



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

**Facultad de Ingeniería
Departamento de Ingeniería Mecánica**

“Evaluación del sistema transporte de ceniza de una caldera de poder”

Seminario de Título presentado en conformidad a los requisitos para obtener el título de Ingeniero de Ejecución en Mecánica.

**Profesor Guía:
Sr. Víctor Durán Sáez**

**Ingeniero Supervisor:
Sr. René Arredondo Morales
Sr. Manuel Otárola Morales**

**Luis Eduardo Ramos Morales
Felipe Alejandro Sepúlveda Hernández**

2013-II

RESUMEN

El presente trabajo, contempla una evaluación y propuestas de mejoras del sistema de evacuación de los productos de la combustión en la caldera de poder, enfocado a la transportadora de cenizas de planta Celulosa Arauco Y Constitución, ubicada en la ciudad de Constitución, VII región del Maule, Chile.

El estudio realizado tiene como propósito principal evaluar el diseño estructural y el sistema de accionamiento de la transportadora de cenizas, a fin de realizar propuestas que permitan mejorar su eficiencia, para lo que se evalúan sus materiales de construcción y diseño estructural para luego proponer alternativas de mejoras en guías y carcaza, se verifica el sistema de accionamiento de la cadena para comprobar las condiciones reales de funcionamiento versus el planteamiento de la instalación inicial, se realizan propuestas para mejorar el tiempo empleado para el mantenimiento y se presenta una evaluación económica de las mejoras propuestas para el sistema. Para cumplir la finalidad del estudio fue necesario comprender el proceso productivo enfocado al área de planta térmica, con el propósito de descubrir las problemáticas que afectan al sistema de evacuación de cenizas.

Finalmente se propusieron modificaciones de los materiales afectados por desgaste, mejoras en el tiempo empleado para el mantenimiento y modificaciones en el diseño estructural de la carcaza, lo que influye directamente en el aumento de la eficiencia del sistema de evacuación de cenizas.

Tabla de contenidos

CAPITULO 1. GENERALIDADES.	Pág.
1.1 Introducción.	1
1.2 Origen del tema.	2
1.3 Objetivos.	2
CAPITULO 2. DESCRIPCION DE LA EMPRESA	
2.1 La empresa.	3
2.2 Asistencia técnica.	3
2.3 Personal.	4
CAPITULO 3. OBTENCION DE CELULOSA.	
3.1 Preparación de la madera.	5
3.2 Proceso de obtención de celulosa.	6
CAPITULO 4. RECUPERACION Y ENERGIA.	
4.1 Recuperación de materias.	8
4.1.1 Recuperación de Licor.	8
4.1.2 Recuperación de Biomasa.	8
4.2 Energía.	9
4.2.1 Caldera Recuperadora.	9
4.2.2 Caldera de poder.	10
4.3 Productos de la combustión caldera de poder.	11
CAPITULO 5. SISTEMA DE EVACUACION DE CENIZAS DE LA CALDERA DE PODER.	
5.1 Precipitador electrostático (PPT).	13
5.2 Transportadora de cenizas.	14
5.3 Motor reductor.	15
5.4 Cadena transportadora.	16
5.5 Guías de apoyo de la cadena.	16
5.5.1 Guía de avance.	17
5.5.2 Guía de retorno.	17

5.6 Silo de cenizas.	18
5.7 Humectador.	18

CAPITULO 6. PROBLEMATICAS DEL SISTEMA DE EVACUACION DE CENIZAS.

6.1 Falla por desgaste de guías.	19
6.1.1 Causa.	19
6.1.2 Efectos.	20
6.2 Falla por atochamiento en la transportadora.	20
6.2.1 Causas.	20
6.2.2 Efectos.	21

CAPITULO 7. VERIFICACION DEL SISTEMA DE ACCIONAMIENTO.

7.1 Accionamiento de válvulas rotativas.	23
7.2 Características del reductor (VR del PPT).	23
7.3 Características del reductor (VR del silo).	24
7.4 Verificación del accionamiento de VR del PPT.	24
7.5 Accionamiento de la transportadora de cenizas.	25
7.6 Características del reductor.	25
7.7 Características de la cadena.	25
7.8 Verificación del accionamiento de la transportadora.	26
7.9 Cálculo de esfuerzo del pasador fusible.	28
7.10 Cálculo de esfuerzo del pasador de la cadena.	28
7.11 Conclusiones del capítulo.	30

CAPITULO 8. EVALUACION DE MATERIALES Y ALTERNATIVAS DE MEJORA.

8.1 Evaluación de materiales.	31
8.2 Características de la guía de avance.	31
8.3 Características de la guía de retorno.	32
8.4 Características de la cadena.	32
8.5 Materiales de construcción para el mejoramiento del sistema.	35
8.6 Alternativas de mercado.	36
8.6.1 Acero WEARALLOY AR-500.	36

8.6.2 Acero WEARALLOY SUPER-CLAD.	38
8.6.3 Acero MANGALLOY.	39
8.7 Conclusiones del capítulo.	41

CAPITULO 9. EVALUACION DEL DISEÑO ESTRUCTURAL Y ALTERNATIVAS DE MEJORA.

9.1 Diseño estructural de la transportadora de cenizas.	42
9.2 Carcaza.	43
9.3 Mejoramiento de la carcaza.	45
9.3.1 Modificación en tapa inferior de la carcaza.	45
9.3.2 Modificación de la tapa lateral de la carcaza, tramo A.	46
9.4 Conclusiones del capítulo.	48

CAPITULO 10. MEJORAS EN EL TIEMPO EMPLEADO PARA EL MANTENIMIENTO.

10.1 Objetivos del mantenimiento de la transportadora de cenizas.	49
10.2 Disponibilidad.	49
10.2.1 Cálculo de la disponibilidad de la transportadora de cenizas.	50
10.3 Fiabilidad.	51
10.3.1 Cálculo de la fiabilidad de la transportadora de cenizas.	52
10.4 Vida útil de la transportadora de cenizas.	53
10.4.1 Cálculo de la vida útil de la transportadora de cenizas.	54
10.5 Ajuste de presupuesto.	55
10.6 Medidas para mejorar el tiempo promedio entre fallas.	56
10.6.1 Paros de planta.	56
10.6.2 Disminución de las detenciones.	56
10.7 Conclusiones del capítulo.	58

CAPITULO 11. EVALUACION ECONOMICA.

11.1 Objetivos.	59
-----------------	----

11.2	Análisis de costos de implementaciones.	59
11.2.1	Costos de mejoras en guías.	60
11.2.2	Costos de mejoras en diseño de la carcaza.	61
11.3	Análisis de beneficios de implementaciones.	62
11.4	Ventajas y desventajas.	63
11.4.1	Ventajas.	63
11.4.2	Desventajas.	63
11.5	Conclusiones del capítulo.	64
 CAPITULO 12. RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES.		
12.1	Recomendaciones.	65
12.2	Conclusiones generales.	67
 BIBLIOGRAFIA.		69
 ANEXOS.		70

Nomenclatura

A	Área	(m^2)
R	Confiabilidad	(%)
D_p	Diámetro primitivo	(mm)
d	Distancia	(m)
$eficiencia_{real}$	Eficiencia real	(%)
σ	Esfuerzo	(MPa)
τ	Esfuerzo cortante	(MPa)
F	Fuerza	(N)
h_p	Horas de paro	(horas)
h_t	Horas trabajadas	(horas)
S_y	Límite de fluencia	(MPa)
Z	Número de dientes	— — —
P	Número de paros	— — —
PL	Plancha	(mm)
P_{real}	Potencia real	(kW)
n	Revoluciones por minuto	(rpm)
TO	Tiempo de operación	(horas)
TTR	Tiempo de reparación	(horas)
TBF	Tiempo entre fallas	(horas)
TA	Tiempo entre paradas	(horas)
MTBF	Tiempo medio entre fallas	(horas)
MTTR	Tiempo medio para reparación	(horas)
T_{real}	Torque real	($N * m$)
$T_{teórico}$	Torque teórico	($N * m$)
\vec{V}_t	Velocidad tangencial	(m/s)

CAPITULO 1: GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCION

La empresa CELCO S.A (Celulosa Arauco Y Constitución) es una empresa chilena dedicada a la producción de pulpa de celulosa. La celulosa es un producto que se obtiene de la madera, ésta debe ser descortezada y astillada para luego ser cocida en un digestor. Este proceso permite obtener pasta de celulosa que es clasificada, lavada, secada para posteriormente proceder a su embalado final.

Un proceso importante dentro de CELCO es la producción de energía eléctrica a través de sus calderas, recuperadora y de poder. La caldera recuperadora reutiliza el licor negro (producto de la mezcla de licor blanco y lignina) que es extraído desde el digestor para ser utilizado como combustible, por otra parte, la caldera de poder o “caldera mixta” utiliza petróleo y los restos de la corteza de la madera recuperada en los descortezadores (biomasa). La combustión de estos materiales produce desechos (cenizas) los cuales deben ser evacuados a través de cadenas transportadoras.

Las condiciones de trabajo de la caldera de poder en determinados casos provocan fallas en el funcionamiento de la transportadora de cenizas, originando problemas tales como; desgaste de guías, atochamiento y ruptura de cadena, generando costos adicionales en mantención, contaminación del ambiente de trabajo y un daño al medio ambiente

El estudio a realizar consiste en evaluar el diseño estructural de la transportadora de cenizas, proponer mejoras considerando las alternativas de mercado y su evaluación económica. Además, incorporar mejoras al plan de mantenimiento preventivo, a fin de disminuir el tiempo promedio entre fallas.

1.2 ORIGEN DEL TEMA

Necesidad de la empresa de disminuir el tiempo promedio entre fallas del sistema de transporte de evacuación de cenizas de la caldera de poder de planta CELCO. En particular, evitar detenciones de la transportadora por atochamiento en la descarga del precipitador electrostático y del silo de cenizas, o bién, por el desgaste de las guías de la cadena, lo que genera un impacto ambiental y pérdidas económicas por reparaciones y multas del ente fiscalizador.

1.3 OBJETIVOS

❖ Objetivo General

- Evaluar diseño estructural y sistema de accionamiento de la transportadora de cenizas instalada en CELCO, a fin de realizar propuestas que permitan mejorar su eficiencia.

❖ Objetivos Específicos

- Evaluar los materiales de construcción.
- Proponer alternativas de mejoras en guías y carcasa de transportadora.
- Verificación del sistema de accionamiento.
- Proponer mejoras en el tiempo empleado para el mantenimiento.
- Realizar evaluación económica de mejoras propuestas para el sistema.

CAPITULO 2: DESCRIPCION DE LA EMPRESA

2.1 LA EMPRESA

CELCO “Celulosa Arauco y Constitución” es una sociedad anónima constituida en septiembre de 1979 como resultado de la fusión de Celulosa Arauco S.A. (1967) y Celulosa Constitución S.A. (1969), ambas empresas de la CORFO privatizadas respectivamente en 1977 y 1979, tienen como visión ser un referente mundial en el desarrollo sustentable de productos forestales.

El objetivo principal es maximizar el valor de sus bosques de manera sustentable, integrando producción forestal de excelencia, con transformación industrial eficiente en productos de valor agregado para su comercialización en el mercado mundial de acuerdo a las necesidades de los clientes.

El área Celulosa utiliza madera proveniente exclusivamente de plantaciones de pinos y eucaliptos para la producción de celulosa o pulpa de madera sin blanquear, utilizada en la fabricación de material para embalaje, filtros, productos de fibrocemento y papeles dieléctricos.

Hoy celulosa Arauco se ubica entre los principales productores de celulosa a nivel mundial. Ha alcanzado una sólida posición en el mercado como proveedores confiables de celulosa de excelentes características, gracias a sus altos estándares de producción mantenidos en el tiempo.

2.2 ASISTENCIA TECNICA

Celulosa Arauco y Constitución, hoy es el principal distribuidor de productos de madera del país. Distribución Chile ofrece un servicio de excelencia, el cual incluye logística con cobertura nacional, apoyo en marketing, capacitaciones y asistencia técnica.

CELCO, cuenta con diferentes planes de capacitación anual para el desarrollo y perfeccionamiento continuo de sus trabajadores, profesionales y técnicos. Además, cuenta con un laboratorio dedicado al mejoramiento continuo de sus productos, procedimientos y sistemas, así como a la adaptación y perfeccionamiento de tecnologías externas.

Cada planta tiene el deber de llevar a cabo un control de calidad y asistencia técnica, tanto a nivel de ensayo de materiales en laboratorio como en obra. Para ello cuenta con los soportes técnicos necesarios, así como con equipos informáticos y software para hacer operativa su oferta tecnológica y de servicio.

2.3 PERSONAL

La estrategia de desarrollo sustentable de CELCO promueve una cultura organizacional inspirada en los valores de seguridad, compromiso, excelencia e innovación, trabajo en equipo y buen ciudadano, entendiendo que las conductas basadas en ellos son el eje en la toma de todas las decisiones dirigidas hacia el cumplimiento de su visión y el logro de los desafíos definidos para los próximos años.

La compañía busca propiciar las condiciones necesarias para atraer y desarrollar personas de excelencia, que contribuyan al logro de los objetivos planteados. Para ello incentiva ambientes laborales basados en el respeto, en la colaboración mutua y en la comunicación permanente. En este afán de mejoramiento continuo, potencia el desarrollo integral de sus trabajadores, con programas de selección, desarrollo y capacitación que permiten tener equipos preparados.

El 31 de diciembre de 2012 la dotación de personal de Celulosa Arauco Y Constitución S.A. individual, ascendía a 2.507 personas, las que incluye 84 ejecutivos, 885 profesionales y técnicos y 1.538 trabajadores.

CAPITULO 3: OBTENCION DE CELULOSA

CELCO cuenta con su propia fuente de abastecimiento de madera para el desarrollo sustentable de la empresa.

3.1 PREPARACION DE LA MADERA

La madera, principal materia prima utilizada en la fabricación de celulosa, llega a la planta generalmente en forma de troncos de dimensiones estandarizadas, denominados rollizos. En menor medida también se utilizan astillas de aserradero y lampazos (restos perimetrales de troncos aserrados). El proceso se inicia cuando los rollizos de madera son cargados en los descortezadores (que son tambores rotatorios), la corteza no se desperdicia, sino que es llevada a través de una cinta transportadora para ser quemada en una caldera, denominada caldera de biomasa. Los troncos descortezados son transformados en astillas (chips), las cuales luego de ser acopiadas para su homogenización en grandes pilas, pasan por un proceso de clasificación por tamaño.

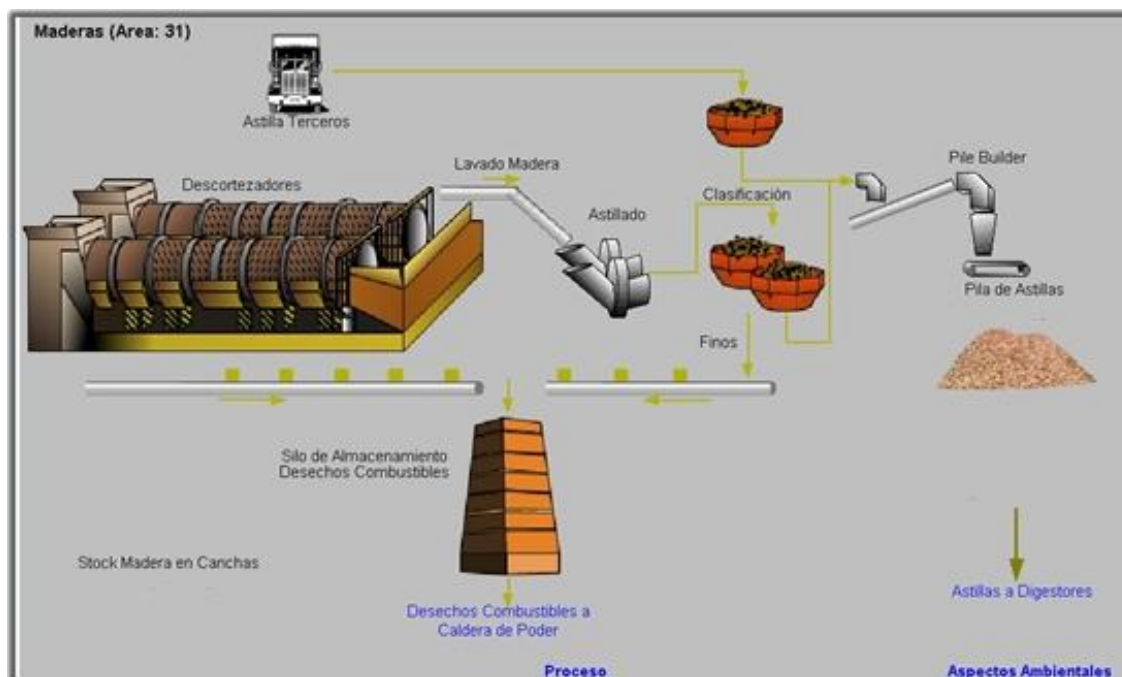


Figura N° 3.1 Preparación de la madera, área 31.

Como se observa en la figura N° 3.1, los rollizos de madera son descortezados. El astillado junto a las astillas de aserradero se incorporan directamente a la pila de astillas para ser llevados a un digestor, mientras que la corteza y las astillas mas finas se dirigen hacia el silo de desechos combustibles.

3.2 PROCESO DE OBTENCION DE CELULOSA

La celulosa es elaborada mediante el proceso denominado "kraft", a través del cual los chips de maderas son cocidos en una solución alcalina basada en sulfatos y soda cáustica para extraerles la lignina, estos compuestos químicos son posteriormente recuperados para su reutilización en un proceso de ciclo cerrado. Los rollizos de madera (troncos) son descortezados, transformados en chips, los que después son enviados a una pila de acopio para su homogenización.

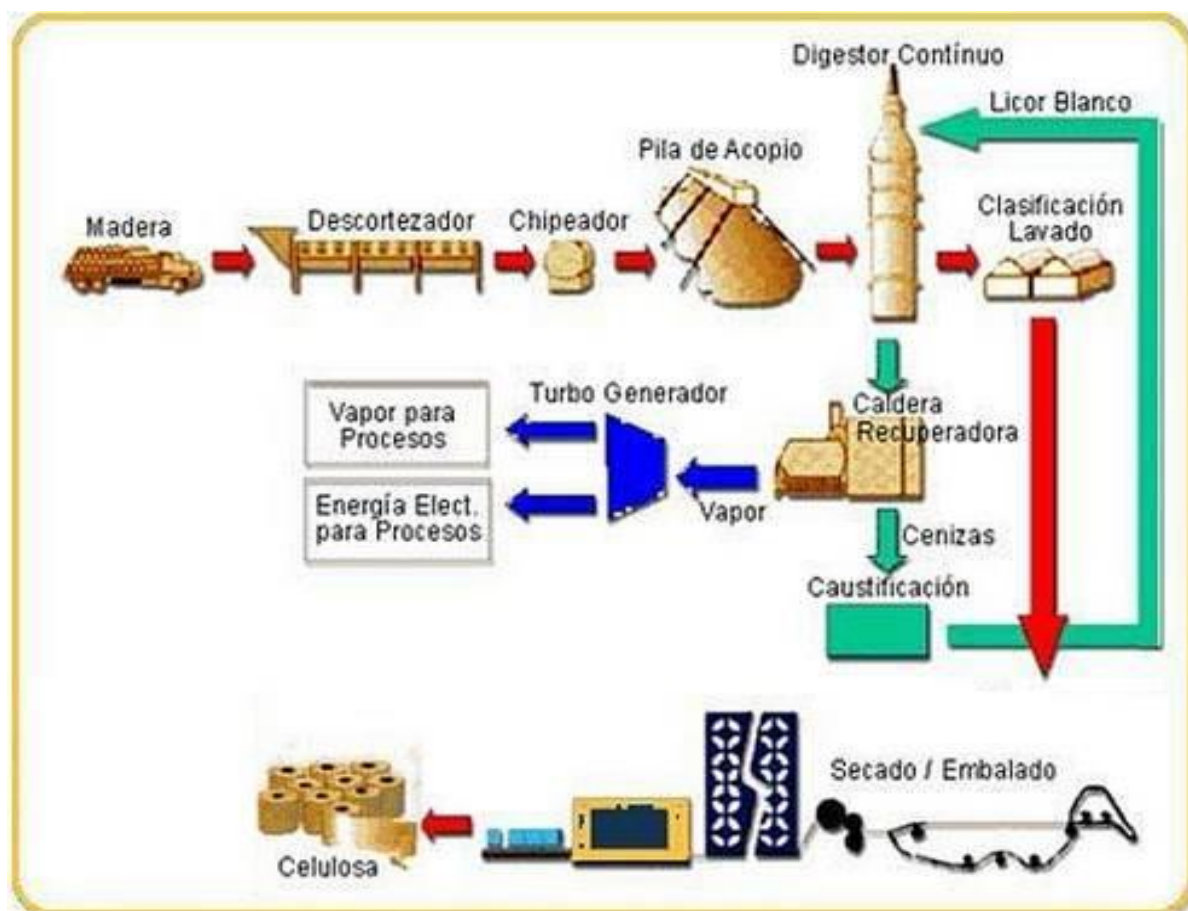


Figura N° 3.2 Proceso de obtención de celulosa.

Desde la pila de acopio, los chips o astillas, son extraídos, clasificados y conducidos al proceso de cocción en el digestor, donde es mezclado con licor blanco (una solución alcalina de soda cáustica y sulfuro de sodio).

Resultante del proceso de cocción es la pasta de celulosa, que se clasifica y se lava. Una vez lavada, se procede a su secado y embalado final (ver figura N° 3.2).

En el proceso de cocción, el licor blanco junto con la lignina disuelta, se convierte en un licor negro, el cual se concentra para luego ser quemado en unos equipos denominados calderas recuperadoras. La parte orgánica del licor negro (lignina y otros compuestos de la madera) produce energía en el proceso de combustión, generando el vapor que se utiliza en la producción de energía eléctrica y posteriormente, para calefaccionar diferentes procesos dentro de la misma planta industrial. La parte inorgánica, sales minerales (cenizas), se recuperan después del proceso de combustión y son usadas en la etapa de caustificación para regenerar el licor blanco utilizado en la cocción de la madera.

La corteza de los rollizos de madera, recuperadas en los descortezadores, se quema en calderas de poder para producir vapor y posterior energía eléctrica, utilizada para los diversos procesos de la planta.

CAPITULO 4: RECUPERACION Y ENERGIA

La materia orgánica e inorgánica extraída de los diferentes procesos son recuperados para su posterior reutilización en un proceso de ciclo cerrado. Los químicos extraídos desde el digestor, el aserrín y la corteza (biomasa), son recuperados y utilizados como combustibles en las calderas para producir energía.

4.1 RECUPERACION DE MATERIAS

Las principales materias recuperadas de los diferentes procesos son:

4.1.1 RECUPERACION DE LICOR

En el digestor las astillas son literalmente cocidas junto a una sustancia denominada licor blanco, a alta temperatura y presión. La función del licor blanco es romper las uniones de lignina y liberar las fibras de celulosa.

En la medida que las astillas avanzan hacia abajo en el digestor, se van transformando en pasta de celulosa. Al final de la cocción, además de la pasta de celulosa, se genera un residuo denominado licor negro, que está compuesto por el licor blanco mezclado con la lignina y otras sustancias de la madera. Este licor negro es recuperado para luego ser quemado en una caldera recuperadora y producir vapor.

4.1.2 RECUPERACION DE BIOMASA

La madera es la principal materia prima utilizada para la fabricación de celulosa. El proceso se inicia cuando los rollizos de madera son cargados en los descortezadores para luego ser astillados. La corteza no se desperdicia, sino que

es llevada a un silo de desechos combustibles, a través de una cinta transportadora para ser quemada en una caldera de poder o biomasa.

Los trozos de madera (chips) de tamaño normal son procesados en el digestor, mientras que los de mayor tamaño son devueltos para ser astillados nuevamente y los finos convergen junto con la corteza a la caldera de biomasa, donde son quemados para producir vapor.

4.2 ENERGIA

El vapor producido en las calderas es utilizado para para generar energía eléctrica mediante un turbogenerador (TG).

4.2.1 CALDERA RECUPERADORA

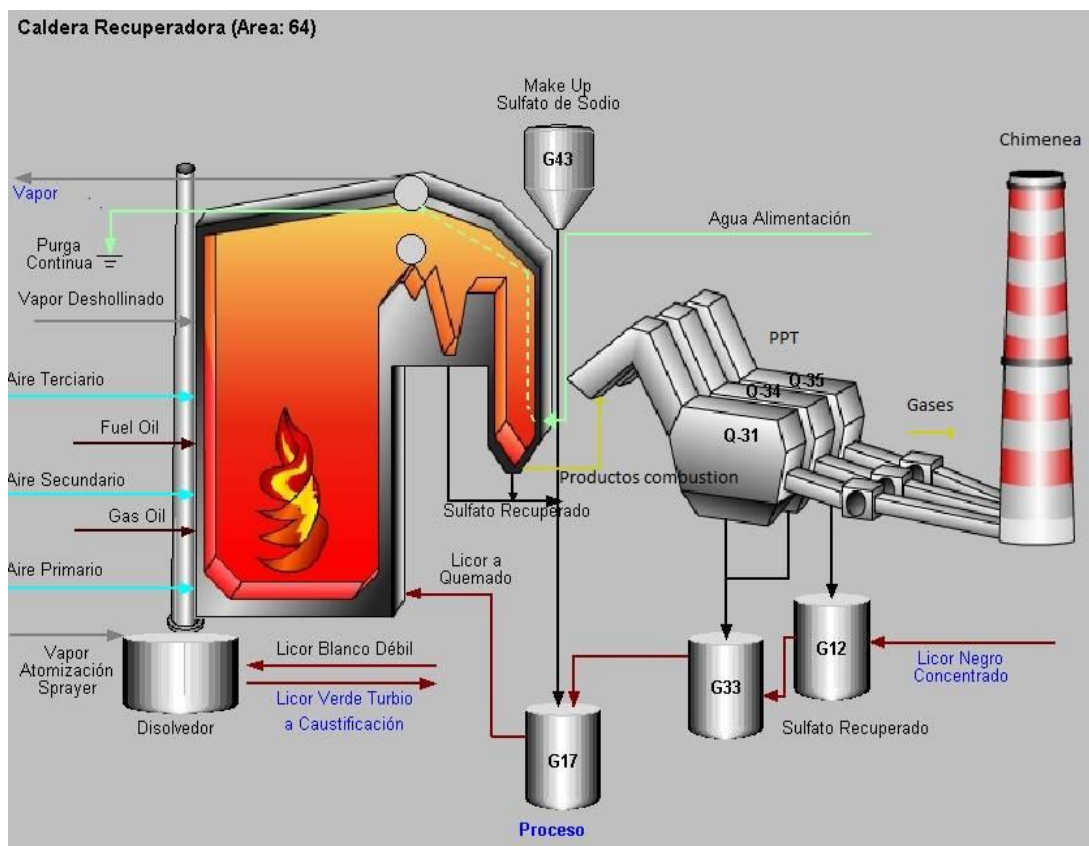


Figura N° 4.1 Caldera recuperadora de licor negro.

La caldera recuperadora de licor negro (figura N° 4.1) quema el material orgánico e inorgánico presente en el licor negro que proviene del digestor. Durante la combustión, la materia orgánica produce calor, que se transfiere a los tubos por donde circula agua, generando vapor que es utilizado en el proceso productivo. El material inorgánico genera un fundido que al disolverlo con licor blanco débil, produce un licor verde, que pasa al área de caustificación para volver a producir licor blanco y alimentar al digestor.

4.2.2 CALDERA DE PODER

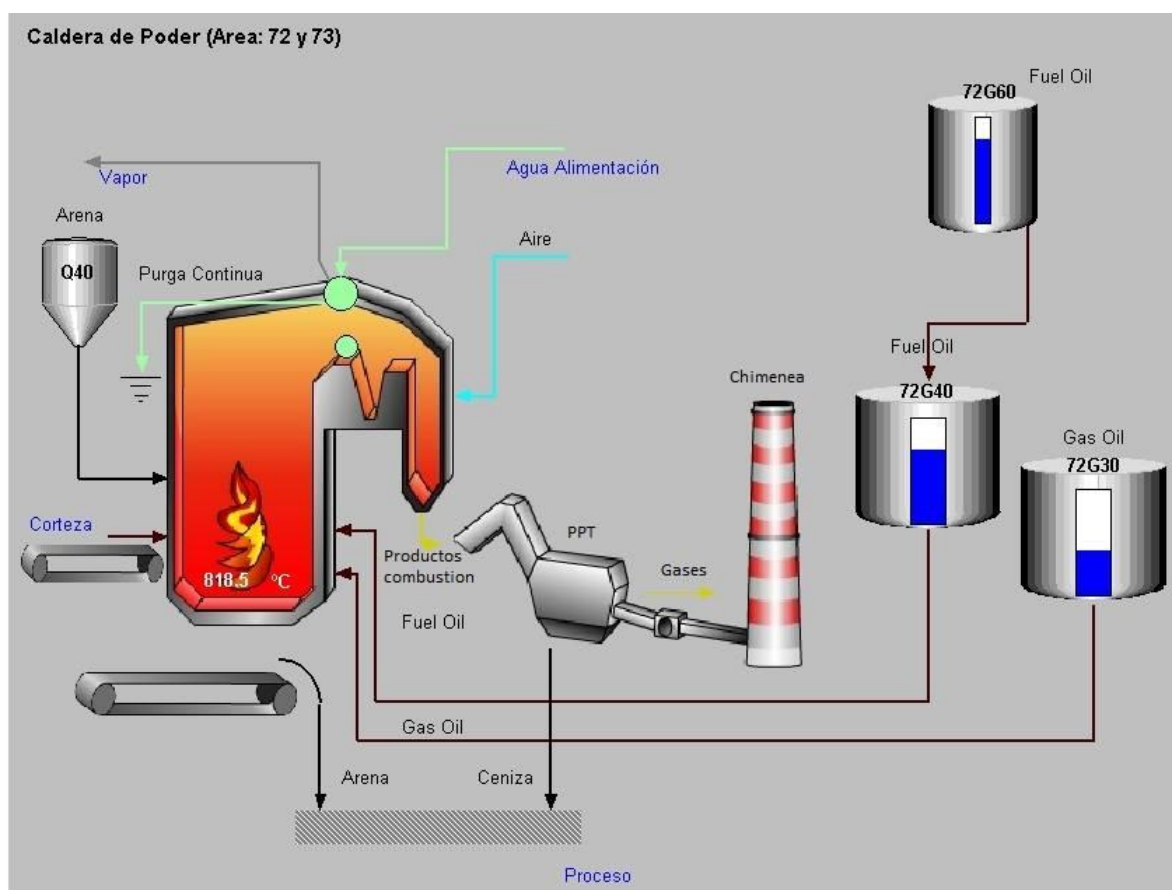


Figura N° 4.2 Caldera de poder o biomasa.

La caldera mixta o de poder (figura N° 4.2) utiliza como combustible una mezcla de corteza y aserrín, recuperados del proceso de preparación de la madera, llamado biomasa.

Mediante un lecho fluidizado, que es una masa uniforme de arena que se mantiene en suspensión mediante una corriente de aire ascendente, formando un piso flotante a una temperatura aproximada de 800 (°C), la biomasa combustiona al entrar en contacto directo con la arena. Este método facilita la alimentación de la caldera y mejora la combustión de la biomasa húmeda, permitiendo que el proceso de combustión se realice a una temperatura uniforme, con un menor exceso de aire y disminuyendo la formación de escoria. Sin embargo, una de las principales desventajas es la abrasión, que afecta a los tubos del hogar de la caldera y al funcionamiento de la transportadora, tema que será abordado en el capítulo 6 “problemáticas del sistema de evacuación de cenizas”.

La energía liberada en forma de calor durante la combustión de la biomasa se transfiere a los tubos por donde circula agua, generando vapor que es usado en el proceso productivo.

4.3 PRODUCTOS DE LA COMBUSTION CALDERA DE PODER

Los productos de la combustión pasan por un precipitador electrostático (PPT), el que capta las cenizas en suspensión, disminuyendo las emisiones contaminantes. Los gases son evacuados a la atmósfera a través de una chimenea, mientras que el material sólido (cenizas) es evacuado mediante una transportadora. (Figura N° 4.3)

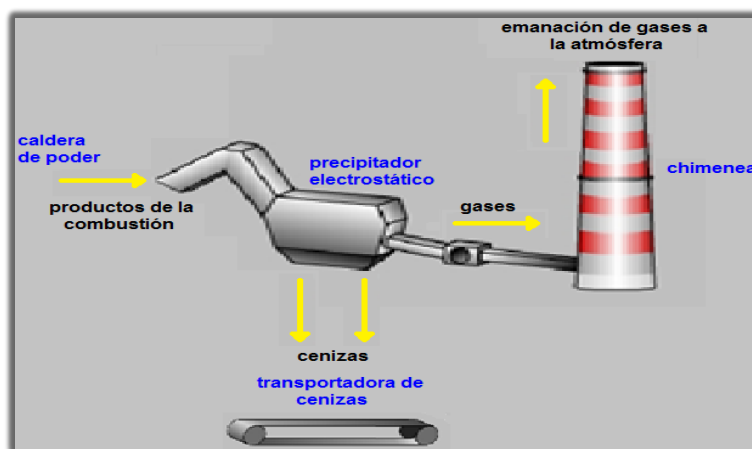


Figura N° 4.3 Evacuación de los productos de la combustión.

CAPITULO 5: SISTEMA DE EVACUACION DE CENIZAS DE LA CALDERA DE PODER

El estudio central de este capítulo está basado en el sistema de transporte utilizado para evacuar las cenizas que caen desde el precipitador electrostático, producto de la combustión en la caldera de poder. Para ello se utiliza una transportadora de cenizas. (Figura N° 5.1)

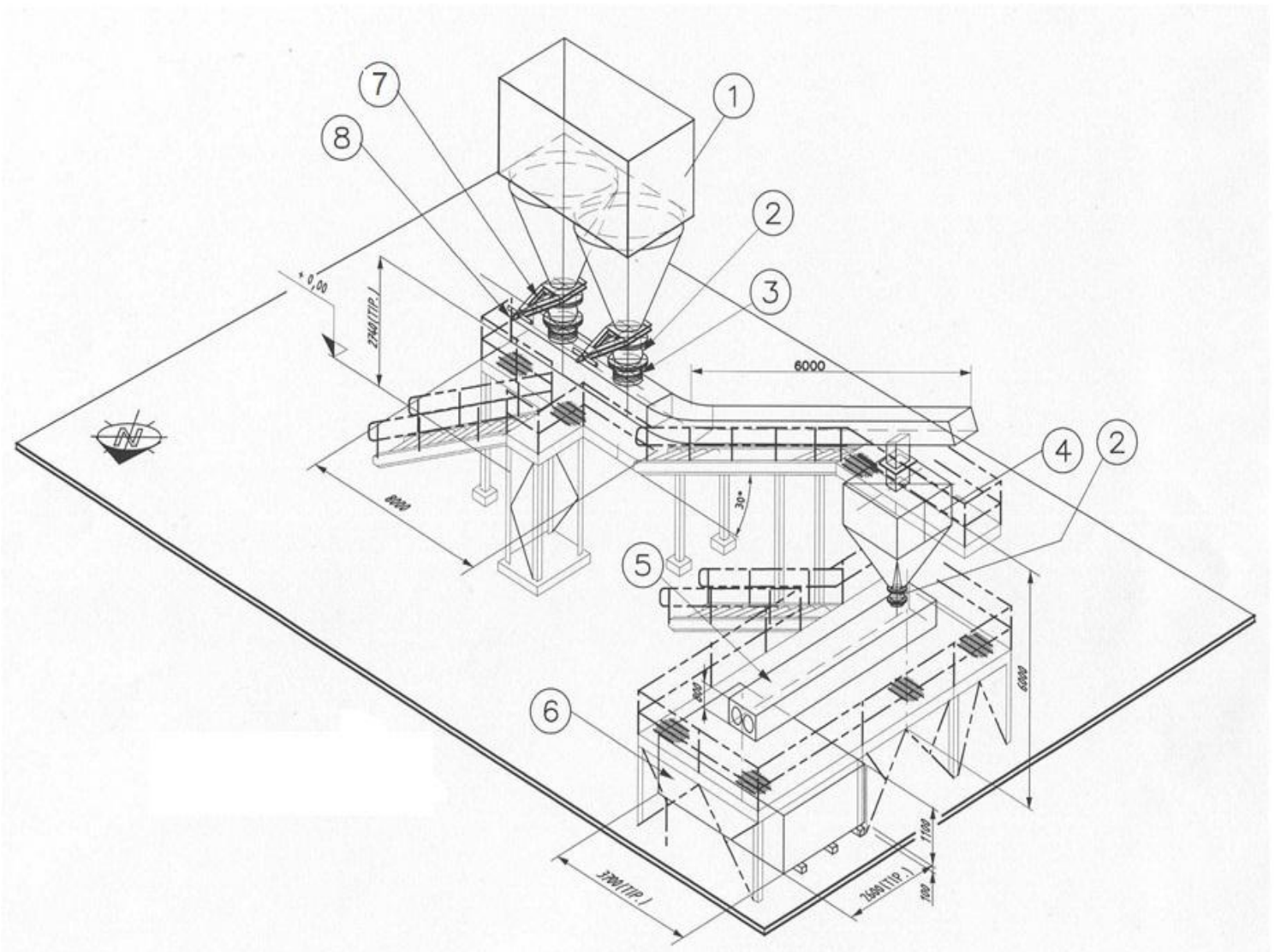


Figura N° 5.1 Sistema manejo de evacuación de cenizas finas desde caldera de poder, disposición de equipos.

Equipos:

- 1- Precipitador electrostático.
- 2- Válvula rotatoria.
- 3- Junta de expansión.
- 4- Estanque acumulador de cenizas finas (silo) de $4,0 (m^3)$.
- 5- Tornillo humectador de 2 tph de capacidad.
- 6- Contenedor de cenizas acondicionadas de $9,6 (m^3)$.
- 7- Válvula de compuerta (guillotina).
- 8- Rastra de cenizas.

5.1 PRECIPITADOR ELECTROSTATICO (PPT)

El precipitador electrostático es un dispositivo instalado en la vía de evacuación de gases de la combustión emanados de la caldera de poder.

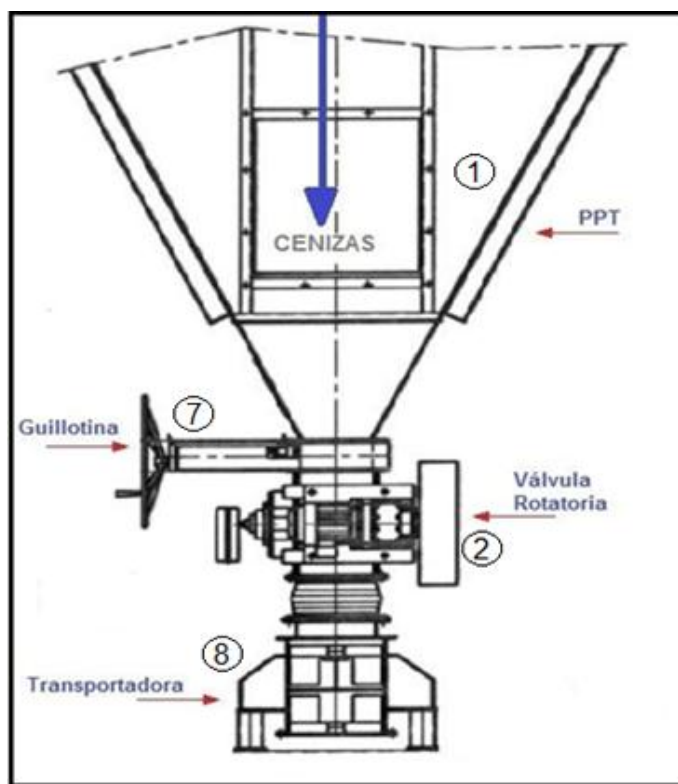


Figura N° 5.2 Precipitador electrostático con dos caídas de cenizas (PPT).

Este dispositivo (figura N° 5.2) se utiliza para atrapar partículas mediante su ionización, proceso físico-químico que permite separar los electrones de las moléculas neutras, aplicados a vapores y partículas suspendidas en un gas, que son atraídas por una carga electrostática inducida. La función del precipitador electrostático (PPT) es reducir la contaminación atmosférica producida por humos y otros desechos industriales gaseosos, por lo que para este caso los gases se dirigen a una chimenea, mientras que las partículas sólidas separadas por ionización (cenizas) caen por gravedad a dos válvulas rotatorias accionadas por un motor-reductor independiente y separadas entre sí a una distancia de 4,35 (m), lo que permite mejorar la dosificación en la descarga de cenizas desde el PPT a la transportadora.

5.2 TRANSPORTADORA DE CENIZAS

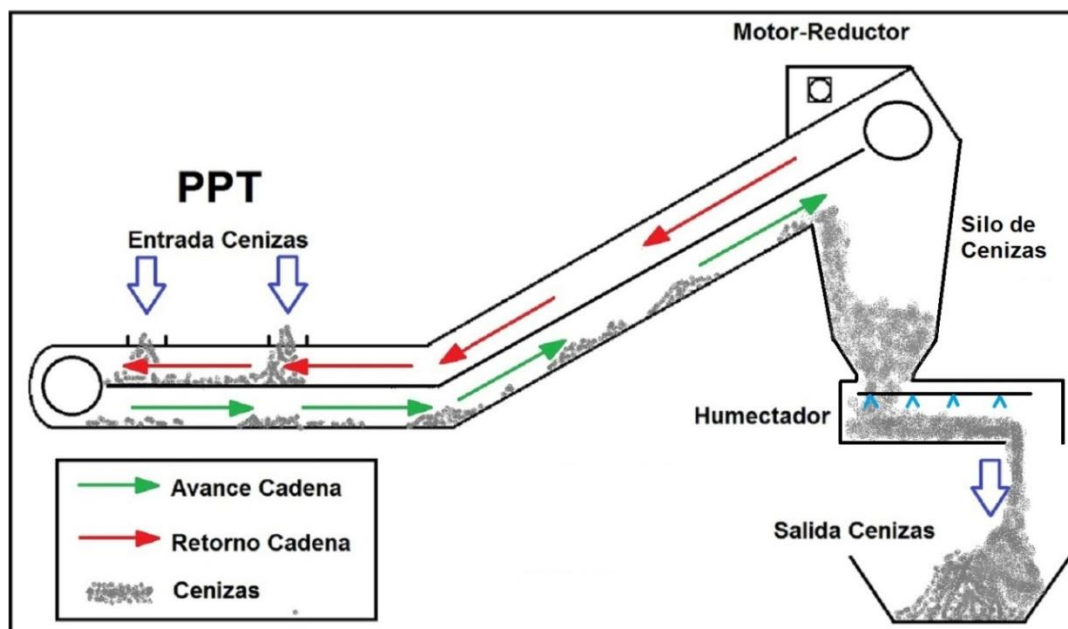


Figura N° 5.3 Transportadora de cenizas.

La figura N° 5.3 muestra el funcionamiento y sentido de desplazamiento de la cadena que arrastra el material que cae dosificado desde ambas válvulas rotatorias a la transportadora de cenizas. Las cenizas son llevadas a un silo de cenizas a través de una cadena accionada por un motor reductor.

5.3 MOTOR REDUCTOR

El motor reductor es el mecanismo principal que permite el accionamiento de la transportadora, para llevar las cenizas desde el PPT hacia el silo de cenizas, ya que permite el avance y retorno de la cadena. El reductor transmite su potencia a un polín motriz a través de un pasador fusible, que actúa como elemento de seguridad en el caso de sobrecarga del sistema, para evitar la ruptura por tracción de la cadena. La cadena a su vez es conducida por un piñón fijado en el centro del polín motriz.

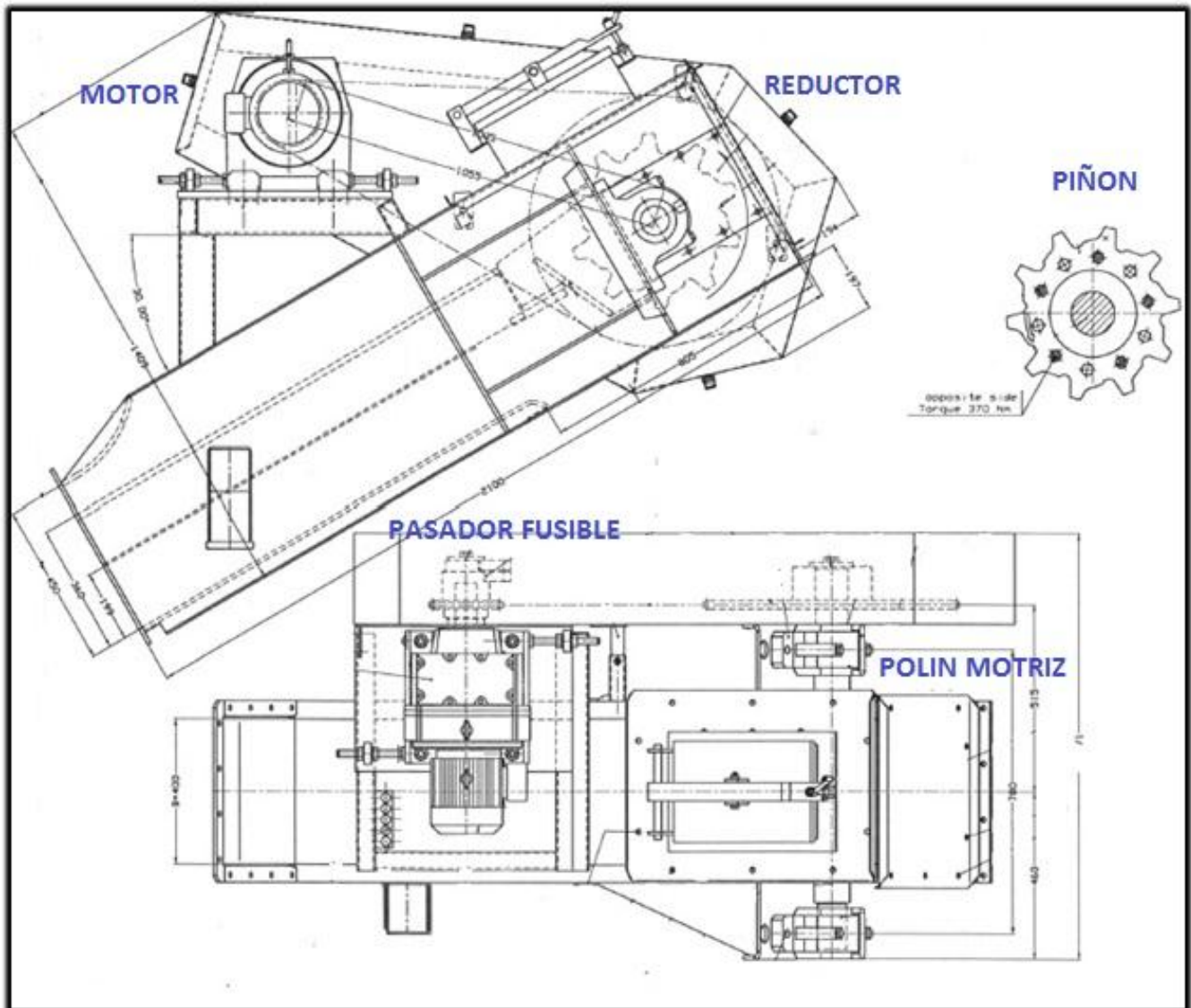


Figura N° 5.4 Motor-reductor de accionamiento de la transportadora.

5.4 CADENA TRANSPORTADORA

La cadena transportadora (figura N° 5.5), lleva el material proveniente del precipitador electrostático, a un silo de cenizas ubicado en la parte más elevada de la transportadora (Ver figura N° 5.3), para lo que utiliza unas paletas de arrastre. La cadena tiene dos posiciones principales, avance y retorno. La figura N° 5.5 muestra la posición de avance de la cadena, mientras que el retorno lo hace girando en 180° con respecto a la posición indicada.

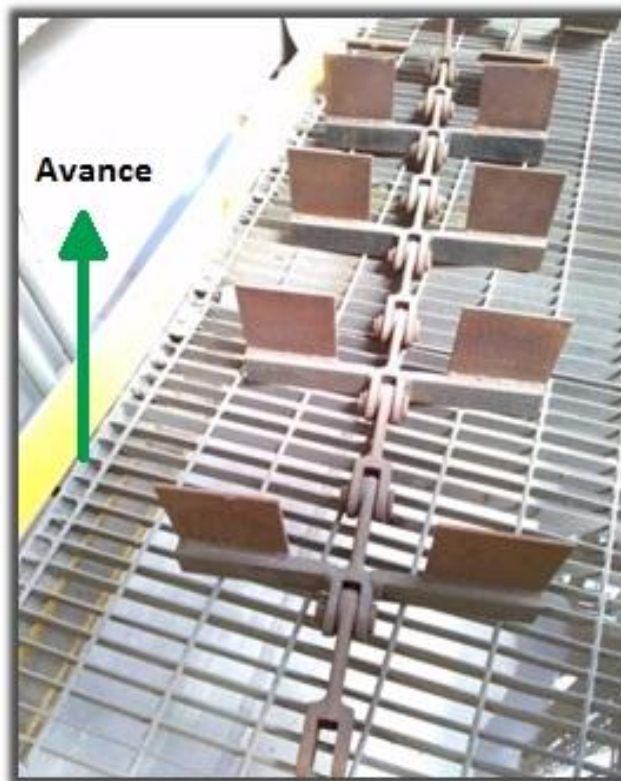


Figura N° 5.5 Cadena transportadora, posición de avance.

5.5 GUIAS DE APOYO DE LA CADENA

Las guías de apoyo permiten el desplazamiento de la cadena en dos sentidos, avance y retorno.



Figura N° 5.6 Guía de avance y retorno de la cadena.

5.5.1 GUIA DE AVANCE

La guía de avance, es la pieza principal del sistema, ya que permite el desplazamiento de la cadena que lleva el material evacuado desde el PPT hacia el silo de cenizas. (Figura N° 5.6)

5.5.2 GUIA DE RETORNO

La guía de retorno, es la guía encargada de sostener y guiar la cadena luego de la descarga de cenizas en el silo. (Figura N° 5.6)



Figura N° 5.7 Silo de cenizas.

5.6 SILO DE CENIZAS

El silo de cenizas (figura N° 5.7) recibe el material descargado por la transportadora, acumulándolo hasta un nivel delimitado por un sensor, este sensor manda una señal a sala de control para activar una válvula rotatoria encargada de dosificar el material que llega al humectador.

5.7 HUMECTADOR

El humectador recibe las cenizas desde el silo, simultáneamente humecta mediante un sistema de duchas para evitar aglomeración y transporta el material mediante dos tornillos de paleta sin fin y de giro inverso uno con respecto al otro, hacia el contenedor.



Figura N° 5.8 Humectador de cenizas.

El humectador evita que las partículas de ceniza se dispersen en el ambiente de trabajo, le da una mejor consistencia permitiendo que se agrupen. Las cenizas son depositadas en un contenedor de **9,6 (m³)** de capacidad, el cual es llevado a los botadores de cenizas cada 6 horas para ser vaciado.

CAPITULO 6: PROBLEMATICAS DEL SISTEMA DE EVACUACION DE CENIZAS

Para cumplir el objetivo principal, que es mejorar la eficiencia de la transportadora, es necesario estudiar el funcionamiento de la caldera de poder y el manejo operacional de las válvulas de control de flujos, para descubrir las fallas que generan problemas en el sistema de evacuación de cenizas.

6.1 FALLA POR DESGASTE DE GUIAS

En la evacuación de cenizas o residuos provenientes de la caldera de poder, se produce roce entre la cadena, la guía y el material evacuado.



Figura N° 6.1 Desgaste de guía de retorno

6.1.1 CAUSA

Debido a situaciones irregulares de funcionamiento en la caldera de poder, ya sea por aumento de la producción de vapor según requerimientos de la planta, por cambios en la condición de la biomasa (porcentaje de humedad) y/o condiciones de operación inestables, una parte de la masa de arena del lecho fluidizado es extraída junto a las cenizas por un ventilador de tiro forzado (VTF). Estos materiales llegan al PPT y finalmente son evacuados por la transportadora.

6.1.2 EFECTOS

En condiciones normales, el roce entre la cadena y la guía genera desgaste de las partes, lo cual aumenta con la aparición de arena junto a la ceniza, generando un desgaste excesivo y acelerado del elemento más blando, el cual corresponde a las guías, lo que lleva a problemas tales como:

- a) Inspecciones y cambios frecuentes de guías.
- b) Si el desgaste de la guía es crítico y no se realiza el cambio a tiempo, ésta se deforma y se rompe, siendo arrastrada, haciendo que se trabe y/o corte la cadena.
- c) Un corte de cadena produce acumulación de cenizas en la transportadora y en el PPT, generando emanaciones de más de 2.000 ppm (partes por millón) de CO (monóxido de carbono) produciendo una contaminación medio-ambiental.
- d) Reparar la cadena cortada implica abrir la carcasa, lo que genera contaminación en el ambiente de trabajo por la volatilidad de la ceniza acumulada en la transportadora.

6.2 FALLA POR ATOCHAMIENTO EN LA TRANSPORTADORA

Las cenizas pueden acumularse en diferentes partes del sistema de evacuación, lo que puede producirse por diferentes situaciones.

6.2.1 CAUSAS

- a) Si se desprende alguna pieza desde el PPT y cae a la transportadora, esta puede trabar el sistema y/o cortar la cadena.

b) La ceniza es llevada por la transportadora a un silo (acumulador) de cenizas. El silo posee un sensor de llenado que activa una válvula rotatoria encargada de dosificar la arena que llega al humectador. Si la válvula no se activa, ya sea por alguna falla del sensor o bien de la misma válvula, se excede el nivel de llenado del silo, por lo que se empieza a acumular cenizas hasta que ésta se devuelve por la misma transportadora.

c) El humectador posee dos tornillos sin fin de giro inverso, uno respecto del otro, que se encargan de arrastrar la ceniza húmeda al contenedor. Si se produce alguna detención por falla de estos tornillos sin fin, la ceniza comienza a acumularse hasta trabar la válvula rotatoria que dosifica la ceniza del silo, lo que al igual que el punto anterior hace que la ceniza se devuelva por la transportadora.

d) El desgaste crítico de la guía y posterior deformación y ruptura, traba el sistema, lo que impide la evacuación de cenizas desde la transportadora.

6.2.2 EFECTOS

a) Deformación de la cadena por aumento de la temperatura en el caso de sobrecarga, debido a que la ceniza entra al PPT a unos 230°C.

b) Detención de la transportadora por sobrecarga del silo de cenizas.

c) Corte de la cadena por sobrecarga del silo. Esto siempre y cuando el pasador fusible de seguridad del motor de accionamiento de la transportadora no se corte.

d) Contaminación ambiental al realizar reparaciones de la transportadora, debido a la ceniza acumulada en su interior.

e) Impacto ambiental por detención de la transportadora. Al cerrar la guillotina para corregir daños, el PPT acumula la ceniza sin descargarla, lo que produce emanaciones de monóxido de carbono a la atmosfera de más de 2.000 ppm.

Todos los problemas mencionados llevan a pérdidas económicas relacionadas a multas por emanación excesiva de CO, repuestos y personal encargado de la reparación. Como objetivo general, es necesario disminuir el tiempo empleado para solucionar el problema por detención de la transportadora, que corresponde a dos días aproximadamente. Uno de los factores que demoran la solución del problema es el tamaño de la carcasa, forma y posición de montaje y desmontaje, lo que dificulta el trabajo de reparación. Las alternativas de mejoras serán planteadas en el capítulo 8 y 9.

CAPITULO 7: VERIFICACION DEL SISTEMA DE ACCIONAMIENTO

Las características y condiciones de funcionamiento de la transportadora pueden presentar variaciones en el sistema de accionamiento debido a los tipos de fallas que ésta presenta en el tiempo. Según los datos proporcionados por elementos de diseño, transmisión y tablas, se harán verificaciones de las condiciones reales de funcionamiento de la transportadora, para lo que se emplearán diferentes equipos e instrumento de mediciones.

7.1 ACCIONAMIENTO DE VALVULAS ROTATIVAS

La tabla N°1 indica datos técnicos relevantes de las dos válvula rotatoria (VR) que dosifican la ceniza del PPT y del dosificador de cenizas en el silo.

Tabla N°1 Alimentador rotativo del PPT

Capacidad	1,4 (m ³ /h)
Grado de llenado	20 (%) Apertura válvula rotatoria
Volumen rotores	23 (Lts)
Velocidad de rotación	5 rpm
Cadena de rodillos	16B-1x84 dev.
Relación de transmisión	1:3, z=19/57
Motor reductor	R77DT80N4, M6, 0,75 (kW)
Peso alimentador rotativo	375 (kg)

Datos obtenidos desde archivo técnico planta CELCO.

7.2 CARACTERISTICAS DEL REDUCTOR (VR DEL PPT)

R77 = motor con patas, varias etapas **N4** = número de reducciones

DT80 = eficiencia de la reducción de frenado **M6** = posición de envoladizo

7.3 CARACTERISTICAS DEL REDUCTOR (VR DEL SILO)

FAZ67 = ejes paralelos, hueco y con brida **N4** = número de reducciones

DT80 = eficiencia de la reducción de frenado **M6** = posición de envoladizo

El motor reductor de la válvula rotatoria del silo gira a 1380 (rpm) y entrega una potencia de 0,75 (kW). El reductor de ejes paralelos, hueco y con bridas, transmite al eje una velocidad de rotación de 9,7 (rpm). (no posee reducciones adicionales)

7.4 VERIFICACION DEL ACCIONAMIENTO DE VR DEL PPT



Figura N° 7.1 Medición de rpm, equipo estroboscopio portátil "Nova-Strobe".

El motor reductor de la válvula rotatoria del PPT gira a 1380 (rpm) y entrega una potencia de 0,75 (kW). El reductor de varias etapas transmite al eje una velocidad de rotación de 15,01 (rpm) por lo tanto:

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{z_1}{z_2} \leftrightarrow \frac{n_2}{15,01} = \frac{19}{57} \rightarrow n_2 = \frac{19 * 15,01}{57} = 5 \text{ (rpm)}$$

Lo que permite que cada válvula rotatoria dosifique las cenizas desde el PPT hacia la transportadora a una velocidad de 5 rpm.

7.5 ACCIONAMIENTO DE LA TRANSPORTADORA DE CENIZAS

La tabla N°2 muestra datos técnicos relevantes del conjunto de la transportadora y su accionamiento.

Tabla N°2 Características de la transportadora y su accionamiento.

Capacidad	4 (m³/h)
Longitud	17,6 (m)
Velocidad de cadena	0,03 (m/s)
Motor reductor	R97DT90L4, M1, 1,5(kW)
Cadena transportadora	142N-380x180-TP2, 246 eslabones
Relación de transmisión	1:3,8 ; Z=15/57
Inclinación respecto a eje horizontal	30° elevación
Peso conjunto transportadora	5.850 (kg)

Datos obtenidos desde archivo técnico planta CELCO.

7.6 CARACTERISTICAS DEL REDUCTOR

R97 = motor con patas, varias etapas

L4 = número de reducciones

DT90 = eficiencia de la reducción de frenado

M1 = posición de patas apernadas

7.7 CARACTERISTICAS DE LA CADENA

142N = paso por cada eslabón

TP2 = separación paletas cada 2 eslabones

380x180 = ancho por alto

246 = n° de eslabones

7.8 VERIFICACION DEL ACCIONAMIENTO DE LA TRANSPORTADORA



Figura N° 7.2 Medición de rpm, equipo estroboscopio portátil “Nova-Strobe”.

Según lo indicado en la placa del motor reductor que permite el accionamiento de la transportadora, su velocidad de giro es de 1410 (rpm) y se reduce a 5,5 (rpm), mientras que su potencia es de 1,5 (kW). Las condiciones reales de funcionamiento del reductor indican que hay una baja en su rendimiento, ya que el instrumento de la figura N° 7.2 señala que la velocidad de giro real es de 1379 (rpm), por lo que es necesario calcular la potencia y la velocidad de giro real que entrega el reductor.

$$T_{teórico} = 9550 * \frac{kW}{rpm} = 9550 * \frac{1,5}{1410} \rightarrow T_{teórico} = 9550 * \frac{1,5}{1410} = 10,16 (N * m)$$

$$eficiencia_{real} = \frac{rpm_{equipo}}{rpm_{motor}} * 100 = \frac{1379}{1410} * 100 = 97,8 (\%)$$

$$T_{real} = 0,978 * T_{teórico} = 0,978 * 10,16 = 9,93 (N * m)$$

$$P_{real} = \frac{T_{real} * rpm}{9550} = \frac{9,93 * 1379}{9550} = 1,43 (kW)$$

$$1410 (rpm) \rightarrow 5,5 (rpm)$$

$$1379 (rpm) \rightarrow n_2 (rpm)$$

$$n_2 = \frac{1379 * 5,5}{1410} = 5,38 (rpm)$$

$$\frac{n_3}{n_2} = \frac{z_2}{z_3} \leftrightarrow \frac{n_3}{5,38} = \frac{15}{57} \rightarrow n_3 = \frac{5,38 * 15}{57} = 1,41 (rpm)$$

$$n_3 = n_4 = 1,41 (rpm)$$

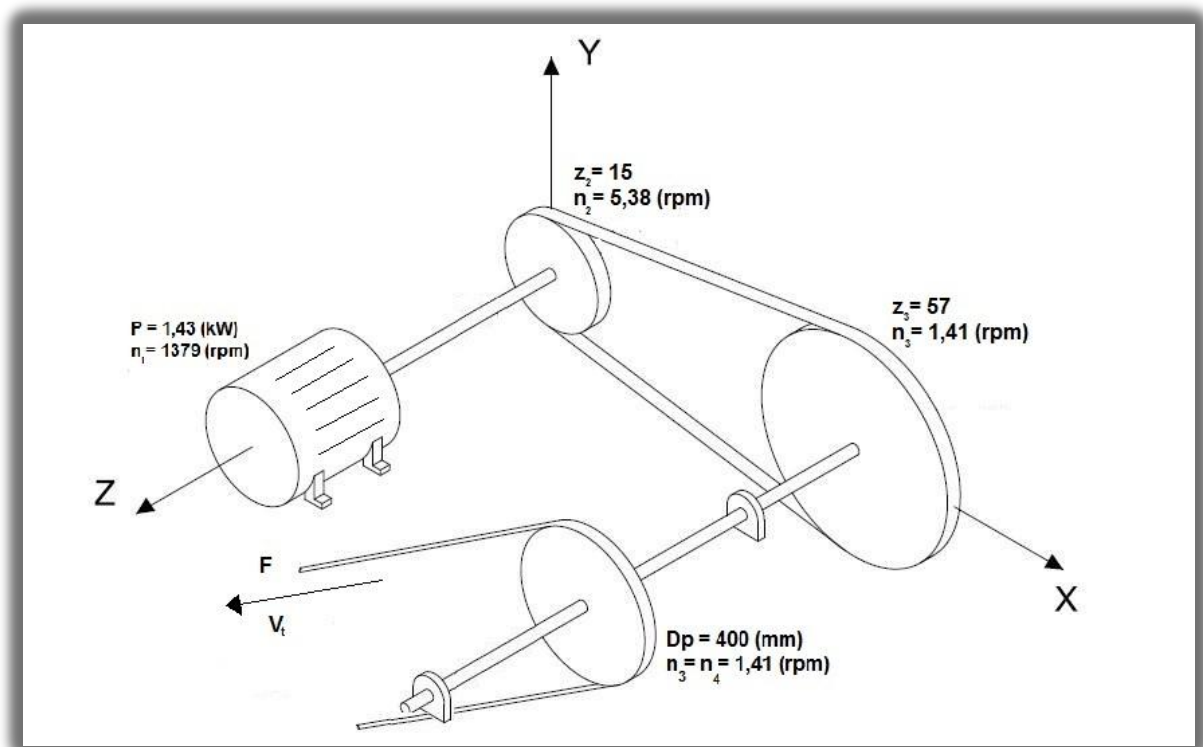


Figura N° 7.3 Arbol de transmisión de potencia en la transportadora 73 – P - 313.

Lo que indica que el engranaje de 57 dientes de la figura N° 7.3 transmite una velocidad real de giro de 1,41 rpm al piñón de 400 (mm) de diámetro a través del polín motriz de la cadena, por lo tanto la velocidad tangencial de la cadena es:

$$\vec{V}_t = \frac{\pi * d * n}{60} = \frac{\pi * 400 * 1,41}{60 * 1000} = 0,029 \left(\frac{m}{s}\right)$$

7.9 CALCULO DE ESFUERZO DEL PASADOR FUSIBLE

$$T = 9550 * \frac{kW}{rpm} = \frac{1,43}{5,38} = 2.538,3 (N * m)$$

$$T = F * \vec{d} \rightarrow F = \frac{T}{\vec{d}} = \frac{2.538,3}{0,091} = 27.893,4 (N)$$

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{4F}{\pi * d^2} = \frac{4 * 27.893,4}{\pi * 0,012^2} = 246,6 (MPa)$$

$$\tau = \frac{\sigma}{2} = \frac{246,6}{2} = 123,3 (MPa)$$

El material del pasador fusible de seguridad es un SAE 1045 de $S_y = 310 (MPa)$, por lo tanto:

$s_y > \tau$, por lo tanto el pasador fusible de seguridad puede resistir hasta 2,5 veces más la carga aplicada normalmente en la transportadora.

7.10 CALCULO DE ESFUERZO DEL PASADOR DE LA CADENA

$$T = 9550 * \frac{kW}{rpm} = \frac{1,43}{1,41} = 9.685,5 (N * m)$$

$$T = F * \vec{d} \rightarrow F = \frac{T}{\vec{d}} = \frac{9685,5}{0,2} = 48.427,5 (N)$$

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{4F}{\pi * d^2} = \frac{4 * 48.427,5}{\pi * 0,025^2} = 98.65 (MPa)$$

$$\tau = \frac{\sigma}{2} = \frac{98,65}{2} = 49,32(MPa)$$

El material del pasador fusible de seguridad es un SAE 1045 de $S_y = 310 (MPa)$, por lo tanto:

$s_y > \tau$, Por lo tanto el pasador de la cadena puede resistir hasta 6 veces más la carga aplicada normalmente en la transportadora.

7.11 CONCLUSIONES DEL CAPITULO

Es evidente el desgaste en algunos de los componentes del sistema, en particular, el motor-reductor de accionamiento de la transportadora presenta una disminución en su rendimiento de un 2,2 (%). Según los cálculos efectuados, el valor no es significativo, ya que solo se produce una pequeña variación entre los resultados reales y los indicados por tabla.

En la situación y estado actual de la transportadora, los resultados obtenidos no intervienen en el correcto funcionamiento de ésta, sin embargo, es necesario llevar un control en la eficiencia del motor de accionamiento.

Por otra parte, según el cálculo de esfuerzo cortante realizado en los pasadores de la cadena y el del motor de accionamiento (pasador fusible), tenemos que:

$$\tau_{pasador\ cadena} < \tau_{pasador\ fusible} \rightarrow 49,32 \text{ (MPa)} < 123,3 \text{ (MPa)}$$

Se puede apreciar a través de la demostración matemática, que el esfuerzo de corte al que está sometido el pasador fusible de seguridad es mayor al esfuerzo de corte aplicado al pasador de la cadena, lo que quiere decir que para el material de construcción de ambos pasadores correspondiente a un SAE 1045 de $S_y = 310 \text{ (MPa)}$, en cualquier posible sobrecarga del sistema, el pasador fusible está más cercano a sobrepasar el límite de fluencia del material, por lo que éste es el primero en cortarse.

$$\tau_{pasador\ cadena} < \tau_{pasador\ fusible} < S_y \leftrightarrow 49,32 < 123,3 < 310 \text{ (MPa)}$$

Evidentemente esta demostración caracteriza la función del elemento de seguridad del mecanismo, que corresponde al pasador fusible del motor-reductor de accionamiento.

CAPITULO 8: EVALUACION DE MATERIALES Y ALTERNATIVAS DE MEJORA.

En el presente capítulo se evaluarán los materiales de construcción de la transportadora, en particular la relación guías v/s cadena, con el fin de proponer mejoras que ayuden a minimizar el tiempo promedio entre fallas y detenciones.

8.1 EVALUACION DE MATERIALES

En la construcción de sistemas mecánicos es de vital importancia la selección apropiada de los materiales a utilizar, esto debido a diferentes condiciones de operación, ya sea por, encontrarse expuesto a cargas, vibraciones, roce entre los componentes, aparición de agentes no contemplados en el sistema, condiciones del ambiente de trabajo, por nombrar algunos. Esta selección es primordial para un funcionamiento adecuado del sistema.

8.2 CARACTERISTICAS DE LA GUIA DE AVANCE

La guía de avance esta confeccionada de un material estructural que pertenece al acero A37-24ES. Esta guía posee las siguientes características:

Material: A37-24ES

Largo: 17,6 (m)

Ancho: 80 (mm)

Espesor: 8 (mm)

La guía de avance va soldada a la plancha que se encuentra en la base de la carcasa de la transportadora con electrodo E6010, ya que dentro de sus aplicaciones se recomienda para estructuras y planchas.

Se recomienda utilizar cordón de 10 mm cada 100 mm por ambos costados

8.3 CARACTERISTICAS DE LA GUIA DE RETORNO

Al igual que la guía de avance, la guía de retorno está confeccionada de un material estructural que pertenece al acero A37-24ES. Esta guía posee las siguientes dimensiones:

Material: A37-24ES

Largo: 17,6 (m)

Ancho: 80 (mm)

Espesor: 8 (mm)

La guía de retorno es un perfil en "T" que se encuentra fijado a la base de la plancha que divide la sección de avance y retorno de la cadena en medio de la carcaza. Para ello se utiliza un electrodo E6010, ya que dentro de sus aplicaciones se recomienda para estructuras y planchas.

Se recomienda utilizar soldadura tipo filete de 4mm por ambos lados en toda el área de contacto plancha-perfil "T" a ambos costados.

8.4 CARACTERISTICAS DE LA CADENA

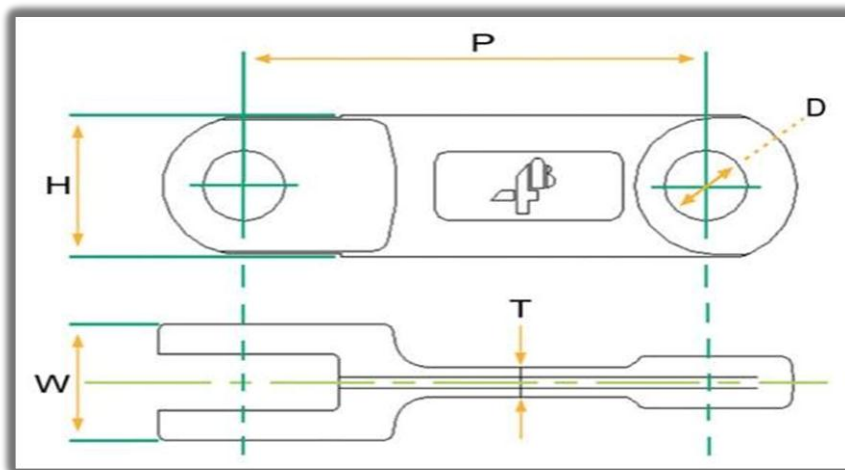


Figura N° 8.1 Eslabón de la cadena transportadora.

La cadena transportadora está compuesta por 246 eslabones (Ver figura N° 8.1), los que son unidos por pasadores macizos. Por cada dos eslabones unidos entre si va soldada una paleta de arrastre (ver figura N° 8.3), encargada de llevar la ceniza al humectador. Las características y selección del eslabón se encuentran en la tabla N°3.

Tabla N°3 Selección del eslabón de proveedor “COMERCIAL DUCASSE”.

Eslabón Cadena	4B102NA	4B125NA	4B142NA	4B142HA	4B150NA	4B160NA	4B200NA	4B216NA	4B250NA	4B260NA
Carga mínima de rotura	150 kn 33,000 lb	175 kn 39,375 lb	300 kN 67,500 lb	450 kn 101,000 lb	300 kn 67,500 lb	350 kn 78,700 lb	500 kn 113,000 lb	600 kn 135,000 lb	700 kn 158,000 lb	700 kn 158,000 lb
Dureza del casco	Rockwell C57	Rockwell C57	Rockwell C57	Rockwell C57	Rockwell C57	Rockwell C57	Rockwell C57	Rockwell C57	Rockwell C57	Rockwell C57
Profundidad del casco	0.5 mm	0.6 mm	0.7 mm	0.7 mm	0.7 mm	0.8 mm	1.0 mm	1.0 mm	1.0 mm	1.0 mm
Dureza del núcleo	Rockwell C40	Rockwell C40	Rockwell C40	Rockwell C40	Rockwell C40	Rockwell C40	Rockwell C40	Rockwell C40	Rockwell C40	Rockwell C40
Peso (por eslabón)	0.38 kg	0.7 kg	1.08 kg	1.76 kg	1.2 kg	1.3 kg	2.85 kg	3.66 kg	4.26 kg	5.38 kg
Compatible con "N" pernos	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si	No	No	No
Dimensiones										
P	102 mm	125 mm	142 mm	142 mm	150 mm	160 mm	200 mm	216 mm	250 mm	260 mm
H	36 mm	35 mm	50 mm	50 mm	49 mm	44.5 mm	58 mm	75 mm	75 mm	75 mm
W	28 mm	36 mm	42 mm	62 mm	36 mm	42 mm	68 mm	60 mm	70 mm	71 mm
T	7.62 mm	10 mm	11 mm	16.5 mm	13 mm	13 mm	18 mm	19 mm	18 mm	22 mm
D	14 mm	16 mm	25 mm	25 mm	25 mm	20 mm	30 mm	35 mm	32 mm	32 mm

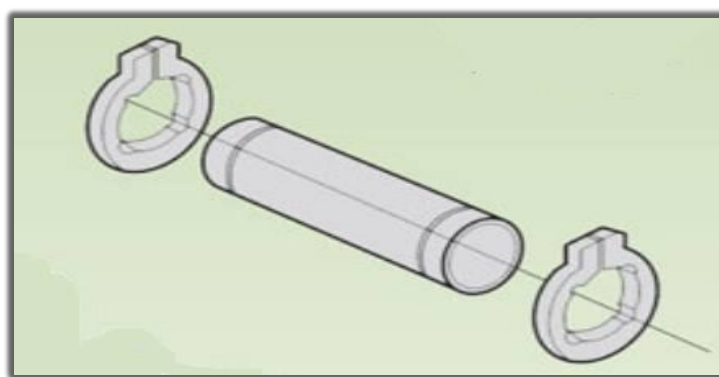


Figura N° 8.2 Pasador de la cadena.

El pasador de la figura N° 8.2 permite la unión de cada eslabón de la cadena transportadora. Entre sus características principales se encuentra el material que corresponde a un SAE 1045, de diámetro de 25 (mm) y un largo de 65 mm).



Figura N° 8.3 selección de cadena de arrastre.

La cadena provista por “Ketjurauma Oy” de la figura N° 8.3 indica 3 tipos de cadenas de arrastre diferenciadas entre sí por la distancia entre paletas, la que corresponde a 1, 2 ó 3 eslabones consecutivos de 142 (mm) de paso. Las características de la cadena seleccionada se puede apreciar en el recuadro de color rojo de la tabla N°4.

Tabla N°4 especificaciones de la cadena de arrastre.

Ancho de transportadora	Ancho de la cadena	Altura de la cadena	Tipo de vuelo	Dimenciones de vuelo	Peso (kg/m)	
					142 N	142 V
250	235	140	TP1	12X50+PL6	20,5	24,5
			TP2		15,4	19,8
			TP3		13,7	18,2
320	305	180	TP1	12x50+ PL6	27,0	31,0
			TP2		18,7	23,1
			TP3		15,9	20,4
			TP1		39,3	43,3
400	380	180	TP2	15X50+PL8	24,8	29,2
			TP3		20,0	24,5
500	480	230	TP1	15X50+PL8	47,4	51,2
			TP2		28,9	33,2
			TP3		22,7	27,2

8.5 MATERIALES DE CONSTRUCCION PARA EL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA

Para mejorar las condiciones de trabajo de la transportadora y disminuir el desgaste de guías, ya sea por el roce de los componentes y/o por la abrasión que genera la arena junto a la ceniza, se requiere de un acero con ciertas características, en particular, se debe tener en consideración que el material transportado actúa como lubricante del mecanismo, lo que disminuye casi en su totalidad el contacto directo entre el metal de la cadena y el metal de la guía. Por lo tanto, el desgaste de la guía es producido por la abrasión del material en contacto.

Para mejorar la eficiencia de la transportadora y asegurar su correcto funcionamiento durante su desempeño normal, se requiere evitar el cambio de la guía por desgaste, para lo que se debe utilizar un material con las siguientes características:

- a) Superficie dura y resistente a la abrasión (puede ser un material que recubra una plancha base de acero estructural).
- b) Resistente a una temperatura de operación de 230 °C.
- c) Acero de baja aleación, Templado y Revenido para lograr una dureza igual o superior a Rockwell C57.
- d) Especificación del tipo de soldadura a emplear de bajo hidrogeno tales como; E-70XX, E-80XX
- e) Especificación del mecanizado del acero, que se pueda perforar con herramientas tales como acero rápido o carburos de tungsteno.
- f) La deformación del material debe ser mínima.

8.6 ALTERNATIVAS DE MERCADO

Según FORD STEEL (Chile), que es uno de los proveedores de planta CELCO, los materiales recomendados para el caso de abrasión en guías de transportadora son:

8.6.1 ACERO WEARALLOY AR-500

El acero Wearalloy AR-500, es un acero de baja aleación templado y revenido para lograr una dureza de 500HB a través del espesor total de la plancha.

Tabla N° 5 Composición química típica del acero wearalloy AR-500 (%).

C	Mn	P	S	Si	Mo	B	Cr	Ti	V	
0,35 máx	1,60 máx	0,03 máx	0,03 máx	0,55 máx	--	0,004 máx	0,80 máx	0,020 máx	--	(1)
0,35 máx	1,60 máx	0,03 máx	0,03 máx	0,55 máx	0,50 máx	0,004 máx	1,20 máx	0,020 máx	0,10 máx	(2)

(1) Composición química hasta 50 (mm) de espesor (2) Composición química sobre 50 (mm) de espesor.

Tabla N° 6 Características mecánicas típicas del acero wearalloy AR-500.

Resistencia a la Tracción Kg/mm ²	Límite de Fluencia Kg/mm ²	Alargamiento en 2" %	Resiliencia J 0°C	Dureza HB promedio de 5 valores	
148	132	17,7	20 tip	477	(1)
154	134	22,9	21 tip	542	(2)

(1) Valores hasta 50mm de espesor (2) Valores sobre 50mm de espesor

a) Soldadura

La soldadura debe efectuarse con electrodos de bajo hidrógeno tales como los E-70XX; E-80XX; E-90XX y E-110XX, o sus equivalentes en alambres, dependiendo de la sollicitación a la que será sometida la soldadura. Como condición de garantía se recomienda precalentar en todos los espesores. La temperatura de precalentamiento no debe exceder de los 250 (°C).

b) Mecanización y perforado

Este acero se puede mecanizar y perforar con herramientas de acero rápido o de carburos de Tungsteno, considerando baja velocidad y profundidad de corte. Las perforaciones pueden además ser efectuadas con oxicorte o plasma, pues la zona afectada térmicamente (ZAT) es pequeña.

c) Formado

El formado de este acero es difícil siendo posible sólo en radios amplios, requiriendo de equipos de poder para producir la deformación permanente, la que debe efectuarse lentamente y a una tasa constante. No es necesario un alivio de tensiones posterior al formado en frío.

Tabla N°7 Formatos de plancha del acero wearalloy AR-500.

ESPEJOR	1/8"	3/16"	1/4"	5/16"	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"
	3	5	6	8	10	12	16	19	25	32	38	50	64	76	102
PESO kg/m²	25	37,6	50,1	62,7	75,2	100,3	125,4	150,4	200,6	250,8	300,9	401,3	501,6	601,9	802,6

ANCHO	48" (1.219mm)	60" (1.524mm)	72" (1.829mm)	96" (2.438mm)
LARGO	120" (3.048mm)	144" (3.658mm)	240" (6.096mm)	288" (7.315mm)

8.6.2 ACERO WEARALLOY SUPER-CLAD

El acero Wearalloy Super-Clad es una plancha de desgaste compuesta, que consiste de una superficie dura de gran resistencia a la abrasión, que recubre una plancha base de acero estructural. La microestructura hipereutéctica refinada del revestimiento entrega una excelente resistencia al desgaste.

Tabla N°8 Composición química típica del acero wearalloy super-clad (%).

C	Cr	Mn	Si
4,8	34,0	2,2	1,5

a) Características mecánicas

- Se recomienda precalentar el acero antes de soldar a una temperatura de operación inferior a los 550 °C
- Su dureza es de 670 BHN; 59 rockwell C

- Su microdureza matriz llega hasta los 580 HV, mientras que su microdureza de carburo llega hasta los 1600 HV.

b) Material base

El substrato de la placa Wearalloy Super Clad es una plancha de acero, ASTM A-36, en un rango de 6 a 25 (mm) de espesor. Se puede suministrar otro tipo de placa base según requerimiento.

c) Material del recubrimiento

El material de recubrimiento es una aleación austenítica de carburos de cromo, con una distribución uniforme y de alta densidad de carburos primarios finos M7C3, que son los que ofrecen una gran resistencia al desgaste por su altísima dureza (sobre 1000 BHN), en una matriz de carburos disueltos. Se obtiene una buena resistencia a la abrasión general, a través de los carburos de cromo que protegen a la matriz del desgaste por abrasión.

Tabla N°9 Dimensiones de placa del acero wearalloy super-clad..

ESPESOR mm	LARGO mm	ANCHO mm
4 sobre 6; 6 sobre 6; 6 sobre 8; 8 sobre 8; 10 sobre 10; 12 sobre 12; 20 sobre 10	2.800	2.100

8.6.3 ACERO MANGALLOY

El acero Mangalloy es un acero al manganeso con un contenido de 11 – 14% y que se comporta muy bien en aplicaciones de impacto extremo. Bajo golpe e impacto casi triplica su dureza superficial inicial, mantiene su tenacidad al interior y adquiere un alto grado de pulido. Estas características en combinación con su alta

resistencia a la tracción, lo hace un material ideal para servicio de impacto pesado y abrasión. El acero Mangalloy es no magnético

a) Análisis químico

Carbono.....1,13 (%)
 Manganeso.....13,00 (%)
 Azufre.....0,003 (%)
 Fósforo.....0,017 (%)
 Silicio.....0,38 (%)

b) Propiedades físicas

Resistencia Tracción.....145.000 psi
 Límite Fluencia.....55.000 psi
 BHN (sin endurecimiento).....200
 BHN (después de endurecerse)...550

c) Mecanizado:

Debido a la característica de endurecibilidad por presión o impacto, se requieren herramientas especiales, tales como placas de carburo de tungsteno o acero rápido al cobalto.

Para soldar se recomienda además usar electrodos Flow-Mang.

d) Dimensiones de placas

Tamaños de stock:

Espesor: 3/16", 3/8"; 5/8", 1", 1-1/4", 1-1/2", 2", 3"
 Anchos: 48", 60", 72", 96"
 Largos: 120", 144", 240"

8.7 CONCLUSIONES DEL CAPITULO

El evidente desgaste de la guías de avance y retorno de la cadena, observado en terreno, permite deducir que el material utilizado actualmente no es el apropiado para este sistema de evacuación de cenizas. Se plantean tres alternativas que dan solución al problema de desgaste en las guías, que a juicio del proveedor de la planta Celulosa Arauco Y Constitución son los materiales más eficientes para las condiciones requeridas.

Además, debido a las dimensiones de las planchas que tapan tanto la parte inferior como la parte superior de la carcaza (lo que hace que cada una de estas sea demasiado pesada con respecto a la carga que puede levantar un persona normal), se platea un diseño con planchas de un menor largo por cada sección, disminuyendo significativamente la dificultad de montar y desmontar la carcaza.

Ahora bien, según la evaluación económica, la empresa mandante que en este caso es Celulosa Arauco Y Constitución, seleccionará el material de la guía y el método de implementación, ya sea derivando el trabajo a contratista o personal de planta.

CAPITULO 9: EVALUACION DEL DISEÑO ESTRUCTURAL Y ALTERNATIVAS DE MEJORA.

A continuación se evaluará el diseño estructural de la carcaza de la transportadora de cenizas, con el fin de proponer mejoras que beneficien el tiempo empleado para la mantención del sistema.

9.1 DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA TRANSPORTADORA DE CENIZAS

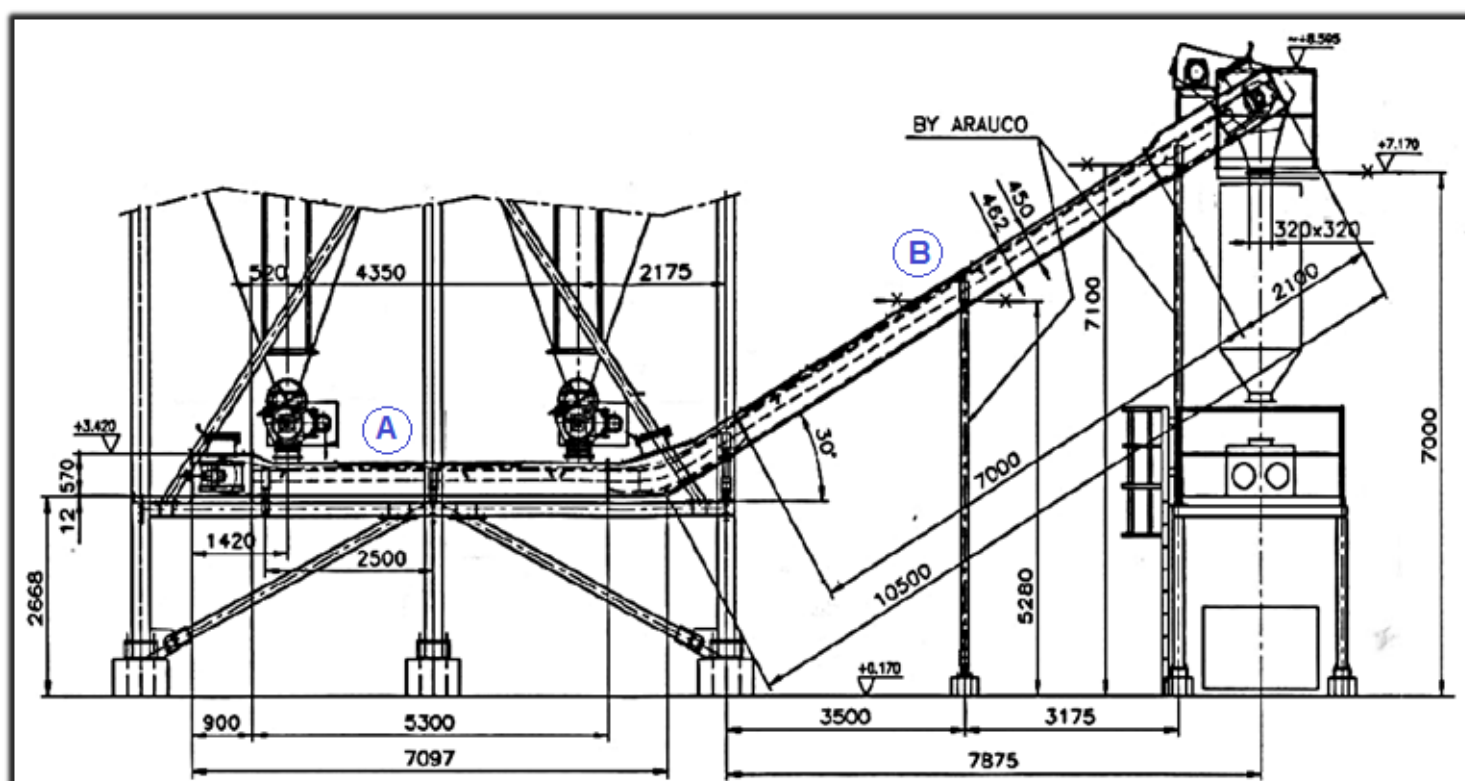


Figura N° 9.1 Diseño estructural de la transportadora.

La transportadora tiene un largo total de 17,597 (m) y una pendiente ascendente de 30° con respecto al eje horizontal. Las planchas estructurales (A37-24ES) utilizadas en la construcción de la transportadora son fabricadas por el proveedor de 6 (m) de longitud y son incorporadas al diseño obteniendo el máximo aprovechamiento del material, lo que en ocasiones no es conveniente. Para el caso del diseño de la transportadora, una plancha de las dimensiones que

aparecen en el plano de la figura N° 9.1 significa un peso considerable en el manejo del montaje y desmontaje de la carcaza.

9.2 CARCAZA

La carcaza de la transportadora (figura N° 9.2), ésta unida entre sí por pernos M12 y se encuentra subdividida en secciones de diferentes longitudes.

Se llamará tramo A al tramo horizontal de la carcaza de longitud 7097 (mm) y tramo B al tramo de la pendiente ascendente 30° respecto del eje horizontal de longitud 10500 (mm).

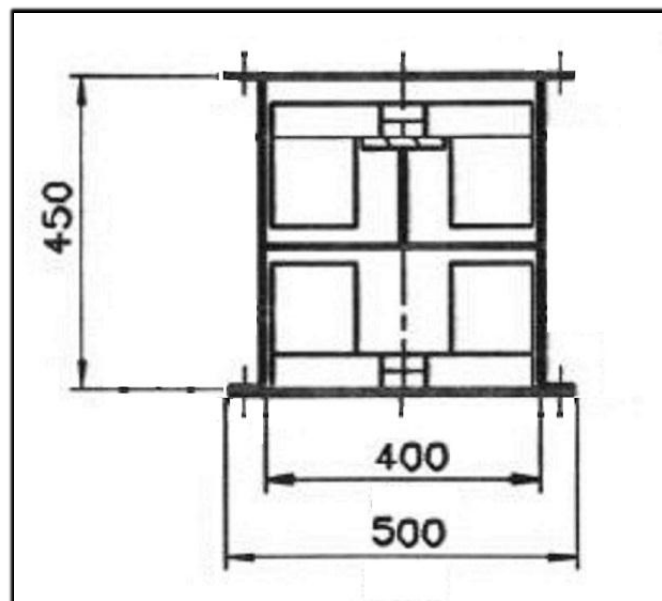


Figura N° 9.2 Vista sección transversal de carcaza de la transportadora.

a) Características del tramo A

Debido a la longitud de 7097 (mm) de este tramo, la plancha que cubre la parte inferior de la carcaza se subdivide en 2 tramos de izquierda a derecha (figura N° 9.1). Si consideramos el peso específico del acero A37-24ES que corresponde a $7850 \text{ (kg/m}^3\text{)}$ tenemos la siguiente tabla:

Tabla N°10 Características del tramo A.

Primer tramo		Segundo tramo	
dimensiones (mm) (Largo x Ancho x Espesor)	900x500x8	dimensiones (mm) (Largo x Ancho x Espesor)	5300x500x8
peso (kg)	29,9	peso (kg)	176,4

b) Características del tramo B

Debido a la longitud de 10500 (mm) de este tramo, la plancha que cubre la parte inferior de la carcaza (pendiente 30°) se subdivide en 2 tramos de izquierda a derecha (figura N° 8.4). Si consideramos el peso específico del acero A37-24ES que corresponde a $7850 \text{ (kg/m}^3\text{)}$ tenemos la siguiente tabla:

Tabla N°11 Características del tramo B.

Primer tramo		Segundo tramo	
dimensiones (mm) (Largo x Ancho x Espesor)	7000x500x8	dimensiones (mm) (Largo x Ancho x Espesor)	2100x500x8
Peso (kg)	219,8	Peso (kg)	65,9

El tramo curvo que une los tramos A y B es de 2297x500x8, lo que implica que esta plancha tenga un peso de 72,1 (kg)

Se puede observar en las tablas N° 10 y N° 11 (referidas a los pesos de las planchas por cada tramo), que al diseñar planchas demasiado largas (más de dos metros de longitud) el peso de éstas dificulta el montaje y desmontaje de la carcaza, por lo que se requiere de maquinaria y mano de obra para efectuar una mantención involucrando tiempo y costos. Con el fin de mejorar el tiempo promedio entre fallas de la transportadora se procede a rediseñar la carcaza.

9.3 MEJORAMIENTO DE LA CARCAZA

Una vez evaluado el diseño estructural de la carcaza se obtiene como resultado que el peso de cada plancha es mayor a la carga soportable por una persona, por lo que se procede a modificar las dimensiones de cada plancha, realizando tramos de menor longitud.

9.3.1 MODIFICACION EN TAPA INFERIOR DE LA CARCAZA

A continuación se presenta el modelo en 3D de la tapa inferior de la carcaza (figura N° 9.3), mientras que los planos de la modificación propuesta se encuentran en anexos del presente estudio.

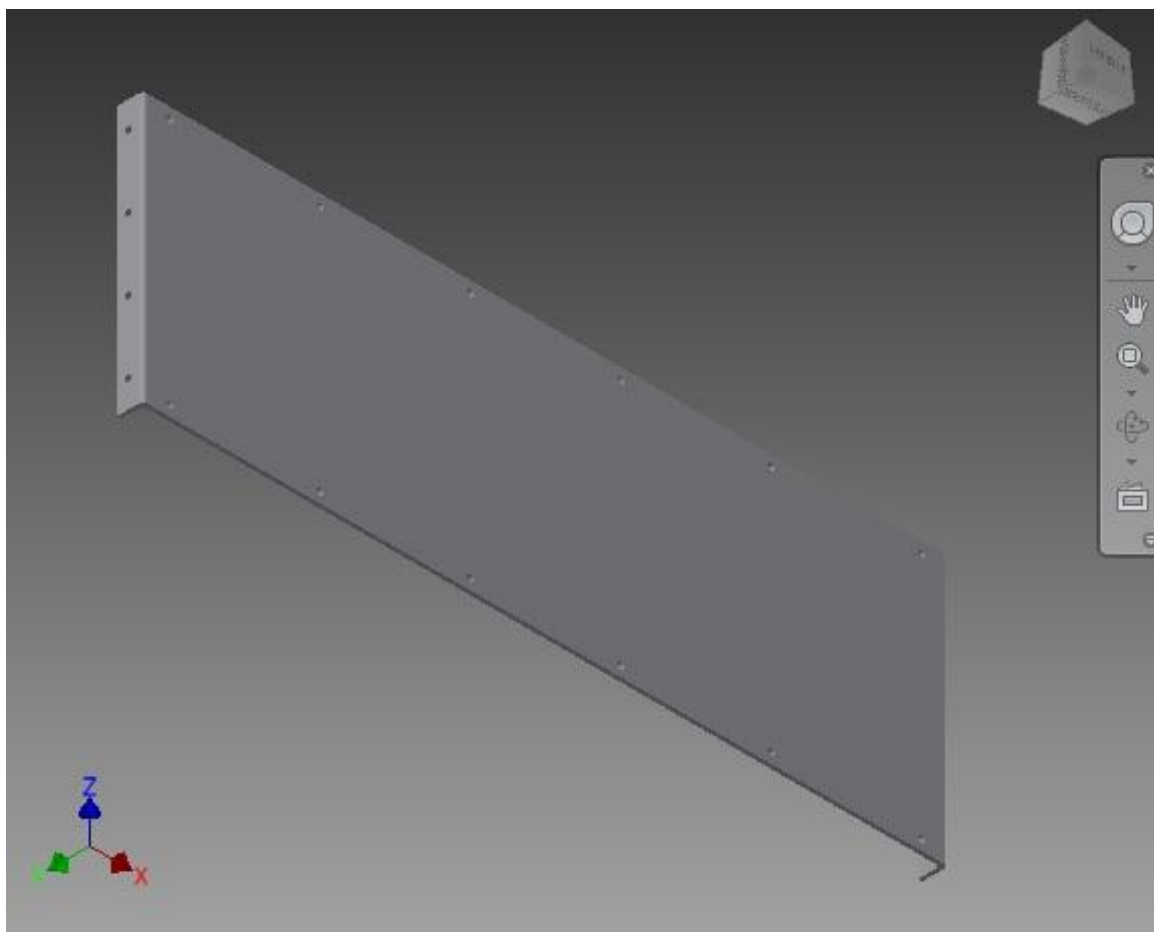


Figura N° 9.3 Tapa inferior de la carcaza.

Tabla N° 12 Características del tramo A.

Tramo 1		tramo 2 y 3	
dimensiones (mm) (Largo x Ancho x Espesor)	1800x500x8	dimensiones (mm) (Largo x Ancho x Espesor)	1750x500x8
peso (kg)	56,52	peso (kg)	54,95

La tabla N° 12 indica que en el tramo A, el tramo 1 presenta una variación en su longitud con respecto a los tramos 2 y 3, por lo que existe una mínima diferencia en su peso.

Tabla N°13 Características del tramo B.

Tramos 1, 2, 3 y 4	
dimensiones (mm) (Largo x Ancho x Espesor)	1750x500x8
peso (kg)	54,95

La tabla N° 13 indica que en el tramo B de los tramos son de igual dimensiones, por ende son de igual peso.

9.3.2 MODIFICACION DE LA TAPA LATERAL DE LA CARCAZA, TRAMO A

Para el caso de atochamiento y/o fallas internas de la transportadora de cenizas se requiere de una inmediata inspección para ubicar el lugar de la falla, para lo cual se propone un cambio en el diseño de la tapa lateral de la carcaza.

La mejora propuesta consiste en la implementación de ventanillas de inspección lateral para hacer más eficiente el tiempo de reparación.

A continuación se presenta el modelo en 3D de la tapa lateral de la carcaza (figura N° 9.4), mientras que los planos de la modificación propuesta se encuentran en anexos del presente estudio.

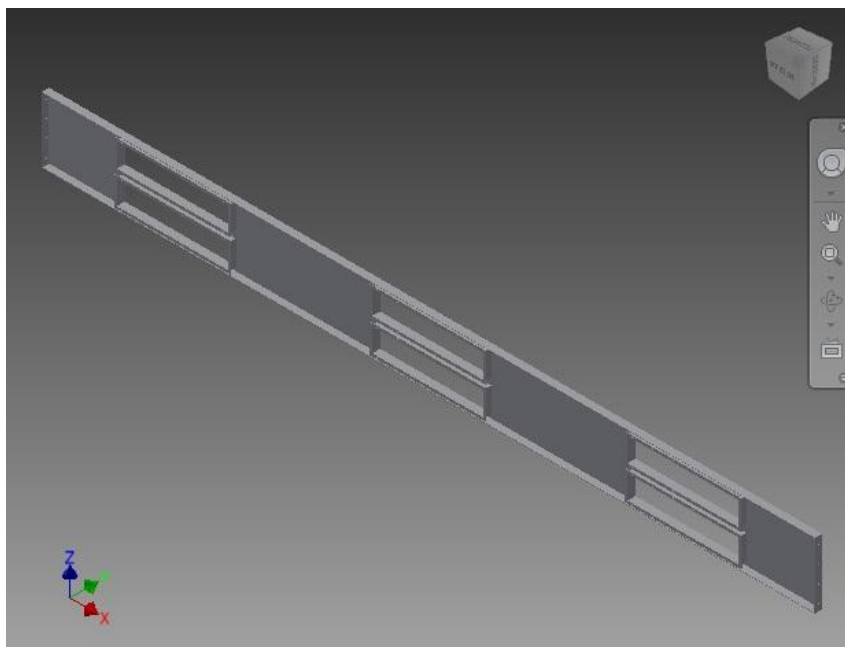


Figura N° 9.4 Tapa lateral de la carcaza.

Se presenta además las compuertas de la ventanilla de inspección lateral (figura N° 9.5).

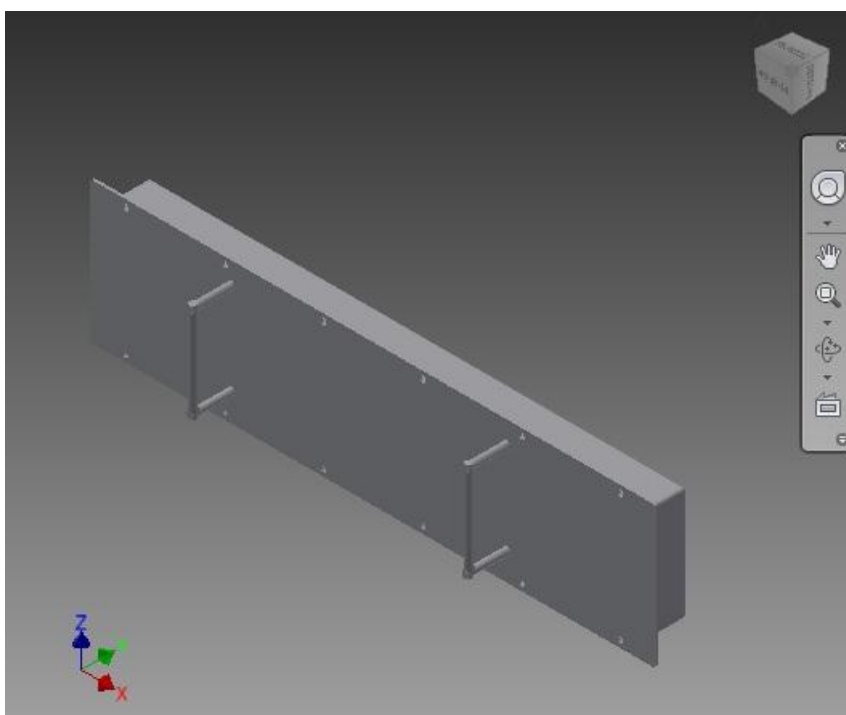


Figura N° 9.5 Compuertas de ventanillas de inspección lateral.

9.4 CONCLUSIONES DEL CAPITULO

El diseño estructural de la transportadora de cenizas presenta varias deficiencias, tales como, carece de visibilidad que permita la inspección inmediata para el caso de atochamiento y/o cualquier tipo de falla en el interior de la carcaza, por lo que se proponen modificaciones, en particular incorporar ventanillas en las paredes laterales de la carcaza.

Ahora bien, según la evaluación económica, la empresa mandante que en este caso es Celulosa Arauco Y Constitución, seleccionará las alternativas presentadas según la necesidad y el método de implementación, ya sea derivando el trabajo a contratista o personal de planta.

CAPITULO 10: MEJORAS EN EL TIEMPO EMPLEADO PARA EL MANTENIMIENTO

Las mejoras en los tiempos empleados para el mantenimiento dará el cómo lograr un proceso eficiente para que la empresa tenga un sistema de transporte de cenizas rentable, donde se pretende mejorar el promedio entre fallas, en particular evitar detenciones de la transportadora.

10.1 OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO DE LA TRANSPORTADORA

Para el mejoramiento del mantenimiento del sistema de evacuación de cenizas, enfocado en la transportadora, se planteará un objetivo principal:

- Disminuir el tiempo promedio entre fallas de la transportadora.

Para llevar a cabo el requerimiento se establecen 4 pasos y sus respectivos procedimientos que establecen el funcionamiento actual de la transportadora y respaldan los procedimientos planificados para el mejoramiento.

- 1- Disponibilidad
- 2- Fiabilidad
- 3- Vida útil de la transportadora
- 4- Ajuste de presupuesto

10.2 DISPONIBILIDAD

La disponibilidad para el caso de la instalación de la transportadora se define como la proporción del tiempo que dicha instalación ha estado en disposición de producir. El objetivo más importante es asegurar que la instalación estará en disposición de producir un mínimo de horas determinada.

10.2.1 CALCULO DE LA DISPONIBILIDAD DE LA TRANSPORTADORA.

Para calcular la disponibilidad de la transportadora se deben tener en cuenta los siguientes factores:

Nota: Los cálculos son realizados considerando un año continuo de producción.

a) N° de horas totales de producción

$$\text{N° horas} = 365 \times 24 = 8760 \text{ (horas)}$$

b) N° de horas de indisponibilidad total para producir.

Pueden ser debidas a diferentes tipos de actuaciones de mantenimiento:

1. Intervenciones de mantenimiento programado que requieran parada de planta.
 - ✓ Parada de planta de 10 días.

2. Intervenciones de mantenimiento correctivo programado que requieran parada de planta o reducción de carga.
 - ✓ Corte de pasador fusible y lubricación de 1 día.

3. Intervenciones de mantenimiento correctivo no programado que detienen la producción de forma inesperada y que por tanto tienen una incidencia en la planificación ya realizada de la producción de energía.
 - ✓ Intervención por atochamiento de 3 días.

Como resultado del 1, 2 y 3 se tiene como resultado que la indisponibilidad es de:

$$\text{N° horas} = 10 \times 24 + 1 \times 24 + 3 \times 24 = 336 \text{ (horas)}$$

c) N° de horas de indisponibilidad parcial.

Se refiere al número de horas que la transportadora está en disposición para producir, pero con una capacidad inferior a la nominal debido al estado deficiente de una parte de la instalación, que impide que ésta trabaje a plena carga.

Considerando la deficiencia del motor-reductor presentada en el capítulo 7, tenemos que:

- ✓ La disposición para producir o en este caso la disposición de la transportadora de cenizas para realizar el trabajo, no se ve afectada por la deficiencia del motor-reductor.

Considerando un año de producción y teniendo en consideración que la planta funciona los 365 días del año tenemos que:

$$\% \text{ Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo de producción real}}{\text{Tiempo de producción posible}} = \frac{8760 - 336}{8760 - 0} * 100 = 96 (\%)$$

* La disponibilidad de la transportadora es de un 96 (%)

10.3 FIABILIDAD

La fiabilidad, para éste caso es un indicador que mide la capacidad de la transportadora para cumplir su plan de producción previsto. En la instalación se refiere habitualmente al cumplimiento de la producción planificada y comprometida en general con clientes internos o externos. El incumplimiento de este programa de carga puede llegar a acarrear penalizaciones económicas y de ahí la importancia de medir este valor y tenerlo en cuenta a la hora de diseñar la gestión del mantenimiento de una instalación.

10.3.1 CALCULO DE LA FIABILIDAD DE LA TRANSPORTADORA

Los factores a tener en cuenta para el cálculo de este indicador son dos:

a) N° de horas anuales de producción.

$$\text{N° horas} = 365 \times 24 = 8760 \text{ (horas)}$$

Tal y como se ha detallado para el caso anterior de disponibilidad.

b) N° de horas anuales de parada o reducción de carga.

- Parada de planta de 10 días.
- Corte de pasador fusible y lubricación de 1 día
- Intervención por atochamiento de 3 días.

$$\text{N° horas} = 10 \times 24 + 1 \times 24 + 3 \times 24 = 336 \text{ (horas)}$$

Esto debido exclusivamente a un mantenimiento correctivo no programado.

$$R = f(MTBF, MTTR)$$

Donde:

R: Confiabilidad.

MTBF: Tiempo Medio Entre Fallas.

MTTR: Tiempo Medio Para Reparación.

$$MTBF = \left[\frac{h_t}{p} \right] = \frac{8760}{5} = 1752 \text{ (horas)}$$

$$MTTR = \left[\frac{h_p}{p} \right] = \frac{336}{5} = 67,2$$

Dónde:

h_t : Horas trabajadas o de marcha durante el período de evaluación.

p : Número de paros durante el período de evaluación.

h_p : Horas de paro durante el período de evaluación.

$$R = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} * 100 = \frac{1752}{1752 + 67,2} * 100 = 96 (\%)$$

* La fiabilidad de la transportadora es de un 96 (%)

10.4 VIDA ÚTIL DE LA TRANSPORTADORA

Este objetivo de mantenimiento asegura una larga vida útil para la instalación. Es decir, la transportadora de cenizas debe presentar un estado de degradación acorde con lo planificado de manera que la disponibilidad, la fiabilidad y el costo de mantenimiento, no se vean fuera de sus objetivos fijados en un largo periodo de tiempo. La esperanza de vida útil para una transportadora o cualquier instalación industrial típica, se sitúa habitualmente entre los 12 y los 18 años, en los cuales las prestaciones de la planta y los objetivos de mantenimiento deben estar siempre dentro de unos valores prefijados.

Para visualizar la vida útil de un equipo se presenta el siguiente esquema de vida de la transportadora (figura N° 10.1) que consiste en una alternancia de "tiempos de buen funcionamiento" (TBF) y "tiempos de averías" (TA).

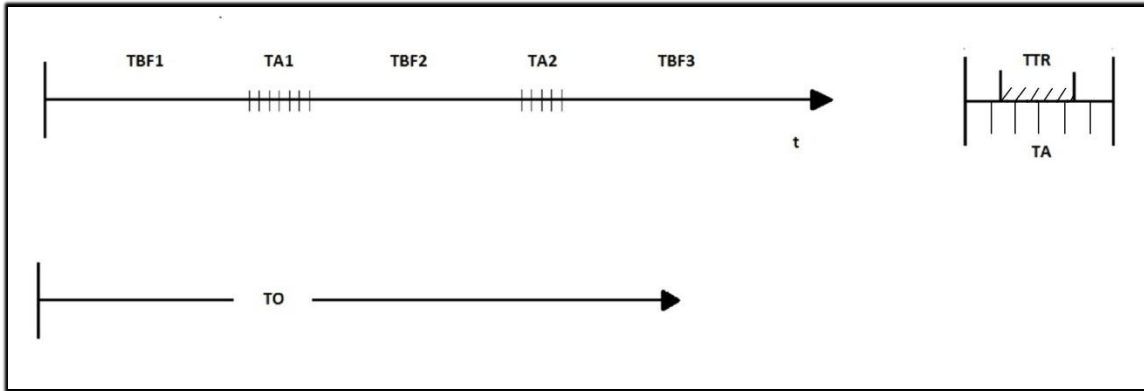


Figura N° 10.1 Esquema de vida de la transportadora.

En donde cada segmento tiene el siguiente significado:

- TBF : Tiempo entre fallas
- TA : Tiempo entre paradas
- TTR : Tiempo de reparación
- TO : Tiempo de operación

10.4.1 CALCULO DE LA VIDA UTIL DE LA TRANSPORTADORA

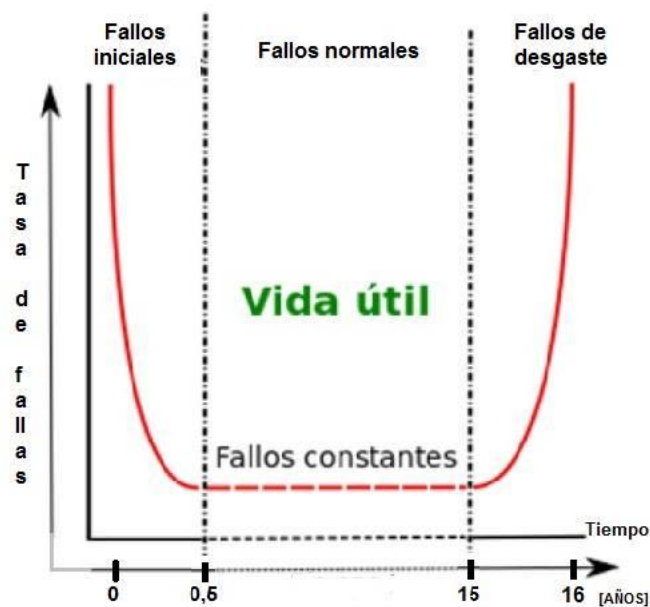


Figura N° 10.2 Curva de la bañera.

La curva de la bañera (figura N° 10.2) refleja los fallos iniciales, normales y producidos por desgaste durante un tiempo determinado, que para el caso de este mecanismo es estimado en 15 años según el promedio de instalación de industrias y de las líneas de transmisión dado por la nueva tabla de vida útil de los bienes físicos del activo inmovilizado.

a) Fallos iniciales

Son los fallos ocurridos durante la puesta en marcha inicial de un equipo, para este caso depende de la regularización de la producción de vapor en la caldera.

b) Fallos normales

Son los fallos ocurridos normalmente por esfuerzos de la cadena debido a un atochamiento producido por fallas en mecanismos como las válvulas rotatorias y sensores.

c) Fallos por desgaste

Son aquellos fallos producidos generalmente por el deterioro de los componentes de accionamiento de la transportadora y por el desgaste de las guías de la cadena de la transportadora de cenizas.

10.5 AJUSTE DE PRESUPUESTO

La disponibilidad, fiabilidad y vida útil no pueden conseguirse a cualquier precio. El departamento de mantenimiento debe cumplir los objetivos marcados ajustando sus costos a lo establecido en el presupuesto anual de la planta. Si el presupuesto es inferior a lo que la instalación requiere empeorarán irremediablemente los resultados de producción y en consecuencia también disminuirá la vida útil de la instalación.

10.6 MEDIDAS PARA MEJORAR EL TIEMPO PROMEDIO ENTRE FALLAS

Para cumplir el objetivo principal de esta mantención, que es disminuir el tiempo promedio entre fallas es necesario reducir la cantidad de paros anuales de la transportadora.

10.6.1 PAROS DE PLANTA

En general, para este equipo se tienen dos casos de detenciones de la transportadora, para los cuales corresponden anualmente 5 paros estimados durante el periodo de evaluación correspondiente a un año. Estas detenciones pueden ser planificadas y no planificadas.

a) Detención planificada

El paro más prolongado de la transportadora (10 días aprox.), es debido a la detención generada por el paro anual de la planta CELCO. Esta detención es planificada, para realizar mantención a los equipos de las diferentes áreas.

b) Detención no planificada

Los 4 paros restantes, son generados por detenciones preventivas y/o correctivas no planificadas, donde la acción inmediata puede requerir detención completa de la transportadora directamente para el caso de un fallo específico de alguno de sus componentes, o bien, indirectamente causado por el fallo de algún equipo que lo antecede o sucede.

10.6.2 DISMINUCION DE LAS DETENCIONES

Considerando los dos tipo de detenciones posibles, se entiende que la detención planificada es necesaria y por consiguiente la única posibilidad de mejorar el

tiempo promedio entre fallas es disminuir la cantidad de detenciones no planificadas generadas por fallas del equipo directa o indirectamente.

Para disminuir el número de detenciones generadas por fallos que obligan a realizar detenciones no planificadas de la transportadora se emplean las siguientes estrategias:

a) Disminución de las detenciones generadas por fallas directas

- La evaluación de las guía de avance y retorno estudiadas en el capítulo 8 (Evaluación de materiales y alternativas de mejora), indican que el cambio del material de la guía permite disminuir el desgaste de estas, por lo tanto disminuirán las detenciones requeridas por cambio de guías.
- La verificación realizada en el capítulo 7 (Verificación del sistema de accionamiento), respecto al motor-reductor de accionamiento de la transportadora de cenizas indica una pequeña baja en su rendimiento, por lo que es necesario mantener en observación su comportamiento para predecir una posible falla.

b) Disminución de las detenciones generadas por fallas indirectas

- El problema de fallo por atochamiento de la transportadora de cenizas planteado en el capítulo 6 (Problemáticas del sistema evacuación de cenizas) tiene por consecuencia la detención de ésta debido a un fallo producido en los equipos que la anteceden o suceden. Se pueden evitar detenciones con un control en la productividad de vapor en la caldera de poder y realizando mantenimiento a los motores reductores de las válvulas rotatorias del PPT y silo de cenizas.

10.7 CONCLUSIONES DEL CAPITULO

El planteamiento de las medidas implementadas para mejorar el tiempo promedio entre fallas permite disminuir el número de detenciones anuales de la transportadora de cenizas, lo que además genera una disminución del tiempo empleado para las reparaciones reduciendo los costos empleados en el mantenimiento, lo que se resume en un aumento de la eficiencia del sistema de transporte de cenizas.

La disminución del número de fallas es posible debido a las estrategias planteadas para evitar detenciones no planificadas. Solo se puede reducir este valor con recomendaciones y estudio del historial de fallas presentadas hasta el 2013, para de esta forma prevenir y predecir futuras detenciones que no hayan sido programadas por el departamento de planificación.

Es importante tener en cuenta que el valor del presupuesto puede variar, lo que implica que al ser inferior a lo que la instalación requiere se empeorarán los resultados de producción y en consecuencia también disminuirá la vida útil de la instalación, ahora bien, si el presupuesto es mayor a lo que la instalación requiere, se debe resistir a la tentación de subir los gastos de mantención a la misma cantidad que el presupuesto, siendo mejor destinar al ahorro de una parte del aumento para el caso de alguna emergencia inesperada, o bien a otro equipo involucrado directa o indirectamente con la transportadora.

CAPITULO 11: EVALUACION ECONOMICA

A continuación se presentarán las ventajas y desventajas asociadas a la inversión de las mejoras planteadas para el sistema de evacuación de cenizas antes de la posible implementación del mismo. El análisis será tanto de los costos monetarios como de los beneficios expresados en otras unidades relacionadas con las mejoras propuestas para las guías y carcasa de la transportadora de cenizas.

Nótese que el costo de hora hombre (H/H) no será incorporado, lo que sumado al costo de materiales indicaría el costo total de la instalación.

11.1 OBJETIVOS

Para la evaluación económica enfocada a las mejoras propuestas para aumentar la eficiencia de la transportadora, se planteará un objetivo principal:

- Analizar los costos y beneficios asociados a los materiales utilizados en propuestas para mejorar la eficiencia de la transportadora de cenizas.

Para llevar a cabo el análisis se requiere de los costos de cada material a utilizar, considerando que Celulosa Arauco Y Constitución (CELCO) mantienen valores de costo diferentes con sus proveedores en comparación a los que se ofrecen en el mercado normalmente.

11.2 ANÁLISIS DE COSTOS DE IMPLEMENTACIONES

Según las mejoras planteadas en el capítulo 8 y 9, los costos de implementación están asociados a dos propuestas de modificación en el sistema de transporte de cenizas.

Las propuestas planteadas correspondientes a la siguiente evaluación de costos corresponden a:

- 1- Cambio de guías de cadena
- 2- Modificaciones en la carcasa de la transportadora de cenizas

11.2.1 COSTOS DE MEJORAS EN GUIAS

La tabla N° 14 indica las características y cantidad de los materiales necesarios para implementar el cambio de guías de cadena de la transportadora de cenizas.

Para incorporar los costos relacionados al cambio de guías es necesario que planta seleccione una de las propuestas de los 3 materiales evaluados en el capítulo 8 para que ellos coticen con los propios valores de costo que corresponden a Celulosa Arauco Y Constitución.

Tabla N° 14 Características de los materiales evaluados y cantidad requerida.

MATERIAL	FORMATO [mm]	CANTIDAD
Acero wearalloy AR-500	6096x1829x8	2 PL
Acero wearalloy Super-Clad	2800x2100x8	6 PL
Acero Mangalloy	6096x1829x8	2PL
Soldadura E-70xx	Varilla o alambre	12 kg
Soldadura E-80xx	Varilla o alambre	12 kg
Soldadura Flow mang	Varilla o alambre	12 kg

Si consideramos el costo de la cadena forjada SAE 1045, de 34 metros de largo, con un valor de \$137.269 cada metro, el costo total de la cadena es de \$4.667.146. Debido al costo de la cadena, es conveniente proponer sólo el cambio de guías.

11.2.2 COSTOS DE MEJORAS EN DISEÑO DE LA CARCAZA

La tabla N° 15 indica las características de los materiales necesarios para implementar las modificaciones en la carcasa de la cadena de la transportadora de cenizas y sus costos parciales y el total según los beneficios y costos asociados a planta CELCO.

Tabla N° 15 Costo de materiales según CELCO

MATERIAL	CANTIDAD	COSTO	COSTO TOTAL [\$]
Plancha A37-24ES	3 PL de 2000x3000x8	348 kg/PL 544 \$/kg	552.112,00
oxígeno	1 botella 12 m ³	850 \$/m ³	10.200,00
Electrodo E-7018	14 kilos de 1/8"	1160 \$/kg	16.240,00
Electrodo E-6010	6 kilos de 1/2"	1467 \$/kg	8.802,00
Perno hexagonal	298 de 1/2", 13hxpulg grado 5	67 \$ c/u	19.966,00
Tuerca hexagonal	298 de 1/2x1", 13hxpulg	24 \$ c/u	7.152,00
Disco de corte	25 de 7" e 7/8"	806 \$ c/u	20.150,00
		TOTAL \$	634.622,00

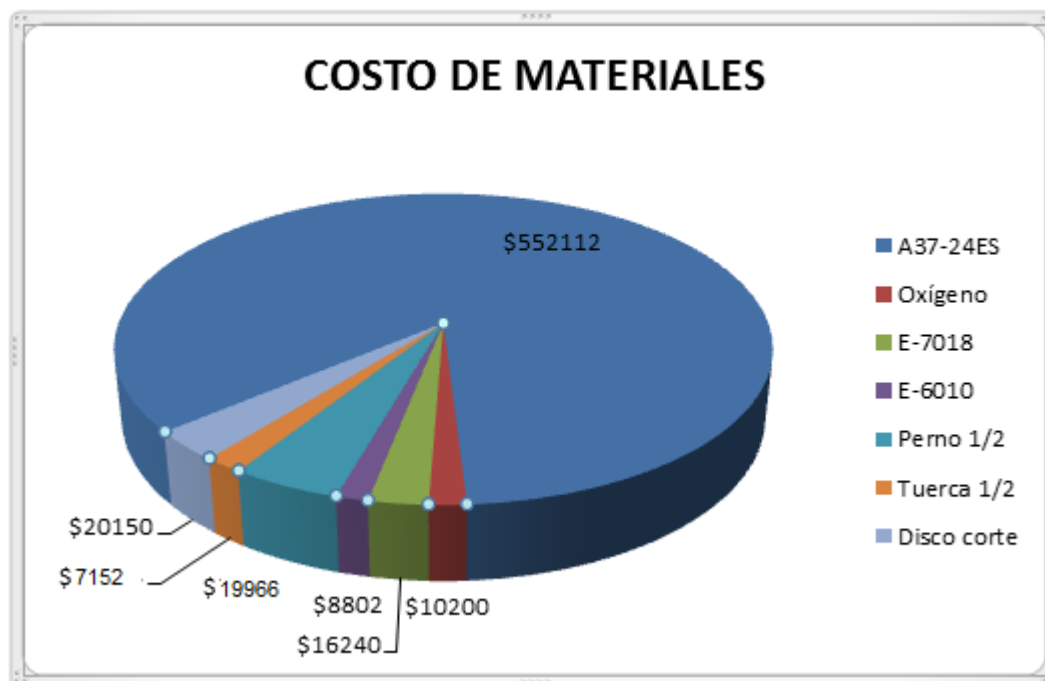


Figura N° 11.1 Análisis de costo de mejora de carcaza

La gráfica de la figura N° 11.1 indica que el valor de la cadena no es considerado en el costo total, ya que es la misma que actualmente es utilizada en el sistema de transporte de cenizas.

11.3 ANÁLISIS DE BENEFICIOS DE IMPLEMENTACIONES

Los beneficios asociados a las implementaciones evaluadas según su costo están enfocados la vida útil y a las fallas de la transportadora de cenizas.

A continuación se presentan los beneficios asociados a las implementaciones planteadas para mejorar el sistema:

- 1- Al destinar recursos para realizar un cambio de guías de la cadena se disminuyen las detenciones de la transportada, por efecto de un desgaste de guías y posterior cambio de ellas. De esta forma se pueden evitar los

desprendimientos de parte de las guías, lo que implicaría que se trabe el sistema provocando impactos en el motor- reductor de accionamiento.

En general la propuesta mencionada permite prolongar la vida útil del sistema de accionamiento y reduce los costos de mantención.

- 2- Si se considera un atochamiento y se destinan recursos a la modificación de la carcasa de la transportadora de cenizas, las ventanillas de inspección facilitarían la detección y visualización de cualquier falla al interior de la carcasa.
- 3- De igual forma, una vez hallada la falla, las divisiones de las planchas de la tapa inferior de la carcasa permiten agilizar la reparación requerida.

11.4 VENTAJAS Y DESVENTAJAS

Al igual que todo mecanismo y/o sistema, las modificaciones planteadas presentan ventajas y desventajas.

11.4.1 VENTAJAS

- Se mejora el tiempo promedio entre fallas.
- Se disminuye el número de detenciones anuales.
- Se mejora la vida útil.
- Se disminuyen los costos de mantención.

11.4.2 DESVENTAJAS

- La inversión inicial es recuperada en un tiempo mayor al del periodo de evaluación (1 año).
- El sistema se puede detener de igual forma debido a causas de fallas de los equipos que anteceden y suceden a la transportadora de cenizas.

11.5 CONCLUSIONES DEL CAPITULO

Según las mejoras planteadas al sistema de transporte de cenizas y el conocimiento de los materiales necesarios para realizar su implementación, se puede concluir que los costos asociados a las posibles modificaciones son relativamente bajos con respecto a la instalación general de la transportadora.

Celulosa Arauco Y Constitución tiene la facilidad de proveer los recursos necesarios para este tipo de mejoras planteadas.

Se puede considerar que la inversión inicial será recuperada en uno o dos años, dependiendo de las dificultades que se vayan presentando a través del tiempo y del historial de fallas de la transportadora. Este periodo de recuperación de inversión, es establecido según el periodo de evaluación para determinar las mejoras en el tiempo empleado para la mantención de la transportadora, cuyo periodo de evaluación corresponde a 1 año.

CAPITULO 12: RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES

En este último capítulo de este trabajo se abordan recomendaciones generales y conclusiones que se han alcanzado luego de finalizar el estudio. Estas serán planteadas conforme a los resultados obtenidos para las condiciones de trabajo que se han establecido en el presente estudio.

12.1 RECOMENDACIONES

A continuación se proponen una serie de recomendaciones con las que se pretende aportar mejoras al actual funcionamiento de la transportadora de cenizas y de paso contribuir una mejor eficiencia y rentabilidad para la empresa.

- Para el caso de un requerimiento por parte de planta de un aumento de la producción de vapor se recomienda evaluar la implementación de un tipo de filtro antes de que los productos de la combustión ingresen al precipitador electrostático, para disminuir la aparición de arena en la transportadora.
- Se recomienda mantener en observación equipos que anteceden y suceden a la transportadora de cenizas, para evitar o disminuir detenciones a causa del fallo de alguno. Los equipos más propensos a fallar son las válvulas rotatorias del PPT y del silo de cenizas, sensores de llenado y vaciado del silo de cenizas.
- Se recomienda mantener en observación el motor-reductor de accionamiento de la transportadora de cenizas, ya que según la verificación del sistema de accionamiento, éste presenta una disminución de su rendimiento

- Se recomienda mantener un registro del historial de las fallas de la transportadora y los equipos que la anteceden y la suceden, para programar una mantención eficiente dentro de un cierto periodo de evaluación.
- Se recomienda considerar una implementación de una vía alternativa para la evacuación de cenizas con salida a un contenedor de emergencia, para el caso de atochamiento. De esta forma se pueden evitar problemas asociados a la contaminación del medioambiente y salud.

12.2 CONCLUSIONES GENERALES

Luego del estudio realizado al sistema de evacuación de los productos de la combustión de la caldera de poder, enfocado a la transportadora de cenizas, se puede concluir que:

Si bien es cierto, el sistema es eficiente y cumple con el requerimiento de Celulosa Arauco Y Constitución, es posible mejorar las condiciones de funcionamiento, aumentar la vida útil, mejorar la eficiencia, disminuir el tiempo promedio entre fallas y disminuir el tiempo empleado para las reparaciones.

Las alternativas de mejoras planteadas en este estudio reflejan evidentemente propuestas claras sobre el mejoramiento del sistema de transporte de cenizas.

Dentro de los cambios propuestos más importantes se tiene que;

El cambio de guías aumenta la vida útil de la transportadora y evita detenciones por desprendimiento del material una vez que se ha desgastado, por otra parte se tiene la propuesta de modificación del diseño de la carcaza, lo que permitiría disminuir el tiempo empleado en detectar una falla y el tiempo empleado para la reparación de ésta.

La implementación de medidas planteadas para mejorar el tiempo promedio entre fallas permite disminuir el número de detenciones anuales de la transportadora de cenizas lo que ayuda a mejorar su eficiencia, además, se reducen costos asociados al mantenimiento.

En general planta CELCO realiza mantenimiento al sistema de transporte de cenizas cuando ésta falla, lo que lleva a realizar un mantenimiento correctivo, que involucra el cambio de rodamientos, lubricación de cadenas de transmisión de potencia, cambio de pasadores fusibles y piñón conductor y conducido.

El registro de fallas existente en planta, se encuentra en la programación SAP, donde aparecen los materiales de repuestos existentes en bodega, los materiales que presentan fallas y los que están siendo utilizados, además, se tiene registro de los valores de costo asociados a planta y sus proveedores.

Todas las mejoras propuestas, ya sean cambio de guías, modificación de la carcasa y mejoras del tiempo empleado para el mantenimiento, llevan a la evaluación económica, donde se analiza si los beneficios asociados a los costos de instalación son significativamente relevantes y aceptables para tomar una decisión sobre la implementación de la evaluación y propuestas de mejoras del sistema de evacuación de cenizas.

BIBLIOGRAFIA

[1] OTAROLA Morales Manuel. Archivo técnico área 73, constitución, Chile.
Celulosa Arauco Y constitución S. A. (1969).

[2] OTAROLA Morales Manuel A. SAP, constitución, Chile.
Celulosa Arauco Y constitución S. A. (1969).

[3] U.D.T. Unidad de dibujo técnico, constitución Chile.
Celulosa Arauco Y constitución S. A. (1969).

[4] ARAYA Pablo. Ficha técnica. Santiago, Chile.
Ford Steel Chile Industrial S. A.

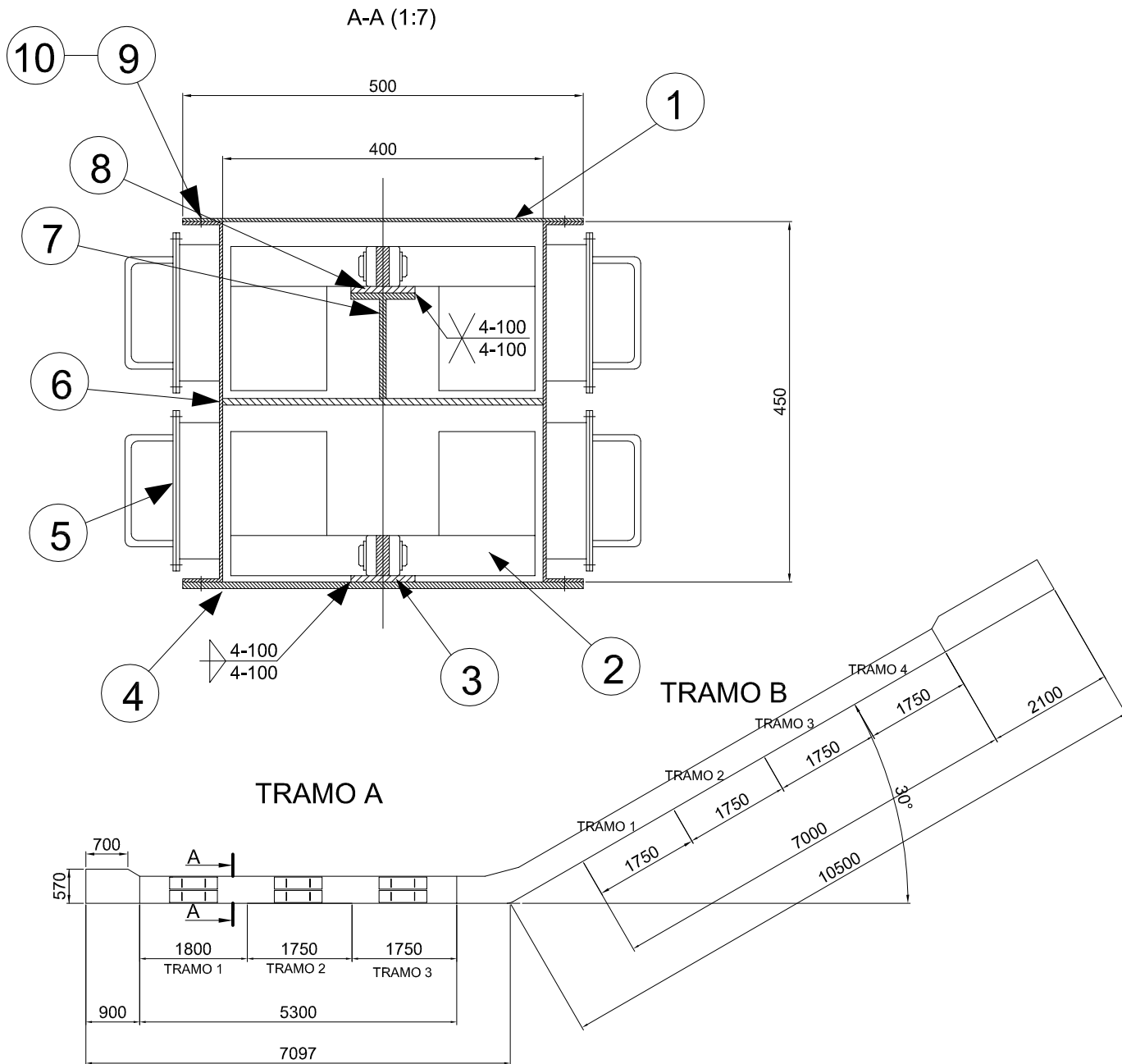
[5] SISTEMA DE MANEJO DE CENIZAS. Equipos. Constitución, Chile.
Celulosa Arauco Y constitución S. A. (1969).

[6] GARCIA Garrido Santiago Ingeniería de mantenimiento. Santiago, Chile.
Renovetec Manual Práctico (2009-2012).

[7] TALLER DE TECNOLOGÍA 3. Propiedades de los materiales. Talca, Chile.
Universidad de Talca. Escuela De Arquitectura.

[8] http://www.sii.cl/pagina/valores/bienes/tabla_vida_enero.htm

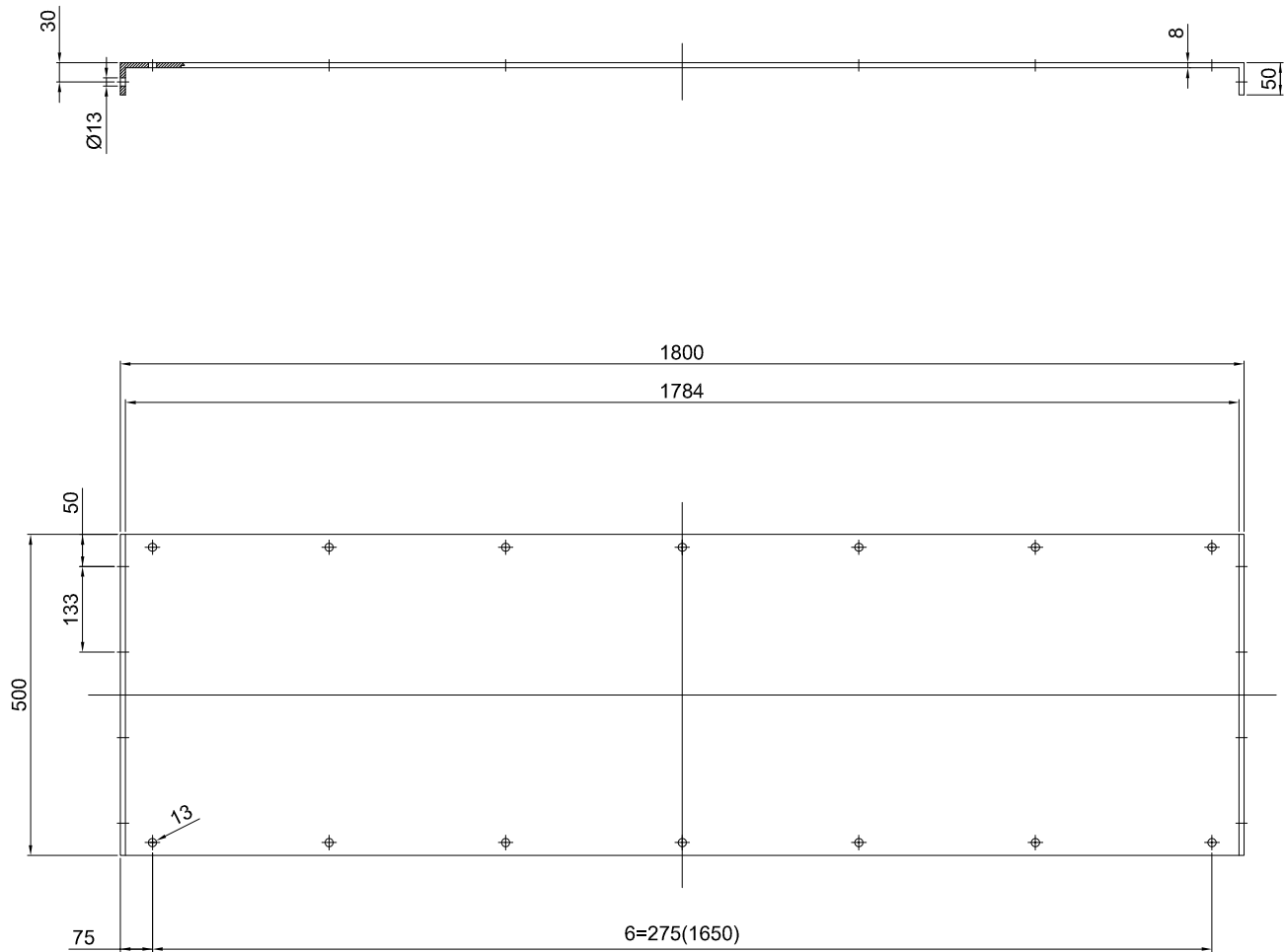
ANEXOS



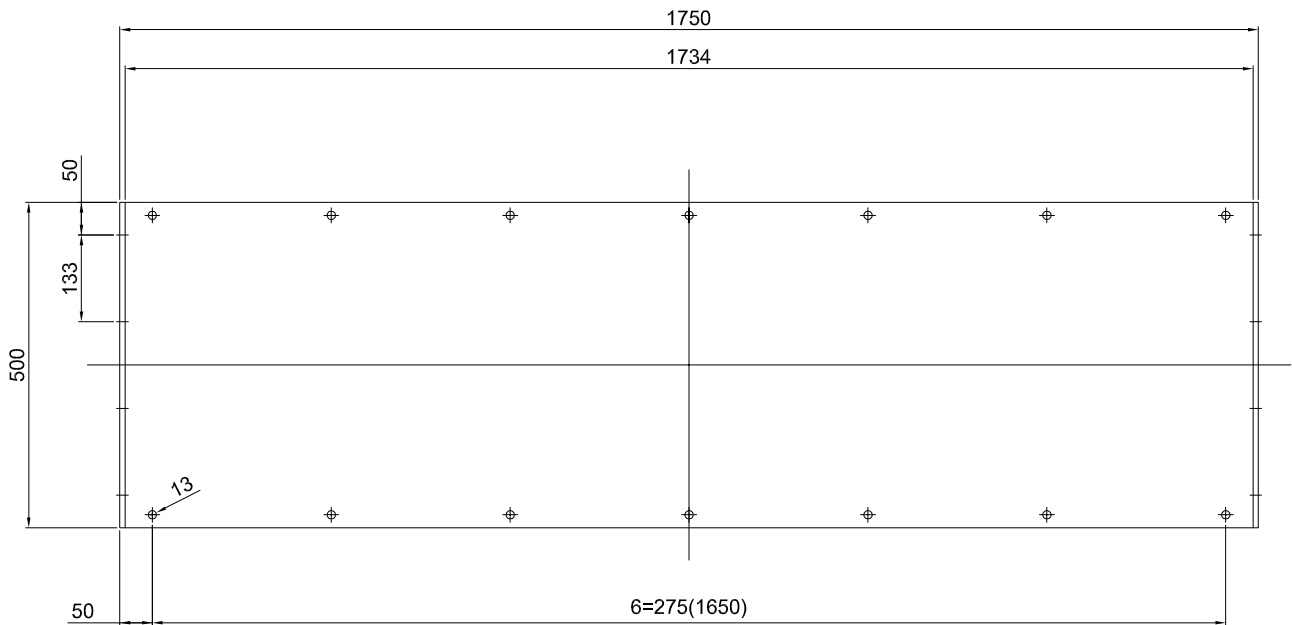
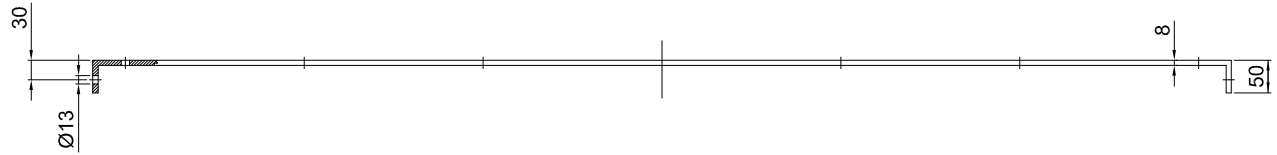
10	298		TUERCA HEXAGONAL $\frac{1}{2}$ "		1:7	COMERCIAL
9	298		PERNO HEXAGONAL $\frac{1}{2}$ "x1"		1:7	COMERCIAL
8	1		GUIA DE RETORNO DE TRANSPORTADORA DE CENIZAS	A37-24ES	1:7	
7	1		PERFIL "T"	A37-24ES	1:7	
6	2		CARCAZA LATERAL	COMERCIAL	1:7	
5	12		TAPA DE INSPECCION LATERAL	A37-24ES	1:7	
4	7		CARCAZA INFERIOR	A37-24ES	1:7	6 DE 1750mm Y 1 DE 1800mm
3	1		GUIA DE AVANCE DE TRANSPORTADORA DE CENIZAS	A37-24ES	1:7	
2	1		CADENA DE ARRASTRE		1:7	COMERCIAL 246 ESLABONES
1	1		CARCAZA SUPERIOR	A37-24ES	1:7	
N°	CAN	N.PL.	DESIGNACION	MATERIAL	ESC.	OBS.

LISTADO DE MATERIALES.

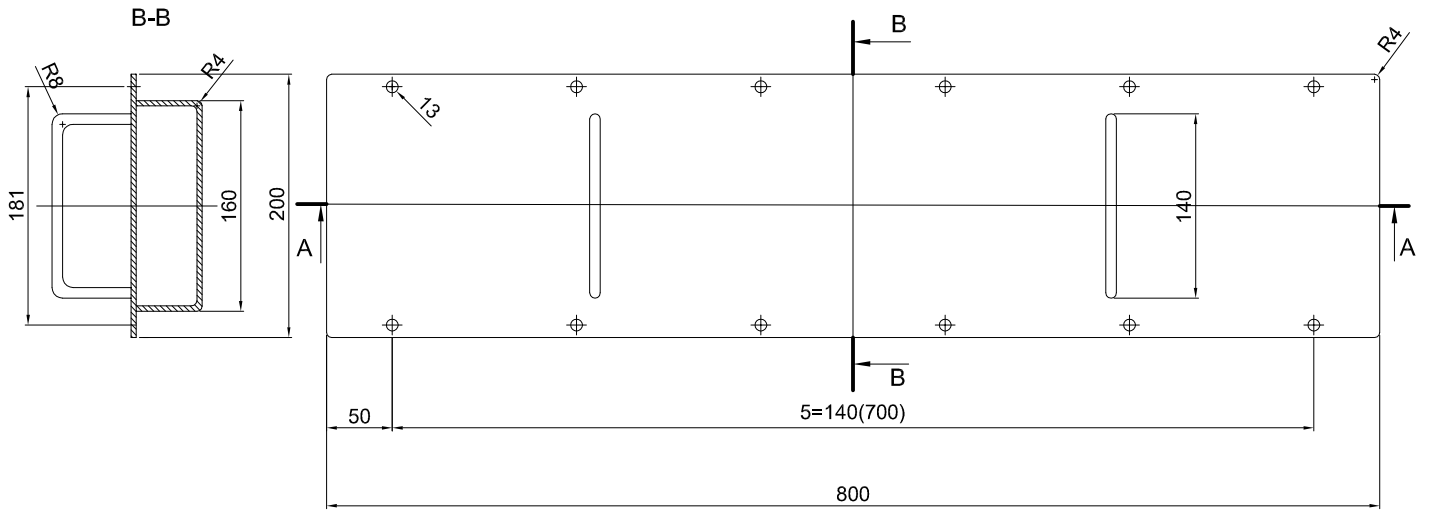
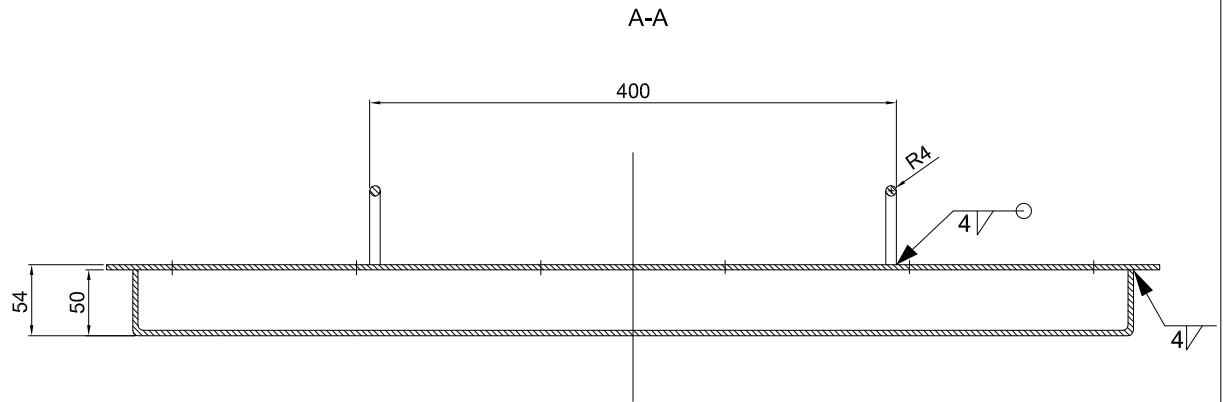
CAL						
DIB	LUIS RAMOS M.					UNIVERSIDAD DEL BÍO BÍO
REV	FELIPE SEPULVEDA H.					DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA
MOD						
REV						
				ESC: 1:100		FECHA:



4	1		TAPA INFERIOR CARCAZA	A37-24ES	1:11	Sección A, tramo 1	
Nº	CAN	N.PL.	DESIGNACION	MATERIAL	ESC.	OBS.	
LISTADO DE MATERIALES.							
CAL			TRANSPORTADORA DE CENIZAS	UNIVERSIDAD DEL BIO BIO			
DIB	LUIS RAMOS M. FELIPE SEPULVEDA H.						DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA
REV							
MOD							
REV							
				ESC: 1:11		FECHA:	

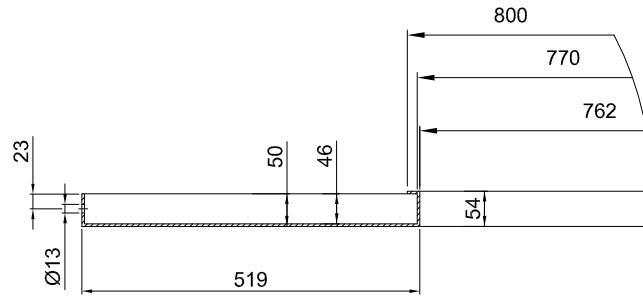


4	6		TAPA INFERIOR CARCAZA	A37-24ES	1:11	Sección A, tramo 2.3 Sección B, tramo 1-4
Nº	CAN	N.PL.	DESIGNACION	MATERIAL	ESC.	OBS.
LISTADO DE MATERIALES.						
CAL				TRANSPORTADORA DE CENIZAS		UNIVERSIDAD DEL BIO BIO
DIB		LUIS RAMOS M. FELIPE SEPULVEDA H.				DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA
REV						
MOD						
REV					ESC: 1:11	

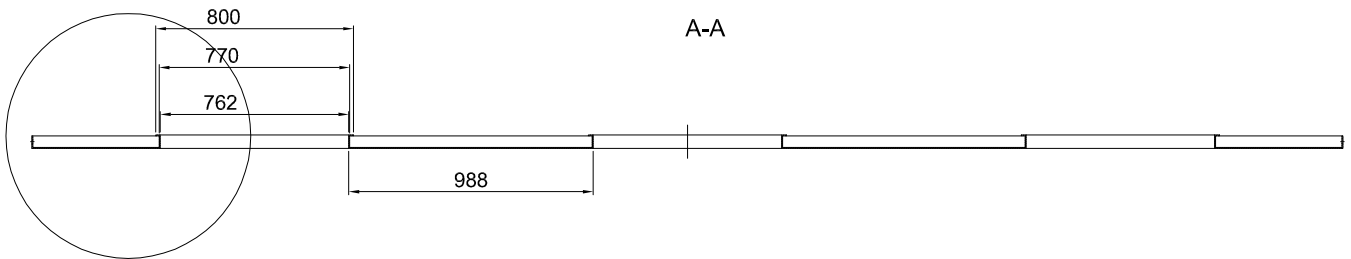


5	12		TAPA VENTANILLA LATERAL	A37-24ES	1:5	
Nº	CAN	N.PL.	DESIGNACION	MATERIAL	ESC.	OBS.
LISTADO DE MATERIALES.						
CAL				TRANSPORTADORA DE CENIZAS	UNIVERSIDAD DEL BIO BIO	
DIB		LUIS RAMOS M. FELIPE SEPULVEDA H.			DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA	
REV						
MOD						
REV					ESC: 1:5	

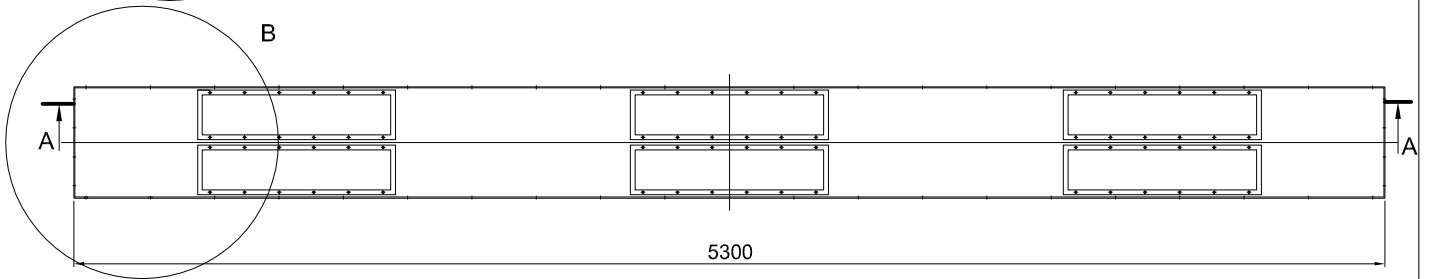
A(1:12)



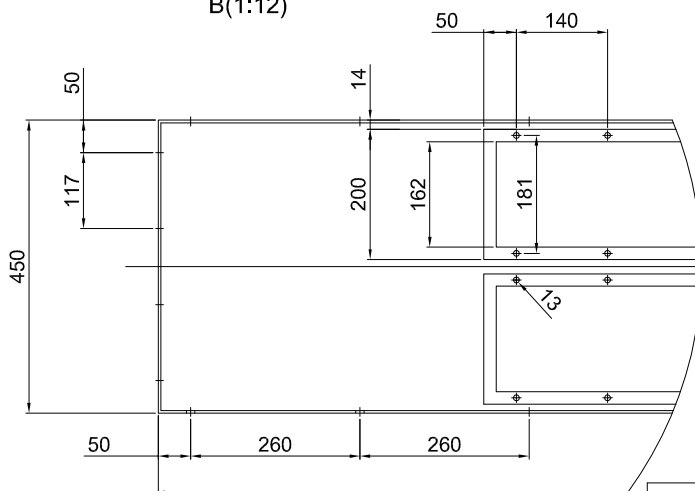
A



B



B(1:12)



6	2		TAPA LATERAL CARCAZA	A37-24ES	1:30	
N°	CAN	N.PL.	DESIGNACION	MATERIAL	ESC.	OBS.
LISTADO DE MATERIALES.						
CAL			TRANSPORTADORA DE CENIZAS	UNIVERSIDAD DEL BIO BIO	DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECANICA	
DIB	LUIS RAMOS M. FELIPE SEPULVEDA H.					
REV						
MOD						
REV						
				ESC: 1:30		FECHA:

FICHA TÉCNICA ACERO *Wearalloy*¹

El acero Wearalloy AR-500, es un acero de baja aleación Templado y Revenido para lograr una dureza de 500HB a través del espesor total de la plancha.

COMPOSICIÓN QUÍMICA TÍPICA %

C	Mn	P	S	Si	Mo	B	Cr	Ti	V	
0,35 máx	1,60 máx	0,03 máx	0,03 máx	0,55 máx	--	0,004 máx	0,80 máx	0,020 máx	--	(1)
0,35 máx	1,60 máx	0,03 máx	0,03 máx	0,55 máx	0,50 máx	0,004 máx	1,20 máx	0,020 máx	0,10 máx	(2)

(1) Composición química hasta 50mm de espesor (2) Composición química sobre 50mm de espesor

CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS TÍPICAS

Resistencia a la Tracción Kg/mm ²	Límite de Fluencia Kg/mm ²	Alargamiento en 2" %	Resiliencia J 0°C	Dureza HB promedio de 5 valores	
148	132	17,7	20 típ	477	(1)
154	134	22,9	21 tip	542	(2)

(1) Valores hasta 50mm de espesor (2) Valores sobre 50mm de espesor

SOLDADURA

La soldadura debe efectuarse con electrodos de bajo hidrógeno tales como los E-70XX; E-80XX; E-90XX y E-110XX, o sus equivalentes en alambres, dependiendo de la sollicitación a la que será sometida la soldadura. Como condición de garantía se recomienda precalentar en todos los espesores. La temperatura de precalentamiento no debe exceder de los 250°C

MECANIZACIÓN Y PERFORADO

Este acero se puede mecanizar y perforar con herramientas de acero rápido o de carburos de Tungsteno, considerando baja velocidad y profundidad de corte. Las perforaciones pueden además ser efectuadas con oxicorte o plasma, pues la zona afectada térmicamente (ZAT) es pequeña.

FORMADO

El formado de este acero es difícil siendo posible sólo en radios amplios, requiriendo de equipos de gran poder para producir la deformación permanente, la que debe efectuarse lentamente y a una tasa constante. No es necesario un alivio de tensiones posterior al formado en frío.

FABRICACIÓN

Para fabricaciones en que se requiera este tipo de acero, rogamos contactar a nuestro Departamento de Ingeniería.



APLICACIONES



MINERÍA, CONSTRUCCIÓN Y AGREGADOS		CELULOSA Y PAPEL	
Revestimientos de Chutes	Ductos en plantas de asfalto	Camas bajo cadenas transportadoras	Vías de cadenas transportadoras
Cuchillos de Máquinas de Movimiento de Tierra	Revestimientos de baldes de cargadores frontales	Molinos de martillo y partes de	Tuberías de transporte de chips mediante aire
Revestimientos de Tolvas de Camiones	Patines de desgaste de baldes de cargadores frontales	Transportadores de tornillo	Curvas, codos, etc en conducción de materiales a granel
Revestimientos del cuerpo principal de chancadores	Revestimientos laterales de chancadores de mandíbula	Alimentadores de chips	Garras de manipuladores de troncos
Revestimientos laterales de chancadores de mandíbula	Revestimientos de cajas de piedra	Zonas de transición de material a granel	
Martillos	Protecciones de pechadores de Bulldozers	Aspas de ventiladores	
Alimentadores	Protecciones de brazos de Bulldozers	Carcasas de chipeadores	
Zonas de transferencia	Protecciones interiores y exteriores de Baldes en general	Revestimientos de ciclones	
Revestimientos de bldes de palas		Chutes de corteza	
Revestimientos de harneros		Brazos de descortezadores	
Guarderas de correas		Partes de trituradores	

FORMATOS DE PLANCHAS

ESPESOR	1/8"	3/16"	1/4"	5/16"	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"
	3	5	6	8	10	12	16	19	25	32	38	50	64	76	102
PESO kg/m ²	25	37,6	50,1	62,7	75,2	100,3	125,4	150,4	200,6	250,8	300,9	401,3	501,6	601,9	802,6

ANCHO	48" (1.219mm)	60" (1.524mm)	72" (1.829mm)	96" (2.438mm)
LARGO	120" (3.048mm)	144" (3.658mm)	240" (6.096mm)	288" (7.315mm)



FICHA TÉCNICA

CARACTERÍSTICAS

Wearalloy Super Clad es una plancha de desgaste compuesta, que consiste de una superficie dura de gran resistencia a la abrasión, que recubre una plancha base de acero estructural. La microestructura hipereutéctica refinada del revestimiento entrega una excelente resistencia al desgaste a un amplio rango de mecanismos de abrasión.
(Australian Standard AS 2576)

MATERIAL BASE

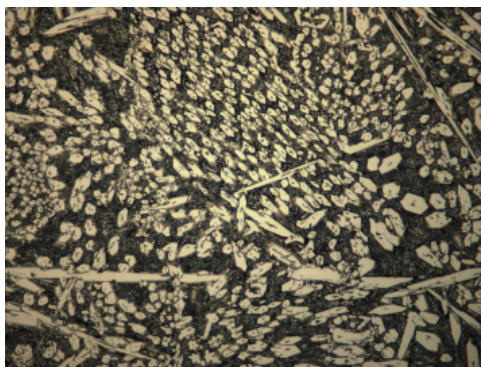
El substrato de la placa Wearalloy Super Clad es una plancha de acero, ASTM A-36, en un rango de 6 a 25mm de espesor. Se puede suministrar otro tipo de placa base según requerimiento.

MATERIAL DEL RECUBRIMIENTO

El material de recubrimiento es una aleación austenítica de carburos de cromo, con una distribución uniforme y de alta densidad de carburos primarios finos M_7C_3 , que son los que ofrecen una gran resistencia al desgaste por su altísima dureza (sobre 1000 BHN), en una matriz de carburos disueltos.

Se obtiene una buena resistencia a la abrasión general, a través de los carburos de cromo que protegen a la matriz del desgaste por abrasión.

Microestructura



•Contenido total de carburos de cromo (típ) 60%

•Temperatura de operación hasta 550°C

Análisis Químico % (típico)

C	Cr	Mn	Si
4,8	34,0	2,2	1,5

•Dureza Típica:

670 BHN; 59 Rockwell C

•Micro Dureza

-Matriz hasta 580 HV

-Carburos hasta 1600 HV

DIMENSIONES PLACAS

ESPESOR mm	LARGO mm	ANCHO mm
4 sobre 6; 6 sobre 6; 6 sobre 8; 8 sobre 8; 10 sobre 10; 12 sobre 12; 20 sobre 10	2.800	2.100



PLANCHA

CORTE:

Se recomienda corte con plasma, pero puede ser cortado con oxiacetileno.

FORMADO:

Se puede doblar y cilindrar en frío.

MECANIZADO:

Debido a la característica de endurecibilidad por presión o impacto, se requieren herramientas especiales, tales como placas de carburo de tungsteno o acero rápido al cobalto.

SOLDADURA:

Usar electrodos Flow-Mang cuando se suelda manganeso a manganeso.

FLOW MANG

Electrodos para Soldar

El Flow Mang es un electrodo compuesto, diseñado para entregar excelentes soldaduras de acero Molibdeno Manganeso con propiedades físicas superiores. Está diseñada para la reparación, relleno y fabricación de piezas de acero manganeso. Este electrodo puede ser usado en trabajos de soldadura difíciles y fuera de posición.

- Use soldadora de CA o CC
- En CC use polaridad invertida – electrodo positivo trabajo negativo
- Limpie la escoria en cada pase antes de depositar el siguiente cordón
- Corrientes recomendadas:
5/32" diam. 125-175 amps. 3/16" diam. 175-200 amps.
1/4" diam. 200-250 amps.
- Embalaje estándar de 60 lbs

Propiedades Físicas Típicas:

Límite Fluencia.....72.000 psi
Resist. Tracción.....130.000 psi
Alargamiento.....40%
Reducción de Área.....35%
Dureza BHN depósito....100
Se endurece hasta.....450

ANÁLISIS QUÍMICO:

Carbono.....1,13
Manganeso.....13,00
Azufre.....0,003
Fósforo.....0,017
Silicio.....0,38

PROPIEDADES FÍSICAS:

Resist. Tracción.....145.000 psi
Límite Fluencia.....55.000 psi
BHN (sin endurecimiento).....200
BHN (después de endurecerse)..550

FLOW MANG

Alambre soldadura Semi-Automática

El alambre Flow Mang para soldadura semi automática tiene un 21% de Mn, Ni, Cr, Si, y C, y está recomendado para el relleno y reparación de piezas en acero Mn, rodillos de chancadores, martillos, partes de dragas, labios y dientes de baldes de palas, sujeción y unión de planchas y barras de Mangalloy y soldaduras resistentes generales de manganeso. Otorga una excelente resistencia al desgaste cuando se endurece en servicio de impacto severo.

- Usar CA o CC. Se recomienda polaridad invertida en CC
- Corrientes recomendadas:
Alambre 7/64" de diámetro
225-275 amps.
28-32 volts
- Pases ilimitados
- Disponible en bobinas de 50 lbs.

Propiedades Físicas Típicas:

Límite Fluencia.....78.000 psi
Resist. Tracción.....109.000 psi
Alargamiento.....20%
Dureza BHN depósito....180
Se endurece hasta.....550

El acero Mangalloy es un acero al Manganeso con un contenido de 11 – 14% y que se comporta muy bien en aplicaciones de impacto extremo.

Bajo golpe e impacto casi triplica su dureza superficial inicial, mantiene su tenacidad al interior y adquiere un alto grado de pulido. Estas características en combinación con la alta resistencia a la tracción, lo hace un material ideal para servicio de impacto pesado y abrasión.

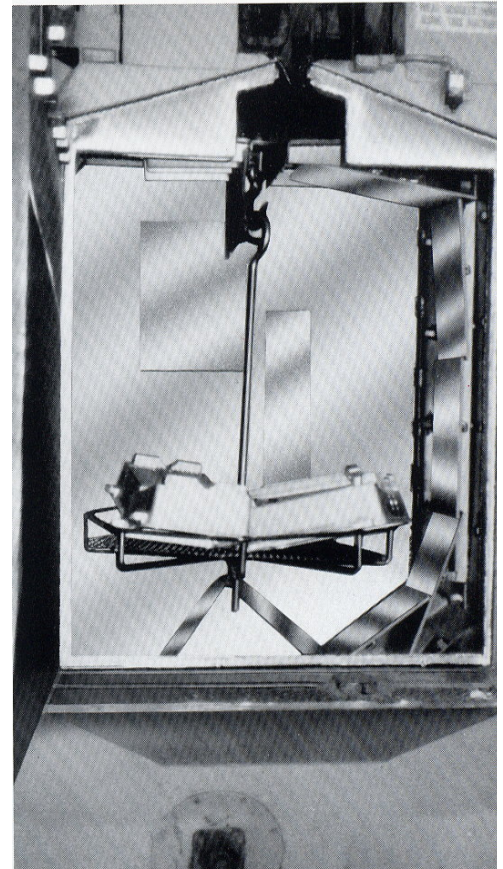
TAMAÑOS DE STOCK:

Espesor: 3/16"; 1/4"; 3/8"; 1/2"; 5/8";
3/4"; 1"; 1-1/4"; 1-1/2"; 2"; 3"
Anchos: 48"; 60"; 72"; 96"
Largos: 120"; 144"; 240"

APLICACIONES:

Revestimiento DE equipos de granallado
Revestimientos de chancadores
Aplicaciones abrasivas con material no abrasivo
Revestimiento tolvas camión
Chancadores de Martillos

CODIGO COLOR: Verde





BARRAS

BARRAS PLANAS

5/16"		3/8"		1/2"		3/4"	
PULG.	PESO EST. LB/PIE	PULG.	PESO EST. LB/PIE	PULG.	PESO EST. LB/PIE	PULG.	PESO EST. LB/PIE
5/16 X 2-1/8	2,26	3/8 X 2	2,55	1/2 X 1	1,70	3/4 x2	5,10
5/16 X 3-1/8	3,32	3/8 X 2-1/2	3,19	1/2 X 2	3,40	3/4 x3	7,65
5/16 X 4-1/8	4,39	3/8 X 3	3,83	1/2 X 3	5,10	3/4 x4	10,20
		3/8 X 4	5,10	1/2 X 3-1/2	5,95	3/4 x6	15,30
		3/8 X 4-1/2	5,74	1/2 X 4	6,80	3/4 x8	20,40
		3/8 X 6	7,65	1/2 X 4-1/2	7,65		
				1/2 X 5	7,65		
				1/2 X 6	10,20		

1"		2"		BARRAS CUADRADAS			
PULG.	PESO EST. LB/PIE	PULG.	PESO EST. LB/PIE	PULG.	PESO EST. LB/PIE	PULG.	PESO EST. LB/PIE
1 x 2	6,80	2 x 3	20,40	3/4"	1,92	2"	13,60
1 x 3	10,20	2 x 4	27,20	1"	3,41	3"	30,60
1 x 4	13,60	2 x 6	40,80	1-1/2"	7,65	DISPONIBLE EN LARGOS VARIABLES DE 11' A 20' COLOR CODIGO: VERDE	
1 x 5	17,00						
1 x 6	20,40						
1 x 8	27,20						

BARRAS REDONDAS

PULG.	PESO EST. LB/PIE	PULG.	PESO EST. LB/PIE	PULG.	PESO EST. LB/PIE	PULG.	PESO EST. LB/PIE
3/8	0,44	1-1/4	4,17	3-1/4	26,21	5-1/4	73,85
1/2	0,67	1-1/2	6,01	3-1/2	32,71	5-1/2	80,78
5/8	1,04	2	10,68	4	42,73	6	96,13
3/4	1,50	2-1/4	13,52	4-1/4	48,23	6-1/4	104,31
7/8	2,04	2-1/2	16,69	4-1/2	54,26	7	131,13
1	2,67	2-3/4	20,20	4-3/4	60,45	7-1/4	140,36
1-1/8	3,38	3	24,03	5	66,76	8-1/4	181,75



APLICACIONES

- PASADORES BALDES PALAS
- PASADORES DE ZAPATAS DE RODADO
- BARRAS GRIZZLY
- RECONSTRUCCION MUELAS CHANCADORES
- PASADORES DE CADENAS DE DRAGAS
- PASADORES DE OREJAS DE BALDES
- MARTILLOS MOLEDORES
- BARRAS DE SEGURIDAD

