{4\pi^2(30/1)}$$

$$\frac{L}{p} = 77.08 \text{ pasos}$$

$$L = 77.08 * 25.4\text{mm}$$

$L = 1958 \text{ mm}$  (Distancia aproximada en milímetros de la cadena)

El número de pasos par más aproximado es 78. Antes se debe hacer una corrección en la distancia entre centros **C**.

Sustituyendo  $L/p = 78$  en la ecuación (50) y despejando **C**:

$$\frac{L}{p} = \frac{2C}{p} + \frac{N_1 + N_2}{2} + \frac{(N_2 - N_1)^2}{4\pi^2 \left(\frac{C}{p}\right)}$$

$$78 = \frac{2C}{1 \text{ plg}} + \frac{12 + 22}{2} + \frac{(22 - 12)^2}{4\pi^2 (C/1)}$$

$$78 = 2C + 17 + \frac{2.53}{C}$$

$$C = 30.45 \text{ plg}$$

En general la distancia entre centros no debe exceder en 80 pasos, entre 30 y 50 Para este caso la distancia entre centros será  $30.45/1 = 30.45$  pasos, lo cual es satisfactorio.

Con una potencia corregida de 5 hp y un N1: 120 rpm, se selecciona del catálogo REXNORD (Anexo 6) una cadena con los siguientes datos:

<b>N. DE CADENA:</b>	ANSI 80
PASO (in):	1
Bore (in):	2.75
Distancia entre centro (pasos):	30.45
Longitud de la cadena (pasos):	77.08



### 3.7.2.3 Carga de trabajo

La fuerza que se genera en una transmisión por cadena es:

$$fc = \frac{33000 * HP}{V} \quad (lb) \quad (52)$$

$$V = \frac{N_1 * p * n_1}{12} \quad \left( \frac{ft}{min} \right) \quad (53)$$

Reemplazando se tiene:

$$V = \frac{N_1 * p * n_1}{12}$$

$$V = \frac{12 * 1 \text{ plg} * 120 \frac{rev}{min}}{12}$$

$$V = 120 \text{ ft/min}$$

$$fc = \frac{33000 * HP}{V}$$

$$fc = \frac{33000 * 5 \text{ HP}}{120 \text{ ft/min}}$$

$$fc = 1375 \text{ lb} = 623.9 \text{ kg}$$

### 3.7.2.4 Número de tramos [13]

El número de tramos en la transmisión por cadena esta dado por la siguiente relación:

$$Nt = \frac{DHP}{P.Transmisible} \quad (54)$$

La Potencia Transmisibile se obtiene del Catálogo de REXNORD para HORSPower RATINGS (Anexo 6) seleccionando el número de cadena junto con el paso y el número de dientes de la catalina motriz y sus rpm.

**Cálculo:**

$$Nt = 5/6.89 = 0.72 \approx 1 \text{ Tramo}$$

### **3.7.2.5 Selección de las ruedas o catalinas [13]**

Con el tipo de cadena ya seleccionado se procede a la selección de las catalinas en el catálogo Browning (Anexo 7).

Catalina Motriz:

**-80B12**

Número de dientes: 12

Tipo: B

Peso: 2.8 lbs.

Catalina Conducida:

**-80B22**

Número de dientes: 22

Tipo: B

Peso: 10 lbs.

### 3.7.3 Selección de las chumaceras [11]

La selección de las chumaceras se realiza en base al diámetro de los ejes de los tambores motriz y conducido y de acuerdo a su instalación. Según el Catálogo Browning (Ver anexo2) la elección del par de chumaceras para el tambor motriz es:

#### **CHUMACERA VPS50**

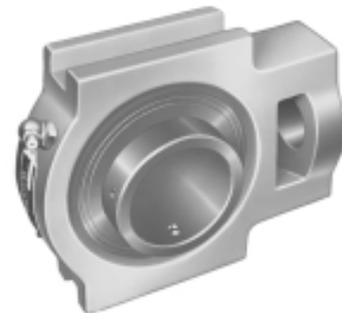
Diámetro interior:	50mm
Capacidad Dinámica:	35100N
Capacidad Estática:	23200N
Régimen de velocidad:	3000 1/min
Peso Unitario:	2.73Kg



Para el tambor conducido la chumacera es de tipo elección del par de chumaceras es:

#### **CHUMACERA VTWS50**

Diámetro interior:	50mm
Capacidad Dinámica:	35100N
Capacidad Estática:	23200N
Régimen de velocidad:	3000 1/min
Peso Unitario:	2.73Kg



### 3.7.4 Selección del Tensor para el tambor conducido

El par de tensores se selecciona de acuerdo a la chumacera seleccionada para el tambor motriz. Según el Catálogo Browning (Anexo 21) el tensor seleccionado es:

TIPO 18SF31 SERIE 200

### **3.7.5 Selección del par de motores para el sistema de corte longitudinal [15]**

De acuerdo al número de revoluciones necesarias para el disco de corte que corresponde a 5100 rpm como máximo se selecciona un par de motores del catálogo SIEMENS (Anexo 5) de las siguientes características:

- Motor trifásico 220 YY/440 Y
- Potencia 3HP
- 2 Polos
- Número de Revoluciones 3600 rpm
- ventilación propia con ventilador accionado y montado en el rotor,
- carcasa de aluminio o de fundición

#### Características Generales

##### Rodamientos

- De tipo rígidos de bolas (serie 63XX), de doble sello y con juego interno C3. Libres de mantenimiento para asegurar una larga vida del motor.
- Mayores dimensiones y grasa especial para soportar cargas y temperaturas más elevadas.
- Con una vida útil de hasta 20.000 horas de servicio continuo.

##### Tensiones de funcionamiento

- La línea estándar tiene tensión conmutable 220/380/440 V para todas las potencias. Frecuencia de operación estándar a 60 Hz (50 Hz bajo pedido).
- Disponible para arranque directo en todos los tamaños.
- Posibilidad de arranque en Y –  $\Delta$  a 220 V y 440 V a partir del tamaño 132.

### Ventilación forzada

- Directamente sobre las bobinas y partes activas del motor por medio de un ventilador radial termoplástico, el cual enfría el motor, independientemente del sentido de giro del mismo.

### Mayor rendimiento

- Con este diseño se ofrece mayor rendimiento, ahorrando energía.<sup>7</sup>

### **3.7.6 Selección de la Banda**

La función principal de la banda es soportar directamente el material a transportar y desplazarlo desde el punto carga hasta el de descarga, razón por la cual se la puede considerar el componente principal de las cintas transportadoras; también en el aspecto económico es, en general, el componente de mayor precio, se sabe que conforme aumenta la longitud, también crece el costo de la banda respecto del total.

El tipo de banda a ser seleccionada corresponde a un tipo de servicio ligero, entre las principales características que debe presentar están:

- Buena resistencia a la tensión
- Flexibilidad longitudinal y transversal
- Resistencia debido a las cargas, movimiento y tensionamiento de la banda

La selección se realiza de acuerdo a la resistencia de la banda, en la cual se tomará el caso más crítico que viene dado por la ecuación:

$$q = \frac{T*Fs}{i*B} \quad (55)$$

**Donde:**

---

<sup>7</sup> [www.siemens.com.co/catalogomotores.htm](http://www.siemens.com.co/catalogomotores.htm)

q= Carga de corte o carga de labor de la banda transportadora	(kg/cm)
T= Tensión máxima de la Banda transportadora	(473.66 kg)
Fs= Factor de seguridad	(5) valor
asumido	
i= numero de lonas de la banda	(2)
B= ancho de la banda	(140 cm)

Por lo tanto:

$$q = \frac{473.66 \text{ kg} * 5}{2 * 140 \text{ cm}}$$

$$q = 8.46 \text{ kg/cm} \approx 47.3 \text{ lb/plg.}$$

Se elige una Banda ANL – 168 de la Marca ICOBANDA (Anexo 8), que tiene las siguientes características:

Tipo:	168
Número de lonas:	2
Espesor Cubierta Superior:	1/8 in
Espesor Cubierta Inferior:	1/16 in
Espesor cojines:	5/64 in
Espesor total:	7 mm
Peso:	8,3 kg/m
Carga de trabajo:	168 lb/plg
Carga última garantizada:	1680 lb/plg

- Factor de Frecuencia

$$f = \frac{Lt}{v} \quad (56)$$

Donde:

f= Factor de frecuencia	(1/s)
Lt= longitud desarrollada de la banda	20.8 m (Para el Bastidor 1)
v= velocidad de la banda	(1 m/s)

Por lo tanto:

$$f = \frac{20.8 \text{ m}}{1 \text{ m/s}}$$

$$f = 20.8 \text{ 1/s}$$

### **3.7.7 Selección del Variador de Frecuencia**

Un variador de frecuencia se compone básicamente de dos placas electrónicas:

- Placa de control
- Placa de Potencia

Estas placas están separadas pues manejan distintos niveles de potencia, debiendo utilizar protecciones separadas.

La placa de potencia se alimenta desde la red eléctrica y entrega potencia al motor, contiene los dispositivos electrónicos de potencia tales como transistores de potencia, IGBT, tiristores.

Incluye las borneras para la alimentación y las conexiones del motor, puede incluir las necesarias para colocar elementos de potencia adicionales tales como resistencias de frenado.

La placa de control incluye todos los circuitos que realizan el control de la frecuencia y/o la tensión, enviando los pulsos de tensión al circuito de potencia. Contiene switches para setear parámetros y se comunica con el panel frontal o elemento de diálogo. El variador de frecuencia seleccionado de acuerdo al Catálogo ALTIVAR (Ver Anexo3) es:

<b>Variador de Velocidad (5HP)</b>	<b>ATV 31HU40N4</b>	<b>Alimentación trifásica de 440V</b>
--	---------------------	---



Figura 60. Variador de velocidad

**Características:**

- Potencia indicada en la placa: 5 HP
- Corriente de línea: U1 = 13.9A                      U2 = 10.6A
- Potencia Aparente: 9.2 KVA
- Corriente Nominal: 9.5A
- Masa: 3.1 Kg

El Altivar 31 integra funciones que responden a las aplicaciones más comunes, en particular:

- Manutención (pequeñas correas de transporte, paletizadoras, etc.),
- Máquinas de embalaje y de acondicionamiento,
- Maquinas específicas (mezcladoras, amasadoras, maquinas textiles, etc.),
- Bombas, compresores, ventiladores.

El variador Altivar 31 dispone de seis entradas lógicas, tres entradas analógicas, de una salida lógica/analógica y de dos salidas relés. Las principales funciones integradas son las siguientes:

- protecciones del motor y variador,
- rampas de aceleración y de desaceleración, lineales, en S, en U y personalizadas más velocidad / menos velocidad,
- 16 velocidades preseleccionadas,
- consignas y regulador PI,
- comando 2 hilos / 3 hilos,
- lógica de frenado,
- retoma al vuelo automática con búsqueda de velocidad y re arranque automático,
- configuración de defectos y de tipos de parada.

### Funciones del display y de las teclas



Figura 61. Display ATV 31

1 El despliegue se hace bajo forma de códigos o de valores por intermedio de 4 displays “7 segmentos”.

- 2** Teclas de navegación en los menús o de modificación de los valores.
- 3** “ENT”: Tecla de validación para entrar en un menú o validar el nuevo valor escogido.
- 4** “ESC”: Tecla de salida de los menús (sin acción de validación).
- 5** Dos LED de diagnóstico para el bus CANopen.
  - Únicamente para los variadores ATV 31H...M2A y ATV 31H...N4A :
- 6** Potenciómetro de consigna de velocidad.
- 7** “RUN”: Comando local de marcha del motor.
- 8** “STOP/RESET”: Comando local de detención del motor y reset de los defectos.

## CAPÍTULO IV

### 4. CONSTRUCCIÓN, INSTALACIÓN Y PRUEBAS DEL SISTEMA

#### 4.1 INTRODUCCIÓN

Para el desarrollo del proyecto se partió del diseño de los elementos necesarios de los sistemas de transporte, corte longitudinal y corte transversal de placas de fibrocemento.

En este capítulo se exponen las actividades realizadas durante la construcción, instalación y montaje de cada uno de los elementos y equipos que conforman los distintos mecanismos.

En la construcción del sistema de transporte y corte de placas se utiliza las siguientes máquinas, herramientas y elementos mecánicos.

- Fresadora.
- Cortadora de plasma.
- Soldadora eléctrica CA.
- Taladro de pedestal.
- Amoladora.
- Esmeril.
- Rectificadores neumáticos
- Destornilladores.
- Machuelos.
- Escuadra.
- Calibrador Pie de Rey
- Lima.
- Nivel.
- Llaves en general.
- Arco de sierra.
- Torno.
- Tarraja.
- Brocas.
- Taladro de mano.
- Martillo.
- Playos.
- Entenalla.

## 4.2 CONSTRUCCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA.

En la construcción del sistema de transporte y corte de placas se emplean partes mecánicas de acero. La estructura en general fue constuida utilizando pefilería de acero.

El bastidor se diseñó por tramos debido a su gran longitud y para tener la facilidad de transportar al área de trabajo. La descripción completa del proceso de construcción de la máquina, se muestra en las tablas XIX, XX y XXI que indican sus partes constitutivas:

TABLA XIX. ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DEL BASTIDOR

SISTEMA	DENOMINACIÓN	CANTIDAD	MATERIAL
BASTIDOR	Base del motor	2	SAE 1008
	Motoreductor	2	
	Engranaje	4	
	Cadena	2	
	Tambor motriz	2	SAE 1010
	Chumacera VPS 50	4	
	Bases de los soportes verticales	16	SAE 1008
	Base de la chumacera	4	SAE 1010
	Pernos de la chumacera	8	
	Viga longitudinal	4	SAE 1010
	Viga vertical principal	8	SAE 1010
	Viga vertical secundaria	8	SAE 1008
	Viga transversal	24	SAE 1008
	Tambor conducido	2	SAE 1010
	Chumacera NTN T210	4	
	Guía de la chumacera	4	SAE 1010
	Perno templador de banda	4	
	Tuerca	8	
	Perno guía de la chumacera	24	
	Cinta transportadora	2	
Plataforma de la cinta	11	Fibrocemento	

TABLA XX. ELEMENTOS DEL SISTEMA DE CORTE LONGITUDINAL

SISTEMA	DENOMINACIÓN	CANTIDAD	MATERIAL
CORTE LONGITUDINAL	Volante de posicionamiento	4	SAE 1008
	Manija del volante	4	SAE 1008
	Perno sujetador de la manija	4	
	Tuerca de la manija	4	
	Guía de desplazamiento	4	SAE 1010
	Perno horizontal	2	
	Perno de posición vertical	2	
	Tuerca de posición	4	Bronce
	Base	2	SAE 1008
	Motor	2	
	Pernos fijador del motor	8	
	Patin guía	2	SAE 1008
	Disco de corte	2	HSS
	Coraza protectora	2	SAE 1008
Perno de sujeción a la base	8		

TABLA XXI. ELEMENTOS DEL SISTEMA DE CORTE TRANSVERSAL

SISTEMA	DENOMINACIÓN	CANTIDAD	MATERIAL
CORTE TRANSVERSAL	Viga transversal	1	SAE 1010
	Viga vertical	2	SAE 1010
	Base de la viga vertical	2	SAE 1010
	Regleta de corte	1	Grilón
	Cuchilla de corte	1	HSS
	Útil de la cuchilla	1	SAE 1010
	Cilindro vertical	2	

#### 4.2.1 Operaciones tecnológicas ejecutadas en la construcción del sistema de transporte y corte de placas de fibrocemento

En las tablas XXII, XXIII y XXIV se indican cada una de las operaciones tecnológicas realizadas en la construcción del sistema de transporte y corte. Además se muestra el tiempo

que toma realizar cada operación, esto con el objetivo de tener un valor total del tiempo empleado en la ejecución del presente proyecto.

TABLA XXII. OPERACIONES TECNOLÓGICAS REALIZADAS EN EL BASTIDOR

SISTEMA	DENOMINACIÓN	Nº	OPERACIÓN TECNOLÓGICA	TIEMPO (horas)
<b>BASTIDOR</b>	Base del motor	1	Cortado	3
		2	Soldado	3
		3	Esmerilado	2
		4	Perforado	2
	Tambor motriz	5	Cortado	3
		6	Soldado	3
		7	Esmerilado	2
		8	Torneado	8
		9	Fresado	1
	Base del soporte vertical	10	Cortado	4
		11	Esmerilado	4
		12	Perforado	5
		13	Soldado	5
	Base de la chumacera	14	Cortado	2
		15	Esmerilado	2
		16	Perforado	1
		17	Soldado	2
	Viga longitudinal	18	Cortado	3
		19	Soldado	4
	Viga vertical principal	20	Cortado	3
		21	Soldado	5
	Viga vertical secundaria	22	Cortado	2
		23	Soldado	3
	Viga transversal	24	Cortado	3
		25	Soldado	5
	Tambor conducido	26	Cortado	3
		27	Soldado	3
		28	Esmerilado	2
		29	Torneado	8
		30	Fresado	1
	Guia de la chumacera	31	Cortado	3
		32	Esmerilado	2
		33	Fresado	8
		34	Taladrado	3
		35	Roscado	3
		36	Soldado	2
	Perno templador de banda	37	Cortado	2
		38	Torneado	4
		39	Fresado	2
	Plataforma de la cinta	40	Perforado	6

TABLA XXIII. OPERACIONES TECNOLÓGICAS DEL SISTEMA LONGITUDINAL

<b>SISTEMA</b>	<b>DENOMINACIÓN</b>	<b>Nº</b>	<b>OPERACIÓN</b>	<b>TIEMPO (horas)</b>
<b>CORTE LONGITUDINAL</b>	Guia de desplazamiento	41	Cortado	2
		42	Esmerilado	1
		43	Fresado	4
		44	Perforado	2
		45	Soldado	2
	Perno de posición horizontal	46	Cortado	2
		47	Torneado	4
		48	Fresado	2
	Perno de posición vertical	49	Cortado	2
		50	Torneado	4
		51	Fresado	2
	Tuerca de posición	52	Cortado	2
		53	Torneado	3
		54	Fresado	2
	Base	55	Cortado	2
		56	Esmerilado	1
		57	Perforado	2
		58	Soldado	2
	Patin guía	59	Cortado	3
		60	Esmerilado	3
		61	Fresado	2
		62	Perforado	2
		63	Roscado	1
		64	Soldado	2
	Coraza protectora	65	Cortado	2
		66	Doblado	2
		67	Perforado	1
		68	Roscado	1
		69	Soldado	1

TABLA XXIV. OPERACIONES TECNOLÓGICAS DEL SISTEMA TRANSVERSAL

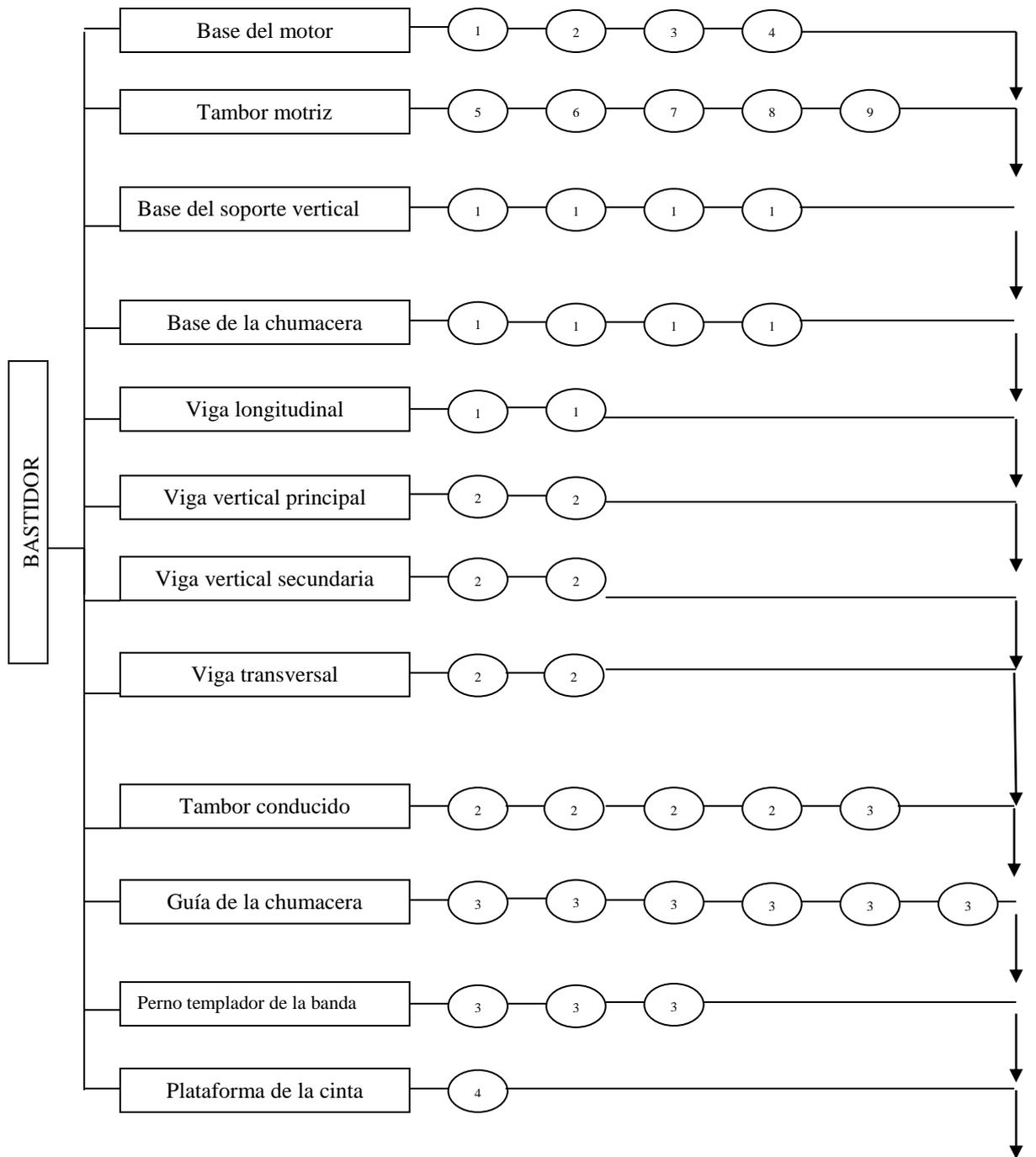
SISTEMA	DENOMINACIÓN	Nº	OPERACIÓN	TIEMPO (horas)
<b>CORTE TRANSVERSAL</b>	Viga transversal	70	Cortado	1
		71	Esmerilado	1
		72	Soldado	1
	Viga vertical	73	Cortado	2
		74	Esmerilado	2
		75	Soldado	3
	Base de la viga vertical	76	Cortado	2
		77	Esmerilado	2
		78	Perforado	2
		79	Soldado	2
	Regleta de corte	80	Cortado	1
		81	Perforado	1
	Cuchilla de corte	82	Perforado	2
		83	Roscado	2
	Sujetador de la cuchilla	84	Cortado	1
		85	Esmerilado	1
		86	Fresado	2
		87	Perforado	1
88		Roscado	1	

La suma de los tiempos empleados en realizar cada una de las operaciones tecnológicas descritas anteriormente da como resultado un total de 223 horas.

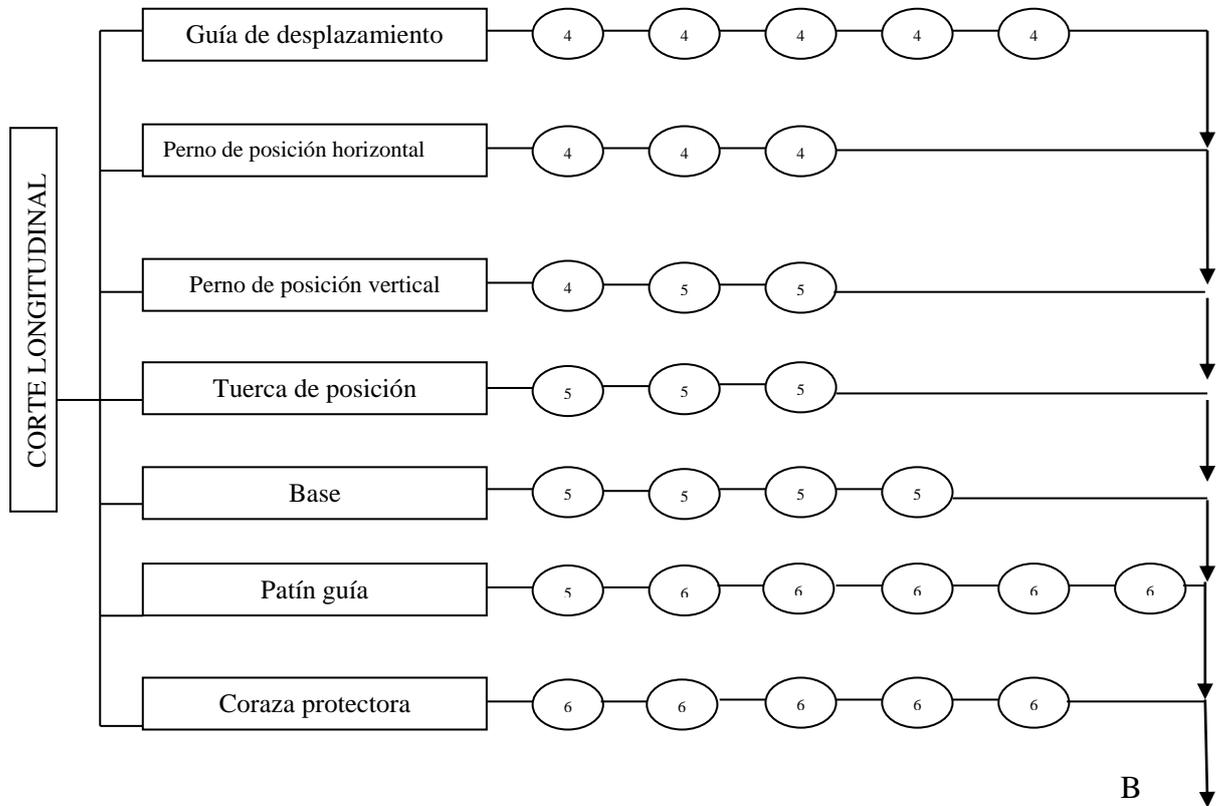
#### 4.2.2 Flujograma de operaciones tecnológicas

A continuación se presentan los flujogramas de las operaciones tecnológicas:

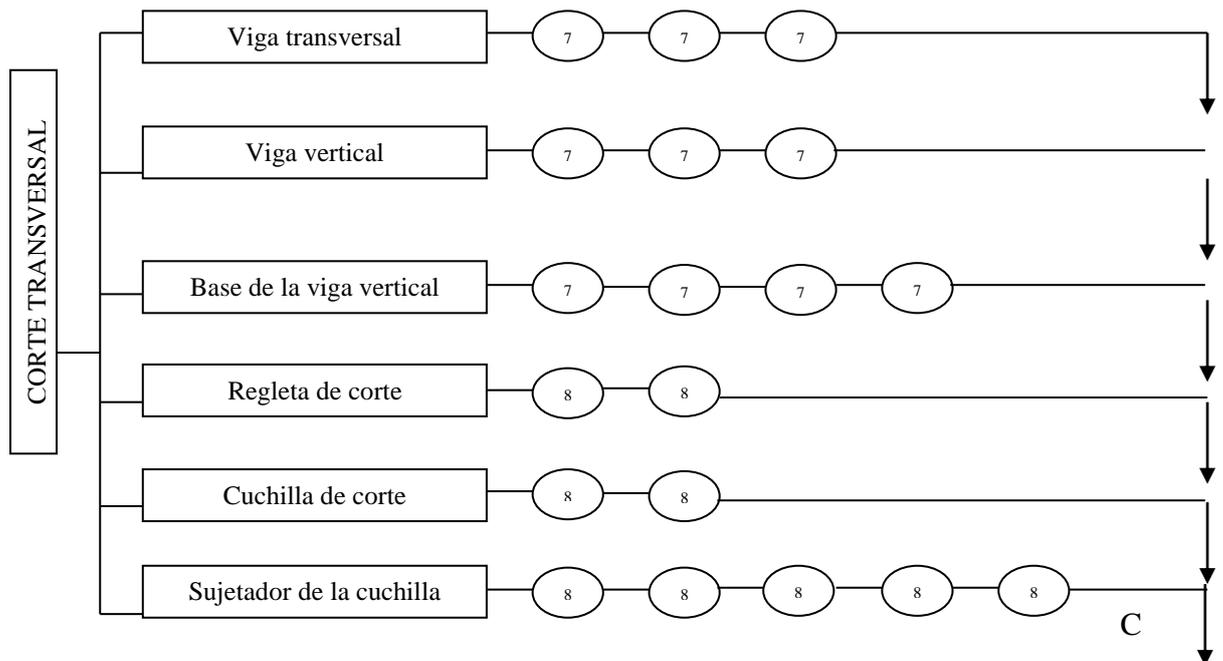
### 4.2.2.1 Flujograma del bastidor



#### 4.2.2.2 Flujograma del conjunto de corte longitudinal



#### 4.2.2.3 Flujograma del conjunto de corte transversal



### 4.3 INSTALACIÓN DE EQUIPOS Y ACCESORIOS

El sistema de transporte y corte ha sido proyectado de tal forma que los distintos elementos que lo componen tengan la alternativa a su intercambiabilidad de una forma sencilla, así como, para realizar las diferentes actividades concernientes al mantenimiento respectivo de dichos elementos.

Las presentes tablas que se muestran a continuación detallan los tiempos obtenidos para el montaje e instalación de los distintos elementos que integran el sistema de transporte y corte.

#### 4.3.1 Instalación de los elementos del bastidor

En la tabla XXV se muestra el montaje de todos los elementos y equipos que conformar el sistema de transporte, siendo su nervio central el bastidor.

TABLA XXV. OPERACIONES DE MONTAJE DEL BASTIDOR

TIEMPOS DE MONTAJE DE LOS ELEMENTOS DEL BASTIDOR		
Nº	OPERACIÓN	TIEMPO (horas)
M1	Traslado de elementos al sitio de trabajo	48
M2	Montaje del motoreductor en la base	2
M3	Montaje del tambor motriz	4
M4	Montaje del engranaje en el eje del motoreductor	2
M5	Montaje del engranaje en el eje del tambor motriz	2
M6	Montaje de la cadena entre los engranajes	2
M7	Montaje de la chumacera del tambor motriz	2
M8	Montaje del perno templador de la banda	2
M9	Montaje del tambor conducido	4
M10	Montaje de la chumacera del tambor conducido	2
M11	Montaje de la guía de la chumacera	3
M12	Montaje de la cinta transportadora	4
M13	Montaje de la plataforma de la cinta	6
	Total	83

#### **4.3.2 Instalación de los elementos del sistema de corte longitudinal**

En la tabla XXVI se muestra el montaje de todos los elementos y equipos que conforman el sistema de corte longitudinal, el cual se encuentra montado sobre el bastidor del sistema de transporte.

TABLA XXVI. OPERACIONES DE MONTAJE DEL SISTEMA LONGITUDINAL

TIEMPOS DE MONTAJE DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA DE CORTE LONGITUDINAL		
N°	OPERACIÓN	TIEMPO (horas)
M14	Traslado de elementos al sitio de trabajo	48
M15	Montaje del disco de corte	2
M16	Montaje del motor en el soporte	4
M17	Montaje de la guía de desplazamiento	4
M18	Montaje del perno de posición horizontal	2
M19	Montaje del perno de posición vertical	2
M20	Montaje de la tuerca de posición	2
M21	Montaje de la base	4
M22	Montaje del patín guía	4
Total		72

#### **4.3.3 Instalación de los elementos del sistema de corte transversal**

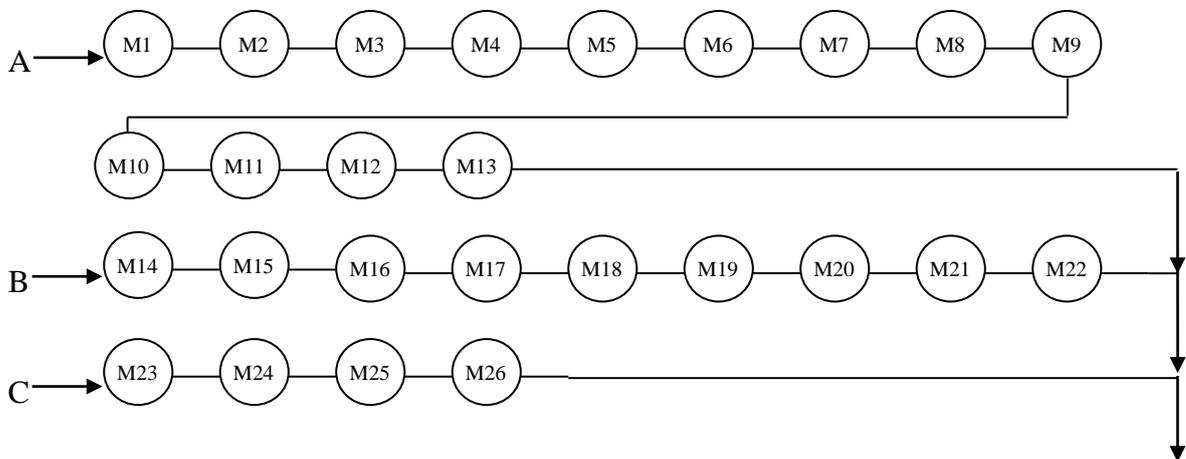
En la tabla XXVII se muestra el montaje de todos los elementos y equipos que conforman el sistema de corte transversal.

TABLA XXVII. OPERACIONES DE MONTAJE DEL SISTEMA TRANSVERSAL

TIEMPOS DE MONTAJE DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA DE CORTE TRANSVERSAL		
N°	OPERACIÓN	TIEMPO (horas)
M23	Traslado de elementos al sitio de trabajo	48
M24	Montaje de la regleta de corte de corte	2
M25	Montaje del sujetador de la cuchilla de corte	4
M26	Montaje de la cuchilla de corte	4
Total		58

#### 4.3.4 Flujograma de montaje

A continuación se muestra un esquema del montaje de los sistemas de transporte, corte longitudinal y corte transversal respectivamente.



FIN

## 4.4 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

### 4.4.1 Plan de pruebas

Las pruebas que fueron necesarias realizar con el sistema de transporte y corte son las siguientes:

- Tiempos de posicionamiento de la lámina sobre la banda transportadora.
- Velocidad lineal óptima de la banda transportadora.
- Longitud que recorre la banda transportadora debido a la inercia del motor.
- Velocidad de los cilindros del sistema de corte transversal.
- Tiempo total empleado en un ciclo.

#### 4.4.1.1 **Tiempos y movimientos del sistema de transporte y corte de placas de fibrocemento**

Fue necesario tomar datos de los tiempos que el sistema de transporte y corte demora en la ejecución de cada movimiento y corte, para lo cual se tabuló los tiempos que forman el ciclo.

TABLA XXVIII. POSICIONAMIENTO DE LA PLACA.

# DE MEDICIÓN	TIEMPO (seg)
1	10,2
2	8,9
3	9,4
4	9,2
5	8,8
6	9,3
7	10,1
8	9,6
9	9,2
10	10,1
Promedio	9,5

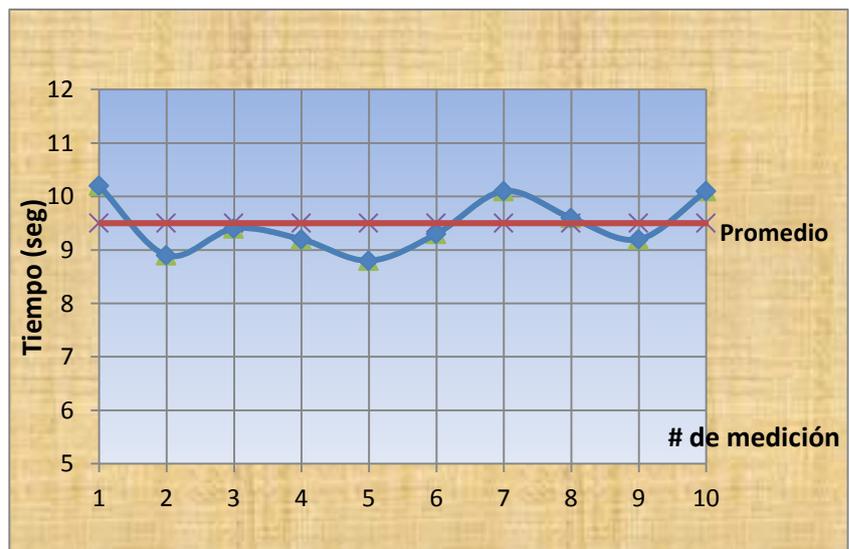


Figura 62. Tiempo de posicionamiento de la placa

TABLA XXIX. VELOCIDAD DE LA BANDA TRANSPORTADORA

# DE MEDICIÓN	VELOCIDAD (m/s)
1	0,415
2	0,42
3	0,41
4	0,41
5	0,415
6	0,425
7	0,41
8	0,415
9	0,42
10	0,415
Promedio	0,416

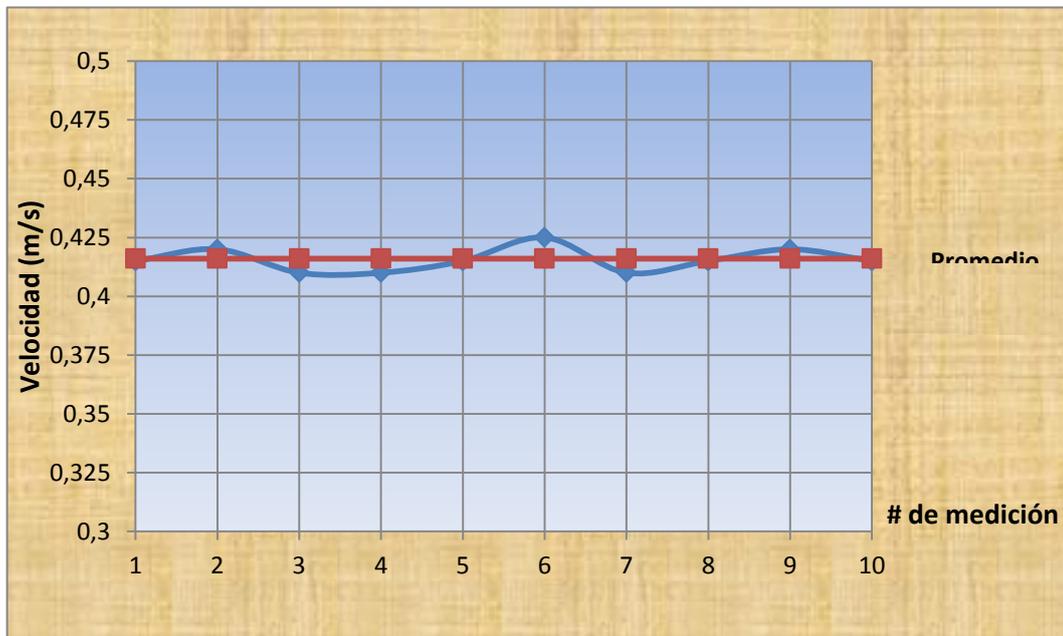


Figura 63. Velocidad de la banda transportadora

TABLA XXX. LONGITUD RECORRIDA DEBIDO A LA INERCIA DEL MOTOR

# DE MEDICIÓN	LONGITUD (cm)
1	39
2	38
3	39
4	38
5	38
6	39
7	39
8	39
9	38
10	39
Promedio	38,6

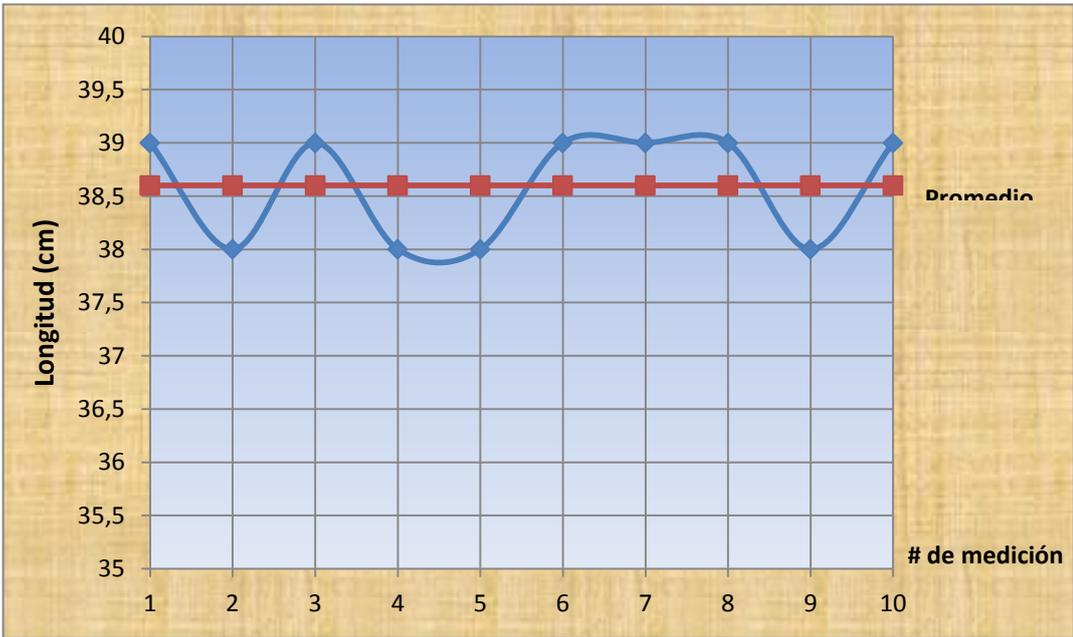


Figura 64. Longitud recorrida debido a la inercia del motor

TABLA XXXI. VELOCIDAD DE LOS CILINDROS

# DE MEDICIÓN	VELOCIDAD (cm/s)
1	4,3
2	4,6
3	3,9
4	3,6
5	4,5
6	4,3
7	4,3
8	4,1
9	4,2
10	3,8
Promedio	4,2

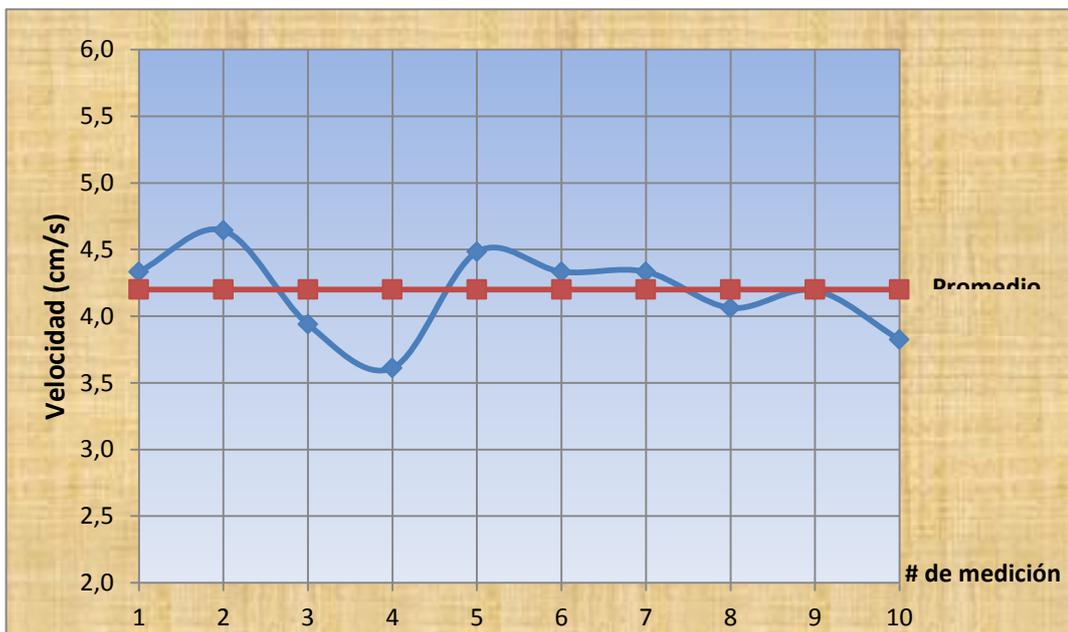


Figura 65. Velocidad de los cilindros

TABLA XXXII. TIEMPO TOTAL EMPLEADO EN UN CICLO

# DE MEDICIÓN	TIEMPO (seg)
1	64,2
2	63,8
3	63,4
4	63,7
5	64,1
6	64,6
7	64,9
8	63,0
9	62,8
10	62,9
Promedio	63,7

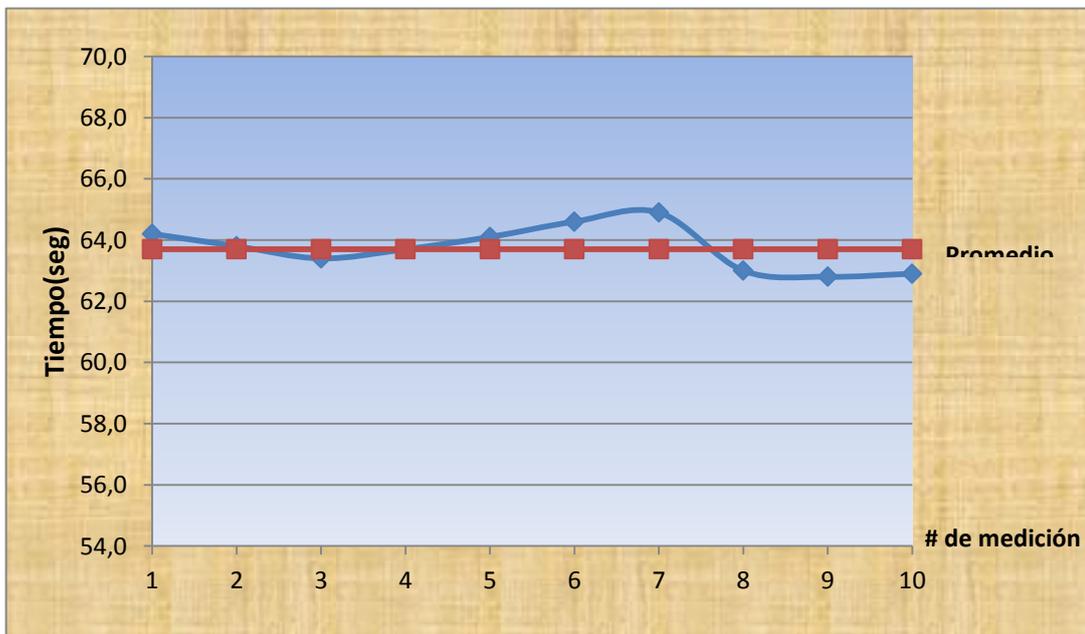


Figura 66. Tiempo total empleado en un ciclo

## 4.5 ANÁLISIS DE RESULTADOS

En la tabla XXXIII se presenta un resumen de los resultados obtenidos en la que se hace una comparación de los valores de tiempo que requiere el sistema de transporte y corte de placas de fibrocemento construido en la ejecución del presente proyecto con el sistema existente por varios años en la empresa Tubasec C.A.

Los tiempos a compararse comprenden desde la etapa de conformado de lámina hasta realizar el corte transversal de una placa de fibrocemento, el mismo tiempo será considerado como el tiempo de un ciclo de trabajo.

TABLA XXXIII. COMPARACIÓN ENTRE TIEMPOS DEL CICLO

	SISTEMA EXISTENTE EN TUBASEC	SISTEMA DE TRANSPORTE Y CORTE(Tesis)
Tiempo de un ciclo	209 seg	193.7 seg

### 4.5.1 Tiempo del ciclo en el sistema de transporte y corte de placas de fibrocemento

El tiempo de un ciclo de trabajo se tomó mediante pruebas realizadas en el sistema de transporte y corte, este dato fue tabulado anteriormente, dando como resultado:

$$t = 63,7 \text{ seg.}$$

Cabe recalcar que en la recolección de datos no se tomo en cuenta el tiempo que tarda la placa en ser conformada en el rodillo de laminación, dicho tiempo equivale a 130 seg.

Entonces, el tiempo real del ciclo es:

$$t_{ciclo} = 63,7 \text{ seg} + 130 \text{ seg}$$

$$t_{ciclo} = 193,7 \text{ seg}$$

Matemáticamente es posible calcular el tiempo de un ciclo de trabajo, esto se consigue analizando cada uno de los tiempos y movimientos que se muestran en la etapa de transporte y corte, llegando a deducir la siguiente fórmula:

$$t_{ciclo} = t_A + t_B + t_C + t_D + t_E + t_F \quad (57)$$

Donde:

$t_A$ : Tiempo de conformado de la placa en el rodillo de laminación.

$t_B$ : Tiempo de posicionamiento de la placa sobre la banda transportadora.

$t_C$ : Tiempo que tarda en llegar la placa hasta el sistema de corte transversal.

$t_D$ : Tiempo que tardan los cilindros en efectuar el corte con la cuchilla.

$t_E$ : Tiempo de salida de la placa para ubicarse en la posición final.

$t_F$ : Suma de los tiempos comprendidos entre la transición de cada movimiento del ciclo.

El dato de  $t_B$  es medido en las pruebas efectuadas en el sistema de transporte y corte, el mismo equivale a 9.5 segundos.

Para saber el valor de  $t_C$  se toma como datos la velocidad de la banda transportadora que es igual a  $0,416 \frac{m}{s}$  y la distancia que debe recorrer la placa de fibrocemento hasta llegar al punto donde se realiza el corte transversal, dicha longitud equivale a 6,5 metros.

Entonces el  $t_C$  está dado por la fórmula:

$$t_C = \frac{\text{Longitud}_{plancha}}{\text{Velocidad}_{banda}} \quad (58)$$

$$t_C = \frac{6,5 \text{ m}}{0,416 \frac{m}{s}}$$

$$t_C = 15,6 \text{ s.}$$

De igual manera para conocer el valor de  $t_D$  se parte de la velocidad de los cilindros del sistema de corte transversal, este valor corresponde a  $4,2 \frac{cm}{s}$ ; los cilindros deben recorrer una distancia de 13 cm para efectuar el corte de la placa de fibrocemento, de aquí se deduce que:

$$t_D = \frac{\text{distancia}}{\text{Velocidad}_{\text{cilindros}}} \quad (59)$$

$$t_D = \frac{13 \text{ cm}}{4,2 \frac{cm}{s}}$$

$$t_D = 3,1 \text{ s.}$$

Hay que tener en cuenta que este tiempo debe ser multiplicado por 2, esto porque el cilindro realiza una carrera de salida y otra de retorno con la misma velocidad.

El valor de  $t_E$  se obtiene al dividir la longitud que recorre la placa de fibrocemento desde que se culmina de realizar el corte transversal hasta la posición final de esta, y, entre la velocidad de la banda transportadora.

Esta longitud es igual a 4,2 metros.

$$t_E = \frac{\text{Longitud}_{\text{plancha}}}{\text{Velocidad}_{\text{banda}}} \quad (60)$$

$$t_E = \frac{4,2 \text{ m}}{0,416 \frac{m}{s}}$$

$$t_E = 10,1 \text{ s.}$$

Por último falta por determinar el tiempo  $t_F$ , este tiempo fue medido durante la etapa de pruebas y el mismo equivale a 15 s.

Una vez que se ha analizado todos y cada uno de los tiempos que constituyen el tiempo total de un ciclo de trabajo del sistema de transporte y corte de placas de fibrocemento se procede a calcularlo.

$$t_{ciclo} = t_A + t_B + t_C + t_D + t_E + t_F$$

$$t_{ciclo} = 130 \text{ s} + 9,5 \text{ s} + 15,6 \text{ s} + 2(3,1 \text{ s}) + 10,1 \text{ s} + 15 \text{ s}$$

$$t_{ciclo} = 186,4 \text{ s.}$$

#### **4.5.2 Comparación entre los tiempos del ciclo del sistema de transporte y corte de placas de fibrocemento y el sistema ahora existente en la empresa Tubasec.**

Anteriormente se tabuló el tiempo que se tarda en completar un ciclo con el sistema existente en la empresa Tubasec C.A, el cual es de 209 segundos.

El tiempo que toma realizar el mismo ciclo en el sistema de transporte y corte de placas de fibrocemento proyectado y construido en la realización de este proyecto es de 186,4 segundos. Según estos tiempos se logra reducir el tiempo en un 10,8%.

Esta reducción del tiempo utilizado significa un aumento en la producción diaria de placas de fibrocemento. A continuación se calcula el número de placas de fibrocemento que actualmente se produce diariamente en Tubasec.

$$\# \text{ placas} = \frac{24 \text{ horas}}{t_{ciclo}} \quad (61)$$

$$\# \text{ placas} = \frac{86400 \text{ s}}{209 \text{ s}}$$

$$\# \text{ placas} = 413.$$

El sistema de transporte y corte de placas de fibrocemento tiene una capacidad de producción de:

$$\# \text{ placas} = \frac{24 \text{ horas}}{t_{\text{ciclo}}}$$

$$\# \text{ placas} = \frac{86400 \text{ s}}{186,4 \text{ s}}$$

$$\# \text{ placas} = 463.$$

Como se evidencia la producción diaria de placas de fibrocemento se aumenta en un número de 50.

Es necesario recordar que en todo el desarrollo de este proyecto solo se ha analizado una línea de producción.

La empresa Tubasec C.A cuenta con 4 líneas de producción, entonces el aumento real en el número de placas será de 200 diarias.

## **4.6 MANTENIMIENTO DE LA MÁQUINA**

### **4.6.1 Operación y mantenimiento de la máquina**

#### **4.6.1.1 Indicaciones básicas para el montaje**

Se debe instalar la máquina en un área con cubierta para protección de lluvias; el tablero eléctrico de control se debe encontrar en un área seca, libre de aceite, corrientes de aire o ambientes de grasa que afecte el buen funcionamiento de los controles eléctricos de la máquina.

#### **a) Anclaje y nivelación:**

Antes del montaje se debe realizar una fundición del concreto en el área donde se va a instalar la máquina ya que es necesario nivelarla correctamente para su buen funcionamiento.

El anclaje de la máquina se lo realiza con pernos de expansión colocados en los 16 puntos de sujeción que se indican en los planos, además se colocarán elementos cauchotables en los puntos de apoyo sobre el piso para absorber la vibración y aumentar la vida útil.

#### **b) Ensamble:**

Se debe observar y verificar que todas las partes mecánicas y eléctricas de la máquina estén conectadas adecuadamente según lo estipulado en planos. De igual forma es importante verificar el nivel de aceite hidráulico en el sistema.

#### **c) Acometidas:**

Hay que verificar que se encuentre correctamente acopladas todas las tuberías al sistema hidráulico y de igual forma la red eléctrica.

#### **4.6.1.2 Operación inicial de la máquina**

Antes de proceder a una producción continua de las placas de fibrocemento es conveniente observar los siguientes pasos:

- a) Verificar que no existan objetos en toda la superficie interior y exterior de la banda transportadora, discos de corte del sistema longitudinal y en el espacio donde trabaja la guillotina del sistema de corte transversal.
- b) Comprobar que la distancia entre los discos del sistema de corte longitudinal tenga la respectiva medida de acuerdo al tipo de placa de fibrocemento a producir.

- c) Conectar línea de energía, según acometida eléctrica.
- d) Energizar el tablero de control.
- e) Encender motores del sistema hidráulico y corte longitudinal.
- f) Verificar en el manómetro colocado en el sistema hidráulico que la presión de trabajo sea la correcta.
- g) Accionar los cilindros hidráulicos manualmente y observar que los finales de carrera trabajen correctamente.
- h) Verificar que no existan fugas en mangueras y central hidráulica.
- i) Encender el motoreductor de la banda transportadora y verificar que la banda se encuentre centrada en los tambores motriz y conducido.
- j) Comprobar que la banda transportadora se encuentre tensada correctamente.
- k) Verificar si el programa del PLC es el correcto para el funcionamiento de la máquina.
- l) Realizar una prueba inicial en la máquina colocando una placa de fibrocemento y verificar si todos los finales de carrera y demás sensores se activan correctamente.
- n) Una vez cortada la placa de fibrocemento comprobar que cumple con las medidas respectivas.
- o) Observar la calidad superficial en los cortes longitudinal y transversal.
- p) De no existir inconvenientes a los literales anteriores, la máquina está en óptimas condiciones para continuar con su normal funcionamiento.

#### **4.6.1.3 Mantenimiento del sistema de transporte y corte**

El mantenimiento mecánico que se requiere para esta máquina no es tan riguroso. Sin embargo se prevé un mantenimiento de tipo preventivo, en las partes eléctricas, mecánicas e hidráulicas, para garantizar su buen funcionamiento.

Antes de empezar con la producción diaria, lubricar con grasa todos los mecanismos móviles tales como chumaceras, guías de chumaceras, rodamientos de los ejes de los motores, etc.

- **Inspección cada 8 horas(cambio de turno de producción)**

- a) Comprobar el nivel de fluido hidráulico.
- b) Comprobar que no haya fugas de aceite en la bomba, en las mangueras, líneas hidráulicas, en la zona del depósito y cilindros hidráulicos.
- c) Limpiar todas las partículas de producto y de polvo depositadas en la banda transportadora, discos de corte, patines de deslizamiento del sistema de corte longitudinal y guillotina.

- **Inspección semanal**

- a) Realizar las comprobaciones de mantenimiento preventivo correspondientes a 8 horas.
- b) Comprobar el estado de las conexiones en todas las líneas hidráulicas.
- c) Verificar que la tensión en la banda transportadora sea la adecuada.
- d) Revisar el estado de los discos de corte y de la guillotina, rectificar el filo si es necesario.
- e) Realizar el ajuste en todos los pernos, tuercas y demás elementos de sujeción del sistema de transporte y corte.
- f) Comprobar los valores de intensidad y resistencia eléctrica en el motor de la banda transportadora y en el motor de la bomba del sistema hidráulico.

- **Inspección mensual**

- a) Realizar las comprobaciones de mantenimiento preventivo correspondientes a 8 horas y a la inspección semanal.
- b) Cambiar el filtro del sistema hidráulico.
- c) Reemplazar los discos del sistema de corte longitudinal.
- d) Comprobar la presión del sistema hidráulico.
- c) Comprobar los tiempos de ciclo y desviación de la guillotina en el sistema hidráulico.

- **Inspección trimestral**

- a) Realizar las comprobaciones de mantenimiento preventivo correspondientes a 8 horas, inspección semanal y mensual.

b) Cambiar el aceite hidráulico.

- **Inspección semestral**

a) Realizar las comprobaciones de mantenimiento preventivo correspondientes a 8 horas, inspección semanal, mensual y trimestral.

b) Reemplazar la cuchilla del sistema de corte transversal.

- **Inspección anual**

a) Realizar las comprobaciones de mantenimiento preventivo correspondientes a 8 horas, inspección semanal, mensual, trimestral y anual.

b) Reemplazar los rodamientos de los ejes de los motores del sistema de corte longitudinal y del sistema hidráulico.

## CAPÍTULO V

### 5. COSTOS

#### 5.1 GENERALIDADES

Con el siguiente análisis económico se pretende conocer de forma general los gastos realizados en el proceso de construcción del sistema de transporte y corte de las planchas planas con el fin de obtener el valor de la inversión realizada y sus costos directos, indirectos y totales.

Estos costos son obtenidos mediante la sumatoria de todos los materiales utilizados, así como los parámetros utilizados en la construcción tales como: pagos de mano de obra, transporte, combustible, materiales y equipos utilizados.

#### 5.2 COSTOS DIRECTOS

Para el análisis de costos directos se toman en cuenta los gastos por materiales, mano de obra, equipos o maquinarias utilizados y transporte, los mismos que se detallan a continuación:

##### 5.2.1 Costos de materiales y accesorios mecánicos

TABLA XXXIV. COSTO DE MATERIALES Y ACCESORIOS MECÁNICOS

Material	DESCRIPCIÓN	Unidad	Cantidad	P. unit. (\$)	Costo Total (\$)
Chumacera	VPS50	unidad	4	37,5	150
Chumacera	VTWS50	unidad	4	46,2	184,8
Cuchilla	HSS 18% W	unidad	1	50,65	50,65
Plancha	4x8 (18 mm)	plancha	1	160,25	160,25
Plancha	4x8 (12 mm)	plancha	2	109,54	219,08
Plancha	4x8 (1/8")	6 metros	1	36,34	36,34
Perfil	C 100x50x6 mm	metro	38	3,65	138,64
Perfil	C 80x40x3 mm	metro	34	1,53	51,96
Ángulo	3/4" x 1/8"	metro	3	1,14	3,42
Tubo	rectangular 100x50x4 mm	metro	7	13,7	95,9
Perno	M25 x 250 mm	unidad	4	16	64

Perno	Allen M12x50	unidad	24	0,45	10,8
Perno	Allen M5x30	unidad	32	0,3	9,6
Perno	M15x50	unidad	4	0,75	3
Perno	M8x30	unidad	24	0,2	4,8
Perno	cabeza avellanada M5x30	unidad	10	0,15	1,5
Perno	M14x50	unidad	8	0,65	5,2
Tuerca	M15	unidad	4	0,23	0,92
Tuerca	M25	unidad	8	1	8
Tuerca	M8	unidad	16	0,09	1,44
Tuerca	M14	unidad	8	0,2	1,6
Piñón	80 Z=12	unidad	2	19,69	39,38
Piñón	80B 25 T	unidad	2	53,57	107,14
Cadena	ANSI 80	unidad	2	75,89	151,78
Arandela Plana	M8	unidad	8	0,05	0,4
Arandela Plana	M14	unidad	8	0,06	0,48
Arandela presión	Arandela de presión M8	unidad	8	0,06	0,48
Arandela presión	Arandela de presión M14	unidad	8	0,07	0,56
Grasero	M8	unidad	8	0,14	1,12
Grilón	20x40x1500 mm	unidad	1	50	50
Eje	ø = 50 mm	metro	2	50	100
Banda Transportadora	Nylon K20 de 140cmx20,8 mts	unidad	1	2315,25	2315,25
Banda Transportadora	Nylon K20 de 140cmx8,77 mts	unidad	1	1055,25	1055,25
Chaveta	100x10x10 mm	unidad	2	3,58	7,16
Chaveta	70x10x10	unidad	2	3,15	6,3
Electrodo	E 6011 5/32"	kilogramo	20	3,94	78,8
Electrodo	E 6013 5/32"	kilogramo	20	4,33	86,6
Disco de corte	1C30R4B47C	unidad	2	23,5	47
O2 industrial	AGA	metro cúbico	10	4,91	49,1
Acetileno	AGA	metro cúbico	10	23,4	234
				<b>TOTAL</b>	<b>5485,7</b>

El costo total en materiales y accesorios mecánicos es de **5485,7 dólares americanos**.

TABLA XXXV. COSTO DE MATERIALES HIDRÁULICOS

DESCRIPCIÓN	Cantidad	P. unit. (\$)	Costo (\$)
Grupo P/Central Hidráulica AC Bomba D/Engranaje	1	1700	1700
Kompass Cilindro Hidráulico 2E Diam. 4 x 20 carrera	2	225	450
Accesorios (neplos, tes, uniones)			170
Kompass Electroválvula 4/3 centro cerrado cetop 3	1	385,9	385,9
Manómetro	2	35	70
		<b>TOTAL</b>	<b>2775,9</b>

El costo total de materiales hidráulicos es **2755.9 dólares americanos**.

TABLA XXXVI. COSTO DE MATERIALES ELÉCTRICOS

DESCRIPCIÓN	Cantidad	P. unit. (\$)	Costo (\$)
Motoreductor de 5 hp	2	1090	2180
Motor trifásico de 3 hp	2	730,5	1461
Variador de frecuencia	2	702,45	1404,9
Mts. Cable THHN 600 V/AWG 10	50	1,885	94,25
		<b>TOTAL</b>	<b>5140,15</b>

El costo total de materiales eléctricos es **5140.15 dólares americanos**

El costo total por materiales para la construcción del sistema de transporte es:

TABLA XXXVII. COSTO TOTAL DE MATERIALES

MATERIALES	VALOR (\$)
Mecánicos	5532,7
Eléctricos	5140,15
Hidráulicos	2775,9
<b>TOTAL</b>	<b>13448,75</b>

### 5.2.2 Costos por maquinaria y equipos utilizados

TABLA XXXVIII. COSTO POR MAQUINARIA Y EQUIPOS

<b>Máquina/Herramienta</b>	<b>Horas Equipo</b>	<b>Costo/Hora (\$)</b>	<b>Costo Total (\$)</b>
Fresadora	24	10	240
Torno	31	15	465
Taladro	29	5	145
Cortadora de plasma	53	6	318
Soldadora eléctrica	48	5	240
Rectificadora	25	10	250
Baroladora	4	5	20
Amoladora	40	1	40
Oxi-Corte	10	5	50
Compresor	30	3	90
Herramienta Manual	5% Mano de Obra		103,13
Varios	8		100
		<b>TOTAL</b>	<b>2061,13</b>

### 5.2.3 Costos por Mano de obra

TABLA XXXIX. COSTO POR MANO DE OBRA

<b>Trabajador</b>	<b>Salario/Hora</b>	<b>Horas Hombre</b>	<b>Costo (\$)</b>
Maestro Mecánico	3,125	350	1093,75
Ayudante Mecánico	1,875	350	656,25
Electricista	3,125	100	312,5
		<b>TOTAL</b>	<b>2062,5</b>

#### 5.2.4 Costo por transporte

TABLA XL. COSTO POR TRANSPORTE

<b>Transporte</b>	<b>Costo/Flete</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo (\$)</b>
Material a taller	15	5	75
Otros	—	—	20
<b>TOTAL</b>			<b>95</b>

El valor total por costos directos es:

TABLA XLI. TOTAL COSTOS DIRECTOS

<b>Costo por</b>	<b>Valor (\$)</b>
Materiales y accesorios	13448,75
Maquinaria y equipo utilizado	2061,13
Mano de obra	2062,5
Transporte	95
<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS</b>	<b>17667,38</b>

#### 5.3 COSTOS INDIRECTOS

TABLA XLII. TOTAL COSTOS INDIRECTOS

<b>DETALLE</b>	<b>CANTIDAD (% CD)</b>	<b>VALOR (\$)</b>
Ingenieriles (Diseño y supervisión)	10%	1766,7
Imprevistos	----	1719,28
Utilidad	0	
<b>TOTAL COSTOS INDIRECTOS</b>		<b>3485,98</b>

#### 5.4 COSTOS TOTALES

Los costos totales son el equivalente de la suma de los costos directos más los costos indirectos, sumados estos dos valores se tiene el valor de **21153,36 \$**. (Veinte y un mil ciento cincuenta y tres dólares americanos con treinta y seis centavos).

## 5.5 ANÁLISIS DE COSTOS POR OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Un análisis de este tipo se puede aproximar considerando la potencia que consumen los elementos electromecánicos así como también el costo promedio de consumo de energía eléctrica en el país, pero un análisis más verdadero se lo realizaría tabulando datos en pleno funcionamiento del proceso.

Para el cálculo se considera un periodo de trabajo diario de la máquina de 22.5 horas en un promedio de 22 días laborables en el mes.

Los datos necesarios se toman de las placas de funcionamiento de cada elemento eléctrico y de sus respectivos catálogos y se muestran a continuación:

TABLA XLIII. CONSUMO ELÉCTRICO

<b>Consumo Eléctrico</b>				
<b>DETALLE</b>	<b>Watts</b>	<b>Horas de trabajo</b>	<b>η del motor</b>	<b>Kw-h al mes</b>
Motor Banda 1	3700	495	0,85	2154,71
Motor Banda 2	3700	495	0,85	2154,71
Motor corte longitudinal 1	2237	495	0,776	1426,95
Motor corte longitudinal 2	2237	495	0,776	1426,95
Motor Centralina (corte transversal)	745,7	200	0,85	175,46
			<b>TOTAL</b>	<b>7338,78</b>

Considerando que el costo del Kw-h de energía eléctrica esta por los 0.12 usd para el sector industrial tenemos que el valor mensual a pagar por operación es de **880,65 dólares americanos**.

TABLA XLIV. COSTOS POR OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO EN UN MES

<b>DETALLE</b>	<b>VALOR (\$)</b>
Consumo eléctrico	880,65
Operarios	1500
Materiales de Limpieza	100
Grasa	50
<b>TOTAL</b>	<b>2530.65</b>

El costo mensual por operación y mantenimiento será de **2530.65 dólares americanos**.

## **5.6 SALVAMENTO DE LA MÁQUINA**

La estimación de un valor de salvamento del sistema de transporte para las planchas planas de fibrocemento se hace necesaria al momento de realizar un análisis de rentabilidad. Para el cálculo se estima un valor de salvamento del 10 % del costo de inversión en función de los elementos constitutivos del sistema de transporte, en especial los dispositivos electrónicos, los cuales seguirán en funcionamiento de acuerdo al término de la vida útil de cada uno. Por lo tanto se tiene:

Inversión:  $P = \$ 21.153,36$

Salvamento de la máquina:

$$S = 10\% * P \quad (62)$$

$$S = 0,10 * 21153,36$$

$$S = \$ 2.115,34$$

## **5.7 DEPRECIACIÓN DE LA MÁQUINA**

La depreciación es la pérdida de valor contable que sufren los activos fijos por el uso al que se les somete y su función productora de renta. En la medida en que avanza el tiempo de servicio, decrece el valor contable de dichos activos. Las leyes tributarias de nuestro país determinan una vida legal para maquinaria y equipos de 10 años. El método de depreciación en línea recta es el método más utilizado y con este se supone que los activos se usan más o menos con la misma intensidad año por año, a lo largo de su vida útil; por tanto, la depreciación periódica debe ser del mismo monto.

Aplicando este método al sistema de transporte de las planchas planas de fibrocemento se tiene una depreciación anual de:

Inversión: P = \$ 21153,36

Salvamento: S = \$ 2.115,36

Vida útil contable: n = 10 años

Depreciación anual:

$$Da = \frac{P-S}{n} \quad (63)$$

$$Da = \frac{21153,36 - 2115,34}{10}$$

$$Da = \$ 1.903,8$$

La depreciación anual, acumulada y el valor en libros del sistema de transporte de las planchas planas de fibrocemento al final de cada uno de los años de vida útil, se aprecia en la siguiente tabla:

TABLA XLV. DEPRECIACIÓN ANUAL DEL SISTEMA DE TRANSPORTE

<b>Año</b>	<b>Depreciación anual (\$)</b>	<b>Depreciación acumulada (\$)</b>	<b>Valor en libros (\$)</b>
0	0	0	21153,36
1	1903,8	1903,8	19249,56
2	1903,8	3807,6	17345,76
3	1903,8	5711,4	15441,96
4	1903,8	7615,2	13538,16
5	1903,8	9519	11634,36
6	1903,8	11422,8	9730,56
7	1903,8	13326,6	7826,76
8	1903,8	15230,4	5922,96
9	1903,8	17134,2	4019,16
10	1903,8	19038	2115,36

Fuente: Tubasec  
Elaborado por: Autores

## 5.8 VIABILIDAD DEL PROYECTO

Para verificar si el proyecto es rentable se realiza un análisis de la tasa interna de retorno o llamado comúnmente TIR y el valor actual neto o por sus siglas VAN.

### 5.8.1 VAN

Se llama Valor actual neto a la diferencia entre los ingresos (VAI) con los egresos (VAE) considerando a los ingresos como valores positivos como son los costos de producción, el valor de salvamento y considerando negativos a los egresos entre los que se encuentra el costo de la máquina, el costo por mantenimiento.

$$VAN = VAI - VAE \quad (64)$$

El Valor actual neto presenta tres posibilidades de viabilidad de un proyecto:

- Si el VAN es positivo el proyecto es rentable.
- Si el VAN es nulo el proyecto se considera indiferente ejecutarlo o no.
- Si el VAN es negativo el proyecto no es rentable.

### 5.8.2 TIR [16]

La tasa interna de retorno o rendimiento es una medida de la rentabilidad de una inversión que está íntimamente relacionada con el valor actual neto (VAN).

La TIR de una inversión es aquella tasa de rendimiento que, cuando se usa para descontar los flujos de efectivos futuros de una inversión hacen que el VAN de esa inversión sea cero. En otras palabras, cuando se encuentran los flujos de efectivos futuros de inversión usando la TIR, su valor actual será exactamente igual al monto inicial de esa inversión. Por lo tanto la TIR es una cantidad en extremo útil de conocer cuando se está evaluando un proyecto potencial de inversión.

Las consideraciones que se toman en cuenta con la TIR son:

- Tasa interna de retorno  $> i$  se realiza el proyecto.
- Tasa interna de retorno  $= i$  se puede considerar la necesidad de realizar o no el proyecto.
- Tasa interna de retorno  $< i$  no se realiza el proyecto.

### 5.8.3 Análisis del VAN y TIR

TABLA XLVI. FLUJO DE CAJA

FLUJO DE CAJA	
Costo de construcción	\$21.106,36
Flujo efectivo anual	\$95040,00
Costo de producción anual y depreciación	\$83255,19
Costo de reparación y mantenimiento anual	\$4800,00
Valor de salvamento	\$2115,34
Vida, Años	5

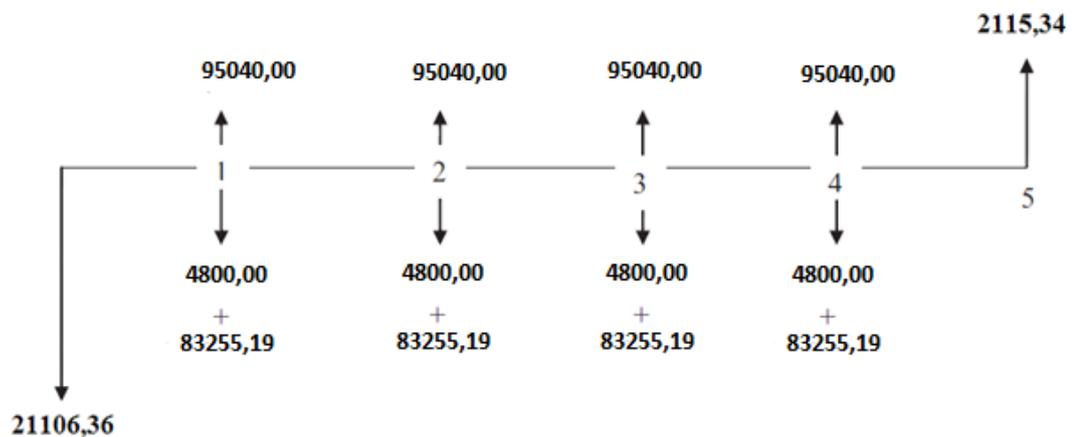


Figura 1. Diagrama de evaluación financiera

$$VAN = VAI - VAE$$

$$VAI = 95040,00(P/A, i\%, 5) - 2115,34(P/A, i\%, 5) \quad (65)$$

$$VAE = 21106,36 + (4800,00 + 83255,19)(P/A, i\%, 5) \quad (66)$$

TABLA XLVII. INTERÉS COMPUESTO

i%	P/A	P/F	VAI	VAE	VAN
0	5	1	477315,34	461412,31	15903,03
5	4,3295	0,7835	413133,05	402371,31	10761,74
10	3,7908	0,6209	361591,05	354935,97	6655,07
15	3,3522	0,4972	319644,84	316314,97	3329,87
20	2,9906	0,4019	285076,78	284474,21	602,57
25	2,6893	0,3277	256284,27	257943,18	-1658,91

En la tabla observamos los resultados y para el cálculo del TIR escojo un valor positivo y un valor negativo del VAN en este caso de 20 y 25% Con los datos obtenidos tenemos un TIR igual a:

$$TIR = i\% + \frac{\Delta\% * VAN^+}{VAN^+ + VAN^-} \quad (67)$$

$$TIR = 20\% + \frac{5\% * 602,57}{602,57 + 1658,91}$$

$$TIR = 21,33\%$$

Se toma como referencia la tasa de interés de nuestro país que en estos momentos se encuentra en el 12% teniendo:

21,33% > 12 % por lo tanto el proyecto es factible.

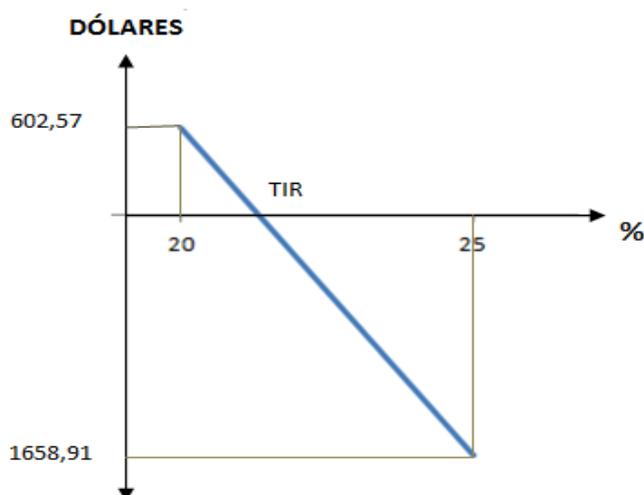


Figura 2. TIR

## 5.9 ANÁLISIS DEL PUNTO DE EQUILIBRIO

Es el punto en donde los ingresos totales recibidos se igualan a los costos asociados con la venta de un producto ( $IT = CT$ ). Un punto de equilibrio es usado comúnmente en las empresas u organizaciones para determinar la posible rentabilidad de vender determinado producto. Para calcular el punto de equilibrio es necesario tener bien identificado el comportamiento de los costos; de otra manera es sumamente difícil determinar la ubicación de este punto. En la Tabla XLVIII se detalla los Costos Fijos y los costos variables en los cuales la empresa Tubasec C.A. incurrían para la fabricación de las planchas de fibrocemento, dentro de los costos fijos se ha considerado Mano de obra Directa e Indirecta, Depreciación de la maquinaria, Gastos de ventas, Gastos Administrativos, Arriendos entre otros mientras que en los Costos Variables se considera el detalle de la materia prima, insumos y suministros, materiales indirectos entre otros.

Otro factor que se considera dentro del Punto de Equilibrio son los ingresos por ventas que para este caso corresponde a un total de \$ 2.376.000,00 al año, mientras que los costos de producción son de \$1.663.200 anuales, es decir que a la empresa Tubasec C.A. por cada plancha de fibrocemento invierte \$16,80 por un total de 99.000 planchas al año. Respecto al precio de venta la empresa vende su producto en \$24,00 dando como resultado un margen de contribución de \$7,20 por plancha. En resumen se pudo determinar que la empresa para llegar a su punto de equilibrio debe estimar vender un total de 9.030 unidades.

### **Inversión:**

$P = \$21.153,36$  usd.

Producción mínima mensual de la máquina:

Producción:  $Pd = 463$  u/d

Días al mes:  $Dt = 22$  días

Producción mensual:  $Pm = Pd * Dt = 10186$  u/mes

Ingreso anual: \$2.376.000,00

Costo por producto:  $Cp = 16,80$  usd por plancha

Aplicando las fórmulas para el punto de equilibrio y reemplazando los valores se obtiene el punto de equilibrio en unidades y en dólares.

$$PE(\$) = \frac{\text{Costo fijo}}{1 - \frac{\text{Costo variable total}}{\text{Ingresos}}} \quad (68)$$

$$PE = \frac{65.011,80}{1 - \frac{1.680.648,75}{2.376.000}}$$

$$PE = 222.110,7 \text{ usd}$$

$$PE = \frac{\text{Costo fijo}}{\text{Precio} - \text{Costo unitario}}$$

$$PE = \frac{65.011,80}{24 - 16,8}$$

$$PE = 9029,4 \text{ unidades}$$

TABLA XLVIII. ANÁLISIS DEL PUNTO DE EQUILIBRIO

PUNTO DE EQUILIBRIO	
COSTOS FIJOS	VALORES \$
Mano de Obra Directa	24750,00
Mano de Obra Indirecta	20808,00
Reparación y Mantenimiento	4800,00
Arriendos	0,00
Seguros	0,00
Imprevistos	0,00
Depreciación y Amortización	1903,80
Gastos de Venta	6000,00
Gastos Administrativos	6750,00
Gastos financieros	0,00
<b>TOTAL COSTOS FIJOS</b>	<b>65011,80</b>
COSTOS VARIABLES	
Materia Prima Consumidas	1663200,00
Suministros	4000,00
Materiales Indirectos	13448,75
<b>TOTAL COSTOS VARIABLES</b>	<b>1680648,75</b>
PUNTO DE EQUILIBRIO	
UNIDADES	<b>9030,00</b>
VALORES	216706,00

Con una producción de 463 placas de fibrocemento por día en el sistema de transporte y corte se necesitará un tiempo de 19, 5 días para llegar al punto de equilibrio.

## CAPÍTULO VI

### 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1 CONCLUSIONES

- Debido al interés mostrado por la empresa TUBASEC C.A y para el presente proyecto de titulación se desarrolló un sistema de transporte y corte que automatice parcialmente los procesos de transporte y corte de placas de fibrocemento, cumpliendo de esta manera con la necesidad planteada por esta empresa.
- De entre los sistemas de transporte más adecuados que se ha previsto utilizar es el sistema por banda transportadora, ya que este sistema se acopla a las necesidades requeridas para el trabajo debido a que se necesita una velocidad constante y a las características de materiales con las que se va a trabajar para la fabricación de las placas de fibrocemento.
- En el sistema de corte longitudinal y transversal las mejores alternativas son las de corte por disco y corte por guillotina respectivamente, ya que acelera el tiempo de producción, se obtiene una buena calidad superficial en los cortes y salvaguarda la integridad del trabajador al prescindir toda intervención manual al momento de efectuar dichos cortes.
- Los distintos parámetros de diseño han servido para hacer una recopilación, selección, adaptación e implementación de mecanismos y equipos para obtener una mejor alternativa en la construcción del sistema de transporte y corte de placas de fibrocemento.
- Al realizar las pruebas se observó la disminución del tiempo en cada ciclo de trabajo para efectuar el transporte y corte de placas de fibrocemento, aumentando de esta manera la producción diaria.
- El mantenimiento general de los equipos y de los distintos elementos que componen el sistema de transporte y corte de placas de fibrocemento es esencial para el buen funcionamiento de este sistema, así como para alargar su vida útil.

- Cuando se construye un prototipo de una máquina siempre se incurre en costos adicionales por diseño y en riesgos en la adquisición de elementos o en la construcción misma ya que en ocasiones un elemento se lo construye o se lo adquiere más de una vez debido a errores e inexperiencia. Sin embargo una gran ayuda para minimizar estos egresos son los programas computacionales con aplicaciones CAD. En este caso se utilizó el software Solid Works.
- Es evidente el aumento de producción de placas de fibrocemento, por lo que la ejecución de este proyecto es muy factible para la empresa obteniéndose una ganancia significativa.

## **6.2 RECOMENDACIONES**

- Para que el frenado sea instantáneo, evitando el avance por la inercia del movimiento, se evitaría la permanente calibración de la distancia de frenado, por lo que se recomienda utilizar motorreductores con freno.
- Se recomienda destensar la banda para realizar un mejor limpiado y secado de la parte inferior, así la contaminación de restos propios de la mezcla bajo la banda es menor y se evitara que se quede pegada a la mesa de apoyo del transportador.
- Se recomienda verificar el tensado de la banda, para que trabaje de acuerdo a la tensión calculada para evitar que los tambores y ejes llegaran a doblarse. Asimismo se incrementaría la carga sobre los rodamientos, dando como resultado una vida de servicio más corta y posibles costos inesperados.
- Se recomienda el presente procedimiento a seguir por parte de los operarios para obtener un correcto centrado de la banda:
  - Cuando la banda se mueve lateralmente hacia el lado derecho, el rodillo guía se voltará en el lado derecho hacia la dirección del funcionamiento de la banda, con la ayuda del tensor. Como resultado de ello, la banda será guiada de nuevo hacia el centro. Esto sucede por la influencia del peso de la banda, el peso del producto y la fricción existente entre la banda y el rodillo.

- Si el movimiento de la banda es hacia el lado izquierdo, la calibración es contraria.
  
- Antes de montar la banda en el bastidor es aconsejable dejar la banda unas doce horas en el lugar y ambiente en donde va a ser utilizada para que se adapte a las condiciones ambientales de trabajo.
- Se recomienda realizar un mantenimiento periódico del sistema de transporte para asegurar la vida útil de los elementos que lo componen. Igualmente se debe efectuar un chequeo periódico de juntas, uniones y conexiones tratando de seguir los pasos mostrados en el Manual de Mantenimiento de la Máquina detallado en el numeral 4.6 de este documento.
- Se recomienda diseñar, construir e instalar es sistema electrónico del control y sincronización de los distintos movimientos que intervienen en el Sistema de Corte y Transporte de las Placas de Eurolit, esto con el objetivo de complementar de mejor manera el presente trabajo de tesis.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] **SHIGLEY, J.** Diseño en Ingeniería Mecánica. 5ª ed. México: Mc Graw Hill, 1990. Pp 815.
- [2] **RULMECA, R.** Rodillos y Componentes para el Transporte por Banda. 2<sup>da</sup> ed. España: 2003. Pp. 16-47
- [3] **PIRELLI, W.** Manual de Cálculo de Cintas Transportadoras. España: Mc Graw Hill, 1992. Pp. 11.
- [4] **MORÁN, I.** Introducción a los Sistemas Hidráulicos (Doc).
- [5] **SPERRY-VICKERS.** Catálogo Industrial.
- [6] **SOLID WORKS.** Software de Modelado 3D.
- [7] **ATOS.** Catálogo de Cilindros Hidráulicos.
- [8] **KOMPASS.** Catálogo General de Productos.
- [9] **VIÑAN, A.** Mecánica de Sólidos II. Riobamba-Ecuador. Profesor del Área de Diseño.
- [10] **MAC Valves.** Catálogo de Válvulas MAC. 2007 (AINSA)
- [11] **FAG.** Catálogo General. Catálogo WL 41 520/3 SB; edición 2000.
- [12] **MATAIX C.** Mecánica de Fluidos y Máquinas Hidráulicas. 2da edición. México: Editorial HARLA, 1991.
- [13] **ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA.** Apuntes de Diseño de Elementos de Máquinas II. ESPOCH.
- [14] **DMK.** Catálogo de Motores Eléctricos.
- [15] **SIEMENS.** Motores de Baja Tensión. edición 2008
- [16] **TARQUIN, A.** Ingeniería Económica. 5ª ed. México DF: Mc Graw Hill, 2004.

## **BIBLIOGRAFIA**

- ALEXÁNDROV, M.** Aparatos y Máquinas de Elevación y Transporte. Moscú: Mir, 1976.
- CRANE, J.** Mecánica de Máquinas. 4ª ed. Madrid: CASTILLA, S. A., 1964.
- HAMROCK, B.** Elementos de Máquinas. México DF: Mc Graw Hill, 2000.
- INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN (INEN).** Código de Dibujo Técnico Mecánico. Normalización Número 009. Ecuador, 1981.
- IPAC.** Catálogo de Selección de Perfiles.
- LARBURU, N.** Máquinas, Prontuario: Técnicas, Máquinas Herramientas. 13va.ed. Madrid: Paraninfo, 2001.
- MORÁN, I.** Introducción a los Sistemas Hidráulicos (Doc.).
- NOVILLO, G.** Apuntes de Diseño II (Doc.).
- PIRELLI.** Catálogo de Bandas.
- POLEAS.** Catálogo de Poleas.
- SHIGLEY, J.** Diseño en Ingeniería Mecánica. 5ª ed. México DF: Mc Graw Hill, 1990
- SKF.** Catálogo General de Selección de Rodamientos y Chumaceras.
- SOLID WORKS.** Software de Modelado 3D.
- SPERRY-VICKERS.** Catálogo Industrial.
- TARQUIN, A.** Ingeniería económica. 5ª ed. México DF: Mc Graw Hill, 2004.

## LINKOGRAFIA

### **Cilindros Hidráulicos:**

<http://www.kompasspain.com/htm/newpage2-H.htm>

2010-11-10

### **Cilindros Hidráulicos:**

<http://www.kompass.com.tw/product/fa/22-1.htm>

2010-11-15

### **Motores y Contactores:**

<http://www.siemens.com>.

2010-11-15

### **Perfiles Metálicos:**

<http://www.dipacmanta.com>

2010-11-15

### **Elementos y Bloques en SolidWorks:**

[www.traceparts.com](http://www.traceparts.com)

2011-07-03

[www.solidworks/library/parts.html](http://www.solidworks/library/parts.html)

2011-07-03

### **Bandas transportadoras:**

[http://www.kauman.com/es/products/bt\\_datostecnicos\\_es.asp](http://www.kauman.com/es/products/bt_datostecnicos_es.asp)

2011- 07-20