

UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE CONCEPCION - REY BALDUINO DE BELGICA

**ESTUDIO TECNICO Y ECONOMICO PARA MEJORAR LA
CONFIABILIDAD DEL TRANSPORTADOR AUXILIAR DE CAL, HORNO DE
CAL LINEA 2. CELULOSA ARAUCO**

Trabajo de Titulación para optar al
Título de Ingeniero de Ejecución en
MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

Alumno

Luis Alejandro López Molina

Profesor Guía

Ing. Aldo Fuentes Troncoso

2018

DEDICATORIA

Quisiera dar gracias a Dios, por haber llegado a estas instancias y cumplir mi sueño anhelado. Gracias a mi madre por su apoyo incondicional durante toda mi vida, a mi familia, los cuales siempre estuvieron apoyándome en este proyecto que hoy concluye.

A mis hijos Joaquín y benjamín, que han sido mi fuente de motivación e inspiración para superar cada obstáculo que se me ha presentado, buscando un futuro mejor.

Quisiera agradecer a todos mis compañeros de clases en la universidad en especial a Alexander y José con los cuales formamos un gran equipo de trabajo, logrando sortear los diferentes retos que se nos planteaban y juntos logramos llegar a estas instancias finales en este proceso.

Gracias

Luis Alejandro López Molina.

RESUMEN

El presente proyecto de titulación se ha elaborado con el fin de dar solución a un problema concreto, presentado en la planta de celulosa Arauco planta horcones, específicamente en el área de caustificación L2; el equipo llamado transportador auxiliar de cal, el cual presenta problemas de confiabilidad y productividad, en base a esto y gracias a las herramientas estratégicas de análisis, se logró identificar la causa raíz del problema de este transportador y así poder plantear diversas propuestas de mejora.

Además se realizó un estudio económico de estas propuestas el cual demostró las pérdidas que implica mantener en servicio el equipo en estas condiciones; y con esta evidencia, se logró comparar la inversión propuesta para mejorar la condición actual del transportador, versus el beneficio que significaría al implementar las mejoras, desde el punto de vista productivo y económico.

Gracias a este análisis y estudio del problema de este equipo, nos han demostrado que es perfectamente rentable implementar estas mejoras en este transportador, lo cual ha llevado a presentar este proyecto, con el objetivo de alargar la vida útil de este equipo mejorando la productividad y confiabilidad de este transportador.

INDICE

INTRODUCCION

OBJETIVOS GENERALES Y ESPECIFICOS

CAPITULO 1: MARCO TEORICO	1
1. MARCO TEORICO	4
1.1 Celulosa Arauco	4
1.1.2 ¿Qué es la celulosa?	4
1.1.3 Industrias de celulosa Arauco s.a.....	6
1.1.4 Celulosa Constitución s.a. (1968-1977).....	6
1.1.5 Nace celulosa Arauco y Constitución s.a.	6
1.1.6 Datos de la planta.....	6
1.1.7 Diagrama productivo celulosa Arauco.....	7
1.2 PROCESO PRODUCTIVO PARA LA OBTENCIÓN DE CELULOSA	7
1.2.1 Etapas del proceso productivo de celulosa	8
1.2.1.1 Preparación Madera	9
1.2.1.2 Cocción.....	10
1.2.1.3 Blanqueo.....	11
1.2.1.4 Secado y embalado	14
1.2.1.5 Recuperación	16
1.2.1.6 Planta tratamiento de Afluentes.....	18
1.2.1.7 Control de emisiones aéreas y de olor.....	20
CAPITULO 2: CAUTIFICACION Y HORNO DE CAL	24
2 CAUTIFICACION Y HORNO DE CAL.....	25
2.1 Sistema productivo horno de cal.....	25
2.1.1 Función del horno de cal	26
2.1.2 Principio de funcionamiento.....	26
2.1.3 Componentes del equipo	27
2.2 DETALLE DE LOS COMPONENTES.....	29
2.2.1 Horno de cal.....	29

2.2.1.1	Zonas de trabajo del horno	30
2.2.1.2	Descripción grafica de las zonas del horno	31
2.2.1.3	Quemador del horno.....	31
2.2.1.4	Curva de calentamiento del horno de cal	32
2.2.1.5	Información técnica del horno de cal.....	33
2.3	PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO AREA DE CAUTIFICACION.....	34
2.3.1	Sistema productivo caustificacion.....	34
2.3.2	Remoción de dregs de licor verde.....	36
2.3.3	Apagado de cal	37
2.3.4	Reacción de caustificacion	38
2.3.5	Separación del licor blanco del lodo de cal	39
2.3.6	Separación del licor blanco débil.....	40
2.3.7	Almacén de lodos.....	40
CAPITULO 3: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA		41
3	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	42
3.1	Ubicación geográfica	42
3.2	ALIMENTACION AUXILIAR DE CAL	44
3.2.1	Antecedentes generales	44
3.2.1.1	Alimentación de cal directo a silo de cal.....	44
3.2.1.2	Alimentador Auxiliar transportador de cal.....	45
3.3	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	46
3.3.1	Antecedentes generales	46
3.3.1.1	Que implica la alimentación externa de cal?	46
3.3.1.2	Productividad del transportador.....	48
3.3.1.3	Metodología del proyecto.....	48
3.3.1.4	Situación actual del trasportador.....	49
3.4	ANALISIS ESTRATEGICO PARA ELABORAR UN PLAN DE MEJORAS	50
3.4.1	Análisis FODA	51
3.4.2	Diagrama causa efecto Ishikawa.....	52
3.4.3	Análisis causa raíz.....	53

3.5	PROPUESTAS PARA MEJORAR EL TRANSPORTADOR	54
3.6	CAMBIO DEL SISTEMA DE ARRASTRE DEL TRANSPORTADOR.....	55
3.6.1	TRANSPORTADORES DE CADENA TIPO REDLER	56
3.6.1.1	Antecedentes generales	56
3.6.1.2	Clasificación de los transportadores de cadena	59
3.6.1.3	Partes de un transportador de cadena tipo redler	60
3.7	INFORME TÉCNICO TRANSPORTADOR REDLER.....	66
3.7.1	Antecedentes generales	66
3.7.1.1	Conclusión estado transportador Redler	71
3.7.1.2	Análisis de la información.....	72
3.8	REEMPLAZO POR UNA CINTA TRANSPORTADORA	73
3.8.1	Antecedentes generales	73
3.8.2	PARTES PRINCIPALES DE UNA CINTA TRANSPORTADORA.....	75
3.8.2.1	Bandas transportadora.....	75
3.8.2.2	Rodillos y Soportes	78
3.8.2.3	Tambores	81
3.8.2.4	Dispositivos de tensado	83
3.8.2.5	Bastidores	84
3.8.2.6	Tolvas de carga y descarga.....	85
3.8.2.7	Equipos de limpieza	86
3.8.2.8	Acoplamientos	88
3.8.2.9	Reductores	89
3.8.3.0	Selección de la correa transportadora	90
3.8.3.1	Consideraciones al montaje de la cinta transportadora.....	91
3.8.3.2	Información técnica de la cinta transportadora.....	92
CAPITULO 4: ESTUDIO ECONOMICO.....		93
4.	ESTUDIO DE COSTOS	94
4.1	Antecedentes generales	94
4.1.1	Estimación de la pérdida de producción por carga de cal externa.....	94
4.2	CAMBIO DEL SISTEMA DE ARRASTRE DEL TRANSPORTADOR....	96
4.2.1	Tabla N°18 Estimación de costos de Repuestos y mano de obra	96

4.3	CAMBIO POR UNA CORREA TRANSPORTADORA	97
4.3.1	Costo del retiro del transportador tipo rastra	97
4.3.2	Estimación de costos de la correa transportadora	97
4.4	ESTIMACION DEL BENEFICIO ECONOMICO	98
4.5	ANALISIS DE LA INFORMACION	99
4.6	RECOMENDACION	99
CONCLUSION.....		100
BIBLIOGRAFIA.....		101
ANEXO.....		102

INDICE DE FIGURAS

Figura 1-1.	Celulosa.....	5
Figura 1-2.	Diagrama productivo celulosa Arauco.....	7
Figura 1-3.	Preparación madera.....	9
Figura 1-4.	Digestor.....	11
Figura 1-5.	Etapas del blanqueo de Celulosa	14
Figura 1-6.	Embalado y almacenaje.....	15
Figura 1-7.	Horno de Cal línea 2	17
Figura 1-8.	Planta de Efluentes.....	20
Figura 2-9.	Sistema de calcinación horno cal L2	26
Figura 2-10.	Área de Caustificacion Celulosa Arauco	27
Figura 2-11.	Caustificacion y horno cal L2.....	28
Figura 2-12.	Zonas del horno de Cal	31
Figura 2-13.	Imagen interior horno de Cal.....	31
Figura 2-14.	Curva de calentamiento horno de Cal	32
Figura 2-15.	Horno de cal línea 2 Celulosa Arauco	33
Figura 2-16.	Diagrama de Flujo área Caustificacion	34
Figura 2-17.	Apagador de Cal	38
Figura 2-18.	Estanques Caustizadores	38
Figura 2-19.	Sistema Eco filtros	39
Figura 3-20.	Ubicación geográfica	42
Figura 3-21.	Ubicación exacta del transportador.....	42
Figura 3-22.	Transportador auxiliar de Cal	47
Figura 3-23.	Transportador auxiliar de cal, lado norte	55
Figura 3-24.	Sistema de arrastre del transportador	55
Figura 3-25.	Transportador tipo Redler o rastra	60
Figura 3-26.	Pie o estaciones motrices de un transportador tipo rastra	61
Figura 3-27.	Estación tensora o pie	61
Figura 3-28.	Cuerpo o estructura	62

Figura 3-29. Sproker conducido transportador tipo rastra	64
Figura 3-30. Estado actual del sistema de arrastre del transportador	67
Figura 3-31. Estación tensora o pie	68
Figura 3-32. Cuerpo del transportador	69
Figura 3-33. Conjunto de arrastre	70
Figura 3-34. Cinta transportadora alimentadora de piedra caliza, Celulosa Arauco	73
Figura 3-35. Tipos de bandas transportadoras.....	75
Figura 3-36. Recubrimientos especiales de las bandas transportadoras	78
Figura 3-37. Ejemplo rodillo de cola	78
Figura 3-38. Tipos de Rodillos	80
Figura 3-39. Tambores Motrices	82
Figura 3-40. Tambores de Tracción.....	82
Figura 3-41. Tipos de sistema de tensión.....	84
Figura 3-42. Ejemplo de Bastidores.....	84
Figura 3-43. Tolva de carga de minerales	85
Figura 3-44. Tipos de Rascadores.....	88
Figura 3-45. Ejemplo de algunos tipos de acoplamientos.....	88
Figura 3-46. Tipos de reductores comúnmente utilizados	89

INDICE DE TABLAS

Tabla 1-1	Información Celulosa Arauco, planta horcones.....	6
Tabla 3-2.	Relación carga de Cal externa V/S perdida de producción	47
Tabla 3-3.	Diagrama causa efecto Ishikawa.....	52
Tabla 3-4.	Causa Raíz	53
Tabla 3-5.	Selección de cadenas	63
Tabla 3-6.	Selección de sproker.....	64
Tabla 3-7.	Resumen Estación motriz	66
Tabla 3-8.	Resumen Estación Tensora.....	68
Tabla 3-9.	Resumen del cuerpo del transportador	69
Tabla 3-10.	Resumen conjunto de Arrastre.....	70
Tabla 3-11.	Repuestos necesarios conjunto de arrastre	72
Tabla 3-12.	Tejidos de las bandas y su designación abreviada	77
Tabla 3-13.	Propiedades d los recubrimientos W, X, Y, Z.	77
Tabla 3-14.	Selección de la correa transportadora.....	90
Tabla 3-15.	Repuestos y equipos necesarios	91
Tabla 3-16.	Información Técnica cinta transportadora.....	92
Tabla 4-17.	Estimación de la pérdida de Celulosa por déficit de productividad.....	95
Tabla 4-18.	Estimación de Costos, reemplazo sistema de arrastre.....	96
Tabla 4-19.	Estimación de costos correa transportadora	97
Tabla 4-20.	Estimación del beneficio Económico	98

SIGLA Y SIMBOLOGIA

SIGLA

CORFO	:	Corporación de Fomento de la Producción
ECF	:	Free Elemental Chlorine (Libre de Cloro Elemental)
BAT	:	Best Technology Available (Mejor Tecnología disponible)
TCF	:	Totally Free of Chlorine (Totalmente libre de cloro)
ISO	:	International Organization for Standardization
EPA	:	Environmental Protección Agency
TRS	:	Total Reduced Sulfur (Azufre total reducido)
BAS	:	Biofilm Activated Sludge (Biopelícula de lodos activado)
SAE	:	Society Automotive Engieniers (Sociedad de Ingenieros Automotrices)
END	:	Non Destructive Testing (Ensayo no destructivo)
HB	:	Hardness Brinell (Dureza Brinell)

SIMBOLOGIA

l / m	:	Litros por minuto
t / hrs	:	Toneladas por hora
°C	:	Grados Celsius
m ³	:	Metros cúbicos
m ³ / hrs	:	Metros cúbicos por hora
mm	:	Milímetro

INTRODUCCION

La celulosa está muy presente en la vida diaria. En efecto, constituye la materia prima básica en la fabricación de libros, revistas y periódicos. Lo mismo ocurre con los diversos tipos de papeles utilizados en el embalaje, filtros, pañuelos, papeles etc.

La celulosa es el componente principal de las paredes celulares de los árboles y otras plantas, a grandes rasgos podría decir que la madera de los árboles y plantas es una suma de celulosa y lignina, la lignina es lo que permite mantener unidas a las células de la madera. La lignina es lo que le da el color marrón al papel cuando es obtenido únicamente por medios mecánicos.

La obtención de una hoja blanca implica un tratamiento que destruye a la lignina y solo se puede hacer con procedimientos, donde se utilizan sustancias químicas que logran este objetivo.

En toda planta de celulosa el área de caustificación, corresponde a una de las etapas principales en el proceso de obtención de celulosa; y el horno de cal es un componente fundamental del proceso, este equipo es de una alta criticidad, el cual tiene un funcionamiento las 24 horas del día durante los 7 días de la semana y cuando falla genera una cadena de eventos que pueden llegar a detener la producción de celulosa, para no detener este proceso productivo cuando se detiene el horno, es esencial la alimentación de cal por medio de un sistema alternativo o by pass.

El siguiente proyecto de titulación buscara mejorar el sistema de alimentación alternativa de cal en Celulosa Arauco, planta Arauco área caustificación. Mediante el estudio de factibilidad Técnica y económica para la mejora del transportador tipo rastra, el cual presta servicio en el sistema de alimentación alternativo de cal, cuando el horno se detiene o disminuye su productividad. Este transportador por su antigüedad y las condiciones de servicio presenta una alta estadística de detenciones, para lo cual se realizara el pertinente estudio para llegar a la opción más recomendable con el objetivo de mejorar la confiabilidad y disponibilidad de este equipo.

OBJETIVOS GENERALES Y ESPECIFICOS

OBJETIVO GENERAL

Realizar un estudio técnico y económico para mejorar la confiabilidad del sistema transportador auxiliar de cal, área caustificación, horno de cal línea 2, celulosa Arauco.

OBJETIVO ESPECIFICO

1. Evaluar técnicamente el estado actual del transportador tipo rastra, en el sistema de alimentación de cal, área caustificación, horno de cal, línea 2
2. Determinar cuál es la alternativa más adecuada para mejorar este sistema.
3. Realizar un estudio económico de las alternativas planteadas

CAPITULO 1: MARCO TEORICO

1. **MARCO TEORICO**

1.1 Celulosa Arauco

Celulosa Arauco y Constitución S.A. es una sociedad anónima cerrada que se formó en septiembre de 1979, tras la fusión de Industrias de Celulosa Arauco S.A. Celulosa Constitución S.A. Ambas empresas fueron creadas en 1967 y 1969, respectivamente, por la entidad estatal chilena CORFO (Corporación de Fomento de la Producción) con el fin de desarrollar los recursos forestales del país, mejorar la calidad del suelo en terrenos agrícolas degradados y fomentar el empleo en zonas aisladas. Una década después, en 1977 y 1979, respectivamente, las compañías fueron privatizadas por CORFO y adquiridas, y luego fusionadas, por la Compañía de Petróleos de Chile S.A. (hoy empresas copec), entidad que hasta el día de hoy es el principal propietario y controlador de la empresa, con un 99,79% de las acciones.

Arauco busca 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 sus clientes mediante una gestión eficiente y responsable con el entorno, con las comunidades vecinas y con las futuras generaciones.

1.1.2 ¿Qué es la celulosa?

La celulosa o fibra es el elemento constitutivo de la madera. Desde el punto de vista químico, la celulosa es un polímero natural formado por unidades de glucosa. Las fibras se encuentran en la madera unidas entre sí por un compuesto químico complejo llamado lignina que le da la rigidez. La fabricación de la celulosa consiste en separar la fibra de la lignina mediante procesos industriales químicos o mecánicos.

En el mercado mundial se distinguen básicamente dos tipos de celulosa según la materia prima que le dio origen; la celulosa de fibra larga y la celulosa de fibra corta, según provengan de maderas de especies coníferas o de latifoliadas respectivamente.

El proceso químico de fabricación que utiliza ARAUCO es el denominado kraft o al sulfato, en el que se separan las fibras de la lignina a través de un ataque químico de la madera, previamente convertida en astillas.

El proceso kraft permite obtener una pulpa de alta resistencia, ya que la separación de las fibras se produce sin mayor daño a ellas. Por otra parte, mediante procesos auxiliares y complementarios se pueden recuperar los productos químicos que intervienen en la producción de la pulpa y volver a usarse en un ciclo siguiente. Cabe destacar que las plantas productoras de celulosa constituyen un elemento esencial para el desarrollo del sector forestal, por cuanto están concebidas para procesar residuos industriales, tales como astillas provenientes de aserraderos y trozos de árboles que no tienen una aplicación industrial alternativa. Asimismo, todas las plantas productoras de celulosa blanqueada de ARAUCO han adoptado la tecnología ECF (sigla que en inglés significa "libre de cloro elemental"), que es universalmente reconocida como de mínimo impacto medioambiental y que permite maximizar el rendimiento de madera minimizando, a la vez, el consumo de agua y las emisiones gaseosas. Por otra parte, puede afirmarse en forma categórica que los efluentes líquidos provenientes de plantas de celulosa que utilizan la tecnología ECF en el proceso de blanqueo, no tienen efectos negativos en los ecosistemas acuáticos. Por estas razones se ha conferido la denominación BAT (sigla en inglés para "mejor tecnología disponible") al proceso de blanqueo ECF y constituye la opción para una empresa como ARAUCO, comprometida con minimizar el impacto ambiental de su actividad industrial.



Figura 1-1. Celulosa

1.1.3 Industrias de celulosa Arauco s.a.

En el año 1967, se crean los estatutos y se celebra la primera sesión de directorio de Industrias de Celulosa Arauco S.A., las operaciones de la planta de celulosa en Arauco comienzan en enero del año 1972.

1.1.4 Celulosa Constitución s.a. (1968-1977)

En el protocolo firmado en diciembre del año 1968 y aprobado por el consejo de la Corporación de Fomento, se estableció la creación de la sociedad Celulosa Constitución con el objetivo de construir y explotar una planta de celulosa en esta ciudad. Esta planta en Constitución comienza a operar en septiembre del año 1976.

1.1.5 Nace celulosa Arauco y Constitución s.a.

A fines de la década del setenta, Compañía de Petróleos de Chile, Copec S.A. adquiere Industrias de Celulosa Arauco S.A. (1977) y Celulosa Constitución S.A.

1.1.6 Datos de la planta

Tabla 1-1. Información Celulosa Arauco, planta horcones

<u>Capacidad productiva anual</u>	<u>790.000 toneladas métricas de celulosa kraft blanqueada (500 mil de pino y 290 mil de eucalipto)</u>
<u>Marca</u>	<u>Arauco BKP, Arauco EKP</u>
<u>Línea 1</u>	<u>Eucalipto; Proceso Batch</u>
<u>Línea 2</u>	<u>Pino; Proceso Continuo</u>
<u>Certificación</u>	<u>ISO 9001, ISO 14001, Cadena de Custodia FSC® certificada para línea Eucaliptus y CERTFOR/PEFC</u>

1.1.7 Diagrama productivo celulosa Arauco

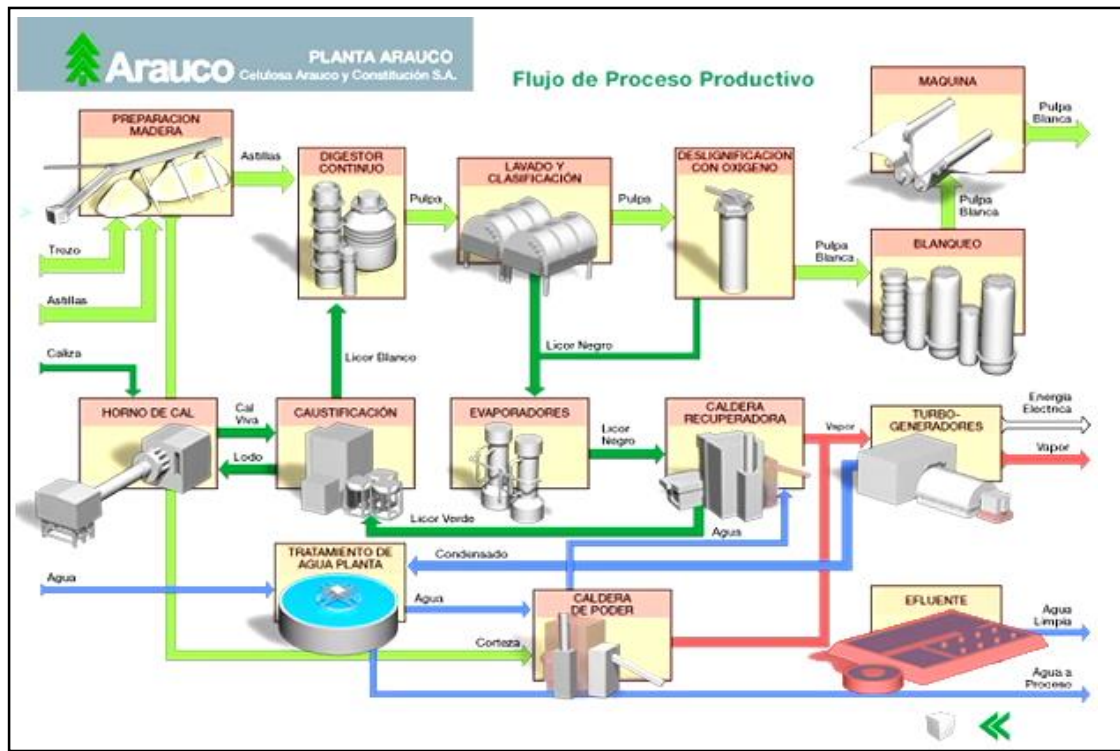


Figura 1-2. Diagrama productivo celulosa Arauco

1.2 PROCESO PRODUCTIVO PARA LA OBTENCIÓN DE CELULOSA

La celulosa es elaborada mediante el proceso denominado Kraft, a través del cual las astillas de madera son cocidas en una solución alcalina basada en sulfuro de sodio 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 son descortezados y transformados en astillas éstas; son enviadas a una pila de acopio para su homogenización. Desde la pila de acopio, los chips o astillas son extraídos, clasificados y conducidos al proceso de cocción en el digestor continuo con liquor blanco, una solución alcalina de soda cáustica y sulfuro de sodio.

Lo resultante del proceso de cocción es la pasta de celulosa, que se clasifica, se lava y se blanquea. Una vez blanqueada, se procede a su secado y embalado final en forma de fardos de 250 kg.

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 recupera después del proceso de combustión y es usada en la etapa de caustificación para regenerar el licor blanco usado en la cocción.

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

1.2.1 Etapas del proceso productivo de celulosa

Las cinco primeras etapas corresponden al proceso productivo tradicional, que a partir de un conjunto de insumos básicos (madera, agua, productos químicos y energía) da origen a la celulosa. Los cuales son:

- Preparación madera.
- Cocción.
- Blanqueo.
- Secado y embalado
- Recuperación y Energía.

1.2.1.1 Preparación Madera

La madera, principal materia prima para la fabricación de la celulosa, llega a las planta generalmente en forma de troncos de dimensiones estandarizadas, denominados rollizos. El proceso se inicia cuando los rollizos de madera son cargados en los descortezadores, que son tambores rotatorios de grandes dimensiones que giran a una velocidad predeterminada. La corteza obtenida en el descortezador no se desperdicia, sino que es llevada a través de una cinta transportadora para ser quemada en una de las calderas, 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 a continuación por un proceso de clasificación por tamaño. Los chips de tamaño normal continúan a la fase siguiente, los de gran tamaño son devueltos para ser astillados nuevamente y los finos convergen junto con la corteza a la caldera de biomasa, donde son quemados para generar vapor, el cual se usa para producir energía eléctrica.

Además tenemos que mencionar que también, en menor medida, se utilizan astillas de aserradero de las plantas cercanas u otra procedencia previamente certificada.



Figura 1-3. Preparación madera

1.2.1.2 Cocción

Las astillas procedentes de la pila de acopio son conducidas hacia la tolva de astillas, donde son impregnadas con vapor de agua para eliminar su contenido de aire. Para asegurar una mayor uniformidad de la cocción en el digestor, las astillas pasan por un tanque a alta presión donde son pre-impregnadas con Licor Blanco.

En el digestor, las astillas son literalmente cocidas con una sustancia denominada Licor Blanco, a alta temperatura y presión. El Licor Blanco es una solución acuosa compuesta por sulfuro de sodio (Na_2S) e hidróxido de sodio (NaOH). Su función es romper las uniones de lignina y liberar las fibras de celulosa.

El digestor continuo es un gran estanque cilíndrico de varias secciones, con una red de tuberías a través de las cuales se le adicionan o extraen los líquidos de cocción. Tiene un eje vertical para revolver la mezcla y tuberías y harneros para drenar la celulosa. El rango de temperatura de cocción varía entre 130°C y 170°C .

En la medida que las astillas avanzan hacia abajo en el digestor, se van transformando en pasta de celulosa. Esto explica porqué el proceso de cocción opera en forma continua. 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 ser procesado en otro sector de la planta de celulosa denominado Sistema de Recuperación de Productos Químicos y Energía. Este importante proceso permite la recuperación de productos químicos valiosos. En la práctica, solo un porcentaje muy minoritario de los residuos sólidos del digestor deben ser tratados y eliminados en los vertederos (áreas de disposición controladas con fondo y paredes impermeabilizadas).

Al llegar a la parte inferior del digestor, la pasta de celulosa es sometida a un lavado a altas temperaturas, donde flujos de agua en contracorriente le van eliminando el Licor Negro. Luego, la pasta pasa por un estanque de soplado, cuya función es reducir bruscamente la presión, con el objeto de liberar las fibras que aún permanecen compactas. El proceso de soplado se realiza a menores temperaturas; para ello se inyecta agua fría a la pasta, con el fin de bajar su temperatura al rango $75\text{-}80^{\circ}\text{C}$.

La pasta de celulosa que sale del digestor es lavada y clasificada a través de varios filtros. Los nudos de la madera y otros chips que no pasan por los filtros son enviados de vuelta al digestor. La pasta filtrada y lavada por segunda vez constituye lo que se denomina celulosa cruda o celulosa sin blanquear, en la forma de una suspensión de fibras en agua. Esta pasta de celulosa tiene aún un contenido importante de lignina, que le da una tonalidad de color café.

La celulosa cruda es el principal insumo en la producción de los papeles y cartones de color café que se usan para embalaje o para producir envases como los sacos y cajas de cartón corrugado.



Figura 1-4. Digestor

1.2.1.3 Blanqueo

Dado que la celulosa es el principal insumo en la producción de papeles blancos, es necesario someter a la pulpa química a un tratamiento con productos químicos en orden a extraer el remanente de lignina, resinas, iones metálicos y otras sustancias que podrían afectar el proceso de producción del papel. Diferentes productos químicos, como el dióxido de cloro, el oxígeno y el peróxido de hidrógeno (H_2O_2 -agua oxigenada) son

agregados en forma secuencial a la pasta de celulosa para blanquearla extrayéndole la lignina. De esta manera, los consumidores de celulosa reciben un producto que les permite producir papeles con los atributos requeridos de blancura y brillo, los que además no decaen significativamente con el paso del tiempo. Los productos químicos actualmente en uso en esta fase del proceso han sustituido a otros que fueron eliminados, por cuanto se demostró que generaban componentes nocivos para el medio ambiente.

El proceso de blanqueo significa, necesariamente, una reducción de rendimiento de la madera, medido en m³ de madera por tonelada de celulosa; por cuanto se elimina una parte importante de la lignina que aún permanece en la pasta café y además, una parte de las fibras de celulosa se degradan debido a los agentes químicos que intervienen en el proceso. Normalmente, en todo el proceso de blanqueo se pierde entre un 5% y 9% de la pasta café, para alcanzar blancura estándar de 89% a 91%, según la norma ISO-2470 (International Organization for Standardization).

Las plantas de celulosa modernas como las de Empresas Arauco han incorporado en forma previa a las distintas etapas que componen el proceso de blanqueo, una etapa denominada deslignificación con oxígeno, que como su nombre lo indica, consiste en aplicar altas dosis de oxígeno a la pasta café para producir la oxidación de la lignina. Esta reacción química se realiza en un estanque presurizado, a elevadas temperaturas y en un medio alcalino (pH 10). Esta etapa tiene dos importantes beneficios: se reduce sustancialmente el consumo de químicos en las etapas posteriores de blanqueo y además, permite que la lignina removida en la primera estación de lavado pueda ser reprocesada en el Sistema de Recuperación de Productos Químicos y Energía.

El blanqueo de la celulosa continúa agregando en sucesivas etapas distintos productos químicos que oxidan o modifican la estructura molecular de la lignina y otros elementos presentes en la pasta de celulosa cruda, facilitando su disolución y posterior extracción. La pasta es lavada al final de cada etapa para remover los materiales orgánicos solubles. Estas reacciones químicas se realizan en estanques a alta temperatura y en un ambiente ácido (pH < 4). Dado que en este proceso se generan algunos componentes orgánicos que no son solubles en un ambiente ácido, es necesario intercalar etapas en las

que se utilizan productos químicos que generan un medio alcalino, de tal forma de poder extraer estos componentes en la estación de lavado.

La pasta resultante, prácticamente libre de lignina, puede ser secada para obtener la celulosa blanca Kraft. A través de los avances recientes, los niveles de residuos en los efluentes líquidos de las plantas de celulosa han bajado continuamente. El residuo líquido procedente de la planta de blanqueo, es conducido a las plantas de tratamiento, con el objeto de ser purificado, eliminando todas las sustancias nocivas para el medio ambiente antes de devolverlo a los ríos.

El proceso de blanqueo ECF (Elemental Chlorine Free), basado en dióxido de cloro, se ha impuesto largamente en la industria de la celulosa como el más aceptado, en reemplazo de las antiguas plantas de blanqueo basado en cloro elemental.

i. Blanqueo TCF

En un esfuerzo por eliminar totalmente los componentes órgano clorados del efluente se desarrolló un método alternativo de blanqueo de la celulosa, conocido por sus siglas en inglés TCF, que no usa ningún agente blanqueador que contenga cloro ni derivados de éste.

No obstante, esta tecnología no logró diferenciarse de la ECF, por cuanto existe evidencia científica contundente que demuestra que los efluentes debidamente tratados con ambos métodos de blanqueo prácticamente están libres de contaminantes. En particular, las rigurosas mediciones realizadas no detectan la presencia de dioxinas ni furanos. Si bien el blanqueo TCF reduce la presión sobre las plantas de tratamiento del efluente, involucra inversiones mayores que el blanqueo ECF, debido a lo específico de los equipos requeridos. Además tiene varios inconvenientes técnicos que no han sido resueltos: Consume más madera por tonelada de celulosa y para lograr la blancura estándar se sacrifica un porcentaje significativo de sus parámetros de resistencia a la tracción, característica necesaria en la Celulosa.

Tanto la Comisión Europea como la EPA (Environmental Protection Agency) de Estados Unidos, han incluido la tecnología de blanqueo ECF con sus correspondientes tratamientos de efluentes dentro de las denominadas Best Available Techniques (BAT) en la industria de la celulosa y el papel. En la práctica, la gran mayoría de las nuevas plantas de celulosa que se han instalado en los últimos 10 años usan el proceso ECF. Especial mención merece la Planta de celulosa Stendal, inaugurada a fines del año 2004 en Alemania, a 100 km. de Berlín. El proyecto de construcción de esta Planta se comenzó a gestar en el año 2000 y originalmente contemplaba producir sólo celulosa TCF, pero al momento de concretar el proyecto se decidió que ella tuviera la posibilidad de operar alternativamente con ambos métodos de blanqueo. Dados los argumentos recién expuestos, hoy produce sólo celulosa ECF.



Figura 1-5. Etapas del blanqueo de Celulosa

1.2.1.4 Secado y embalado

La pasta procedente de la planta de blanqueo es preparada para su secado. El porcentaje de fibras contenidas en la pasta a la entrada de la máquina secadora (consistencia inicial), es de aproximadamente 1% a 2%, es decir la pasta tiene un gran contenido de agua.

Desde la caja de entrada a esta máquina, la pasta es distribuida uniformemente sobre el fourdrinier o meza formadora de la hoja. Este equipo es accionado por varios rodillos que sacan el agua de la pasta por gravedad y cajas de succión conectadas a bombas de vacío, dándole la forma de una lámina.

La lámina, que a estas alturas posee una consistencia de aproximadamente un 46%, entra a los pre-secadores, grandes cilindros en cuyo interior circula vapor a altas temperaturas. Luego pasa a los secadores principales, que por dentro están equipados de diversos rodillos calientes que conducen la lámina a través de calentadores por convección y radiadores infrarrojos. Este sistema de rodillos secadores se puede sustituir por un sistema de secado con aire caliente, donde la hoja de celulosa pasa libre a través de corrientes de aire caliente seco para eliminar el agua. A la salida de esta área, la lámina posee una consistencia de 87% a 92% seco.

Después, esta lámina pasa por la unidad cortadora, que la deja en forma de pliegos, los que se apilan, se prensan y se embalan en una unidad denominada fardo, con un peso de 250 kg. Finalmente agrupando ocho fardos en dos columnas de cuatro se forman los *units*, los que se pesan antes de almacenarlos en las bodegas.



Figura 1-6. Embalado y almacenaje

1.2.1.5 Recuperación

En todas las plantas de celulosas modernas, ya sea en Chile como del extranjero, el proceso de producción está diseñado de tal forma que permite la recuperación y reutilización de los distintos componentes que intervienen en las cuatro primeras etapas, estructurándose así un sistema de circuito cerrado para el funcionamiento de la planta en su conjunto.

Así, la Fase Recuperación de Productos Químicos y Energía, si bien no se relaciona directamente con la celulosa en sí, contribuye a su proceso de producción a través de la generación de energía y la recuperación de los productos químicos que la planta requiere.

Los sub productos como cortezas de rollizos, aserrines y astillas sub dimensionadas, son transportados a las calderas de poder para ser aprovechados como combustible y generar vapor.

El Licor Negro proveniente del digestor, generalmente con una concentración de sólidos del 15 al 18% sigue un proceso de concentración mediante evaporadores de múltiples efectos. Además de extraer el agua del Licor Negro, se retiran de la mezcla algunos componentes sulfurados disueltos, denominados TRS. También se extrae el metanol, el “tall oil” y la trementina, los cuales después son condensados, tratados y recuperados para su comercialización posterior, o son destinados para otros usos en la misma planta.

Una vez que ha sido concentrado y depurado, el Licor Negro entra a la caldera recuperadora con una consistencia sobre 75%, donde se quema la parte orgánica (lignina y otros compuestos de la madera) liberando su energía en el proceso de combustión, la que se aprovecha produciendo vapor.

El vapor generado tanto en la caldera recuperadora como en las calderas de poder es conducido hacia un turbo generador, a través del cual se genera energía eléctrica para los procesos de la planta industrial o para su venta al Sistema Interconectado Central, luego el vapor a más baja presión y temperatura es usado en la calefacción de diferentes procesos dentro de la planta.

La parte inorgánica y las sales minerales (cenizas), se recuperan después del proceso de combustión. Los principales compuestos químicos de las cenizas son el sulfuro de sodio (Na_2S) y el carbonato de sodio (Na_2CO_3). Estas cenizas son disueltas en agua y se forma el denominado licor verde

Este licor verde es sometido después al proceso de caustificación, el cual en esencia consiste en adicionarle cal viva (CaO) y por medio de varias reacciones químicas y filtros, se producen dos compuestos químicos: Licor Blanco ($\text{Na}_2\text{S} + \text{NaOH}$) que es almacenado en estanques para ser reutilizado en la fase de cocción y cal apagada o caliza (CaCO_3) en forma de lodos, a los cuales se les extrae la humedad y son calcinados en hornos especiales, denominados Hornos de Cal, para producir nuevamente la cal viva requerida en este proceso de caustificación.



Figura 1-7. Horno de Cal línea 2

1.2.1.6 Planta tratamiento de Afluentes

Los residuos líquidos provenientes de las distintas fases del proceso de producción deben ser purificados en plantas de tratamiento, con el propósito de eliminar todas las sustancias que puedan producir un impacto adverso en el medio ambiente, antes de devolver el efluente a los ríos.

Es un hecho científicamente demostrado que la naturaleza tiene la capacidad de auto depurarse. En consecuencia, dependiendo de las características y el caudal del curso de agua al cual se evacua el efluente tratado, las plantas de celulosa en todo el mundo deben cumplir ciertos estándares específicos de emisión de materiales en su efluente. Entre otros, se debe medir el contenido de químicos y materia orgánica residual con los parámetros del efluente medidos universalmente para acreditar su calidad.

El proceso de purificación del efluente se desarrolla sometiéndolo a una serie de tratamientos en forma secuencial:

i. Tratamiento Primario

Los tratamientos primarios son operaciones físicas que tienen por objetivo principal remover los sólidos suspendidos y materiales no disueltos (ej. Grasas, fibras, etc). Esta operación se realiza en depósitos denominados clarificadores primarios.

El agua residual permanece en el clarificador durante varias horas. Esto hace posible que la gravedad actúe sobre las partículas suspendidas. Las partículas más pesadas que el agua se hunden hacia el fondo del clarificador formando el lodo primario. Este lodo se elimina y bombea hacia el manejo de sólidos.

El material que no se sedimenta ni tampoco flota rebalsa del clarificador y circula hacia el tratamiento secundario. El rebalse del clarificador primario se denomina efluente primario o clarificado.

ii. Tratamiento secundario

El objetivo central de un tratamiento secundario es reducir la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO, también conocida como Demanda Biológica de Oxígeno) del agua residual mediante un proceso biológico, es decir, disminuyendo el contenido orgánico del agua. Para cumplir este propósito, los microorganismos utilizan la materia orgánica biodegradable como fuente de nutrientes y energía para su propia propagación (biomasa) y mantención, produciendo compuestos inocuos y/o utilizables (agua, gases, materia celular).

Este proceso es estimulado, aumentando el número de microorganismos encargados de la descomposición de la materia orgánica y generando las condiciones ambientales ideales para su crecimiento, tales como, oxígeno, pH, temperatura, nutrientes.

El tratamiento secundario consiste en una unidad constructiva conformada por dos Reactores con película biológica de cama móvil (MBBR) y un estanque de Lodos Activados (AST). En términos generales, es un proceso de tratamiento biológico aeróbico efectuado por biomasa adherida a un soporte (MBBR) y biomasa suspendida (AST) que recibe el nombre de Biofilm Activated sludge (BAS) o Biopelícula de Lodos Activados.

Los procesos aeróbicos son aquellos que se realizan en presencia de Oxígeno y son muy eficientes; funcionan en ciclos relativamente sencillos, con una amplia gama de sustancias posibles de degradar.

Posteriormente, los sólidos junto con las fibras son prensados para retirarles el agua sobrante y depositarlos en vertederos especialmente habilitados (Áreas de Disposición Controlada), o alternativamente quemarlos en calderas de poder.

Una vez retirados estos sólidos suspendidos, el efluente continúa hacia una etapa de neutralización, donde se le agregan aditivos químicos neutralizantes para que los residuos finales no sean ácidos ni alcalinos.



Figura 1-8. Planta de Efluentes

1.2.1.7 Control de emisiones aéreas y de olor

Las emisiones aéreas son monitoreadas y controladas rigurosamente para evitar la descarga hacia la atmósfera de sustancias dañinas para el medio ambiente o los seres vivos. Las fuentes fijas más importantes en una planta de celulosa y sus correspondientes equipos para el abatimiento de emisiones son las siguientes:

- Caldera Recuperadora
- Horno de Cal
- Caldera de biomasa
- Gases TRS (Total Reduced Sulfur)

i Caldera Recuperadora

Es la principal fuente de emisiones aéreas de la planta. Como ya se indicó, esta caldera es alimentada con Licor Negro concentrado. Aproximadamente un tercio del peso seco de esta sustancia son químicos inorgánicos, de los cuales se recupera el sulfuro de sodio (Na_2S), el carbonato de sodio (Na_2CO_3), el sulfato de sodio (Na_2SO_4) y sal

(NaCl). El resto son sustancias orgánicas disueltas. Al interior de esta caldera, que opera en torno a los 1.000 °C, se producen una serie de reacciones químicas que liberan compuestos gaseosos, algunos de los cuales deben ser eliminados o tratados con el objeto de mitigar su impacto en la calidad del aire. Debido a la gran cantidad de variables que intervienen en el proceso, se dispone de sofisticados sistemas de control computarizado que permiten una óptima operación de la caldera.

El principal compuesto gaseoso que se produce en la caldera recuperadora es el Dióxido de Azufre (SO_2). Para reducir su emisión se opera con licor negro a elevada concentración, lo cual aumenta la temperatura de combustión en la caldera. En estas condiciones, el sodio en fase gas reacciona con el dióxido de azufre en presencia de oxígeno, produciendo sulfato de sodio (Na_2SO_4) y por lo tanto, disminuyendo la generación de SO_2 .

La caldera recuperadora emite además material particulado (principalmente Na_2SO_4), Óxidos de Nitrógeno (NO_x) y Sulfuro de Hidrógeno (H_2S), este último es uno de los responsables del olor característico de las plantas de celulosa Kraft. Se han incorporado una serie de mejoras y equipos auxiliares en las calderas recuperadoras con el objeto de reducir sustancialmente estas emisiones. Se adicionaron lavadores (depuradores) de gases, que retiran el remanente de SO_2 y parte del material particulado.

El SO_2 reacciona con el licor de lavado formando Na_2SO_3 y algo de Na_2SO_4 en solución, la cual es reciclada en el proceso para la preparación del Licor Blanco. También existen los precipitadores electrostáticos, equipos muy eficientes en los cuales prácticamente todo (99,9%) el material particulado es ionizado y removido en unos electrodos suspendidos. Finalmente se han realizado mejoras en el diseño de estas calderas hasta llegar a las denominadas “calderas de bajo olor”. Básicamente son equipos que permiten regular la concentración del Licor Negro y las entradas de aire para la combustión, de forma tal de minimizar la emisión no sólo de SO_2 , como ya se explicó, sino también de H_2S .

La formación de NO_x en la caldera recuperadora está principalmente influenciada por el contenido de Nitrógeno en el Licor Negro y por un exceso de Oxígeno en la combustión. Para lograr una eficiente recuperación de los productos químicos, esta

caldera opera con bajas concentraciones de Oxígeno y en consecuencia, las emisiones de NOx son muy bajas. Ellas son reducidas aún más en las calderas modernas, que disponen de sistemas de alimentación de aire modificados y que optimizan las condiciones de combustión con la ayuda de sistemas de control computarizado.

ii Horno de Cal

Los hornos de cal son alimentados con lodos debidamente lavados, provenientes del proceso de caustificación. Ellos contienen, entre otros elementos químicos, la cal apagada o caliza (CaCO_3). Estos lodos son calcinados a alta temperatura para convertir la caliza en óxido de Calcio (CaO).

Esta reacción tiene lugar físicamente en un horno rotatorio cilíndrico donde los lodos son secados y calentados hasta alcanzar la temperatura de reacción, calcinados y enfriados nuevamente. La reacción de calcinación comienza a los 800°C y para completar la reacción se requieren temperaturas de hasta 1.000°C a 1.100°C en el lado más caliente del horno. El enfriamiento se logra usando intercambiadores de calor con flujo de aire.

Las principales emisiones aéreas de un horno de cal son el Dióxido de Azufre (SO_2), Óxidos de Nitrógeno (NO_x), otros gases sulfurados (TRS) y material particulado. El Dióxido de Azufre se genera en el horno de cal principalmente por el azufre contenido en el combustible empleado para calentar el horno. Los lodos que alimentan el horno hacen un aporte marginal en contenido de azufre, ya que ellos son previamente lavados con sistemas de clarificadores o filtros de prensas para recuperar la mayor parte de los compuestos que contienen azufre, los cuales son reutilizados en el proceso. Además de la solución evidente de utilizar combustibles con bajo contenido de azufre, es importante señalar que el horno de cal tiene la capacidad para reducir la emisión de SO_2 , en base al Carbonato de Sodio (Na_2CO_3) presente en los lodos de alimentación.

La emisión de gases sulfurados (TRS), principalmente Sulfuro de Hidrógeno (H_2S), desde el horno de cal es relativamente baja. El principal responsable de su generación es la presencia de Sulfuro de Sodio (Na_2S) en los lodos de alimentación, el cual reacciona con el CO_2 y el vapor de agua, para formar el sulfuro de hidrógeno y carbonato de sodio.

Por esta razón, los lodos son lavados y filtrados previos a su ingreso al horno de cal con el propósito de extraerles el Sulfuro de Sodio, un insumo valioso del proceso de cocción de la pulpa. Esta depuración básicamente busca oxidar el Na_2S , transformándolo en Tiosulfato de Sodio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$), una sustancia no tóxica.

La emisión de material particulado se minimiza en virtud de los sistemas de control que poseen los modernos hornos de cal, además de equipos adicionales, como lavadores de gases (scrubbers) y precipitadores electroestáticos.

1. Calderas de Biomasa

Como ya se explicó, estas calderas son alimentadas con cortezas, astillas y otros desechos forestales generados tanto en la misma planta de celulosa como en las faenas forestales. Dada la naturaleza de estos materiales, estas calderas son neutras desde el punto de vista de la emisión de gases con efecto invernadero. La única emisión que es necesario controlar es la de partículas, lo que se logra mediante precipitadores electrostáticos más un adecuado manejo de las condiciones de combustión.

2. Gases TRS

Proviene del término en inglés Total Reduced Sulfur. Bajo este nombre se agrupan un conjunto de compuestos que se generan en el proceso de producción de celulosa, los más importantes son el Sulfuro de Hidrógeno (H_2S), los mercaptanos (CH_3SH), el dimetil-sulfito (CH_3SCH_3) y el dimetil disulfuro (CH_3SSCH_3). También se les conoce como gases malolientes, ya que el olfato humano es capaz de detectarlos aún en concentraciones tan bajas como $1\mu\text{g/l}$. (esto es, 10^{-6} g/l). En particular, el umbral de percepción del H_2S es de 0,0047 partes por millón (ppm) (esto es, 0,0047 miligramos por kilo de solución).

CAPITULO 2: CAUTIFICACION Y HORNO DE CAL

2 CAUTIFICACION Y HORNO DE CAL

2.1 Sistema productivo horno de cal

El sistema de Calcinación de Cal pertenece al área de los Licores dentro del proceso de fabricación de celulosa. La importancia del Horno de Cal en esta área radica en la producción de Cal, para que junto al Licor Verde proveniente de Caldera Recuperadora produzcan Licor Blanco.

Este último es utilizado en el área de fibra donde cumple la función de deslignificar la madera. La reacción que se lleva a cabo entre el Licor Verde y la Cal se denomina Apagado de la Cal y esta es una reacción exotérmica, es decir, con liberación de calor. Luego de la reacción del Apagador el producto que se obtiene se denomina lechada, ésta pasa luego por estanques caustificadores para finalmente ser filtrada en los eco filtros. En esta parte del filtrado se obtiene el Licor Blanco y el Lodo, el lodo de cal se alimenta al horno a través de una correa transportadora, proveniente del filtro de lodo.

La reposición de lodo de cal por pérdidas sufridas durante el proceso, se compensa por la alimentación de caliza desde el silo de caliza. Además se adiciona cal recuperado por el precipitador.

El lodo es primeramente secado, mediante los gases de combustión. El horno en esta zona está provisto de accesorios internos, en forma de cadenas y levantadores que, a través del contacto y agitación del material, hace más eficaz la transferencia de calor y enfriaran los gases de combustión a la entrada del horno. Durante el recorrido, a través del horno, el lodo va sufriendo una serie de transformaciones físicas, desde un estado húmedo, a un estado seco más tarde, a temperaturas más elevadas, se transforman en pellets.

La temperatura en la zona de cocción o calcinación es alrededor de los 1200 °C durante la calcinación debe transformarse la mayor cantidad posible de lodo de cal o caliza a cal calcinada, quedando un residuo de cal no calcinada.

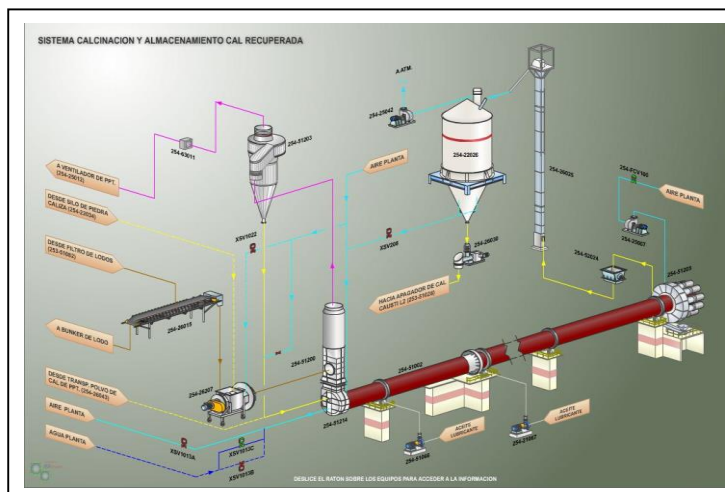


Figura 2-9. Sistema de calcinación horno cal L2

2.1.1 Función del horno de cal

La función del Horno de Cal es transformar el lodo o carbonato de calcio (CaCO_3) en óxido de calcio (CaO) que al mezclarse con agua forma hidróxido de calcio (Ca(OH)_2), para la producción de licor blanco. Este equipo forma parte de un ciclo cerrado dentro del área de caustificación y por esto pasa a ser crítico dentro del proceso. Al detener su producción, se deja de generar hidróxido de calcio, utilizado en la reacción dentro del apagador.

2.1.2 Principio de funcionamiento

El horno es un equipo rotatorio que por el hecho de trabajar con un quemador a altas temperaturas requiere de cuidados especiales. Durante las detenciones largas como Paradas de Planta, para dejar el Horno fuera de servicio, debe ser enfriado durante aproximadamente 36 horas. Luego para ponerlo en servicio nuevamente, requiere un periodo de calentamiento de 42 horas. A estos procedimientos se denominan curvas de Calentamiento y Enfriamiento de Hornos.

Ahora, si las detenciones son cortas, el Horno requiere de giros que inicialmente son cada 15 minutos. Estos giros se van espaciando en la medida en que transcurren las horas con el Horno fuera de servicio. Una vez culminado el período de calentamiento el horno está en condiciones de ser alimentado con lodo proveniente del Filtro de Lodo. Esta

alimentación debe contar con algunas características como son porcentaje de humedad y sodio residual, esenciales para mantener el Horno funcionando en buenas condiciones.

Estas condiciones evitan la formación de anillo y desprendimiento de ladrillos respectivamente. El flujo de petróleo inyectado para la combustión debe guardar relación con la temperatura del horno medida en la chapa de la zona de calcinación principalmente y con el flujo de lodo al Horno. El Horno cuenta con un sistema motriz compuesto de dos estaciones motrices conectadas en forma independiente a la corona. Cada una de ellas con un motor eléctrico, reductor, piñón que va directo a la corona y motor auxiliar, conectado por un costado al reductor. Una vez que el Horno está produciendo en forma normal además del movimiento de giro, se produce también un movimiento o desplazamiento axial. Este desplazamiento del Horno que es completamente natural, lo realiza tanto hacia la zona de alimentación como hacia la zona de descarga, y es originado por la carga mecánica y térmica, las cuales son siempre variables. El desplazamiento axial en ambos sentidos se encuentra limitado por los polines axiales que evita el viaje del Horno sin control. También se cuenta con sistemas de alarma que vigilan la posición axial del Horno.

2.1.3 Componentes del equipo

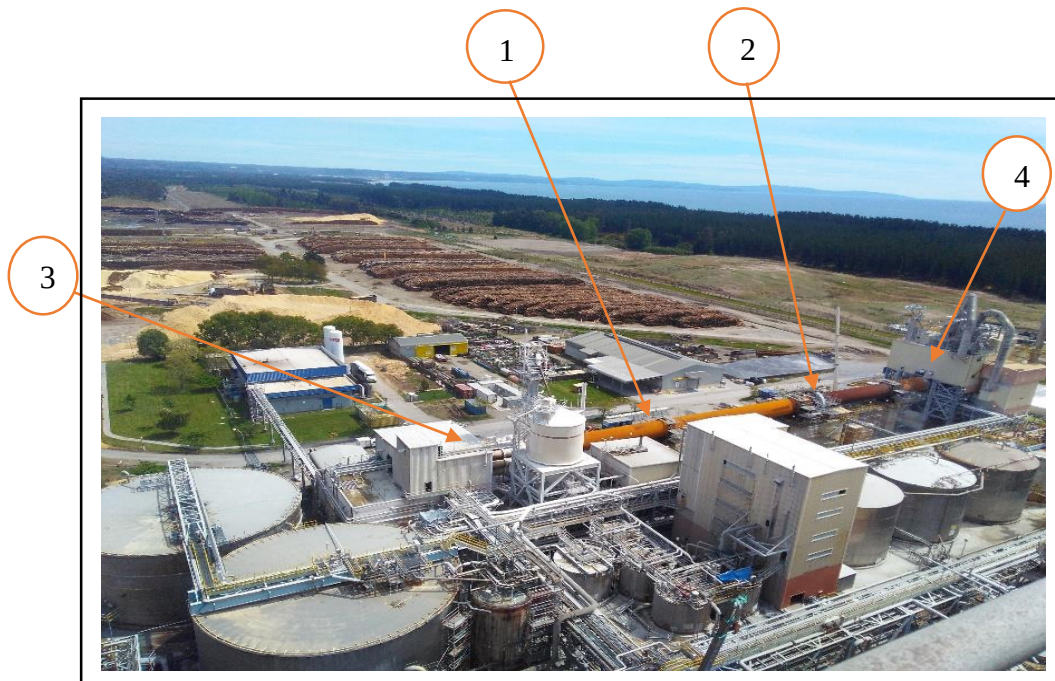


Figura 2-10. Área de Caustificación Celulosa Arauco

Nº	COMPONENTE	FUNCION
1	Horno de Cal	Transformar el Lodo en carbonato de calcio.
2	Accionamiento principal y auxiliar	Transmitir movimiento de giro desde el motor al manto del horno.
3	Porta quemador	Calcinar la cal a través de su llama dirigida contra la carga
4	Tornillo de Alimentación	Alimentar con lodo al horno proveniente del filtro de Lodos.

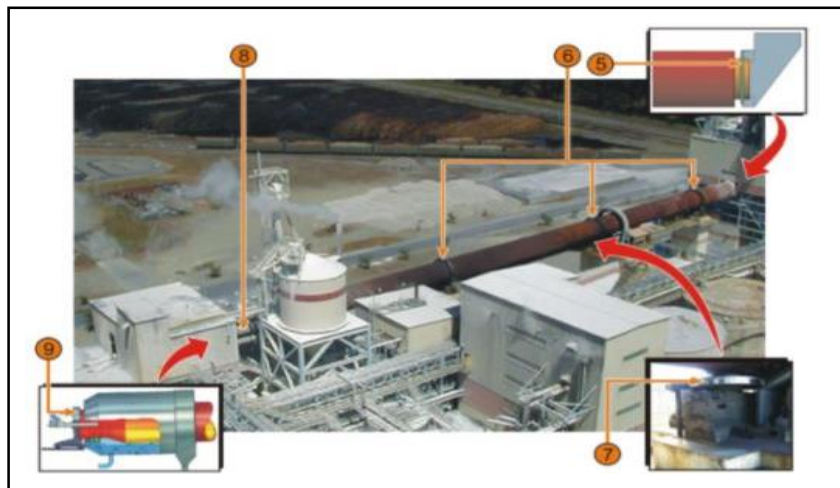


Figura 2-11. Caustificación y horno cal L2

Nº	COMPONENTE	FUNCION
5	Sello de Zona Alimentación	Realizar cierre hermético entre el horno y la estructura fija de la zona de alimentación para evitar infiltraciones.
6	Estaciones de descansos, llanta y polines de carga.	Sostener el peso radial y equilibrar axialmente el horno, para permitir su giro.
7	Polines axiales.	Limitar el desplazamiento axial del horno para permitir el centrado de las llantas sobre los polines de carga y el engrane del piñón corona de accionamiento
8	Satélites enfriadores	Enfriar y disipar el calor de la cal.
9	Tapa zona Porta quemador	Sellar el horno en su extremo como, igualmente el Porta quemador.

2.2 DETALLE DE LOS COMPONENTES

2.2.1 Horno de cal

Transforma el Lodo en Carbonato de Calcio o Cal. Estructura: El horno propiamente tal, es un tubo de Acero Carbono de una cierta longitud y diámetro que gira por el torque transmitido a la corona que se encuentra fija al manto. Está soportado por cuatro descansos que son las estaciones del horno. Las estaciones no son más que dos polines de carga y un anillo de rodadura. Se construyen en desnivel desde la zona de alimentación hasta la zona de descarga con una pendiente de $2,5^\circ$ y esto origina junto con la rotación del horno, que el lodo se desplace a lo largo desde la zona de alimentación hasta la zona de calcinación. Este tubo está recubierto interiormente con ladrillos refractarios para proteger que el manto metálico no se funda y evitar la pérdida de calor hacia el exterior. El horno está dividido en tres secciones en toda su extensión: Zona de Alimentación o Zona de Cadenas, Zona Intermedia y Zona de Quemado o Calcinación, tal como detallaremos en el siguiente párrafo. Descripción de Funcionamiento: El lodo ingresa a la zona de alimentación del horno después de haber pasado por el secador Flash.

En teoría el lodo debiera llegar seco a esta primera zona del horno. Una vez que el lodo sale de la zona de cadenas, comienza a elevar su temperatura con su paso por la zona intermedia. Cuando al lodo ingresa en la última zona, la llama termina por quemar o calcinar la cal, y ésta abandona el horno convertida en pequeños pellets que salen fundidos.

2.2.1.1 Zonas de trabajo del horno

Las zonas de operación del horno incluyen: una Zona de Alimentación o Zona de Cadenas, la Zona Intermedia y la Zona de Quemado o Calcinación.

a) Zona de alimentación

En el primer tramo de esta zona el horno cuenta con helicoides dispuestos perimetralmente, para ayudar a desplazar el lodo que viene cayendo proveniente del secador Flash. Una vez que termina este tramo con helicoides comienza un tramo de cadenas que cuelgan de las paredes del horno. La finalidad de las cadenas es levantar el lodo del piso y exponerlo en mayor volumen al flujo de aire caliente. El lodo abandona así la zona de cadenas e ingresa en la zona intermedia. Las cadenas se disponen también en forma helicoidal, colgando igual que cortinas y unidas a la base mediante grilletes. Todo el revestimiento de la zona de alimentación es de cemento refractario. La razón por la cual no se diseña con ladrillos se debe a que es una zona de baja temperatura, además que los ladrillos se quiebran por efecto del golpe de las cadenas. Tanto los helicoides como las cadenas se fijan al manto del horno. Esto se realiza por medio de un dispositivo de anclaje. Los anclajes una vez instalados son cubiertos con cemento refractario.

b) Zona Intermedia del Horno

En este segundo tramo el lodo ya ingresa completamente seco y a medida que avanza en el Horno, comienza a elevar su temperatura.

c) Zona de Calcinación

Este último tramo el lodo aumenta su temperatura hasta calcinarse. A un costado de las troneras en el punto de descarga, el horno dispone de una valla de retención. La cual tiene por finalidad dar más altura a la descarga y conseguir de esta forma que el material permanezca mayor tiempo dentro del horno, para lograr la calcinación de la cal.

2.2.1.2 Descripción grafica de las zonas del horno

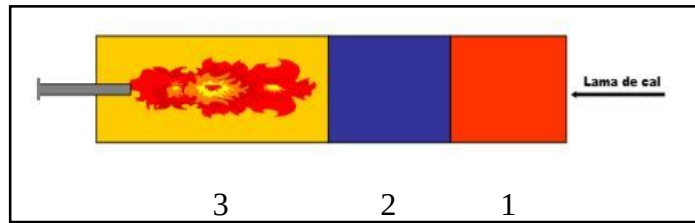


Figura 2-12. Zonas del horno de Cal

1. Zonas de Alimentación (secado evaporación de agua existente en la lama de cal).
2. Zona intermediaria calentamiento hasta la temperatura de calcinación.
3. Zona de calcinación conversión química de carbonato de calcio en óxido de calcio (800 –805 °C), ya en esta zona se alcanzan temperaturas de alrededor de 1100 a 1300°C. Ocupa de un tercio a la mitad de largo del horno.

2.2.1.3 Quemador del horno

El quemador es responsable por la formación de la llama que refleja en la capacidad de producción del horno, en la eficiencia y en la calidad del producto, así como en la vida útil de los refractarios. Se sabe que cuanto mayor la temperatura de la llama, mayor es la capacidad y la eficiencia de producción. Pero una temperatura muy elevada, causa daños en los refractarios y un producto muy quemado de baja calidad. Llamas muy largas, causan pérdidas en la producción, en la eficiencia y en el control de la calidad del producto.

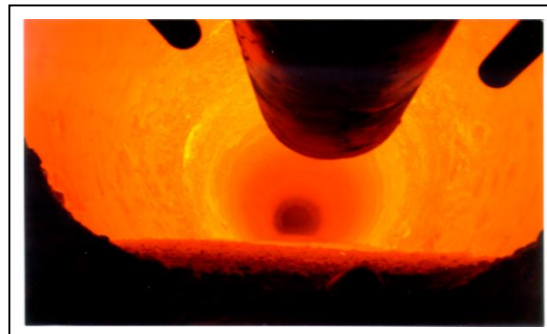


Figura 2-13. Imagen interior horno de Cal

2.2.1.4 Curva de calentamiento del horno de cal

Un equipo como este es muy particular en su funcionamiento, y una de sus características es la curva de calentamiento que debe tener para iniciar su funcionamiento, con esta curva se debe ser muy riguroso ya que puede afectar significativamente la parte mecánica sí, no se cumple con esto. La siguiente tabla ilustra cómo se va generando esta curva.

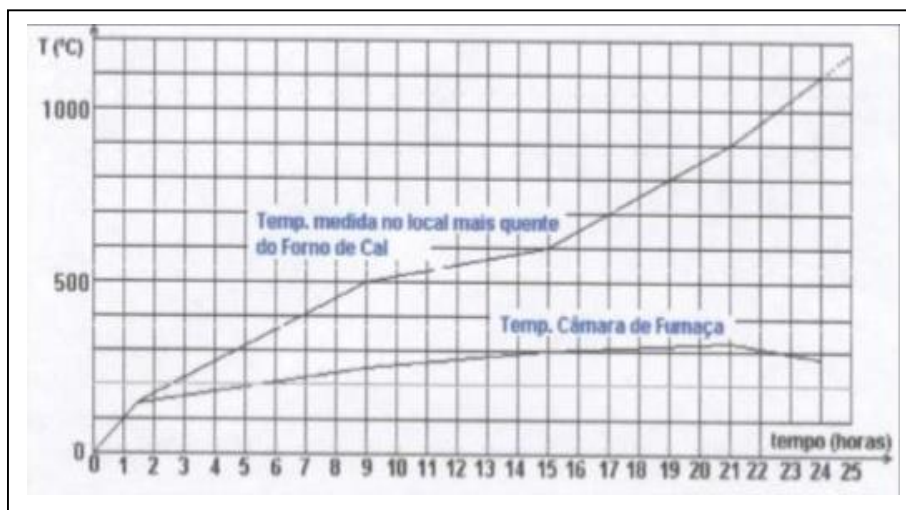


Figura 2-14. Curva de calentamiento horno de Cal

2.2.1.5 Información técnica del horno de cal

Consta de 4 estaciones que son las encargadas de mover el horno, están conformadas por dos rodillos por lado en cada estación, y por consiguiente al igual cuatro llantas, en la tercera estación del horno encontramos lo más importante donde se encuentra el Polín axial, el cual este nos indica como sensor de movimiento si es que el horno tubo algún des alineamiento, o tenga alguna variación en la inclinación, uno de sus aspectos más importantes son:

- 108 metros de largo
- 3 metros de diámetro
- 70 mm, de espesor (solo en las partes que va con la llanta)
- 50,8 mm, de espesor (entre llantas)
- Consta de 4 estaciones de soporte.
- Alim. de lodo: 1471 l/min.
- Alim. De caliza: 4 ton/hr.
- Producción de cal 18,9 ton/hr
- Quemado de Petróleo
- Temp. zona Alim.: 600 °C.
- Temp. Zona Calc.: 1350 °C.
- Seco de lodo: 79 %



Figura 2-15. Horno de cal línea 2 Celulosa Arauco

2.3 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO AREA DE CAUSTIFICACION

2.3.1 Sistema productivo caustificacion

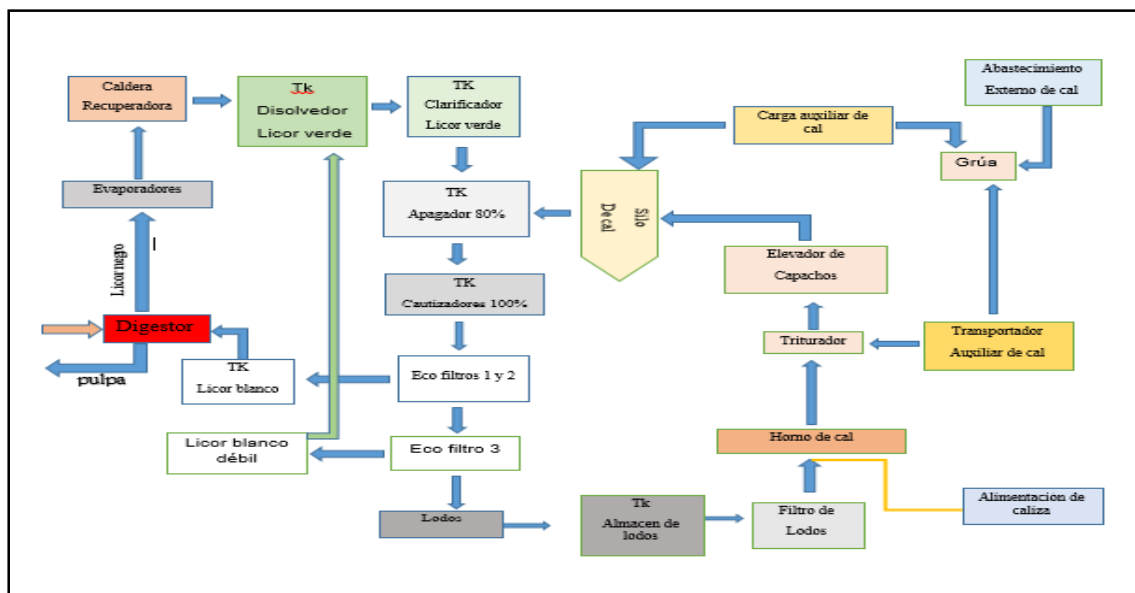


Figura 2-16. Diagrama de Flujo área Caustificación

La re caustificación convierte el carbonato de sodio (Na_2CO_3) contenido en el fundido proveniente de la caldera de recuperación de hidróxido de sodio (NaOH) para su utilización en el proceso de cocción, utilizando óxido de calcio (CaO) generado en el horno de cal. Uno de los factores que influyen en la viabilidad económica en el proceso Kraft es su capacidad de regeneración casi total de los reactivos químicos de cocción.

La planta de caustificación consiste en la preparación del licor blanco, mediante el tratamiento del licor verde proveniente de la disolución del smelt, con una concentración y calidad adecuada para el cocimiento (cocción). Consiste en la transformación del Na_2CO_3 (carbonato de sodio) presente en el licor verde en NaOH (hidróxido de sodio o soda caústica) en la presencia de CaOH_2 , obteniendo como producto, una solución de NaOH y Na_2S conocida como licor blanco y CaCO_3 que se precipita retornando (volviendo) al proceso de recuperación para nueva caustificación.

La caustificación consiste de dos ciclos distintos:

- **Ciclo sodio:** sistema de formación del licor
- **Ciclo calcio:** sistema de recuperación de la cal.

El ciclo sodio puede ser descrito a través de los siguientes pasos:

- Tratamiento del licor verde para remoción de dregs (impurezas sólidas);
- Reacción química entre Na_2CO_3 (carbonato de sodio) contenido en el licor verde y la cal hidratada (CaOH_2), generando NaOH (hidróxido de sodio o soda caustica) y CaCO_3 (lama de cal);
- Separación de la lama de cal de la solución cáustica (licor blanco);

El ciclo calcio puede ser descrito por las etapas:

a) Reacción de la CaO (cal, óxido de calcio) hidratada CaOH con Na_2CO_3 del licor verde para formar CaCO_3 (lama de cal, o lodos de cal) y NaOH ;

b) Separación de la lama cal (sólida) de la solución cáustica (licor blanco);

c) Limpieza de la lama de cal;

d) Calcinación de la lama de cal (CaCO_3) para formar CaO (cal).

La planta de caustificación puede ser dividida en tres secciones:

- Procesamiento de licor verde;
- Preparación del licor blanco;
- Lavado del lodo de cal.

A continuación se describen estas operaciones las cuales se dividen en los puntos más importantes de estas 3 etapas.

- Remoción de dregs (impurezas sólidas) del licor verde.
- Apagado de cal.
- Reacción de caustificación.

- Separación del licor blanco del lodo de cal.
- Limpieza del lodo de cal.
- Formación de la Cal en el horno.

2.3.2 Remoción de dregs de licor verde

El grado de eficiencia de la reducción alcanzada en el hogar de una Caldera Recuperadora tendrá una incidencia directa en la caracterización que obtendrá el licor verde generado, ya sea en su composición química (Sulfuro de Sodio) y/o en su contenido de impurezas o dregs.

Como es sabido, los dregs o impurezas son una mezcla de partículas inorgánicas insolubles de minúsculo tamaño (Compuestos de Aluminio, Fierro, Potasio, Manganeso, Magnesio, Calcio, etc.) y además, partículas orgánicas resultantes de una combustión incompleta, las que necesariamente deben ser retiradas del ciclo de licor, con el propósito de minimizar la presencia de inertes que afecten la reacción de caustificación, y a su producto (Licor Blanco) y Sub Producto (Lodos).

En la planta de horcones se utilizan estanques clarificadores, cuyo propósito busca permitir que estas impurezas sean separadas del licor por medio de sedimentación, para luego, una vez decantadas sean retiradas por intermedio de rastras y sistemas de bombeo. Estas Impurezas posteriormente deberán ser filtradas, lavadas y finalmente desechadas con una mínima presencia de soda.

El Licor Verde en su origen, (Fundido incandescente que escurre desde el Hogar de la Caldera Recuperadora) está constituido por:

i	Na_2S	=	Sulfuro de Sodio
ii	Na_2CO_3	=	Carbonato de Sodio.
iii	Na_2SO_4	=	Sulfato de Sodio (mínima expresión no tituable)

Una vez en el estanque disolvedor, ya mezclado con licor blanco débil, adquiere un tercer elemento titulable: NaOH o Soda.

Es importante considerar que la reacción de caustificación, es una reacción de equilibrio en la que participan sólo dos elementos químicos, los que corresponden al Na_2CO_3 del Licor Verde y el Óxido de Calcio (CaO) de la Cal, por tal razón es absolutamente necesario conocer el grado de concentración de ambos elementos, para luego determinar la masa de cal a dosificar al Apagador, de manera tal que finalmente se obtenga un Licor Blanco que cumpla las características previamente determinadas.

2.3.3 Apagado de cal

El apagador de Cal es el equipo responsable de mezclar la cal y el licor verde. La agitación y alta temperatura facilitan la disolución de los pellets de cal y aceleran el proceso de la reacción química, adicionalmente, saca las impurezas hacia el exterior mediante el uso del tornillo de rechazos o Grits. En éste equipo se genera una reacción química acelerada, la cual dependiendo del tiempo de residencia (mayor o menor caudal de licor a procesar) puede acercarse o superar el 72 % como Causticidad.

El apagador de Cal, ya lo decíamos, es un equipo estratégicamente muy importante para el proceso, básicamente porque de su eficiente control dependerá que se obtengan los resultados químicamente proyectados. Para que un apagador funcione eficiente dependerá de factores como, temperatura del licor, temperatura de la lechada, condición del scrubber extractor, y lavador de gases, tipo de cal utilizada, en este tema, no solo importa su concentración como cal útil, importa su característica o tamaño (pellet – polvo) su condición de cal blanda o re calcinada, o simplemente de cal externa dura y de lenta reactividad. Una Cal blanda, reacciona con premura entregando resultados químicos muy representativos y acorde al balance esperado, en cambio una cal re calcinada o dura, producto de su retardo para reaccionar, entrega en forma tardía tanto su energía como la liberación de su óxido de calcio, condición que no entrega resultados químicos representativos, induciendo muchas veces por disminución de temperatura de la lechada a que se sobre dosifique cal, esperando revertir una condición de temperatura que

no es atribuible a un desbalance de óxido de calcio versus carbonato de sodio. Una cal cuya pureza supera el 93 %, podría estar muy cerca de categorizar como cal Dura, la que termina transformándose en una desventaja para el proceso, especialmente cuando un apagador se encuentra cerca del sub dimensionamiento. El tiempo de residencia en el apagador, afecta la búsqueda de un valor objetivo constante de causticidad.

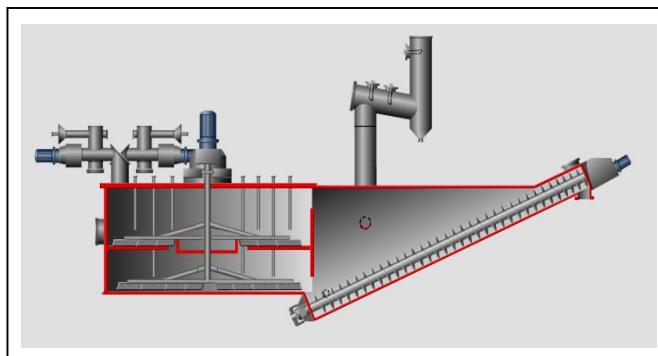


Figura 2-17. Apagador de Cal

2.3.4 Reacción de caustificación

La función de los caustificadores consiste en prolongar el tiempo de retención de la lechada de cal para que se complete la reacción química, el desplazamiento de la lechada se produce por desnivel entre estanques, y basado en el principio de vasos comunicantes. La causticidad aumenta desde el valor de salida del apagado (62 % en adelante) hasta los 83 ± 1 % en el último caustificador.

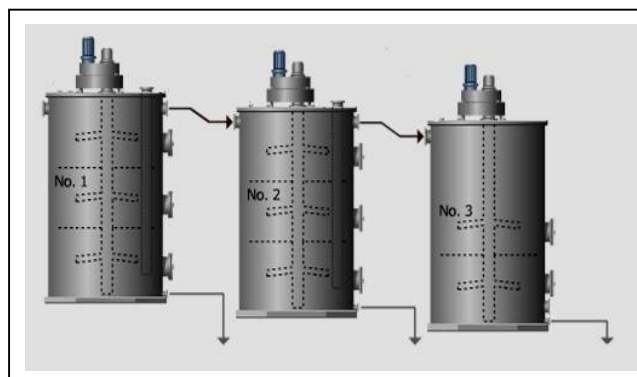


Figura 2-18. Estanques Caustificadores

2.3.5 Separación del licor blanco del lodo de cal

Dicha separación ocurre en un equipo llamado eco filtro, el cual tiene la misión de separar la fase líquida o Licor de la fase sólida o Lodo, lo importante que el Lodo al ser separado del licor, contenga el mínimo de licor posible, para privilegiar la producción de Licor Blanco y minimizar la presencia de compuestos de Sodio en ellos, esto se logra en este equipo el cual tiene un proceso de filtrado mediante mangas que van quitando todo el lodo presente en la lechada de cal proveniente de los caustizadores.



Figura 2-19. Sistema Eco filtros

Es la separación de licor blanco del lodo de cal y puede ser realizada por:
 Decantación: La lama depositada en el fondo puede ser retirada por bombas de flujo ajustable o con auxilio de un raspador regulable y el licor blanco clarificado es removido de la parte superior.

Filtración presurizada: Consiste en el pasaje del licor por el filtro donde la lama queda retenida formando una torta siendo removida con auxilio de un raspador. Antes del raspador, la lama puede ser limpiada con picos de agua caliente. El licor blanco obtenido se va a los estanques de licor blanco y los lodos al estanque almacén de lodos.

2.3.6 Separación del licor blanco débil

En la planta existen 3 Eco filtros los eco filtros 1 y 2 se encargan de obtener licor blanco de alta pureza, lo cuales son enviados a los estanques de licor blanco para ser almacenados y posteriormente ocupados en el proceso de separación de la lignina en el digestor.

Los lodos obtenidos en los eco filtros 1 y 2 se vuelven a filtrar en el eco filtro 3 obteniendo licor blanco débil, el cual se almacena en los estanques de licor blanco débil, para posteriormente ser ocupados en el estanque disolvedor de licor verde, el cual ayuda a disminuir la densidad del licor verde obtenido de la caldera recuperadora.

2.3.7 Almacén de lodos

Los lodos obtenidos del proceso de eco filtros se almacenan en el estanque almacén de lodos, el cual cuenta con una capacidad de 740m^3 . Estos lodos posteriormente son enviados al filtro de lodos donde los lodos son lavados y filtrados previos a su ingreso al horno de cal con el propósito de extraerles el Sulfuro de Sodio, un insumo valioso del proceso de cocción de la pulpa y posteriormente son reingresados al horno de cal.

CAPITULO 3: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

3.1 Ubicación geográfica

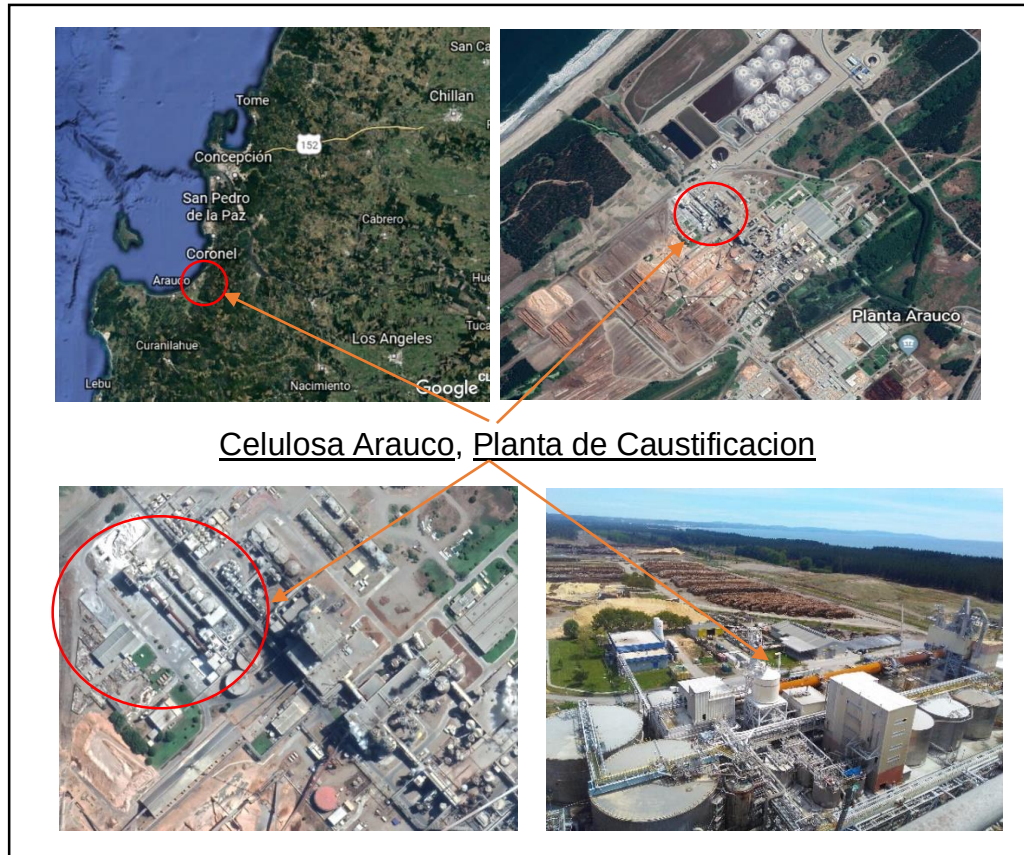


Figura 3-20. Ubicación geográfica

Alimentador auxiliar de cal, area caustificación L2



Figura 3-21. Ubicación exacta del transportador

Con respecto a su ubicación geográfica se destaca el siguiente análisis:

- La planta se encuentra ubicada en un área privilegiada y estratégicamente pensada.
- Se encuentra ubicada en el complejo horcones, donde además se encuentran las plantas de Paneles Arauco, aserradero horcones 1, aserradero horcones 2, Planta de trozado, y planta de remano facturas.
- Se encuentra cerca del puerto de Coronel.
- Actualmente se encuentra en construcción la ampliación de celulosa Arauco, el cual propone la construcción de la línea 3.

3.2 ALIMENTACION AUXILIAR DE CAL

3.2.1 Antecedentes generales

Como hemos visto en los capítulos anteriores el óxido de calcio o cal es un componente fundamental en el proceso de obtención de licor blanco. El filtro de lodos como el horno de cal son componentes críticos del proceso de obtención de cal viva, el primero como alimentador de los lodos procesados los cuales se reutilizan y se ingresan nuevamente al horno de cal en un ciclo o circuito cerrado, la cal utilizada en el proceso de obtención de licor blanco es compensada con ingreso de piedra caliza, la cual junto con los lodos es incinerada en el horno de cal.

El horno de cal es un equipo esencial en el área de Caustificación y fundamental para el proceso en la obtención de licor blanco, por sus enormes dimensiones y la criticidad del proceso de calcinado de caliza, cuando falla este equipo demora 36 horas en enfriarse para poder intervenir y 42 horas en estar a la temperatura óptima para realizar el proceso de calcinación de la piedra caliza. Por tal motivo cuando falla el horno de cal o el sistema de alimentación del horno que es el filtro de lodos, se cuenta con dos alternativas de alimentación auxiliar de cal, para no detener el proceso en la obtención del licor blanco.

3.2.1.1 Alimentación de cal directo a silo de cal

Este sistema auxiliar corresponde a la alimentación directa por medio de maxi sacos de 1200 kg. a una tolva de descarga directamente en la parte superior del silo de cal, labor que realiza una grúa estacionada para tal efecto, en un proceso ininterrumpido la cual es abastecida por camiones, este tipo de medida se toma cuando falla el elevador de capachos o el triturador, labor que no es muy recomendada debido a la dificultad de la maniobra de la grúa, ya que esta debe elevar los maxi sacos a una altura de 30 m. Pasando por encima de estructura y equipos que dificultan esta labor, considerando además el riesgo de carga suspendida.

Cabe destacar que el abastecimiento de cal por esta alternativa en comparación con el horno se reduce a un 40%.

3.2.1.2 Alimentador Auxiliar transportador de cal

Este sistema auxiliar de alimentación de cal corresponde a un transportador tipo redler o rastra el cual es alimentado por medio de maxi sacos de 1200 kg de cal; labor que realiza una grúa solicitada para tal efecto y es abastecida por camiones con sacas desde un galpón almacén en un proceso ininterrumpido durante la detención de los sistemas principales.

Cabe destacar que el abastecimiento de cal por este medio en comparación con el horno se reduce a un 55%.

3.3 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

3.3.1 Antecedentes generales

Como se mencionó en los ítems anteriores los sistemas auxiliares de alimentación de cal, son equipos que habitualmente se encuentran en estado de reposo mientras los equipos principales se encuentran en servicio, pero se tornan en críticos cuando estos son requeridos, por tal motivo es necesario que estén en condiciones óptimas para cuando estos sean solicitados.

Si existe una falla, ya sea en el sistema alimentador del horno de cal que es el filtro de lodos o el sistema de alimentación de caliza, el horno disminuye su productividad en la producción de cal, y si peor aún falla el horno este genera una cadena de eventos que influyen directamente en la producción del licor blanco.

Por tal motivo es esencial mantener en buenas condiciones los equipos auxiliares para poder responder de manera óptima a estas contingencias. Esta es la base de este proyecto, ya que por ser equipos auxiliares estos presentan deterioro y pérdida de productividad como lo demostraremos a continuación.

3.3.1.1 Que implica la alimentación externa de cal?

El digestor es el equipo donde se realiza el proceso químico de separar la lignina de la fibra, por medio de la cocción de las astillas de madera con el licor blanco, este equipo en condiciones óptimas de producción trabaja a 15 rpm, y por cada rpm involucra una producción de celulosa de 104 toneladas/día. Y considerando que cuando se utiliza el equipo auxiliar de carga externo de cal la velocidad del digestor baja de 15 rpm a 12 rpm ello involucra una pérdida de producción de un 20% con respecto al valor del digestor trabajando en condiciones óptimas.

Además podemos mencionar que de acuerdo a los datos de producción las detenciones del horno de cal, por anillos es de 0,8 veces por año esto medido en 5 años.

Si consideramos que el transportador auxiliar de cal y su baja productividad por los problemas que a continuación analizaremos, influyen también en la disminución de las rpm de digestor y por ende en la disminución de producción de celulosa.

En el siguiente cuadro N°1 se muestran el carguío de cal externa y lo que implica en perdida de producción.

Tabla 3-2. Relación carga de Cal externa V/S perdida de producción

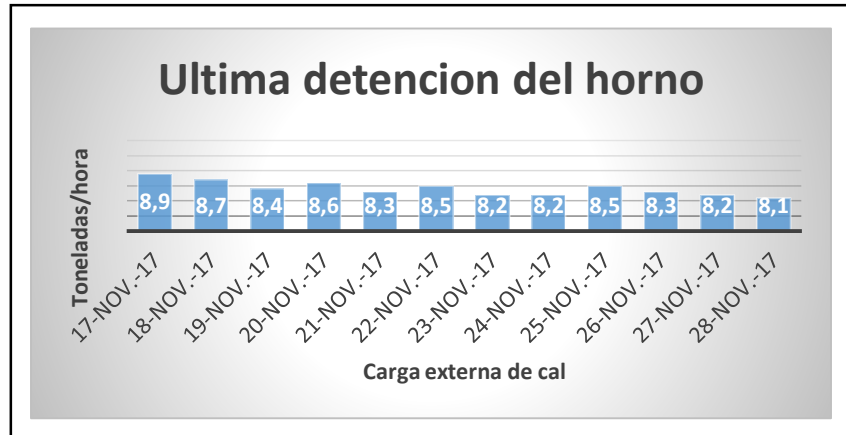
Fecha	Cal Externa Utilizada Ton.	Perdida de Producción Ton.
ene-13	1295	4050
ago-13	1500	2919
abr-14	2457	4513
jul-14	1200	1560
dic-14	2000	8593
may-15	141	2800
jun-15	488	2140
ene-16	1183	1816
nov-17	2085	2462



Figura 3-22. Transportador auxiliar de Cal

3.3.1.2 Productividad del transportador

A continuación gracias a la información entregada por operaciones, se podrá analizar mediante el siguiente grafico; el desempeño en un periodo de tiempo donde podremos hacernos una idea de la productividad del transportador.



Al analizar el grafico que representa el comportamiento del alimentador auxiliar de cal en línea 2, podemos apreciar, que su productividad va con tendencia decreciente y con respecto de su producción nominal que es 10 Ton/hrs a llegado a tener una deficiencia de hasta un 16% con respecto del valor nominal.

3.3.1.3 Metodología del proyecto

En esta etapa se va a analizar cómo sería con la implementación y la no implementación del proyecto. Este equipo posee una alta tasa de fallas lo cual provoca una serie de eventos no deseados. Atravez de la recolección de datos y el análisis se propondrán mejoras en este sistema.

3.3.1.4 Situación actual del transportador

A continuación se analizara el transportador en su estado actual, ósea sin proyecto, y después se considerara este equipo con las mejoras que se pretenden implementar y sus repercusiones.

i. Sin Proyecto

Sin el proyecto seguirán las detenciones por concepto de mantención, debido al excesivo desgaste y corrosión del equipo, aumentando el deterioro y desgaste de los componentes y los costos asociados al mantenimiento de este equipo. Disminuyendo además la confiabilidad y productividad de este sistema.

ii. Con Proyecto

Con el proyecto se tiene por objetivo reducir las detenciones, aumentando la confiabilidad del equipo y mejorando la productibilidad de este sistema. Además con la implementación de este proyecto se disminuirán los costos asociados a la mantención.

iii. Dentro de los problemas se destaca

- Mal funcionamiento del transportador disminuyendo la productividad en el apagador de cal y el proceso.
- Problemas desde el punto de vista operacional.
- Mal rendimiento de los equipos.
- Altos costos de mantenimiento, asociados a las continuas detenciones y la mantención de tipo correctiva.

3.4 ANALISIS ESTRATEGICO PARA ELABORAR UN PLAN DE MEJORAS

Para realizar cualquier tipo de mejora, se realizara un análisis estratégico. El cual servirá para determinar los problemas que presenta este equipo y como podremos mejorar este sistema. Siempre pensando en incrementar la productividad y confiabilidad del equipo en estudio, de manera de utilizar inteligentemente los recursos que se cuentan, para ello se utilizara las herramientas de análisis que a continuación mencionaremos.

- Análisis FODA
- Diagrama Causa Efecto
- Análisis Causa Raíz

3.4.1 Análisis FODA

Fortalezas

- Conocimiento del área y proceso productivo.
- Como es un equipo auxiliar tenemos el tiempo para el análisis e implementar la mejora seleccionada.
- Disponibilidad de recursos para implementar una mejora.
- Oportunidad de mejorar este sistema.

Oportunidades

- Aumentar la confiabilidad de este sistema.
- Mejorar la disponibilidad de este equipo.
- Aumentar la productividad de este equipo.

Debilidades

- Como es un equipo auxiliar no se le presta la atención que necesita.
- Baja productividad de este sistema
- Baja confiabilidad de este equipo.

Amenazas

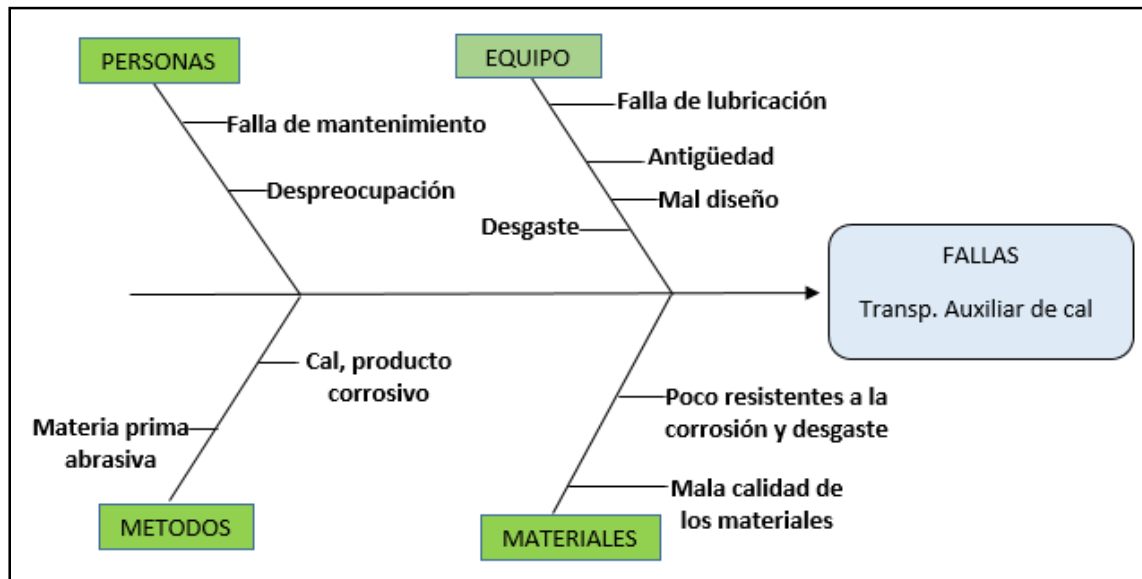
- Como es un equipo auxiliar, no se le presta la atención que requiere este equipo.
- Disminución paulatina de la productividad, debido al aumento de fallas y tiempos muertos.
- Problemas de tipo operacional, debido a la baja productividad es necesario cambiar y modificar parámetros.

3.4.2 Diagrama causa efecto Ishikawa

El siguiente análisis se realizara para determinar las que podrían ser las principales causas que provocan los problemas en el transportador auxiliar de cal línea 2 con el objetivo de analizar y plantear ideas para solucionar y mejorar este sistema.

Esta herramienta es de gran utilidad, ya que nos permite ver el problema desde diferentes puntos de vista y realidades, dando origen a muchas variantes y dentro de las cuales podrán aflorar las ideas propuestas para solucionar y mejorar el problema planteado.

Tabla 3-3. Diagrama causa efecto Ishikawa



Analizando el diagrama causa efecto se ha llegado a la conclusión que, dentro de los principales motivos de la baja de la productividad de este equipo, es el exceso de desgaste y corrosión que tienen los componentes de transmisión de este sistema.

Además podemos mencionar que el desgaste en los componentes de transmisión del transportador podría deberse a la antigüedad del equipo y este desgaste es propiamente tal a la fatiga de material.

3.4.3 Análisis causa raíz

Paso 1 Aclara tu problema

PREGUNTAS	RESPUESTAS
¿Qué? Determine la desviación que se observó.	Aumento de mantención correctiva
¿Cuál? Cual objeto tuvo la desviación.	Transportador auxiliar de cal L2
¿Cuándo? Cuando comenzó a ocurrir	2 años Aprox.
¿Dónde? Lugar físico donde ocurrió.	Horno de cal L2, Caustificacion.
¿Cuánto? Cuanto fue la consecuencia.	Pérdida de Productividad.

Paso 2 Describe el Problema

El problema se presenta en el equipo llamado alimentador auxiliar de cal en línea 2, el cual por problemas de desgaste del sistema de transmisión, ha disminuido su productividad debido a las múltiples detenciones. Generando pérdidas de rendimiento y productividad en el apagador de cal y problemas de índole operacional.

Paso 3 Causa raíz y acciones correctivas

Tabla 3-4. Causa Raíz

Encuentra causa raíz y toma acciones			Desgaste transmisión transportador de cal.	
¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	Acciones o mejoras
Mala Lubricación	No se puede lubricar	Contacto directo con cal	Así es su diseño	Estudiar el reemplazo por una correa transportadora.
Por fatiga de material	Equipo antiguo.	Cumplió su vida útil.	Desgaste excesivo	Cambio del sistema de arrastre del transportador.
Por mal diseño	Equipo no apropiado	Materia prima es corrosiva	Contacto directo con cal	Solicitar materiales resistentes a la corrosión.
Negligencia	Descuido	Falta de mantenimiento	Equipo auxiliar	Mejorar las inspecciones y acortar las visitas.

3.5 **PROPUESTAS PARA MEJORAR EL TRANSPORTADOR**

De este análisis causa raíz surgieron ideas las cuales se analizaran para ver la viabilidad de implementación y nos puedan ayudar a dar solución a los problemas en el transportador auxiliar de cal.

1. Cambio del sistema de arrastre del transportador.
2. Reemplazo del transportador, por una correa transportadora.

De estas propuestas se analizara con detalle cada una de ellas, para ver la viabilidad de implementación de estas mejoras.

3.6 **CAMBIO DEL SISTEMA DE ARRASTRE DEL TRANSPORTADOR**

Esta idea viene a solucionar el problema de desgaste por fatiga que presenta el transportador y conlleva a cambiar los componentes defectuosos del equipo, ya sea de la parte estructural o del sistema de transmisión del transportador. Para ser objetivo y tomar la mejor decisión al respecto, es necesario realizar un estudio técnico de este equipo, de manera, de poder tener una idea del estado actual de este transportador. Con el objetivo de tomar una decisión técnica acertada basándonos en la información disponible.



Figura 3-23. Transportador auxiliar de cal, lado norte



Figura 3-24. Sistema de arrastre del transportador

3.6.1 TRANSPORTADORES DE CADENA TIPO REDLER

3.6.1.1 Antecedentes generales

Los transportadores tipo rastra o redler son equipos aplicados para servicio de transporte por arrastre, ligeros o pesados, y sus componentes están diseñados y fabricados para alta resistencia al desgaste por abrasión. El transportador se constituye básicamente por un canal, abierto o cerrado, por donde el producto transportado (arrastrado) por medio de una o más cadenas propulsoras donde estarán instaladas las zapatas arrastradoras.

Generalmente este equipo trabaja con la cadena de arrastre inmersa en el producto transportado, cargando grandes cantidades de producto. Su aplicación está orientada al manejo de diversos productos, tales como, granos, minerales, corrosivos, tóxicos, con altas temperaturas, entre otros. Los transportadores tipos redler están fabricados y diseñados específicamente para la aplicación en la que se solicita y puede suministrarse en acero al carbono o acero inoxidable.

Estos transportadores son unas de las opciones más frecuentes, ya que, al estar totalmente cerrados las pérdidas son inexistentes y no hay contaminación con el medio ambiente. Además con factibilidad de carga y descarga en diversos puntos, pueden ser fabricados en acero al carbono o inoxidable, llegando a la capacidad de 2.000 m³/h.

i Descripción

Estos equipos pueden ser utilizados en el movimiento de gráneles sólidos en planos horizontal, inclinado y también en planos verticales. Los Redler están constituidos por el cuerpo del Redler (Bancada), por el conjunto de arrastre, el accionamiento y las estaciones motriz y tensora, comúnmente denominadas, respectivamente, cabeza y pie.

El cuerpo del Redler tiene una estructura paralelepípedica, herméticamente cerrada, y es constituido por los paneles laterales, el panel de fondo y el panel superior. Dependiendo de la configuración del equipo, el cuerpo del Redler puede también incluir

un fondo intermedio y / o una guía de desgaste montada en los paneles de fondo o intermedios. La guía de desgaste consiste en una "barra" guía, sobre la cual la cadena de arrastre se desliza, y que tiene como objetivo prevenir el desgaste de la cadena de arrastre por el contacto directo con los paneles del fondo o intermedio, si existen.

Dependiendo de las características del uso deseado, el cuerpo del Redler puede ser construido en diferentes materiales, como acero al carbono, galvanizado, o acero inoxidable, generalmente utilizado en ambientes húmedos o corrosivos. Los paneles pueden todavía ser revestidos por un panel de protección de los mismos, cuando están hechos de acero al carbono y transportan material húmedo o corrosivo.

Las cadenas de arrastre de estos transportadores puede tener varias configuraciones, dependiendo de su elección del material a transportar. La configuración de los Redler depende, por lo tanto, de la finalidad de utilización de los mismos. Los transportadores Redler pueden presentar una configuración simple, doble o mixta y pueden tener paneles de fondo intermedio.

Una de las grandes ventajas de los Redler es el hecho de que estos equipos se componen de módulos, lo que hace relativamente fácil su montaje y desmontaje, para reparación, reconfiguración o simplemente para cambiar su ubicación. Los paneles tienen, generalmente, 2500mm o 3000mm de longitud, permitiendo así la fácil reparación o sustitución de los Redler por módulos, así como para la reconfiguración del mismo si es necesario (su longitud total de Redler se puede acortar o añadir, de acuerdo con las necesidades, así como su inclinación también se puede ajustar). En el caso de que el accionamiento sea indirecto, éste está compuesto por el moto-reductor (en algunos los casos el motor reductor se sustituye por el conjunto "motor + caja reductora"), acoplamiento (rígido o elástico) y transmisión. Si el accionamiento es directo, la fuerza motriz se pasa directamente del eje del motor reductor para el eje de la estación motriz, con acoplamiento rígido o elástica.

ii Ventajas de los transportadores Redler

Estos transportadores se destacan por las ventajas que se mencionan a continuación:

- Alta eficiencia mecánica y máxima servicio, condicionados al diseño, los materiales y la ejecución de la cadena.
- Alta capacidad de transporte ya que tienen una alta eficiencia permiten transportar gran volumen de materiales.
- Movimiento positivo asegurado. Estos transportadores no patinan ni se desvían y se obtiene una sincronización perfecta del proceso.
- Su carga es regular y se mantiene uniforme, no se acumula en puntos determinados.
- Se pueden obtener transportadores con trayectorias horizontales y verticales o inclinadas, en varios sentidos.
- De acuerdo a la aplicación del transportador, se adaptan a la cadena, accesorios de formas varias, para diversas finalidades.
- Cargas bruscas o materiales abrasivos o calientes, no causan roturas o disminución del rendimiento.

3.6.1.2 Clasificación de los transportadores de cadena

Los transportadores de cadenas las podemos clasificar de la siguiente manera:

- De acuerdo con la instalación de las formas de transportador puede ser dividido en fijo y móvil
- Según la disposición de las formas de la cadena se puede dividir en: de nivel horizontal - inclinado, de nivel inclinado, de nivel vertical.
- De acuerdo con los tipos de estructura de componentes de tracción se pueden dividir en la cadena de rodillos, la cadena desmontable, etc.
- De acuerdo con el número de la cadena de tracción se puede dividir en: de cadena simple y de cadena doble.
- De acuerdo con las características y operación de la cadena transportadora se puede dividir en: continua y pulsante.

3.6.1.3 Partes de un transportador de cadena tipo redler

Las partes principales de un transportador de cadena tipo Redler son:

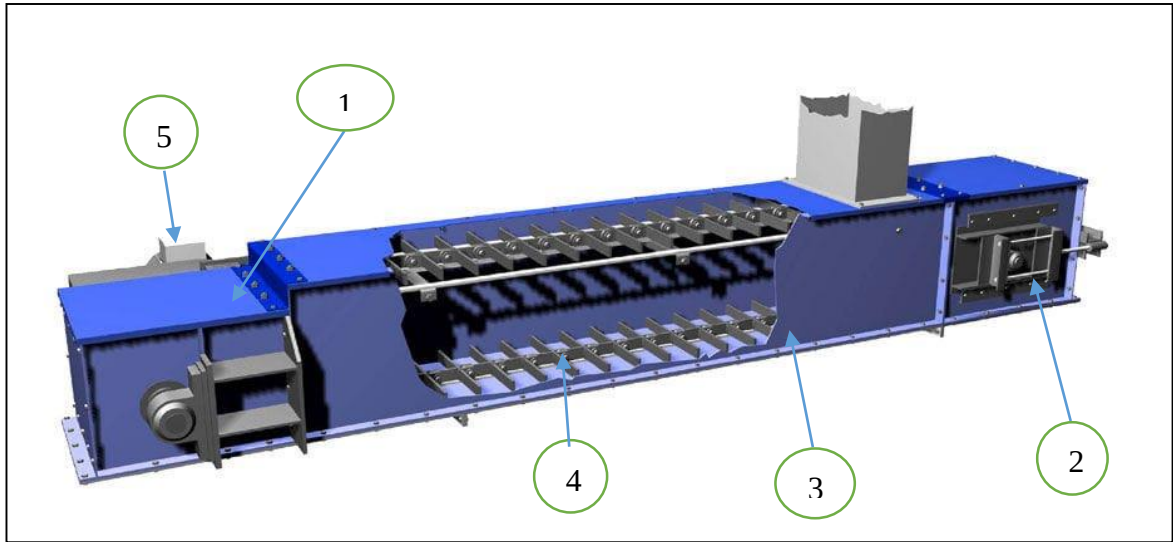


Figura 3-25. Transportador tipo Redler o rastra

1	Cabeza o estación motriz
2	Pie o estación tensora
3	Cuerpo
4	Conjunto de arrastre

1. Cabeza o Estación motriz

La estación motriz está compuesta por planchas de acero de un espesor mínimo de 5mm, modulada de forma simétrica a fin de facilitar el ajuste si es necesario en terreno para el lado derecho o izquierdo, con su tapa atornillada con salida de alivio, con rueda motriz entera, rodamientos tipo SN (estándar comercial), y sellado tipo fieltro.

i Conjunto de accionamiento

El accionamiento está constituido por un motor-reductor, de hasta 15 cv es tipo FA, con brazo de torsión fijado en el cuerpo de la cabeza, superior a 20 cv el accionamiento se debe con motor-reductor tipo KA con fijación en el piso / pasarela. Se observa en las figuras de abajo dos formas de construcción del módulo de accionamiento de un Transportador tipo rastra.

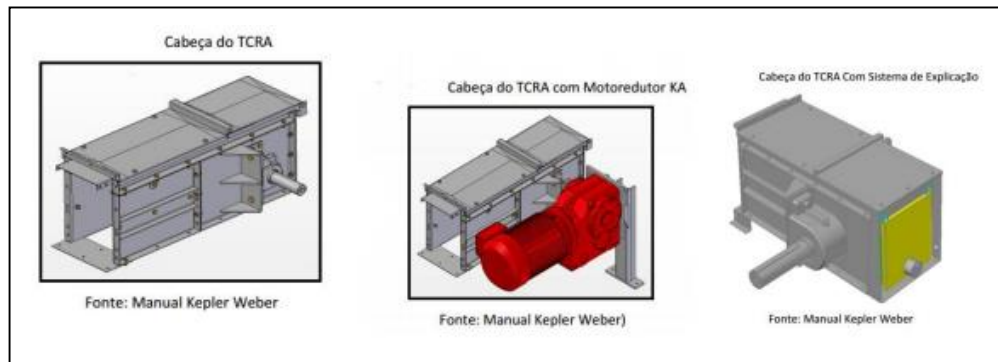


Figura 3-26. Pie o estaciones motrices de un transportador tipo rastra

2. Estación Tensora o pie

Esta parte del transportador está construido en planchas de acero galvanizado y pintado, armado por pernos, rodamientos tipo FC (estándar comercial) sellados. El conjunto eje-rodamientos se monta sobre una placa de acero gruesa, que se desliza sobre el carril, con guía para el estiramiento de la cadena, formando un sistema de estiramiento robusto y eficaz. Se observa en la figura abajo con tres vistas del pie del transportador.

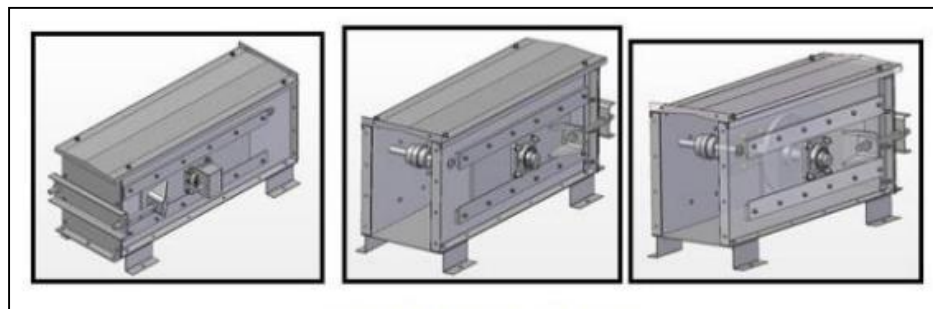


Figura 3-27. Estación tensora o pie

3. Cuerpo o estructura

Los transportadores Redler están compuesto de módulos los cuales son:

- Módulo estándar de 3000mm.
- Módulo de ajuste de 2000mm.
- Módulo de ajuste de 1000mm.

Cada módulo está compuesto por paredes laterales las cuales se fijan internamente por medio de un perfil, de cubierta atornillada, guías y otros componentes que varían según el tipo de modulo, en las siguientes figuras se muestra una configuración estándar.

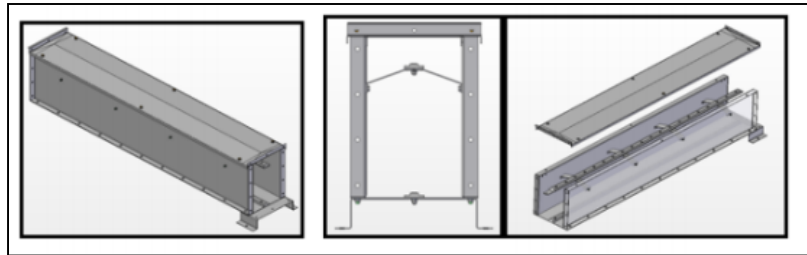


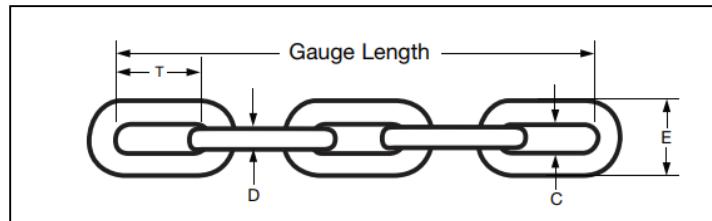
Figura 3-28. Cuerpo o estructura

4. Conjunto de arrastre

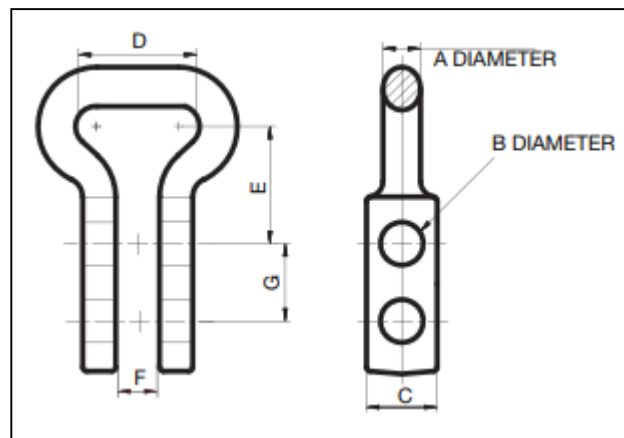
Las cadenas se consideran piezas de gran importancia dentro de un transportador del tipo redler. Las piezas de estos componentes son debidamente dimensionadas para atender las condiciones de transporte del equipo, tomando en consideración el tipo de material a transportar, la velocidad, la capacidad, longitud, peso específico, inclinación y demás factores de diseño así obtendremos dimensiones y accesorios de la cadena.

Este tipo de cadenas están diseñadas para el transporte de materiales granulares, frecuentemente abrasivos, por tal motivo son fabricadas con un acero de alta aleación y tratamiento térmico con una dureza de 470 – 515 HB.

Tabla 3-5. Selección de cadenas



Nominal Size D X T	D (mm)	Tolerance (mm)	T (mm)	Tolerance (mm)	Inside C Min (mm)	Outside E MAX (mm)	Test Force (MIN kN)	Breaking Force (MIN kN)	Operating Force (MAX kN)	Bend Test Deflection (mm)	Weight KG/M
14 X 50	14	(+/-)0.4	50	(+/-)0.5	17	48	185	246	154	14	4
18 X 64	18	(+/-)0.5	64	(+/-)0.6	21	60	305	405	254	18	6.6
22 X 86	28	(+/-)0.7	86	(+/-)0.9	26	73	456	608	380	22	9.5

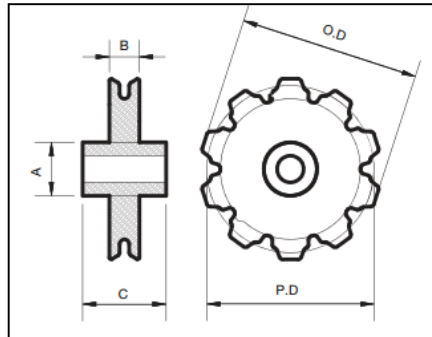


Dimensions are Inches								
Chain Size	A	B	C	D	E	F	Weight (LBS)	Bolt Size
14 X 50	0.56	0.69	1.16	1.97	1.89	0.69	0.75	5/8-11 UNC X 2-1/2
18 X 64	0.72	0.69	1.26	2.52	2.00	0.78	1.38	5/8-11 UNC X 3
22 X 86	0.90	0.98	1.96	3.38	2.95	1.22	3.50	M24 X 100

i. Elemento de transmisión Sproker

Los Sproker de cadena se moldean utilizando un acero de alta aleación con una dureza que fluctúa entre los 380-400 HB.

Tabla 3-6. Selección de sproker



Chain Size	Teeth	Dimensions are Inches					Weight (LBS)
		A	B	C	PD	O.D	
14 X 50	6	4.00	2.000	4.50	7.638	9.370	26
	8	4.50	2.000	4.75	10.079	11.811	39
	10	7.00	2.000	5.00	12.559	14.331	77
	11	8.25	2.000	5.00	13.858	15.591	94
	13	7.00	2.000	4.50	16.339	18.110	96
18 X 64	6	5.00	2.323	4.50	9.724	12.126	44
	8	5.75	2.323	6.00	12.913	15.354	79
	10	9.00	2.323	6.00	16.102	18.504	151
	11	10.50	2.323	6.00	17.717	20.079	198
	13	11.00	2.323	8.00	20.906	23.307	283
22 X 86	6	6.69	3.77	5.98	13.19	16.54	119
	8	10.94	3.77	6.77	17.40	20.71	260
	10	12.00	3.77	7.00	21.65	24.96	363

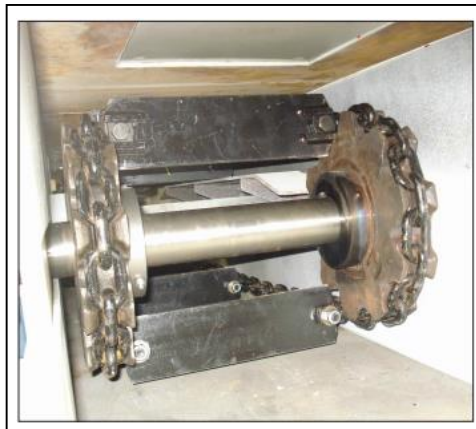


Figura 3-29. Sproker conducido transportador tipo rastra

ii. Eje de transmision

Un eje de transmisión es un componente mecánico destinado a transmitir el par y la rotación, y que suele utilizarse para conectar otros componentes del tren de transmisión que no se pueden conectar directamente debido a la distancia o la necesidad de permitir el movimiento relativo entre ellos.

El material el cual están construido comúnmente es el SAE 1045 es el acero para árboles más corrientemente usado, pues el mayor contenido de carbono le otorga una mayor dureza, mayor resistencia mecánica y un costo moderado.

3.7 **INFORME TÉCNICO TRANSPORTADOR REDLER**

3.7.1 Antecedentes generales

El objetivo de este informe es presentar de forma clara y detallada un trabajo técnico de investigación y desarrollo, para describir en qué estado o situación se encuentra el transportador tipo redler en estudio.

Como se vio en el capítulo anterior el transportador tipo de redler se compone de los siguientes componentes principales:

1. Cabeza o estación motriz
2. Pie o estación tensora
3. Cuerpo
4. Conjunto de arrastre

Se analizara este transportador por cada componente para para tener una idea clara del estado actual en que se encuentra este equipo.

a) Informe cabeza o estación motriz

Con respecto a este componente se inspecciono y evaluó las condiciones actuales en que se encuentra dando los siguientes resultados:

Tabla 3-7. Resumen Estación motriz

COMPONENTE	ESTADO
Parte estructural	Se encuentra en buen estado, solo con suciedad.
Eje de 50mm	Se aprecia en buenas condiciones, se recomienda un END para observar defectos internos.
Sproker	Se encuentran con desgaste
Rodamientos y soportes	Con suciedad y contaminación.
Conjunto moto reductor	Se encuentra con sus mantenciones al día. En buen estado.
Transmisión	Lubricada en buen estado



Figura 3-30. Estado actual del sistema de arrastre del transportador

b) Informe pie o estación tensora

Con respecto a esta parte del componente se inspecciono y evaluó su estado actual arrojando las siguientes conclusiones:

Tabla 3-8. Resumen Estación Tensora

COMPONENTE	ESTADO
Parte estructural	En buen estado, solo con suciedad.
Eje de 50mm	Se aprecia con golpes y abolladuras, se recomienda un END para observar defectos internos.
Sproker	Se aprecia con desgaste y corrosión.
Rodamientos y soportes	Con suciedad y contaminación.
Sistema tensor	Se encuentra con suciedad y corrosión.



Figura 3-31. Estación tensora o pie

c) Informe cuerpo del transportador

Se inspecciona de manera minuciosa este componente para evaluar su estado actual de este componente.

Tabla 3-9. Resumen del cuerpo del transportador

COMPONENTE	ESTADO
Parte estructural	En buen estado
Paredes laterales	En buen estado
Cubierta	En buen estado
Guías interiores	Con desgaste



Figura 3-32. Cuerpo del transportador

d) Informe conjunto de arrastre

Se procede a inspeccionar el conjunto de arrastre el cual arrojo las siguientes observaciones:

Tabla 3-10. Resumen conjunto de Arrastre

COMPONENTE	ESTADO
Cadenas	Se encuentran con desgaste y con corrosión.
Sproker motriz y conducido	Estos se encuentran con desgaste y con corrosión.
Zapatas de arrastre	Se encuentran en buen estado, faltando 4 zapatas.
Eje motriz	Se aprecia en buenas condiciones, se recomienda un END para observar defectos internos.
Eje conducido	Se aprecia con golpes y abolladuras, se recomienda un END para observar defectos internos.
Guías	Con desgaste y corrosión.



Figura 3-33. Conjunto de arrastre

3.7.1.1 Conclusión estado transportador Redler

A través del desarrollo de esta inspección e investigación del transportador tipo rastra auxiliar de cal se llegó a la siguiente conclusión:

- Estructuralmente el transportador se encuentra en buenas condiciones, el sistema motriz esta con sus mantenciones al día y en buenas condiciones.
- Ejes motriz y conducido realizar un examen END para chequear su estado interno.
- El conjunto de arrastre tanto como cadenas, Sproker motriz y conducido se encuentra con desgaste y corrosión.

3.7.1.2 Análisis de la información

Con respecto a la propuesta de mejora número 1, teniendo la información del estado actual del transportador y considerando que, tanto la parte estructural del transportador se encuentra en buenas condiciones y solo presenta daños el sistema de arrastre del equipo, se toma la decisión de cambiar el sistema de arrastre, conservando el sistema motriz, la parte estructural, y la recuperación de las zapatas del transportador.

A continuación se presentara una tabla con los repuestos necesarios para realizar la mejora en el transportador.

Tabla 3-11. Repuestos necesarios conjunto de arrastre

Repuestos	unidad	Cantidad
Cadena transportador 50 mm forjada	M	40
Rueda dentada, Z = 12, 2" C/chaveta forjada	c/u	4
Soporte de pie / rodamiento	c/u	4
Pernos $\frac{1}{2}$ * 2 $\frac{1}{2}$, C/ tuerca y golilla	c/u	150

Para ejecutar el trabajo se considera un plazo de 10 días, y una dotación de 7 personas los cuales deberán tener las siguientes especialidades.

- 1 Experto en prevención.
- 1 Supervisor
- 1 Soldador mecánico.
- 3 Mecánicos.

El tema de costos lo veremos en el capítulo “Estudio económico”

3.8 **REEMPLAZO POR UNA CINTA TRANSPORTADORA**

3.8.1 Antecedentes generales

En la actualidad, el procesamiento de un producto industrial, agroindustrial, agrícola y minero están sujetos a diferentes movimientos, ya sean en sentido vertical, horizontal e inclinados. Para cumplir este objetivo, son utilizados equipos con el nombre de cintas transportadoras. Las cintas transportadoras, vienen desempeñando un rol muy importante en los diferentes procesos industriales y esta se debe a varias razones entre las que destacamos; las grandes distancias a las que se efectúa el transporte, su facilidad de adaptación al terreno, su gran capacidad de transporte, la posibilidad de transporte diversos materiales (minerales, vegetales, combustibles, fertilizantes, materiales empleados en la construcción etc.)

Esta idea viene a generar un cambio radical en el transportador auxiliar de cal, ya que implica retirar el equipo existente y montar la cinta transportadora adaptándola a terreno, para cumplir la misma función del transportador redler. De parte de operaciones tiene una buena aceptación, dado los buenos resultados de estos equipos en el proceso, como por ejemplo la alimentación de cal apagada del filtro de lodos al tornillo helicoidal y este al horno de cal, dentro de otras ventajas que veremos a continuación.

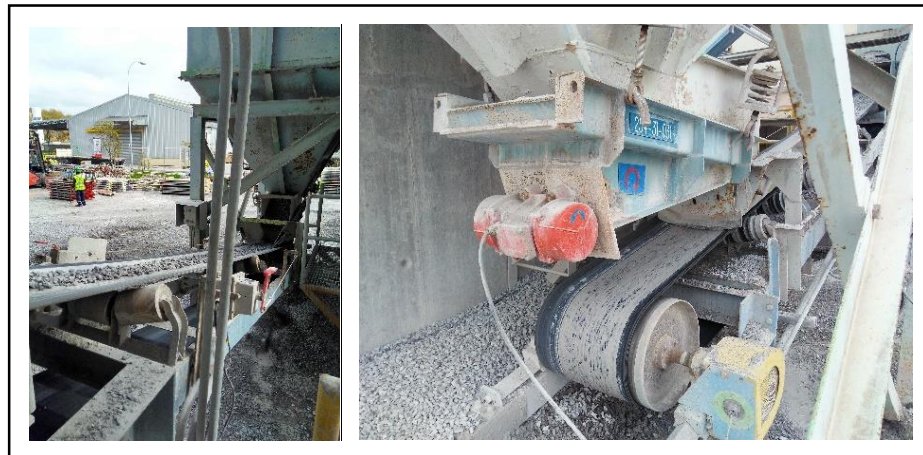


Figura 3-34. Cinta transportadora alimentadora de piedra caliza, Celulosa Arauco

i Capacidades a transportar y longitudes

Teniendo en cuenta el progreso realizado en la fabricación de bandas, tanto en anchuras (hasta 2m.), como en calidades, es corriente en la actualidad el transporte de hasta 10000 T/Hora, existiendo cintas que transportan hasta 50000 T/Hora; en lo que respecta a la longitud, existen cintas de hasta 30 Km.

ii Ventajas ambientales y de seguridad

Efectuando la cubrición de las cintas, es posible evitar la dispersión del polvo producido durante el transporte, contribuyendo a mantener una atmósfera limpia. En la actualidad es posible reducir por completo la emisión de polvo al exterior mediante la instalación de cintas tubulares, esto es importante si la cinta está próxima a núcleos urbanos.

iii Facilidad de carga y descarga

Aunque en general las cintas transportadoras se cargan en un extremo de las mismas, es posible efectuar la carga en un punto cualquiera de las mismas, mediante dispositivos diversos (Tolvas, descarga directa desde otra cinta, etc.).

La descarga de las cintas transportadoras se efectúa generalmente en cabeza, pero es posible hacerla también en cualquier punto fijo de las mismas, o de una forma continua, empleando disposiciones constructivas adecuadas, (Carros descargadores, llamados comúnmente Trippers).

3.8.2 PARTES PRINCIPALES DE UNA CINTA TRANSPORTADORA

3.8.2.1 Bandas transportadora

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

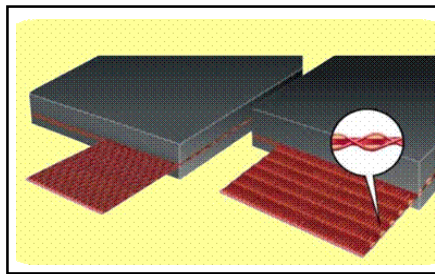


Figura 3-35. Tipos de bandas transportadoras

I. Tipos principales de bandas

Pueden llevarse a cabo las siguientes clasificaciones de las bandas:

a) Según el tipo de tejido:

- De algodón.
- De tejidos sintéticos.
- De cables de acero

b) Según la disposición del tejido:

- De varias telas o capas.
- De tejido sólido.

c) Según el aspecto de la superficie portante de la carga:

- Lisas (aspecto más corriente).
- Rugosas.
- Con nervios, tacos o bordes laterales vulcanizados.

II. Constitución de la banda

La banda al cumplir la función de transportar, está sometida a la acción de las siguientes influencias.

- De las fuerzas longitudinales, que producen alargamientos
- Del peso del material entre las ternas de rodillos portantes, que producen flexiones locales, tanto en el sentido longitudinal como en el transversal, y ello a consecuencia de la adaptación de la banda a la terna de rodillos.
- De los impactos del material sobre la cara superior de la banda, que producen erosiones sobre la misma.

Para soportar adecuadamente las influencias anteriores, la banda está formada por dos componentes básicos:

1. El tejido o carcasa, que transmite los esfuerzos.
2. Los recubrimientos, que soportan los impactos y erosiones.

El tejido, como es bien sabido, consta de la urdimbre o hilos longitudinales, y de la trama o hilos transversales; las posiciones relativas de urdimbre y trama. La urdimbre, que soporta los esfuerzos de tracción longitudinales, es en general bastante más resistente que la trama, la cual solo soporta esfuerzos transversales secundarios, derivados de la adaptación a la forma de artesa y de los producidos por los impactos. La rigidez transversal de la trama, no debe ser excesiva, con el fin de que la banda pueda adaptarse bien a la artesa formada por la terna de rodillos

Los recubrimientos o partes externas están formados por elastómeros (caucho natural), plastómeros (pvc.), u otros materiales.

1. Tejido o carcasa.

Los tejidos empleados en la actualidad, son los siguientes.

Tabla 3-12. Tejidos de las bandas y su designación abreviada

Nombre común	Designación abreviada
Algodón	B
Rayón	Z
Poliéster	E
Poliamida	P
Cables de acero	St

2. Recubrimientos

Los recubrimientos de goma sirven para unir los elementos constitutivos de la carcasa y constan de dos partes, la superior y la inferior. El espesor del recubrimiento de la carcasa está en función del tipo de aplicación de la banda y de la anchura de esta. Como se ha dicho, la goma es el elemento básico de los recubrimientos; tomando en consideración las propiedades mecánicas de resistencia, alargamiento y abrasión, las Normas DIN 22102 y 22131, han establecido las categorías W, X, Y, Z, las cuales se indican en la Tabla 13.

Tabla 3-13. Propiedades d los recubrimientos W, X, Y, Z.

Calidad de los recubrimientos	W	X	Y	Z
Resistencia a la tracción longitudinal (N/mm ²)	18	25	20	15
Alargamiento de rotura longitudinal (%)	400	450	400	350
Abrasión mm ³	90	120	150	250

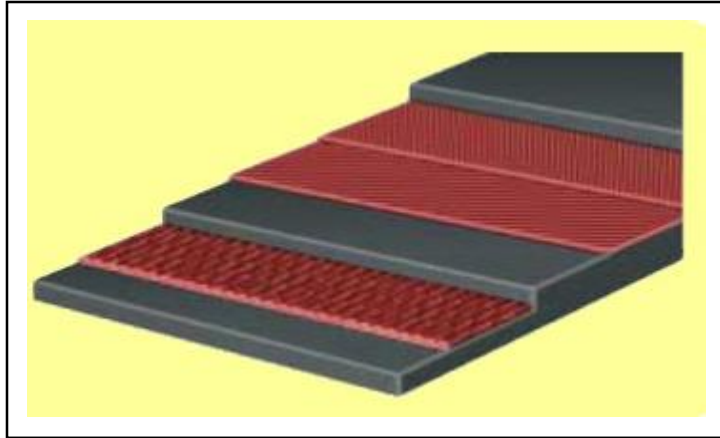


Figura 3-36. Recubrimientos especiales de las bandas transportadoras

3.8.2.2 Rodillos y Soportes

Los rodillos son uno de los componentes principales de una cinta transportadora, y de su calidad depende en gran medida el buen funcionamiento de la misma. Si el giro de los mismos no es bueno, además de aumentar la fricción y por tanto el consumo de energía, también se producen desgastes de recubrimientos de la banda, con la consiguiente reducción de la vida de la misma.

La separación entre rodillos se establece en función de la anchura de la banda y de la densidad del material transportado.



Figura 3-37. Ejemplo rodillo de cola

i Funciones de los rodillos

Las funciones a cumplir son principalmente tres:

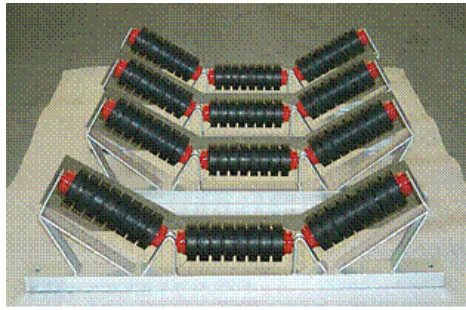
1. Soportar la banda y el material a transportar por la misma en el ramal superior, y soportar la banda en el ramal inferior; los rodillos del ramal superior situados en la zona de carga, deben soportar además el impacto producido por la caída del material.
2. Contribuir al centrado de la banda, por razones diversas la banda está sometida a diferentes fuerzas que tienden a decentarla de su posición recta ideal. El centrado de la misma se logra en parte mediante la adecuada disposición de los rodillos, tanto portantes como de retorno.
3. Ayudar a la limpieza de la banda ,aunque la banda es limpiada por los rascadores, cuando el material es pegajoso pueden quedar adheridos restos del mismo, que al entrar en contacto con los rodillos inferiores pueden originar desvíos de la misma; para facilitar el desprendimiento de este material se emplean rodillos con discos de goma (rodillos autolimpiadores).

ii Tipos de rodillos

Los más utilizados son:

- Rodillos de Alineación, sirven para alinear la banda dentro de la propia instalación.
- Rodillos de Impacto; recubiertos de discos de goma para absorber los golpes provocados por la caída de bloques en las tolvas de recepción.
- Rodillos de Retorno; los cuales están formados con discos de goma.
- Rodillo cilíndrico; con la superficie exterior lisa, tal como la obtenida mediante el empleo de tubos de acero; es el más empleado.

- Rodillo cilíndrico con aros de goma; son adecuados para soportar los fuertes impactos del material en las zonas de carga, mientras que si se montan en los rodillos de retorno, deben ser adecuados para facilitar la limpieza de la banda.



Rodillos de impacto



Rodillos de envío



Rodillo de retorno

Figura 3-38. Tipos de Rodillos

3.8.2.3 Tambores

Los tambores están constituidos por un eje de acero, siendo el material del envolvente acero suave y los discos, ya sea de acero suave o acero moldeado. La determinación de los diámetros del tambor depende del tipo de banda empleado, el espesor de las bandas o el diámetro del cable de acero, según sea el caso; a su vez estos espesores o diámetros dependen de la tensión máxima en la banda. Por lo tanto el diámetro exterior depende de la tensión en la banda.

i Principales Componentes

- Envolvente o manto cilíndrico y discos laterales, formando un solo cuerpo.
- Eje.
- Elementos de Unión.
- Recubrimientos.

ii Tipos de tambores y funciones que realizan

a) Desde el punto de vista de las funciones a desempeñar, hay dos grandes grupos:

- Tambores MOTRICES, que transmiten la fuerza tangencial a la banda
- Tambores NO MOTRICES, los cuales realizan la función de cambio de trayectoria de la banda y las cuales pueden dividirse en (Reenvió, Tensores, Desvió, Presión)

b) Dependiendo de la magnitud de la tensión

- Tambores Tipo A: Tambores motrices de alta tensión de la banda, con ángulo abrazado mayor de 30° (tambores motrices).

- Tambores Tipo B: Tambores en zona de baja tensión con ángulo abrazado mayor de 30° (tambores de cola).
- Tambores Tipo C: Tambores con ángulo abrazado menor de 30° (tambores de desvío).



Figura 3-39. Tambores Motrices

iii Tambor de tracción

Los Dispositivos de tensado cumplen las siguientes funciones:

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



Figura 3-40. Tambores de Tracción

3.8.2.4 Dispositivos de tensado

Como su nombre lo indica este dispositivo permite el tensado de la correa para lograr un perfecto funcionamiento del sistema. Este dispositivo puede ser de dos tipos: manual a tornillo (el más usual) o automático (para elevadores de grandes capacidades).

Se clasifican en:

- i Por su forma constructiva:
 - De lazo sencillo
 - De lazo múltiple

- ii Por la forma de aplicar la fuerza tensora:
 - Automática
 - Fija

- iii Por el equipo mecánico que aplica la fuerza:
 - Gravedad
 - Husillo
 - Cabrestante manual fijo
 - Cabrestante eléctrico fijo
 - Cabrestante eléctrico automático

- iv Por la situación del equipo de tensado:
 - En cabeza
 - En cola

No todas las posibilidades de combinación entre los aspectos o formas anteriores se presentan en la práctica; los más utilizados son el tensor Automático y Fijo.

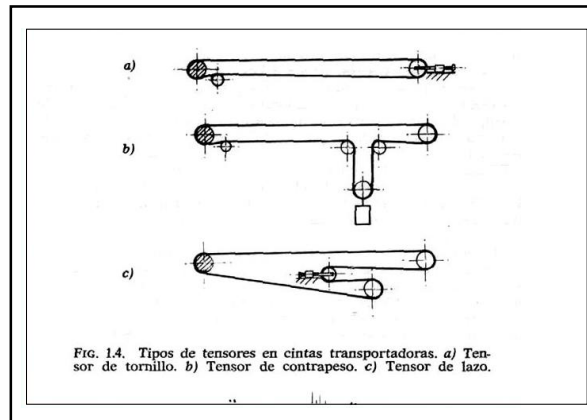


Figura 3-41. Tipos de sistema de tensión

3.8.2.5 Bastidores

Los bastidores son estructuras metálicas que constituyen el soporte de la banda transportadora y demás elementos de la instalación entre el punto de alimentación y el de descarga del material. Se compone de los rodillos, ramales superiores e inferior y de la propia estructura soporte.

Los bastidores son el componente más sencillo de las cintas, y su función es soportar las cargas del material, banda, rodillos y las posibles cubiertas de protección contra el viento.

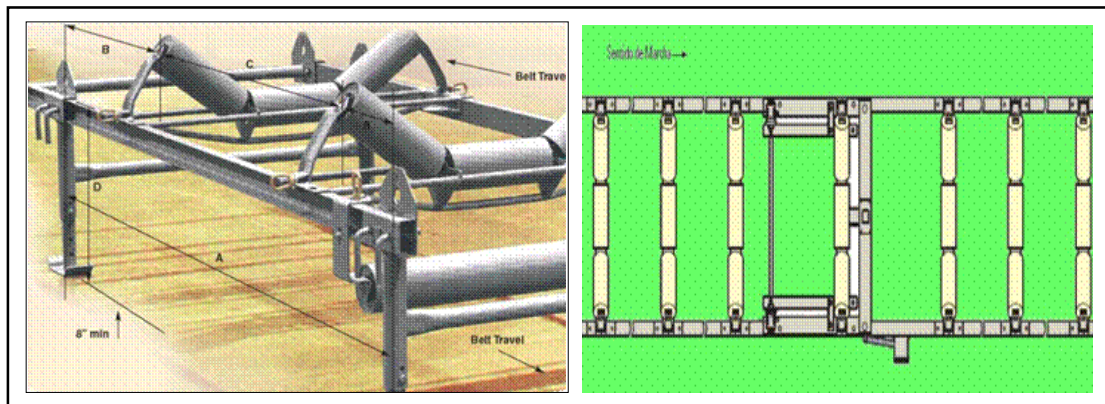


Figura 3-42. Ejemplo de Bastidores

El bastidor y sus componentes pueden clasificarse los bastidores en los siguientes tipos:

i Bastidor formado por 2 largueros metálicos

Generalmente son perfiles de acero laminado en UP. Estos perfiles se apoyan en patas que acostumbran ser del mismo perfil que los largueros, siendo la unión entre ambos rígida; esta disposición constructiva es la más corriente, siendo la adecuada para el montaje de soportes de rodillos, empleada en cintas de gran anchura de banda.

ii Bastidor tubular

Formado por tubos cuadrados o redondos, que se apoyan en patas Construidas también por tubos o por perfiles laminados.

3.8.2.6 Tolvas de carga y descarga

La carga y descarga de las cintas son dos operaciones a las cuales no se les concede la debida importancia, pese a que de ellas depende el que el material a transportar inicie adecuadamente su recorrido a través de la instalación.



Figura 3-43. Tolva de carga de minerales

3.8.2.7 Equipos de limpieza

La limpieza en las cintas transportadoras, aun siendo un problema de gran importancia económica durante el funcionamiento de las mismas, sigue estando sin resolver totalmente; es curioso que siendo de poco costo los equipos de limpieza, comparados con el total de la cinta, se escatime en los mismos.

Se escatima con una buena limpieza se obtienen ahorros importantes, pero hay que reconocer la dificultad en conseguir una buena limpieza en las cintas que transportan cierto tipo de materiales.

i Incidencia económica de una mala limpieza

La incidencia económica de la mala limpieza tiene tres aspectos:

- Pérdida de capacidad transportadora, cuyo valor es en general reducido.
- Costo de la mano de obra empleada en la limpieza del material fugitivo, depositado en bastidores y suelo, mantenimiento de los equipos de limpieza (rascadores) y atención al desvío de bandas, principalmente.
- En cintas de gran capacidad, y cuando se ha visto la imposibilidad de la limpieza de la banda en el ramal inferior, se instalan debajo de este y en las proximidades de la cabeza motriz, transportadores especiales de corta longitud, que recorren el material desprendido y lo incorpora a la vena principal.

3.8.2.7.1 Dispositivos de limpieza

i Rascadores actuando sobre el tambor motriz

- Rascador Pendular De Contrapeso, Con Tiras De Goma.
- Rascador "Principal" Con Láminas De Rascado Independientes y Tensión Por Brazo De Torsión.
- Rascador Previo.

ii Rascadores actuando sobre los demás tambores

- Rascador En V con Tiras De Goma.
- Rascadores Fijos En Diagonal.

Es el más popular, pero su eficacia es muy limitada. Se emplea en cintas sencillas sin grandes exigencias de limpieza.

iii Rascador con láminas de rascado independientes y tensión por brazo de torsión

Este rascador es mucho más eficaz que el anterior, pero si el material es muy pegajoso se forman montículos de barro que limitan mucho su eficacia, siendo necesario el empleo de un rascador previo.

iv Rascador previo

Situado antes del "principal". Se emplea cuando el material es pegajoso y de difícil limpieza, para facilitar el trabajo del "principal". El mayor problema con estos rascadores, es el de reposición de los elementos limpiadores, cuando ya estos se han desgastado.

v Sistemas de limpieza modernos

El avance tecnológico ha permitido el uso de quipos muy modernos los cuales realizan sus tareas de una manera eficiente.

En la actualidad existen equipos de limpieza de última tecnología aplicados a las Cintas Transportadoras, los cuales cuentan con sensores especiales, válvulas de aire, compresores de aire y otros dispositivos modernos, los cuales brindan una buena limpieza, siendo uno de sus principales inconvenientes su costo de Instalación.



Figura 3-44. Tipos de Rascadores

3.8.2.8 Acoplamientos

Entre el motor eléctrico y el reductor se dispone de un acoplamiento que sirve para amortiguar las vibraciones y sobrecargas y asegurar un arranque progresivo. Existen acoplamientos de alta y baja velocidad, a continuación se presentan algunos tipos de acoplamientos.



Figura 3-45. Ejemplo de algunos tipos de acoplamientos

i Frenos y mecanismos anti retorno.

Los frenos más utilizados son los de disco, situados en el eje del reductor. En algunos casos generalmente en cintas descendentes, se montan en el eje del tambor. En las cintas de pendiente además del freno se dispone de un sistema de anti retorno, su función consiste en retener la carga en las cintas inclinadas ascendentes, estos sistemas anti retorno actúa como un elemento de seguridad.

En las grandes cintas horizontales el frenado en cabeza puede ser insuficiente, por lo que una solución adoptada consiste en colocar un freno de disco sobre el tambor de retorno.

3.8.2.9 Reductores

Se emplean dos tipos de reductores en las cintas de gran potencia:

1. Reductores Suspendidos:

Son de montaje flotante. Esta disposición presenta la ventaja de precisar un espacio reducido, suprimiendo la alineación entre el tambor y reductor, el inconveniente es el de tener que desmontar el conjunto cuando se tiene que sustituir el tambor.

2. Reductores Clásicos:

Estos reductores son utilizados en las grandes instalaciones. La variante en reducción planetaria presenta la ventaja de un espacio más reducido. Esta disposición con acoplamiento de dientes mecanizados permite, mediante el desacoplamiento, la intervención rápida sobre un grupo y la marcha a bajo régimen del otro grupo, en el caso de un tambor motriz con grupos dobles de accionamiento.

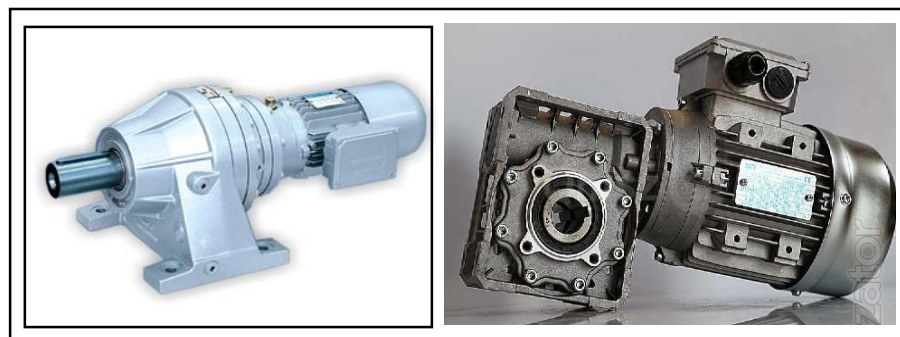


Figura 3-46. Tipos de reductores comúnmente utilizados

3.8.3.0 Selección de la correa transportadora

Para la selección de la correa transportadora se necesitaran las siguientes materiales y equipos para el montaje de esta. El siguiente cuadro nos permitira seleccionar el ancho de la cinta transportadora, la capacidad, y la potencia necesaria del motor para la capacidad requerida. (Este cuadro es referencial, ya que el calculo de una cinta transportadora no se vera en este proyecto)

Tabla 3-14. Selección de la correa transportadora

Modelo	Ancho de la banda (mm)	Velocidad de la banda (m/s)	Capacidad de transporte (t/h)	Potencia (L<30m) (Kw)
B500	500	1.0 -2.0	100-200	4-7.5
B650	650	1.0 -2.0	190-300	4-11
B800	800	1.0 -2.0	300-600	5.5-18.5
B1000	1000	1.0 -2.0	490-900	7.5-22
B1200	1200	1.0 -2.0	730-1400	11-30

Los equipos necesarios para realizar el cambio del transportador redler por una cinta transportadora son los que a continuación se describen:

Tabla 3-15. Repuestos y equipos necesarios

Equipos	cantidad
Estación o bancada (m)	8,2m
Reductor de velocidad 1: 15	1 c/u
Motor eléctrico 4 hp	1 c/u
Polín motriz c/ recubrimiento(16" * 24")	1 c/u
Polín conducido (16" * 24")	1 c/u
Soporte de pie UCP – 210	4 c/u
Estaciones de carga diámetro 5" * 24"	5 c/u
Polín de retorno diámetro 5" * 24"	2 c/u
Cinta Cautec 220-2 telas espesor 3/16" x 1/16" cubierta tipo GN ancho 24"	17mts

3.8.3.1 Consideraciones al montaje de la cinta transportadora

Dada las condiciones del cambio de este transportador se puede mencionar que hay que tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- La correa transportadora quedara en la misma posición donde se encontraba el transportador.
- La correa transportadora se debe considerar con cubierta protectora en todo su longitud.
- La tolva de carga se modificara, por una de mayor capacidad

3.8.3.2 Información técnica de la cinta transportadora

Tabla 3-16. Información Técnica cinta transportadora

Correa	:	Caucho Cautec 220-2 Telas espesor 3/16"x1/16" cubierta tipo GN ancho 24"
Capacidad	:	20 ton
Velocidad	:	72 m/min
Material	:	Cal
Peso específico	:	1200 kg/m ³
Polín Motriz	:	16" x 24"
Polín de Cola	:	16" x 24"
Estación de carga	:	5" x 24" cantidad 5
Estación de retorno	:	5" x 26" cantidad 3
Motor eléctrico	:	4hp
Reductor	:	I = 15
Distancia entre polines	:	8,2 mts.

CAPITULO 4: ESTUDIO ECONOMICO

4. ESTUDIO DE COSTOS

4.1 Antecedentes generales

El siguiente estudio económico tiene como propósito poder evaluar la pérdida económica que implica la disminución de productividad del transportador auxiliar de cal, y así analizar y comparar con los costos que generaran las posibles mejoras que se podrán implementar en el equipo y su influencia en la productividad.

Además se considerara el impacto que generara estas mejoras desde el punto de vista de productividad y ganancia.

4.1.1 Estimación de la pérdida de producción por carga de cal externa

Según la información entregada por producción de la planta de celulosa, el digestor que es donde se realiza el proceso químico de separación de la lignina y la fibra, por medio del licor blanco que llega del área de caustificación, trabaja de manera óptima a 15 rpm, por cada rpm según los datos entregados corresponde a 104 toneladas de celulosa por día de trabajo. Eso da un total de 1560 toneladas por día de producción de celulosa. Dando un total de 65 T/h de celulosa.

Cuando por motivos de fuerza mayor se detiene el horno y hay que cargar cal por medios externos, el transportador auxiliar de cal trabajando de manera óptima reduce el abastecimiento de cal a 10 T/h, esto es un 52,6% de la producción de cal con respecto a la producción del horno, por motivos propiamente tales del proceso. Por tal motivo, se reduce la velocidad en el digestor a 12 Rpm y esto multiplicado por 104 T/h de celulosa equivale a 1248 T/día. Dando como resultado 52 T/h.

Considerando esto cuando se carga cal por medios externos hay una pérdida de producción de 13 T/h esto equivale a un 20% menos de producción de celulosa.

Además tenemos que considerar el factor de baja productividad del transportador auxiliar de cal el cual tiene una producción nominal de 10 T/h de cal, pero por motivos ya

explicados con anterioridad su producción promedia los 8,4 T/h de cal lo cual afecta directamente la producción de celulosa.

Si tenemos que, cuando el transportador auxiliar de cal carga la producción nominal (10 t/h), el digestor trabaja a 12 Rpm, pero el transportador por la baja productividad está cargando 8,4 T/h ; por regla de tres simple el digestor baja sus rpm a 11.47 Rpm dando como resultado una producción de celulosa de 1192.88 T/día de celulosa esto quiere decir que produce 49,7 t/h.

Esto quiere decir una pérdida de 2.3 T/h de celulosa por concepto de baja productividad del transportador.

A continuación lo explicado anteriormente se resumirá en el siguiente cuadro

Tabla 4-17. Estimación de la pérdida de Celulosa por déficit de productividad

	Producción normal horno cal 19 T/h	Horno de cal detenido carga externa de cal 10 T/horas nominal	Horno de cal detenido carga de cal externa, transportador auxiliar condición actual 8,4 T/h
Rpm Digestor	15 Rpm	12 Rpm	11,47 Rpm
Factor de producción	104 T/día	104 T/día	104 T/día
P. Celulosa por hora	65 T/horas	52 T/horas	49 T/horas
% Producción	Normal	80%	75,38%
Total Producción Día	1560 T/día	1248 T/día	1192 T/día
Perdida producción	0	312 T/día	368 T/día
P.P. transportador auxiliar de cal con problemas / día	-	0	56 T/día
P.P. transportador auxiliar de cal con problemas /hora	-	-	2.3 T/horas

4.2 **CAMBIO DEL SISTEMA DE ARRASTRE DEL TRANSPORTADOR**

Como se mencionó en el capítulo anterior esta idea viene a mejorar el transportador por medio del cambio del sistema de arrastre del equipo, el cual tiene desgaste por fatiga mencionado en anteriormente.

Para realizar esta mejora se necesitara los siguientes repuestos, además de la mano de obra, para lo cual se consideró la ejecución de los trabajos por una empresa externa.

En la siguiente tabla N°18 se presenta los valores desglosados, los cuales serían necesario para la implementación de esta mejora.

4.2.1 **Tabla N°18 Estimación de costos de Repuestos y mano de obra**

Tabla 4-18. Estimación de Costos, reemplazo sistema de arrastre

Descripción	Cantidad	Valor unitario \$	Total \$
Cadena transportadora 50mm forjada	40 mts	23.577	943.080
Rueda dentada N° 2342 VB DIN 22252.	4 c/u	404.496	1.617.984
Soporte pie UCP – 120	4 c/u	41.229	164.917
Pernos 5/8 * 2 ½ grado 5 (completo)	150 c/u	759	113.850
Empresa contratista			4.200.000
TOTAL			7.039.831

Con respecto a lo indicado en la tabla N°18, la inversión estimada para realizar la mejora, que consiste en el cambio del sistema de arrastre del transportador auxiliar de cal corresponde a \$ 7.039.831.

Utilizando el cambio del dólar que corresponde a \$ 669 pesos por dólar, con fecha 25/01/2019 la inversión para la mejora en dólares corresponde a US \$ 10.522.

4.3 **CAMBIO POR UNA CORREA TRANSPORTADORA**

Para realizar esta mejora se debe retirar el transportador tipo rastra, para el posterior montaje de la correa transportadora.

4.3.1 Costo del retiro del transportador tipo rastra

Descripción	Cantidad	Valor unitario	Total
Arriendo de Grúa	5 horas.	50.000	250.000
Arriendo de camión	5 horas	30.000	150.000
Empresa contratista (mano de obra)	1	1.200.000	1.200.000
TOTAL			1.600.000

4.3.2 Estimación de costos de la correa transportadora

Tabla 4-19. Estimación de costos correa transportadora

Descripción	Cantidad	Valor Unitario	Total
Motor eléctrico 4 H	1	358.584.	358.584
Reductor de velocidad i=15	1	600.000.	600.000.
Polín motriz (16 x 24") recubierto	1	926.000.	926.000
Polín conducido (16 x 24")	1	606.000	606.000
Estaciones de carga 24"	6	185.000	1.110.000
Polín de carga Diámetro 5"x 24"	2	60.000	120.000
Polín de retorno diámetro 5" x 26"	3	80.000	240.000
Cinta de caucho tipo EP 500/3 3/16 x 1/16 largo 16 mts x 24" ancho	16 mts	34.800	556.800
Cubierta protectora	8mts	80.000	640.000
Montaje cinta transportadora	1	3.200.000	3.200.000
Remodelación tolvas Carga/ descarga	2	950.000	1.900.000
Desmontaje Transportador existente	1	1.600.000	1.600.000
TOTAL			11.857.384

Con respecto a lo indicado en la tabla N°19, la inversión estimada para realizar la mejora, que consiste en el cambio del transportador tipo rastra, por una correa transportadora tiene un valor estimado de \$ 11.857.384.

Utilizando el cambio del dólar que corresponde a \$ 669 pesos por dólar, con fecha 25/01/2019 la inversión para la mejora en dólares corresponde a US \$ 17.724.

4.4 **ESTIMACION DEL BENEFICIO ECONOMICO**

El beneficio económico del proyecto corresponde a la mejora de la productividad de este equipo lo que se traducirá en un aumento de producción de celulosa.

Estos equipos después de la mejora quedaran en condiciones de producir las 10 T/horas de cal lo cual involucra un aumento de 1,6 T/horas de cal y en producción de celulosa corresponde a 2.3 T/horas.

Si consideramos que la tonelada de celulosa tiene un valor de US\$ 250, por cada hora de trabajo se generarían US\$ 575, equivalente a \$ 384.675.

Lo explicado anteriormente se resume en la siguiente tabla

Tabla 4-20. Estimación del beneficio Económico

Transportador auxiliar de cal	Antes del proyecto	Después del proyecto	Ganancia
Producción de Cal externa	8,4 T/h	10 T/h	1,6 T/h
Digestor Rpm	11,47	12	0,13
Factor de producción	104	104	-
Producción Celulosa x Día	1.192 T/d	1.248 T/d	56 T/d
Producción Celulosa x Hora	49,6 T/h	52 T/h	2,3 T/h

1 tonelada de celulosa = 250 \$ US	2,3 * 250 = 575 \$ US (575*669= \$ 384.7675.)
------------------------------------	---

4.5 **ANALISIS DE LA INFORMACION**

Con la información económica vista anteriormente podemos concluir que:

- El cambio del sistema de arrastre del transportador el cual tiene un costo de \$ 7.039.831. Se pagaría en un plazo de 20 horas de servicio continuado del transportador.
- El cambio del transportador por una correa transportadora, el cual tiene un costo de \$ 11.857.384. Se pagaría en un plazo de 30 horas de servicio continuado del transportador.

Además tenemos que considerar que este equipo es de carácter alternativo, y su principal objetivo es cuando detiene el horno por la formación de anillos interiores, lo cual está ocurriendo aproximadamente cada 14 meses de funcionamiento del horno en promedio, sin considerar las detenciones por problemas en el filtro de lodos, donde igual se requiere el uso del transportador auxiliar de cal, en lapsos de tiempo más cortos.

4.6 **RECOMENDACION**

Finalmente con la información proporcionada, podemos decir, que la alternativa de realizar el cambio al sistema de arrastre del transportador auxiliar de cal es la opción más recomendable, basados en la información proporcionada y analizando el resultado de las herramientas estratégicas, las cuales nos mostraron que los problemas de productividad y confiabilidad del transportador son debido a la fatiga de material propia de la antigüedad de este transportador, el cual data de los años 90 y donde se han realizado solo mantenciones de carácter correctivas.

CONCLUSION

Los transportadores ya sean del tipo cadena o cintas transportadoras cumplen una función imprescindible dentro de la industria, a través de este proyecto de titulación se ha tratado de demostrar la importancia del mantenimiento de estos equipos industriales, y se ha demostrado desde el punto de vista productivo y económico, las pérdidas que implican mantener estos equipos en condiciones no óptimas.

Como resultado de la presente investigación con respecto al transportador auxiliar de cal línea 2 en celulosa Arauco planta horcones, podemos decir, que se han cumplido los objetivos planteados en este proyecto. Se han generado ideas para mejorar la productividad y la confiabilidad del transportador auxiliar de cal en celulosa Arauco, área caustificación horno de cal línea 2. Mediante el trabajo metódico de análisis y estudio de este equipo, y para ello se han utilizado herramientas estratégicas de análisis necesarias que nos ha permitido identificar la causa raíz del problema de este transportador; y por consiguiente con la información proporcionada nos ha permitido presentar propuestas para mejorar el estado actual de este equipo.

Además podemos concluir que la evidencia empírica con respecto del servicio de este tipo de transportador, ya sea en la planta de celulosa Arauco u otro tipo de plantas industriales, es muy recomendable siempre y cuando se realice una adecuada gestión del mantenimiento que con relación a este equipo fue deficiente.

BIBLIOGRAFIA

S.A, Biblioteca planta celulosa Arauco 1978. Celulosa Arauco: s.n, 1978

SCRIBD Biblioteca Virtual (en línea).

<https://es.scribd.com/doc/47415782/Proceso-Productivo-Celulosa-Kraft>

SCRIBD Biblioteca Virtual (en línea)

<https://es.scribd.com/document/129668652/celulosa-pdf>

ANEXO**RESPALDO MANTENCION GENERAL TRANSPORTDOR AUXILIAR DE CAL L2**

Orden	ZAM	94702678	Mantencion transportador Auxiliar																																
Mantencion transportador Auxiliar Se debe realizar mantención mayor a transportador auxiliar de cal. los puntos a intervenir son los siguientes: 1.- cambio de cadena de arrastre. 2.- cambio de ejes motriz y conducido. 3.- fabricación y montaje de zapatas nuevas. 4.- cambio de soportes de pie de los dos ejes. 5.- cambio de sprokets conducido y motrices.																																			
Stat.sist.	LIB. NOTP IMPR FENA MACO MOVN NLIQ PR... PROG GAST																																		
Datos cab.	Oper.	Componentes	Costes																																
<table border="1"> <tr> <td colspan="2">Responsable</td> <td colspan="2">Aviso</td> </tr> <tr> <td>Gpo.plan.</td> <td>HCC / CE01</td> <td>Caustif. Horno Cal</td> <td>18061644</td> </tr> <tr> <td>Rs.pto.tr.</td> <td>121 / CE01</td> <td>Mec.de Caustifica...</td> <td>Costes</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td></td> <td>10.215.070 CLP</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td></td> <td>Cl.activ.PM</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td></td> <td>013 Correctivo plani...</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td></td> <td>EstdInstal</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td></td> <td>2 Equipo F/S Sin</td> </tr> </table>				Responsable		Aviso		Gpo.plan.	HCC / CE01	Caustif. Horno Cal	18061644	Rs.pto.tr.	121 / CE01	Mec.de Caustifica...	Costes				10.215.070 CLP				Cl.activ.PM				013 Correctivo plani...				EstdInstal				2 Equipo F/S Sin
Responsable		Aviso																																	
Gpo.plan.	HCC / CE01	Caustif. Horno Cal	18061644																																
Rs.pto.tr.	121 / CE01	Mec.de Caustifica...	Costes																																
			10.215.070 CLP																																
			Cl.activ.PM																																
			013 Correctivo plani...																																
			EstdInstal																																
			2 Equipo F/S Sin																																
<table border="1"> <tr> <td colspan="2">Fechas</td> <td colspan="2">Prioridad</td> </tr> <tr> <td>Inic.extr.</td> <td>19.09.2018</td> <td>3 Media</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Fin extr.</td> <td>25.09.2018</td> <td>Revisión</td> <td>CE01_S38 SEMANA SAP 38</td> </tr> </table>				Fechas		Prioridad		Inic.extr.	19.09.2018	3 Media		Fin extr.	25.09.2018	Revisión	CE01_S38 SEMANA SAP 38																				
Fechas		Prioridad																																	
Inic.extr.	19.09.2018	3 Media																																	
Fin extr.	25.09.2018	Revisión	CE01_S38 SEMANA SAP 38																																
<table border="1"> <tr> <td colspan="2">Objeto de referencia</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Ubic.técn.</td> <td>CA02-254-FBC-0220...</td> <td>TRANSPORTADOR CADENA AUXILIAR CAL L2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Equipo</td> <td>CE01TRA1454</td> <td>TRANSPORTADOR DE CADENA</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Conjunto</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>				Objeto de referencia				Ubic.técn.	CA02-254-FBC-0220...	TRANSPORTADOR CADENA AUXILIAR CAL L2		Equipo	CE01TRA1454	TRANSPORTADOR DE CADENA		Conjunto																			
Objeto de referencia																																			
Ubic.técn.	CA02-254-FBC-0220...	TRANSPORTADOR CADENA AUXILIAR CAL L2																																	
Equipo	CE01TRA1454	TRANSPORTADOR DE CADENA																																	
Conjunto																																			
<table border="1"> <tr> <td colspan="4">Primera operación</td> </tr> <tr> <td>Operación</td> <td>Desconectar motor electrico 254-31069</td> <td>ClvCá</td> <td>Calcular trabajo</td> </tr> <tr> <td>PtoTrab/Ce</td> <td>221 / CE01</td> <td>ClvCtrl</td> <td>PM01</td> </tr> <tr> <td>Cl.activ.</td> <td>REPARA</td> <td></td> <td>☐ MAF</td> </tr> <tr> <td>TrabInvert</td> <td>0,5 HH</td> <td>Cantidad</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Dur.oper.</td> <td>0,5 H</td> <td></td> <td>☐ Comp.</td> </tr> <tr> <td>Nº pers.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>				Primera operación				Operación	Desconectar motor electrico 254-31069	ClvCá	Calcular trabajo	PtoTrab/Ce	221 / CE01	ClvCtrl	PM01	Cl.activ.	REPARA		☐ MAF	TrabInvert	0,5 HH	Cantidad	1	Dur.oper.	0,5 H		☐ Comp.	Nº pers.							
Primera operación																																			
Operación	Desconectar motor electrico 254-31069	ClvCá	Calcular trabajo																																
PtoTrab/Ce	221 / CE01	ClvCtrl	PM01																																
Cl.activ.	REPARA		☐ MAF																																
TrabInvert	0,5 HH	Cantidad	1																																
Dur.oper.	0,5 H		☐ Comp.																																
Nº pers.																																			

ANEXO N° 2

GASTO MANO DE OBRA

INFORME Y PRESUPUESTO DE TRABAJO					
MONTASUR SpA		RUT: 78.583.788-9		FONO/MOVIL: 873271420	
DOMICILIO:		LOS SAUCES 300 GABRIELA MISTRAL, LOTA			
CORREO ELECTRONICO:		montasurenri@gmail.com			
ORDEN DE COMPRA:		N°			
PLANTA / AREA:		Celulosa Arauco, planta Arauco			
SOLICITANTE:					
FECHA:		01/12/2018		N°0112	
MANO DE OBRA					
ITEM	DESCRIPCION DE TRABAJO A REALIZAR				
A	de arrastre transportador de cal, los trabajos contemplan el cambio de Sproker, cadenas, descansos, y ~~reparación y m~~				
	Detalle	Cantidad	Unidad de Medida	Valor Unitario Neto	Total
	SUPERVISOR	24	HH	\$ 10.000	\$ 240.000
	Experto en ~~construcción~~	24	HH	\$ 10.000	\$ 240.000
	SOLDADOR AL ARCO	24	HH	\$ 7.500	\$ 180.000
	MAESTROS	72	HH	\$ 6.500	\$ 468.000
	COLACIONES	18	C/U	\$ 5.000	\$ 90.000
	TRASLADO	18	C/U	\$ 4.500	\$ 81.000
SUB TOTAL					\$ 1.299.000
MATERIALES Y EQUIPOS					
ITEM	Detalle	Cantidad	Unidad de Medida	Valor Unitario Neto	Total
	Traslado de materiales	1	U	\$ 60.000	\$ 60.000
	EPP	5	U	\$ 50.000	\$ 250.000
	soldadura INOX 309-L16	5	KG	\$ 27.000	\$ 135.000
	Maquina soldadora	3	U	\$ 40.000	\$ 120.000
	Equipo ó corte	3	U	\$ 100.000	\$ 300.000
	Amoladora 4 1/2	2	U	\$ 5.000	\$ 10.000
	Amoladora 7"	2	U	\$ 5.000	\$ 10.000
	disco de corte 7"	10	U	\$ 2.200	\$ 22.000
	disco desaste 7"	4	U	\$ 2.500	\$ 10.000
	disco de corte 4 1/2"	10	U	\$ 2.000	\$ 20.000
SUB TOTAL					\$ 937.000
GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS					\$ 120.000
RESUMEN DE PRESUPUESTO:					
MANO DE OBRA		\$ 1.299.000			
MATERIALES Y EQUIPOS		\$ 937.000			
GASTOS GENERALES Y ADMINISTRATIVOS		\$ 120.000			
UTILIDAD		\$ 1.844.000			
TOTAL PRESUPUESTO NETO		\$ 4.200.000			
MAS IVA					
CONDICIONES DE PAGO 30 DIAS					

ANEXO 3

VALOR SPROKER VISTO EN EL EXTRANJERO



Cadena/piñones para minas de carbón máquinas

ENVIAR A ESTA CONVERSACIÓN

to our cooperation

Esta persona no es contacto suyo.
[Añadir como contacto actual](#)

Ahora que el envío está fuera de servicio, le daré el precio solo como la referencia del precio en fábrica para el tipo de cambio actual: cadena 14x50 precio 3,62 / m; piñón 18x64 precio 6,55 / m; piñón 14x50 y 18x64 precio es 42,23 /

ANEXO 4

VALORES DE ALGUNOS COMPONENTES Y REPUESTOS

<i>Lst.movimientos mercancías p.orden: lista movimientos de mercancías</i>											
	Pos	Reser...	MovM	Orden	Material	Texto breve de material	Ctd.UME	Unidad	Importe ML	Mon.	Fecha contab.
	1		3	93433086		desmontaje de cadena por carguio de cal	1,00		1.689.200	CLP	27.02.2014
	1		2	94189080	37810	PERNO,MÁQ:3/4" D,10 UNC,4-1/2" L,HEX CAB	26,00	C/U	11.149	CLP	13.10.2016
	4		2	94189080	37861	PERNO,MÁQ:5/8" D,11 UNC,4-1/2" L,HEX CAB	10,00	C/U	2.958	CLP	13.10.2016
	2		2	94189080	37459	TUERCA,HEX:3/4" D,10 UNC,5/8" H,ACERO AL	26,00	C/U	1.796	CLP	13.10.2016
	3		2	94189080	38437	ARAND,PLANA:3/4",DI 0,807" X DE 1-1/2",1	52,00	C/U	1.286	CLP	13.10.2016
	6		2	94189080	88526	ARAND,PLANA:5/8",DE 1-3/8",1/8" ESP,ACER	20,00	C/U	444	CLP	13.10.2016
	5		2	94189080	94436	TUERCA,HEX:5/8" D,11 UNC,ACERO ALEADO,SA	10,00	C/U	380	CLP	13.10.2016
									C/U	1.707.213	CLP

	Pos	Nº reserva	MovM	Orden	Material	Texto breve de material	Ctd.UME	Unidad	Importe ML	Mon.	Fecha cont
	1	112403726	1	94702678	783552	RUEDA DENT:Z=12,2",CHAVT C/	4,00	C/U	6.471.940	CLP	01.08.2018
	2	112403726	1	94702678	783554	CAD, TRANSP:ARRAST,50MM,FORJ	40,000	M	943.080	CLP	01.08.2018
	1		2	94702678	712922	RASPD,D/CORREA:TRANSPORTADOR,A 500MM X L	1,00	C/U	95.066	CLP	28.02.2018
	2		2	94702678	186448	PERNO,ANCL:1/2"D,20 UNC,4-1/2"L,1-1/4"L	5,00	C/U	9.640	CLP	02.08.2018
	3		2	94702678	94161	CHISPR:OXIACETILÉNICO,D 11/8" X L 19"	1,00	C/U	1.566	CLP	02.08.2018
									C/U	7.521.292	CLP
									M		

ANEXO N° 5

VALORES DE COMPONENTES DE CINTA TRANSPORTADORA

CONVEYOR BELT						FECHA	
Com.de Productos y Serv.Indust.Ltda.						27-11-218	
RUT: 77.328.190-2		☐		NOTA PEDIDO			
Camilo Henriquez 2981							
Fono(41)910400 Fax (41)91040		☒		COTIZACION		N° 28600	
CONCEPCION							
e-mail: atorres@conveyorbelt.cl		☐		ORDEN/ COMPRA			
Señor (es)		MONTASUR LTDA					
Rut.							
Dirección				Ciudad		ARAUCO	
Atención		WILIAM CISTERNA		Fono			
				Fax			
Item	Cant.	Unid	PRODUCTO		P. UNIT.	TOTAL	
1	16	M	CINTA DE CAUCHO EP 500/3; 3/16 x 1/16 LARGO 16 M X 24" ANCHO.		34.800	556.800	
2	1	C/U	RODILLO MOTRIZ (16" X 24") RECUBIERTO		926.000	926.000	
3	1	C/U	RODILLO CONDUCCION (16" X 24")		606.000	606.000	
4	6	C/U	ESTACIONES DE CARGA 24"		185.000	1.110.000	
5	3	C/U	POLIN DE RETORNO 5" X 26"		80.000	240.000	
6	8	M	CUBIERTA PROTECTORA 24" ANCHO		80.000	640.000	
						-	
						-	
						-	
						-	
						-	
						-	
						-	
						-	
						-	
						-	
						-	
Forma de Pago:			CHEQUE ADJ 30 D.		NETO	4.078.800	
Plazo de entrega:			2 DIAS		IVA	774.972	
Validez de la Ofert			10 DIAS		TOTAL	4.853.772	
Observaciones:							
					ALBERTO TORRES		
					CONVEYORBELT		
					90503466		