

**Universidad del Bío – Bío  
Facultad de Ingeniería  
Depto.Ingeniería Industrial**

**Profesora Guía:  
Leticia Galleguillos Peralta**

**“PROPUESTA DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL PARA  
LA LINEA ZINCALUM DE LA COMPAÑIA SIDERURGICA  
HUACHIPATO S.A.”**

**TRABAJO DE TITULACION PRESENTADO EN CONFORMIDAD A LOS  
REQUISITOS PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL**

**Concepción, mayo de 2009**

**Marcelo Alexis Muñoz Aguilar**

## **AGRADECIMIENTOS**

Mis más sinceros agradecimientos a Giorgio Gauci por darme la oportunidad de realizar mi proyecto de título en la Cia. Siderúrgica Huachipato y en especial a Jaime Ponce, Juan Garrido y Renato Saldivia por su ayuda y compañerismo, además a todo el personal de la línea zincalum.

Agradecer a mi familia y amigos por el implícito apoyo brindado.

Por último dar las gracias a todo aquél ser que de una u otra forma ha ayudado en la realización de este proyecto.

## Resumen

El presente proyecto tiene como objetivo proponer una estrategia que ayude a mejorar la gestión del mantenimiento de la Línea Zincalum de la Cia. Siderúrgica Huachipato, reduciendo al máximo las averías de los equipos y los productos defectuosos, mediante la aplicación del Mantenimiento Productivo Total (TPM). El tema se origina con el fin de aumentar la confiabilidad de los equipos y mejorar los resultados de producción en la línea.

El TPM es una forma de gestión de estilo japonés que tiene como objetivo principal llegar a cero averías en los equipos y cero productos defectuosos. En otras palabras, lo que busca es conseguir mediante una estrategia de mantenimiento, aumentar la disponibilidad de los equipos, elevar su rendimiento y mejorar la calidad de la producción. Todo esto se puede medir con el índice “Eficacia Global de la Línea”. El Mantenimiento Productivo Total también se basa en las buenas comunicaciones en donde es fundamental que exista un sistema hombre-máquina óptimo y por supuesto un ambiente adecuado para trabajar. La participación conjunta de cada miembro de la organización en el afán de mejorar la mantención y la productividad, es necesaria para adquirir el carácter de “Total”. Los operadores también deben realizar labores de mantención y tienen que existir reuniones en donde participen trabajadores de mantenimiento y producción, siendo primordial el aprendizaje y la retroalimentación. Los cinco pilares del TPM son: **crear una estrategia para eliminar las seis grandes pérdidas**, las cuales se distinguen en cualquier proceso productivo y son por: averías – preparación y ajustes – tiempos muertos y paradas pequeñas – velocidad reducida – calidad y trabajos de rectificación – arranque; **realizar una estrategia de mantenimiento autónomo**, que es la realizada por los operadores de la línea; **idealizar una estrategia de mantenimiento planificado**, ejecutada por trabajadores de mantenimiento y siguiendo principalmente planes de mantención preventiva; **capacitar a los trabajadores**, principalmente a los operadores en temas relacionados con identificación y mejora de problemas en las máquinas y **fortalecer la gestión temprana de los equipos**, evitando de esta forma las reparaciones inesperadas.

Siguiendo lo que TPM indica, se propuso: una estrategia para eliminar las seis grandes pérdidas, una estrategia de mantenimiento autónomo y una estrategia de mantenimiento planificado. Todo esto contribuye a una gestión temprana del equipo. De esta forma se están considerando los pilares del TPM, salvo la “capacitación de los trabajadores” que debe realizarse en la etapa de implementación.

Todos los análisis hechos están justificados matemáticamente lo cual indica la solidez de la propuesta. También se recomiendan una serie de indicadores de efectividad, administración y costos para el mejor control de la gestión.

Las tres estrategias recientemente nombradas contribuyen a que exista una gestión temprana del equipo.

Siguiendo esta propuesta se puede lograr mejorar los resultados de la línea, además los cambios en la organización son mínimos lo cual facilita la implementación.

## Índice de Contenidos

Introducción General	1
<b>Capítulo I: Antecedentes del Tema y Descripción de la Empresa</b>	
Introducción	2
1.1 Antecedentes Generales	3
1.1.1 Origen del Tema	3
1.1.2 Justificación del tema	3
1.1.3 Objetivos del Estudio	4
1.1.4 Alcances o ámbito del estudio	5
1.1.5 Metodología Utilizada	6
1.2 Principios de la Compañía	9
1.2.1 Código de Ética	9
1.2.2 Visión y Misión	10
1.2.3 Responsabilidad Social Empresarial y Valores Corporativos	10
1.3 Políticas Corporativas	12
1.3.1 Política de Calidad	12
1.3.2 Política Ambiental	12
1.3.3 Política de Seguridad y Salud Ocupacional	13
1.3.4 Política de Comunicaciones	14
1.3.5 Política de reclutamiento y selección de personal	14
1.3.6 Política de Gestión del Desempeño	15
1.3.7 Política de Conciliación Vida Laboral y Familiar	16
1.3.8 Política de Capacitación y Entrenamiento	16
1.4 Gestión de Calidad	17
1.5 Proceso Productivo	18
1.6 Productos	22
1.7 Línea Zincalum (LZA)	23
1.7.1 Características del Zincalum	24
1.7.2 División de la Línea Zincalum	26
1.7.3 Proceso Productivo	31
1.7.4 Personal en LZA	33
Conclusión	36
<b>Capítulo II: Descripción de la Situación Actual</b>	
Introducción	37
2.1 Mantenimiento en la Línea Zincalum	38
2.1.1 Mantenimiento Preventivo	38
2.1.2 Mantenimiento Correctivo	40
2.1.3 Atención a la falla	40
2.1.4 Reparación Mayor	41
2.1.5 Mantenimiento Predictivo	41
2.1.6 Lubricación	45

2.2 Atrasos en la Línea Zincalum	45
2.2.1 Clases de atrasos	45
2.2.2 Atrasos producidos por equipos	48
2.2.3 Atrasos producidos por otras clases	59
2.3 Indicadores	62
2.3.1 Factor de Operación	62
2.3.2 Tiempo medio entre fallas	63
2.3.3 Índice de fallas	64
2.4 Productividad en LZA	65
2.5 Gastos de LZA	72
2.6 Cuadro resumen del Diagnóstico de LZA	77
2.7 Análisis FODA	78
2.7.1 Fortalezas	78
2.7.2 Oportunidades	79
2.7.3 Debilidades	80
2.7.4 Amenazas	81
2.7.5 Conclusión Análisis FODA	82
Conclusión	83

### **Capítulo III: Marco Teórico**

Introducción	85
3.1 Mantenimiento Productivo Total (TPM)	86
3.1.1 Actividades fundamentales en TPM	87
3.1.2 TPM: Gestión del equipo de estilo japonés	88
3.1.3 Definición del TPM	89
3.1.4 Los cinco pilares del desarrollo del TPM	89
3.2 Características y objetivos del TPM	90
3.2.1 Metas principales del TPM	91
3.3 Actitudes hacia el equipo	95
3.3.1 Seis grandes pérdidas	95
3.3.2 Pérdidas crónicas	97
3.4 Métodos de cálculo de pérdidas	99
3.4.1 Tiempo de Operación	99
3.4.2 Índice de Rendimiento	99
3.4.3 Eficacia Global del Equipo	100
3.5 Mantenimiento Autónomo	101
3.5.1 Competencias en los operarios	102
3.5.2 Desarrollo del mantenimiento autónomo	104
3.6 Mantenimiento Planificado	107
3.6.1 Descripción de las actividades de mantenimiento planificado	108
3.7 Diseño MP y Gestión temprana del equipo	111
3.7.1. Diseño MP	111
3.7.2. Gestión temprana del equipo	111
Conclusión	112

## Capítulo IV: Propuesta de TPM

Introducción	113
<b>Primera Parte:</b> Aplicación de metodologías	114
4.1 Eficacia Global de la línea	114
4.1.1 Disponibilidad	114
4.1.2 Índice de rendimiento	115
4.1.3 Índice de calidad	116
4.2 Análisis de Fallas	118
4.3 Diagramas de Causa – Efecto	121
4.4 Determinación de criticidad a los equipos	123
4.5 Análisis Estadístico de Tiempos entre fallas	128
<b>Segunda Parte:</b> Formalización de la Estrategia TPM	134
4.1 Representación gráfica de la Propuesta TPM	134
4.2 Eficacia Global de la línea	136
4.3 Estrategia para mejorar la eficacia de la línea	137
4.3.1 Eliminar las seis grandes pérdidas	137
1. Pérdidas por averías	137
2. Pérdidas por preparaciones y ajustes	138
3. Pérdidas por tiempos muertos y paradas pequeñas	139
4. Pérdidas por velocidad reducida	140
5. Defectos de calidad y trabajos de rectificación	140
6. Pérdidas de arranque	141
4.3.2 Metas de mejoras para las seis grandes pérdidas	141
4.3.3 Propuesta de mejora a las Pérdidas Crónicas	142
4.4 Estrategia de mantenimiento autónomo	143
4.4.1 Limpieza Inicial	143
4.4.2 Eliminar fuentes de contaminación y áreas inaccesibles	144
4.4.3 Creación de estándares de limpieza y lubricación	145
4.4.4 Inspección General	146
4.4.5 Inspección autónoma	148
I. Inspección por operadores	149
II. Propuesta de “5 S”	151
Seiri	153
Seiton	154
Seiso	156
Seiketsu	158
Shitsuke	159
4.5 Estrategia de Mantenimiento Planificado	160
4.5.1 Criticidad de los Equipos	160
4.5.2 Asignación de Mantenimientos	162
4.5.3 Inspecciones Propuestas	164
4.5.4 Funciones de Confiabilidad para Tiempos entre Fallas	169

4.6 Cambios en LZA al implementar la propuesta	171
4.7 Nuevos Indicadores recomendados	176
4.8 Esquemas Generales	185
<b>Conclusiones y Recomendaciones Generales</b>	<b>187</b>
Bibliografía	197
Linkografía	198

## Índice de Anexos

<b>Anexo A:</b> Frecuencia de mantenimiento preventivo mecánico	200
<b>Anexo B:</b> Hojas de Inspección Mantenimiento Autónomo	206
<b>Anexo C:</b> Hojas o Planillas de Inspección a equipos críticos	215
<b>Anexo D:</b> N° asignado a equipos para programa de limpieza	225
<b>Anexo E:</b> Principales planos de LZA	229

## Índice de Tablas

1.1. Equipos zona de entrada	27
1.2. Equipos zona acumulador y entrada horno	27
1.3. Equipos zona horno Electric Furnace	28
1.4. Equipos zona recubrimiento	28
1.5. Equipos zona enfriamiento recubrimiento	29
1.6. Equipos zona de salida	29
1.7. Sistemas LZA	30
1.8. Púlpitos LZA	30
1.9. Salas de control LZA	30
1.10. Equipos auxiliares LZA	31
2.1. Planes de mantenimiento preventivo eléctrico	39
2.2. Equipos mantenimiento predictivo eléctrico	42
2.4. Planes mantenimiento predictivo eléctrico	43
2.5. Tiempo de falla de equipos, may. – dic. 2007	52
2.6. Tiempo de falla de equipos, ene. - ago. 2008	53
2.7. Detalle de fallas de equipos may. – dic. 2007	55
2.8. Detalle de fallas de equipos, ene. - ago. 2008	57
2.9. Tipos de atrasos	59
2.10. Resumen de atrasos	60
2.11. Fallas de equipos con otras clases	61
2.12. Factor de operación	62
2.13. Tiempo medio entre fallas	63
2.14. Índice de fallas	64
2.15. Resumen de producción	66
2.16. Insumos en LZA	66
2.17. Estimación de cinta perdida por detenciones	67
2.18. Total de rollos	68



2.19. Detalle de producción	69
2.20. Resumen de gastos en LZA	73
2.21. Gastos de mantenimiento en LZA	73
2.22. Proporción de gastos por mantenimiento	75
2.23. Resumen de la situación de LZA referente a mantenimiento	77
3.1. Eficacia global del equipo	101
4.1. Factor operación.	114
4.2. Índice de rendimiento	116
4.3. Índice de calidad	117
4.4. Eficacia global de la línea	117
4.5. Clasificación de atrasos en las seis grandes pérdidas	119
4.6. Frecuencia de atrasos	120
4.7. Fallas frecuentes	120
4.8. Frecuencia de fallas	124
4.9. Factores de criticidad	125
4.10. Matriz de criticidad de factores ponderados	126
4.11. Valores P para test de bondad de ajuste	129
4.12. Parámetros Estimados TEF	130
4.13. Metas de mejoras para las seis grandes pérdidas	141
4.14. Planilla 5S campaña innecesarios	154
4.15. Planilla 5S campaña orden	155
4.16. Formato de rotulación para equipos o herramientas	156
4.17. Formato de rotulación para zonas de la línea	156
4.18. Programa de limpieza	157
4.19. Criticidad de equipos	160
4.20. Equipos críticos	161
4.21. Costos en marketing interno para fomentar la propuesta	174
4.22. Artículos necesarios para llevar a cabo 5S	174

## Índice de Gráficos

2.1. Cartas de control Xind-RM, Tiempo mensual de fallas de equipos	49
2.2. Cartas de control X barra – Rango, TEF Mecánicas	50
2.3. Cartas de control X barra –Rango, TEF Eléctricas	51
2.4. Tiempo de falla de equipos, may. – dic. 2007	53
2.5. Tiempo de falla de equipos, ene. – ago. 2008	54
2.6. Diagrama de Pareto de equipos y sus fallas may. – dic. 2007	56
2.7. Diagrama de Pareto de equipos y sus fallas ene. – ago. 2008	57
2.8. Comparación entre tipos de atrasos	60
2.10. Diagrama de Pareto para defectos de rollos LZA	70
2.11. Diagrama de Pareto para defectos “Varios” en LZA	71
2.12. Gastos de mantenimiento en LZA	74

## Índice de Figuras

1.1. Preparación de Mat. Primas	18
1.2. Planta de coque	19
1.3. Altos hornos	19
1.4. Desulfurización	19
1.5. Acería	20
1.6. Colada continua	20
1.7. Laminador de barras	21
1.8. LPC	21
1.9. LPF	21
4.1. Diagramas de causa-efecto para fallas repetitivas	121
4.2. Histograma y distribución Weibull para TEF mecánicas	131
4.3. Histograma y distribución Weibull para TEF eléctricas	131
4.4. Histograma y distribución Weibull para TEF generales	132
4.5. Histograma y distribución Exponencial para TEF acumulador	132
4.6. Histograma y distribución Weibull para TEF soldadora	133
4.7. Histograma y distribución Weibull para TEF horno	133
4.8. Representación gráfica de la propuesta TPM	134
4.9. Eficacia global de la línea	136
4.10. Hoja de inspección mantenimiento autónomo	150
4.11. Planilla de inspección semicrítica a equipos mecánicos	165
4.12. Planilla de inspección semicrítica a equipos eléctricos	165
4.13. Planilla de Inspección a equipos críticos	168
4.14. Esquema general TPM	185
4.15. Relaciones Humana en TPM	186

## Nomenclatura

En este apartado se dan a conocer una serie de términos técnicos relativamente desconocidos, para la mejor comprensión de los análisis que se indican en el resto del proyecto:

**Bridas:** También se les conoce como rodillos tensor los cuales poseen un gran diámetro. Su función principal es mantener la tensión necesaria en la cinta de acero para el correcto procesamiento de ésta.

**Centradores:** Mecanismo que mantiene la cinta en la línea de normal para el recubrimiento o proceso.

**Chute:** Estructura que comunica al horno con el crisol en donde se recubre el rollo con la aleación zinc – aluminio.

**Crisol:** Cavidad en donde se procesa el metal fundido. En esta línea existe el crisol de fusión en donde se prepara la aleación zinc – aluminio y el crisol de recubrimiento en donde se mantiene una cantidad suficiente de metal líquido para recubrir el rollo.

**Cuchillos de aire:** Están ubicados después del crisol de recubrimiento y tienen la función de mantener a través de aire, una cantidad normal de aleación zinc – aluminio en la cinta.

**Polín:** Son elementos que tienen la función de soportar la cinta de acero cuando esta se procesa.

**Rodillo Deflector:** Estos están encargados de producir un cambio en la dirección de la cinta. Por ejemplo cuando se requiere que asciendo o desciendo en algún punto del proceso.

**Rodillos de Fondo:** Estos están ubicados en el interior del crisol de recubrimiento y son necesarios para el correcto paso de la cinta por este depósito.

## **Introducción General**

Es muy importante que las empresas en el afán de ser líderes tengan procesos que sean muy eficaces y eficientes con lo cual puedan conseguir buenos resultados.

Siempre se habla de tener buenos procesos productivos, de obtener productos de excelente calidad y de cumplir con las metas, pero para conseguir esto es necesario que los equipos que componen cualquier línea productiva sean de muy buena calidad, es decir que posean una muy alta confiabilidad y rendimiento, para así conseguir lo que realmente se quiere procesar.

Es evidente que si los equipos no funcionan de buena forma, baja el rendimiento de la producción, los productos adquieren detalles que muchas veces son graves y pueden generar un producto defectuoso. Esto es lo que las empresas no deben aceptar, no pueden perder clientes, tienen que ser capaces de tener ventajas competitivas que ayuden a lograr una buena rentabilidad.

Es por esto que el mantenimiento de los equipos es de vital importancia en cualquier empresa. Se hace necesario que exista una gestión que se encargue de mantener la confiabilidad y que además ayude a la productividad.

En Huachipato hay departamentos de mantenimiento, lo que puede indicar que actualmente existen planes de mantención que abarcan gran parte de los procesos de la compañía. Sin embargo, en el marco de un mejoramiento continuo se hace fundamental mejorar cada día más y adquirir técnicas modernas que permitan conseguir estos objetivos.

Además es bueno que exista una gestión del mantenimiento que vaya más allá de considerar solo las fallas en los equipos, es decir, se requiere de estrategias que engloben todo lo relacionado con este tema.

En este proyecto se abarca el tema del mantenimiento en el departamento Laminador de Planos en Frío, en su línea Zincalum, de la Compañía Siderúrgica Huachipato.

## **Capítulo I: Antecedentes del Tema y Descripción de la Empresa**

### **Introducción**

Refiriéndose a la empresa propiamente tal se puede decir que en 1950 se inauguró en la ciudad de Talcahuano la planta Huachipato de la Compañía de Acero del Pacífico (CAP). En ese tiempo su producción anual era de 182.000 toneladas de acero líquido. Actualmente esta cifra llega a 1.450.000 toneladas. Con el paso de los años esta empresa fue creciendo bastante, hasta que hacia el año 1981 CAP se transformó en una sociedad de inversiones con empresas subsidiarias. Fue entonces que, bajo su alero, se conformó la Compañía Siderúrgica Huachipato S.A. Huachipato es una empresa líder, cuenta con un gran prestigio, calidad, innovación y tecnología de punta, ayudando al país y al extranjero a solucionar las necesidades de acero. Se dice que es una empresa integrada ya que en la elaboración utiliza materias primas provenientes directamente de la naturaleza. Entre estos elementos se puede mencionar el hierro, carbón y caliza. Esto es una ventaja competitiva debido a la gran pureza y excelentes condiciones que adquiere el producto final, lo que además crea un gran liderazgo de esta empresa en nuestro país, cubriendo las necesidades de importantes sectores de la economía nacional como la metalmecánica, minería, construcción, entre otros. También es importante destacar que esta Compañía comercializa sus productos al extranjero, estando muy bien posicionada. En Huachipato trabajan aproximadamente 2400 personas de planta y alrededor de 4000 trabajadores externos, lo cual aporta enormemente a muchas familias y por supuesto al desarrollo de pequeñas y medianas empresas quienes realizan distintos trabajos al interior de la planta. Causas del desarrollo sustentable que ha tenido esta compañía, han sido las buenas decisiones e inversiones puestas en marcha, como adquisiciones de avanzadas tecnologías, capacitación a los trabajadores, etc., logrando una gran excelencia en sus procesos y productos, preservando siempre las condiciones medioambientales. Además la Compañía Siderúrgica Huachipato S.A. tiene una gran responsabilidad social, estando siempre presente con la comunidad y trabajadores.

## **1.1 Antecedentes Generales**

### **1.1.1 Origen del Tema**

Como ya se mencionó en la portada de este informe, el tema a realizar es una Propuesta de Mantenimiento Productivo Total (TPM) en la línea Zincalum de la Compañía Siderúrgica Huachipato, Talcahuano. Esto se origina después de sostener conversaciones con don Giorgio Gauci quien es un trabajador del departamento de Mantenimiento Mecánico. Es muy importante que todo proceso productivo funcione sin dificultades y es en este aspecto donde el mantenimiento forma un rol fundamental. En la actualidad existen distintos planes de mantención, sin embargo es necesario mejorar los resultados y de todos modos una mejora en la producción ayudará enormemente.

### **1.1.2 Justificación del Tema**

En la Compañía Siderúrgica Huachipato que se dedica a la producción de acero, existe el Laminador de Planos en Frío en el cual hay ocho líneas distintas que conforman lo que allí se produce. Una de estas es la línea Zincalum, la cual en términos generales se dedica a recubrir los rollos de acero provenientes de las anteriores secciones del departamento.

Las ventas del Zincalum son muy importantes para esta compañía, registrándose en estos últimos años un importante incremento. Además se prevé para el futuro una situación muy favorable en cuanto a la demanda de este producto. En Huachipato tiene un muy buen posicionamiento en el mercado, llegando incluso a mantener ventas anticipadas por largos períodos de tiempo, con lo cual se hace imprescindible lograr la producción mensual y cumplir los requerimientos de los compradores. De no ser así se incurre en un gran costo que de seguro es muy perjudicial para esta empresa. Incluso cuando se da esta situación, el funcionamiento de la línea zincalum hace que el cumplimiento de la producción y de ventas a los clientes se consiga estrechamente.

Además con cada detención se pierden 1000 Kg. de material aprox., debido a la inestabilidad que se genera en la línea una vez reanudada su operación.

También se dice que mientras más fallen los equipos mayor será el número de productos defectuosos, y más aún en esta línea de producción continua en donde el producto es una larga cinta de acero que ocupa el total de las instalaciones y que se procesa mediante la acción conjunta de todos los equipos.

Es por esto que se hace muy importante una producción confiable en donde los equipos aseguren un buen funcionamiento y rendimiento. En la línea zincalum existe mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo, pero esto no es suficiente, lo importante es que exista una buena estrategia que planifique y organice los recursos y tipos de mantenimiento ya existentes y los que se propondrán. Es aquí donde apunta el Mantenimiento Productivo Total (TPM), el cual tiene como objetivo reducir al máximo las averías de los equipos y los productos defectuosos. Es un sistema integral que abarca las distintas áreas que intervienen en el mantenimiento y que permite una gran mejora a su gestión.

### **1.1.3 Objetivos del Estudio**

A continuación se describen los objetivos generales y específicos que tiene este proyecto:

#### **Objetivos Generales**

- Proponer una estrategia que ayude a mejorar la gestión del mantenimiento, reduciendo al máximo las averías de los equipos y los productos defectuosos mediante la aplicación de Mantenimiento Productivo Total (TPM).

## **Objetivos Específicos**

- Realizar un diagnóstico de la situación actual de la línea zincalum analizando y calculando registros de fallas, índices, costos en mantenimiento y funcionamiento de la actual estrategia de mantención, para saber que es lo débil y fuerte de esta línea.
- Realizar los cálculos necesarios para poder llevar a cabo distintas ideas que servirán para armar la estrategia propuesta. Aquí se puede mencionar el establecer criticidad a distintos equipos y calcular nuevos índices característicos de TPM.
- Organizar y/o formalizar la estrategia de Mantenimiento Productivo Total (TPM), considerando que sea integral e incluya las distintas áreas que intervienen en el mantenimiento.
- De todo lo que se concluya con el proyecto establecer una serie de recomendaciones que permitan llevar un mejor control de la situación de la línea zincalum.

### **1.1.4 Alcances o ámbito del estudio**

- Este proyecto se realizará en el laminador de planos en frío de la Compañía Siderúrgica Huachipato, pero solo en la línea zincalum.
- Existe una gran cantidad de equipos dentro de los cuales se distingue otra enorme cantidad de sub equipos. Para este proyecto solo se analizarán los equipos principales.
- Los datos considerados para realizar los análisis de las distintas fallas de la línea comprenderán el período mayo 2007 – agosto 2008.



- El análisis y propuesta será integral, considerando las áreas mecánicas, eléctricas y operacionales.

### **1.1.5 Metodología Utilizada**

A continuación se describe la secuencia que se utilizará en el desarrollo del proyecto. Considerando los objetivos del estudio se presentan los distintos pasos los que irán cumpliendo dichos objetivos específicos.

#### ***Para el primer objetivo específico:***

- Conocimiento del proceso productivo de la línea zincalum como también de los distintos equipos que lo conforman analizando planos y estableciendo conversaciones con los distintos trabajadores del área, todo esto gracias a los conocimientos entregados durante la carrera por distintas asignaturas.
- Recopilación y análisis de datos históricos de las distintas fallas que se han registrado en la línea zincalum, estableciendo estadística, análisis de datos, gráficos, distribuciones, diagrama de Pareto, etc.
- Cálculo de distintos indicadores de gestión y producción mediante análisis de fallas, datos operacionales como tiempos, productos defectuosos y rendimiento de los equipos.
- Conocer los resultados que entregan los actuales mantenimientos predictivos para saber más sobre las situaciones futuras que enfrentarán los distintos equipos.
- Analizar los gastos de mantenimiento, como también los de repuestos y presupuestos, para notar así los diferentes impactos en el ámbito económico.

- Conocer a fondo la actual estrategia de mantenimiento identificando los puntos débiles para mejorarlos y las fortalezas para potenciarlas.

**Para el segundo objetivo específico:**

- Establecer a los principales equipos niveles de criticidad desde distintos puntos de vista como producción, seguridad, medio ambiente, calidad, mantención y costos.
- De estos niveles de criticidad, seleccionar los más conflictivos y establecer una lista de equipos críticos.
- El cálculo de equipos críticos se realizaría con encuestas a expertos y utilizando el método de los factores ponderados.
- Calcular índices característicos de TPM, entre los que podemos nombrar los siguientes:
  - Índice de operación
  - Índice de velocidad de operación
  - Tiempo neto de operación
  - Índice de rendimiento
  - Eficacia global del equipo

**Para el tercer objetivo específico:**

- Recopilar todo lo que se ha obtenido de los puntos anteriores para proponer el TPM, considerando los tres pilares de vital importancia, es decir:
  - Método para evitar las llamadas “seis grandes pérdidas”
  - Estrategia de Mantenimiento Autónomo
  - Estrategia de Mantenimiento Planificado

- Se establecerá un plan para evitar las seis grandes pérdidas, las cuales son:
  - Pérdidas por averías
  - Pérdidas por preparación y ajustes
  - Pérdidas por tiempos muertos y paradas pequeñas
  - Pérdidas por velocidad reducida
  - Pérdidas por calidad y trabajos de rectificación
  - Pérdidas de arranque
  
- Se establecerá una estrategia de Mantenimiento Autónomo en donde es primordial la participación de los operarios, para esto se crearán planillas de inspección, además de proponer la realización de las llamadas “5 S”.
  
- Se establecerá una estrategia de Mantenimiento Planificado considerando los resultados que se obtengan de los anteriores análisis, proponiendo una asignación de tipo y frecuencia de mantenimiento a los equipos según su criticidad y diagnóstico que se obtengan de los pasos anteriormente mencionados.

***Para el cuarto objetivo específico:***

- Recomendar una serie de indicadores para ayudar a controlar la línea desde distintos puntos de vista, es decir, costos, administración y de efectividad.

Con esta secuencia se alcanzarían los objetivos específicos y por lo tanto el objetivo general.

## **1.2 Principios de la Compañía**

Huachipato es una gran empresa con sólidas bases, distinguiéndose en su organización una serie de códigos y políticas que son necesarios conocer.

### **1.2.1 Código de Ética:**

En el desarrollo de las actividades propias de su misión y en las instituciones que patrocina, la Compañía Siderúrgica Huachipato S.A. se ocupa de dar apoyo integral a los trabajadores y su familia, haciendo prevalecer la verdad, justicia y prudencia en su gestión.

Para dar cumplimiento a estos propósitos se debe:

- Mantener relaciones de respeto entre todos los miembros de la organización, proveedores y clientes.
- Fomentar la dignidad en el trato, evitando todo tipo de abusos y discriminaciones por cualquier causa.
- Estimular la creatividad, participación, capacitación y desarrollo de todo el potencial de las personas, así como el reconocimiento a la labor desempeñada.
- Respetar la libertad de asociación así como el reconocimiento de los derechos a la negociación colectiva.
- Cuidar que en el desarrollo normal del trabajo no se ejecuten actos de presión, excesivos, estresantes, forzosos ni obligatorios.
- Mantener la reserva respecto de situaciones personales y de trabajo, así como de los antecedentes o información a los que se acceda en el desempeño de las funciones.
- Mantener ambientes propicios en los lugares y entornos de trabajo, respetando las normas de higiene y seguridad.
- Favorecer la preservación del medio ambiente, a través de la aplicación de adecuados criterios de precaución e iniciativas que promuevan una mayor responsabilidad ambiental.

- Proveer los medios de información adecuados para el cuidado de la salud de los miembros de la organización.
- Mantener la honorabilidad en todos los niveles de gestión y actuar en contra de cualquier forma de corrupción.

### **1.2.2 Visión y Misión**

La cultura organizacional de la compañía se sustenta en sólidos principios contenidos en su misión, visión y valores corporativos, que contribuyen a orientar su rumbo, y como resultado de ello alcanzar las metas propuestas con un alto grado de compromiso.

#### **1. Visión:**

Liderar en Chile el negocio del acero en todas sus formas y desarrollar nuevas oportunidades en el área de tecnologías siderúrgicas.

#### **2. Misión:**

Producir y proveer soluciones en acero de excelente calidad y servicio que superen las expectativas de sus clientes, privilegiando el desarrollo del recurso humano como factor determinante del éxito. Desarrollar ventajas competitivas, que generen rentabilidad, a través de la innovación de sus procesos mediante el uso de tecnologías sustentables.

### **1.2.3 Responsabilidad Social Empresarial y Valores Corporativos:**

El accionar socialmente responsable de la compañía se refleja en los siguientes valores corporativos:

### **1. Compromiso con la Ética Empresarial:**

Huachipato esta comprometida a desarrollar íntegramente cada una de sus tareas, actuando honesta, responsable y respetuosamente, de acuerdo a su código de ética. Al realizar una inversión no solo considera criterios económicos, sino que además los legales, ambientales y sociales. Su publicidad se rige por las disposiciones contenidas en el Código Chileno de la Ética Publicitaria. Además manifiestan completo rechazo a cualquier forma de corrupción.

### **2. Compromiso con los trabajadores:**

Existe un gran compromiso con un trato deferente y de respeto a todos los empleados de la compañía, a quienes se les ofrece oportunidades de aprendizaje y desarrollo. Se manifiesta todo rechazo a cualquier forma de discriminación.

### **3. Compromiso con Clientes, Proveedores y Colaboradores:**

La empresa está comprometida con el desarrollo de soluciones innovadoras en tecnologías y servicios que garanticen la satisfacción de sus clientes, lo que le permite mantener relaciones de largo plazo de beneficio mutuo. Establece la colaboración necesaria para una provechosa alianza con sus proveedores y colaboradores, basada en prácticas profesionales y éticas.

### **4. Compromiso con el medio ambiente y la comunidad:**

Está comprometida con el cumplimiento de la legislación que rige todas sus actividades y trabaja permanentemente de la disminución de los impactos en el medio ambiente a través de lineamientos establecidos en la política ambiental. Además asume el compromiso con la comunidad en la cual está inserta contribuyendo al bienestar social, educacional y cultural.

## **1.3 Políticas Corporativas**

### **1.3.1 Política de Calidad**

Compañía Siderúrgica Huachipato S.A. asume el compromiso de realizar una permanente Gestión de Calidad, orientada al mejoramiento continuo de la producción y suministro de soluciones en acero que satisfagan a sus clientes.

Para lograr este propósito la compañía orienta su gestión a:

- Aplicar y mantener un sistema de gestión de calidad.
- Asegurar la correcta aplicación del sistema, a través de la comprometida de su personal en el mejoramiento continuo y una constante motivación y capacitación.
- Impulsar la innovación de sus productos y procesos, privilegiando el uso de energías sustentables.

### **1.3.2 Política Ambiental**

Compañía Siderúrgica Huachipato S.A. más allá del cumplimiento de la legislación vigente y de los acuerdos voluntariamente adquiridos, declara su compromiso de preservar la calidad del medioambiente en la ejecución de sus operaciones actuales y futuras. Para ello adhiere a los principios del desarrollo sustentable y protege el ambiente donde se desenvuelven las comunidades vecinas, trabajadores y colaboradores. Para lograr este compromiso la compañía orienta su gestión a:

- Mantener un sistema de gestión ambiental para una adecuada planificación y administración de sus actividades.
- Desarrollar programas de capacitación ambiental dirigidos a trabajadores, colaboradores y comunidad vecina.
- Fomentar el uso racional de los recursos hídricos y energéticos.

- Incentivar el mejoramiento continuo mediante procedimientos de evaluación de desempeño ambiental.
- Desarrollar las mejores alternativas de uso y manejo de todo tipo de materiales para minimizar la generación de residuos y propiciar un eficiente reutilización, reciclaje y disposición final de éstos.
- Implementar planes de contingencia para las actividades que puedan eventualmente presentar riesgo para el medio ambiente.
- Proteger y conservar el entorno natural al interior de sus instalaciones.

### **1.3.3 Política de Seguridad y Salud Ocupacional**

Compañía Siderúrgica Huachipato S.A. más allá del cumplimiento de la legislación vigente y de los acuerdos voluntariamente adquiridos, declara su compromiso de velar por la seguridad y salud ocupacional de todos sus trabajadores y colaboradores, implementando normas y prácticas que aseguren una disminución sistemática de los riesgos en el trabajo.

Para lograr este compromiso la compañía orienta su gestión a:

- Identificar y evaluar los riesgos asociados a las actividades operacionales, para implementar los procedimientos, medidas de control y prevención necesarias.
- Difundir y capacitar a los trabajadores y colaboradores sobre los riesgos, procedimientos y normas de seguridad y salud ocupacional, comprometiendo los recursos que sean pertinentes.
- Ejercer, a través de de la línea de supervisión, un liderazgo efectivo respecto de la seguridad de los trabajadores, colaboradores, asesores y cualquier persona vinculada al quehacer de la empresa, mediante el control permanente de la gestión de seguridad.
- Desarrollar programas preventivos de salud ocupacional para los trabajadores de la empresa.



### **1.3.4 Política de Comunicaciones**

Compañía Siderúrgica Huachipato S.A. se compromete a sostener una política de comunicaciones veraz, oportuna y responsable hacia la comunidad, autoridades, clientes, colaboradores y medios de comunicación social, así como hacia todos sus trabajadores. Para lograr este compromiso la compañía orienta su gestión a:

- Aportar a las autoridades la información que corresponda, de acuerdo a la legislación vigente.
- Facilitar la entrega de información a autoridades, instituciones, organizaciones sociales y medios de comunicación, en los casos que corresponda, para fortalecer las instancias de colaboración recíproca entre la compañía y la comunidad.
- Mantener canales de comunicación fluidos con sus clientes y colaboradores, y comprometer la oportuna entrega de información para una beneficiosa relación entre ambas partes.
- Disponer de medios de comunicación interna para informar a los trabajadores sobre el quehacer de la empresa y fomentar el mejoramiento del clima laboral.
- Garantizar espacios de comunicación y canales de comunicación efectivos que permitan al personal expresar sus opiniones, inquietudes y sugerencias.

### **1.3.5 Política de reclutamiento y selección de personal:**

Compañía Siderúrgica Huachipato S.A. declara su compromiso de promover prácticas orientadas al reconocimiento del mérito, y a promover la transparencia y equidad en todos los procesos de reclutamiento y selección de personal, con el objetivo de contribuir a la generación de una organización donde las personas sea un factor determinante del éxito.

Para lograr este compromiso la compañía orienta su gestión a:

- Evaluar y tomar decisiones evaluadas en el principio del mérito, es decir, considerar sólo aquellas variables que tengan relación con las competencias y/o desempeño laboral, dejando de lado cualquiera otra consideración o elemento discriminatorio.
- Proporcionar una instancia de participación igualitaria a todos los postulantes que cumplan con las características definidas por la empresa.
- Privilegiar los procesos de selección interna como una instancia de promoción y de desarrollo profesional para los trabajadores de la compañía.
- Mantener absoluta confidencialidad respecto de la información obtenida durante los procesos de reclutamiento y selección de personal.

### **1.3.6 Política de Gestión del Desempeño**

Compañía Siderúrgica Huachipato S.A. se compromete a conducir su toma de decisiones en el área de recursos humanos bajo los principios de la gestión del desempeño, lo que le permite identificar el logro de los objetivos, actitudes y conductas deseadas de sus trabajadores, con el fin de orientarlos hacia un mejoramiento continuo.

Para lograr este compromiso la compañía orienta su gestión a:

- Detectar, medir, comunicar y reforzar las fortalezas y áreas de mejoras del personal, para optimizar sus competencias y el grado de adecuación a los puestos de trabajo.
- Generar un espacio para el diálogo y la comunicación efectiva entre las jefaturas y sus colaboradores respecto a sus fortalezas y debilidades en las competencias que se requieren para cada cargo y la mutua aclaración de expectativas.
- Promover el desarrollo personal y laboral de los trabajadores a través de la retroalimentación de su desempeño.
- Integrar la integración obtenida en el proceso de gestión del desempeño a los diferentes ámbitos del área de recursos humanos.

### **1.3.7 Política de Conciliación Vida Laboral y Familiar**

Compañía Siderúrgica Huachipato S.A. consciente del alto valor del recurso humano, declara su compromiso de apoyar a sus trabajadores a mantener un equilibrio entre las demandas de su vida laboral y familiar.

Para lograr este compromiso la compañía orienta su gestión a:

- Promover un entorno laboral que asegure un ambiente de trabajo saludable y confortable.
- Asistir al trabajador y su grupo familiar frente a problemas de salud, a través del Servicio Médico de Empleados de la Compañía.
- Apoyar e incentivar la participación de los trabajadores y sus familias en actividades deportivas y recreativas, a través del Club Deportivo Huachipato.
- Facilitar y motivar la participación de los trabajadores y sus familias en actividades artístico culturales, a través de la Corporación Cultural Artistas del Acero.
- Otorgar apoyo económico a los trabajadores para solventar los estudios de sus hijos.
- Proporcionar facilidades para que los trabajadores accedan a una solución habitacional.

### **1.3.8 Política de Capacitación y Entrenamiento**

Compañía Siderúrgica Huachipato S.A. asume el compromiso de entregar a sus trabajadores capacitación y entrenamiento en forma sistemática de acuerdo a los requerimientos de la organización, de modo de contar con personal altamente calificado para un óptimo desempeño laboral.

Para lograr este compromiso la compañía orienta su gestión a:

- Alinear el proceso de capacitación con el plan estratégico de la compañía.
- Diseñar y ejecutar programas de capacitación basados en la retroalimentación del desempeño del personal, orientados a generar cambios y mejoras continuas.
- Establecer una cultura de capacitación y entrenamiento que promueva el desarrollo del trabajador y su crecimiento personal y profesional.
- Orientar la capacitación hacia el fortalecimiento de las relaciones interpersonales internas, con clientes, proveedores y comunidad.
- Reforzar a través de los programas de capacitación el desarrollo de ventajas competitivas que generen rentabilidad en el negocio del acero.

#### **1.4 Gestión de Calidad**

La Compañía Siderúrgica Huachipato S.A. ha participado activamente en la instauración de un sistema de gestión de calidad, modelo que lleva desde el año 2002 hasta la fecha. Desde ese período y hasta ahora ha trabajado constantemente manteniendo una calidad de excelencia y apuntando hacia el mejoramiento continuo. Siempre esta empresa ha estado preocupada de la calidad, en donde ha sido fundamental la participación y organización de todos, es así como en 1997 comenzó a instaurar un sistema basado en la norma ISO 9000, de acuerdo con los parámetros establecidos por la ISO 9002:1994, recibiendo dos años más tardes la acreditación por parte de la prestigiosa certificadora internacional Det Norske Veritas. Posterior a esa etapa, Huachipato en el año 2002 adquirió la certificación bajo la norma ISO 9001:2000 abarcando todas las actividades de la empresa y considerando a las distintas líneas y departamentos, como por ejemplo la Línea Zincalum. Este sin duda es un gran aporte hacia la excelencia y hacia el buen posicionamiento en los mercados. En noviembre del año 2007 se realizó una última auditoría al sistema en la cual se confirmó la muy buena gestión de calidad existente en la empresa y su clara orientación hacia el mejoramiento continuo que se refleja en resultados tales como: mayor participación de mercado, disminución de reclamaciones, mayor cumplimiento de despachos, mejora de rendimientos metálicos, aumento de productividades,

mejora en rendimientos de inspección y reducción de inventarios entre otros.

Este sistema ha generado mejores relaciones entre los distintos trabajadores de la organización, como también con los proveedores y clientes. En general ha ayudado a que la empresa sea líder, eficaz y eficiente, satisfaciendo necesidades internas y externas. También es necesario mencionar que en la actualidad, la Compañía ha renovado su certificación, proceso que se llevó a cabo durante el último trimestre de 2008. Es muy importante destacar que Huachipato cuenta con certificación OHSAS 18001 sobre la Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional.

### **1.5 Proceso Productivo**

Como ya se mencionó anteriormente esta empresa es una Siderúrgica Integrada, única en su tipo en Chile. Elabora sus productos a través de materias primas existentes en la naturaleza como mineral de hierro, carbón y caliza, garantizando acero de alta calidad y pureza. A continuación se explica en forma general el proceso productivo.

- **Preparación de Materias Primas**

En esta etapa se descargan, clasifican y almacenan las materias primas necesarias para la elaboración del acero, que son básicamente mineral de hierro (granza y pellets), caliza y carbón mineral.



*Fig.1.1, Preparación de Mat. Primas, fuente: Huachipato*

- **Planta de Coque**

En unas baterías de 58 hornos el carbón mineral se somete a un proceso de destilación seca para obtener coque metalúrgico. Como subproducto se obtiene un

gas de alto poder, calorífico, que se reutiliza como combustible en el resto de las instalaciones.



Fig. 1.2, Planta de coque, fuente: Huachipato

- **Altos Hornos**

Estos hornos son grandes reactores verticales en contracorriente en que el aire precalentado insuflado combustiona coque a elevadas temperaturas para reducir el mineral, fundir la carga y obtener hierro líquido a la forma de arrabio.



Fig. 1.3, Altos hornos, fuente: Huachipato

- **Desulfurización**

Una vez transportado a la Acería, el arrabio se vacía a una cuchara o recipiente, donde se realiza la desulfurización (eliminación del azufre), mediante la inyección de cal y magnesio. El azufre queda retenido en la escoria resultante y las emisiones son capturadas por un eficiente sistema limpiador de gases.



Fig. 1.4, Desulfurización, fuente: Huachipato

- **Acería de Convertidores al Oxígeno (CONOX)**

En esta fase se refina el arrabio inyectando oxígeno de alta pureza, se ajusta el contenido de carbono y se agregan ferroaleaciones que aportan las características básicas de cada tipo de acero.



Fig. 1.5, Acería, fuente: Huachipato

- **Colada Continua**

Previo a ingresar a las máquinas de Colada Continua se realiza el proceso de Ajuste Metalúrgico para obtener la temperatura deseada, limpiar de impurezas y ajustar la colabilidad del acero. Luego, a través de moldes de cobre y enfriamiento directo por agua, se solidifica y enfría, para obtener planchones y palanquillas, productos semiterminados q se procesan en las fases de laminación.



Fig. 1.6, Colada continua, fuente: Huachipato

- **Laminación**

A partir de planchones y palanquillas se inicia el proceso final de laminación, del cual se obtiene una amplia gama de productos terminados, tanto planos como largos.

- **Laminador de barras:** Aquí ingresan las palanquillas para ser sometidas a sucesivas etapas de laminación. Los productos finales incluyen barras, rectas y en rollos, lisas y con resaltes, según el uso final.



Fig. 1.7, Laminador de barras, fuente: Huachipato

- **Laminador de Planos en Caliente LPC:** En esta etapa se realiza la primera reducción de espesor de los planchones para obtener Rollos Laminados en Caliente.



Fig. 1.8, LPC, fuente: Huachipato

- **Laminador de Planos en Frío:** Parte de los rollos laminados en caliente continúa su proceso en esta unidad, donde se elaboran productos más delgados en forma de Rollos Laminados en Frío.



Fig. 1.9, LPF, fuente: Huachipato

- **Líneas de Recubrimiento:** Parte de los Rollos Laminados en Frío se procesan en estas líneas para obtener productos recubiertos como el Zincalum y Hojalata Electrolítica.



## 1.6 Productos

Huachipato lidera el negocio del acero en Chile. En esta planta se elabora acero al carbono, de media y baja aleación, cubriendo una amplia gama de productos. A continuación se presentan los productos y su utilización:

**Hojalata:** La Hojalata Electrolítica es una lámina de acero, de espesor igual o inferior a 0,30 mm, recubierta de estaño por ambas caras, por electrodeposición. Se ocupa para la industria de envases.

**Alambrón:** En el laminador de barras de CSH, se fabrica Alambrón en rollo con acero limpio, elaborado a partir de Mineral de Hierro, para abastecer un mercado creciente y de exigentes condiciones de trefilabilidad.

El Alambrón (Wire Rod) es un producto de sección circular, superficie lisa, no decapada, que se fabrica en calidades al carbono, conforme a una composición química conocida y que se obtiene al laminar una palanquilla.

Estos productos se utilizan en la fabricación de alambres, clavos, tornillos, mallas, resortes, cables, electrodos para soldaduras, etc.

**Barras para Hormigón:** CSH produce estas barras con acero limpio, obtenido a partir de mineral de hierro, permitiendo satisfacer así las exigencias de ductilidad en obras proyectadas para zonas de alta sísmico, como es Chile. Se usa principalmente en el sector Construcción.

**Barras rectas para molienda:** Las barras destinadas a la molienda de minerales poseen propiedades de elevada resistencia a la abrasión (dureza), elevada tenacidad, desgaste uniforme y buena rectilineidad. Se ocupan en Molienda de minerales y en bolas de molienda.

**Barras Helicoidales:** Estas barras también se obtienen de los laminadores de barras y poseen características especiales en cuanto a composición y forma. Se utilizan principalmente en la minería.

**Zincalum:** Este producto consiste en una delgada lámina de acero, revestida por ambas caras por una capa de Aluminio y Zinc (Al-Zn), aplicada mediante proceso continuo, lo que le otorga una resistencia a la corrosión única en su tipo. Se utiliza para construir techos, galpones, hojalatería y perfiles. Se comercializa como planchas y rollos.

**Laminados en Frío:** Es un acero plano de espesor menor o igual 1.9 mm que se caracteriza por su aspecto brillante de terminación fina. Esta cualidad lo hace apto para piezas que requieran la rigidez del acero además de buena presentación. El producto, dependiendo de su calidad y uso, puede ser entregado en rollos o en planchas cortadas. Se utiliza en la construcción de electrodomésticos, línea blanca, tambores, zunchos, perfiles, tubos, etc.

**Laminados en Caliente:** La Compañía Siderúrgica Huachipato S.A. produce en su laminador de planos en caliente una gran variedad de productos que pueden ser entregados en rollos o en planchas cortadas. Estos productos, dependiendo de la calidad y de los espesores, pueden ser entregados en su estado de laminación (terminación negra) o decapados, cortados a guillotina o a oxicorte. Se utilizan en la fabricación de perfiles, tubos, flejes, cilindros de gas, mueblería metálica, estructuras, defensas camineras, etc.

### 1.7 Línea Zincalum (LZA)

El Laminador de Planos en Frío (LPF) se divide en ocho líneas en donde una de estas es la zincalum. En palabras simples se dedica a recubrir los rollos de acero provenientes de las otras secciones del LPF, con una solución de Zn – Al. Estos rollos luego de todo el proceso de recubrimiento pasan a otra línea en donde se les dan los cortes necesarios para convertirlos en planchas. La producción mensual de LZA se puede decir que oscila en períodos normales entre las 9500 y 10.000 TM, notándose a principios del segundo semestre de 2008 una producción record por sobre las 10.200 TM. La capacidad productiva de la planta considerando el tiempo de detención programado el cual es fundamental, es de aproximadamente 11.500 TM. Los rollos de zincalum son un producto de muy

buenas características que consiste en una delgada lámina de acero y como se mencionó recientemente, es revestida por ambas caras por una capa de Aluminio y Zinc (Al-Zn), aplicada mediante proceso continuo, lo que le otorga una resistencia a la corrosión única en su tipo. El revestimiento del Al-Zn sobre acero fue patentado por Bethlehem Steel Co. de los Estados Unidos, luego de exhaustivas experiencias donde se evaluaron diferentes combinaciones de aluminio y zinc en diversos ambientes.

### **1.7.1 Características del Zincalum**

Los artículos de zincalum poseen excelentes propiedades que las hacen especialmente recomendables para uso en cubiertas de techumbres, revestimientos laterales y hojalatería. Las siguientes son algunas de las principales propiedades:

#### **1. Resistencia a la Corrosión**

El aluminio y zinc, protegen al acero formando una barrera entre éste y el medio ambiente. El primero, es particularmente estable ya que sus óxidos en la superficie son insolubles y ello proporciona una excelente resistencia a la corrosión en el largo plazo. Adicionalmente, el zinc protege el acero corroyéndose preferentemente (fenómeno conocido como "acción de sacrificio") debido a lo cual protege al acero en rayas, bordes cortados, perforaciones y otras áreas expuestas. El efecto combinado de estos dos elementos protectores en proporción de un 55% de aluminio, ha demostrado ser la mejor defensa contra la corrosión.

#### **2. Resistencia a los Agentes Biológicos**

El zincalum permanece inalterable a la acción de agentes biológicos en general. Para aplicaciones en ambientes industriales que generan agentes corrosivos especiales tales como fábricas de celulosa, de harina de pescado, bodegas para productos químicos a granel, así como galpones para confinamiento de animales. Asimismo, las maderas expuestas a la intemperie suelen ser tratadas con sales y

soluciones de cobre. Es importante tener en cuenta que el agua que escurre desde estas maderas a cubiertas de zincalum puede generar zonas de corrosión prematuras y, por lo tanto, es necesario evitar dicho escurrimiento.

### **3. Norma de Fabricación**

Los productos de zincalum de zincalum son producidas según la norma ASTM A 792M, con recubrimiento AZM150 lo que significa 150 g/m<sup>2</sup> de Aluminio-Zinc, como suma de ambas caras. También se puede entregar el recubrimiento AZM165, que significa 165 g/m<sup>2</sup> de Aluminio-Zinc, como suma de ambas caras.

Además por su alta defensa ante la corrosión y agentes atmosféricos se puede destacar:

- Reducido peso
- Alta resistencia
- Aprovechamiento total del material debido a la eliminación de pérdidas por roturas
- Mayor economía en el material de la estructura y en el costo de colocación dado que permite mayor distancia entre apoyos
- Disminución de los costos de mantención y reposición, gracias a su resistencia a golpes, terremotos, variaciones de temperatura, con lo cual disminuyen los costos de mantención y reposición.
- Resistencia al fuego
- Impermeabilidad total: asegura la protección de los elementos cubiertos.
- Fácil transporte
- Fácil acopio
- Fácil instalación

### **4. Dimensiones de Productos**

Estos rollos de zincalum son de distintas medidas que varían según el interés del cliente. Las dimensiones generales son:

**Espesor:** entre 0.3 y 0.85 mm.

**Ancho:** entre 610 y 1220 mm.

**Masa:** entre 3.5 y 8.5 TM

Además hay varios tipos de rollos que presentan ciertas características fundamentales para los usos posteriores. Estos son los siguientes:

**ZA5V:** sirven para hacer planchas 5V que son aquellas que llevan una onda en V de 32 mm y una altura de 12.7 mm.

**ZALS:** se utilizan para hacer planchas lisas

**ZAPE:** sirven para hacer estructuras y no pasan a las líneas de corte

**ZARL:** estos rollos tampoco pasan a las líneas de corte, tienen varios usos

**ZARLFH:** son los mismos **ZARL** pero full hard o extra duros

**ZAST:** se utilizan en la fabricación de las conocidas y características planchas onduladas estándar, cuyas ondas miden 76.2 mm. y profundidad de 14.3 mm.

**ZATL:** estos rollos se ocupan en producir planchas toledanas, que son similares a las ZAST pero con una profundidad de onda de 18 mm.

**ZATLFH:** son los mismos rollos **ZATL** pero full hard o extra duros

Estos rollos pueden pasar a las líneas de corte o ser comercializados a otras empresas, aunque hay que tener presente que los rollos ZAPE y ZARL no se utilizan para hacer planchas.

### 1.7.2 División de la Línea Zincalum

Es muy importante mencionar y explicar que LZA está dividida en zonas, lo que permite un mayor orden en todo sentido. Estas áreas y sus equipos, se describen a continuación:

## 1. Zona de Entrada

Es en esta parte donde llegan los rollos de acero proveniente de las anteriores líneas de LPF. Acá se ingresan a la línea y se comienzan a procesar, pasan por distintos equipos en donde es importante destacar equipos como soldadora, brida 1, etc., los cuales en la descripción del proceso productivo se explicarán en más detalle. Los equipos de esta zona son:

Tabla 1.1, Equipos zona de entrada

Instrumentos	Mesa traspaso superior bajada n°3
Soporte rollos n°1	Soporte Rollos n°2
Carro alimentador rollos n°1	Carro alimentador rollos n°2
Desenrollador n°1	Desenrollador n°2
Rodillo Sujetador Desenrollador n°1	Rodillo sujetador desenrollador n°2
Mesa enhebradora n°1	Mesa enhebradora n°2
Rodillo de Arrastre n°1	Rodillo de arrastre n°2
Guillotina n°1	Guillotina n°2
Mesa traspaso superior n°1 abatible	Carro Scrap n°2
Carro Scrap n°1	Mesa de traspaso inferior n°4 abatible
Rodillo Snubber 1 Intermedio Mesa Traspaso	Bastidor abatible rodillo motorizado
Mesa traspaso superior n°2	Soldadora Taylor Winfield
Rodillo Snubber n°2	Brida n°1

Fuente: Elaboración propia

## 2. Zona de Acumulador y Entrada Horno

La cinta de acero que se está procesando debe ingresar a un horno el que le da la temperatura necesaria para el recubrimiento de zincalum. Previo a esto mientras se produce la soldadura, ocurre un tiempo en que la cinta se detiene justamente para ser soldada, es por esto que más adelante hay un acumulador, el cual mantiene una cierta cantidad de cinta la que es la que se ocupa para seguir el proceso normal. Los equipos de esta zona son los siguientes:

Tabla 1.2, Equipos zona acumulador y entrada horno

Bastidor soporte cabezal sur	Seguidor de cinta centrador n°2
Seguidor de cinta centrador n°1	Centrador de cinta n°2
Centrador cinta n°1	Centrador de cinta n°3
Rodillo deflector n°1	Brida n°2
Brazo intermedio soporte cinta n°1	Rodillo Tensiómetro
Brazo intermedio soporte cinta n°2	Detector soldadura n°1
Rieles y polines guía carro acumulador	Mesa entrada horno n°1
Carro móvil acumulador	Mesa entrada horno n°2

Fuente: Elaboración propia

### 3. Zona de Horno Electric Furnace

Esta zona está conformada por un gran horno que como ya se mencionó le da la temperatura precisa a la cinta para que esta pueda ser recubierta sin inconvenientes con la aleación Zn – Al. Dentro de este horno también se destacan otras zonas las que serán profundizadas al explicar el proceso productivo. A la salida del horno hay una última parte que se llama “chute de bajada” la que le permite a la cinta trasladarse a la siguiente zona. A continuación se muestran los equipos de esta área:

Tabla 1.3, Equipos zona horno Electric Furnace

Rodillo de sello	Zona enfriamiento lento F5
Túnel de entrada y ducto salida de gases	Chute de Salida
Horno precalentamiento F1 y F2	Rodillos n°1 al 4 zonas F1 - F2
Garganta F2 – F3	Transmisión central n°1 (rodillos 1 al 4)
Horno tubos radiantes F3	Rodillos n°5 al 14 zonas F3 - F4 - F5
Zona de enfriamiento estático	Transmisión central n°2 (rodillos 5 al 14)
Zona de enfriamiento rápido	Sistema lubr. centralizado horno EFCO
Garganta F4 – F5	

Fuente: Elaboración propia

**4. Zona de Recubrimiento:** En esta área la cinta se sumerge en un crisol de recubrimiento, que es una especie de piscina, y es aquí donde está la aleación de Zn – Al, la cual se adhiere en ambos lados de la cinta. Luego la cinta asciende a la siguiente zona.

Tabla 1.4, Equipos zona recubrimiento

Instrumentos	Elevadores cuchillos de aire Kohler
Crisol de Fusión lingotes AJAX	Posicionadores frontal cuchillos de aire
Crisol de Recubrimiento AJAX	Posicionador estabilizador frontal
Rodillos sumergidos crisol de recubrimiento	Vent.Enfriamiento.Inductor techo s/control
Transmisión estabilizador motriz	Cabinas fuerza inductores
Cuchillos de aire Sifones	

Fuente: Elaboración propia

**5. Zona de Enfriamiento del Recubrimiento:** Después de salir del recubrimiento la cinta lleva una temperatura muy elevada, es por esto que necesita pasar por una sección de enfriadores quienes le dan una temperatura adecuada para seguir con normalidad el proceso productivo. Los equipos son:

Tabla 1.5, Equipos zona enfriamiento recubrimiento

Instrumentos
Enfriador vertical abatible
Rodillo deflector n°2
Ircon n°5
Enfriador horizontal n°2
Enfriador horizontal n°3
Centrador de cinta n°4

Fuente: Elaboración propia

**6. Zona de Salida:** Esta es la última zona que se considera para lo que es recubrir el rollo de acero. Es el área mas grande, con mayor cantidad de equipos, en donde se realiza una serie de procedimientos como verificaciones con rayos X, secado, baños de aceite y parafina, etc., para finalmente enrollarse en los equipos destinados para ello. Los siguientes son los equipos:

Tabla 1.6, Equipos zona de salida

Estanque agua enfriamiento rápido (Quench)	Mesa salida guillotina volante
Rodillos estrujadores n°1	Rodillo deflector enrollador n°1
Rodillo superior	Seguidor borde enrollador n°1
Medidor recubrimiento	Mesa enhebradora enrollador n°1
Unides detector soldadura n°2	Enrollador n°1
Nivelador	Enhebrador de correas enrollador n°1
Rodillo deflector n°3 entr.E/quim. 25" " x 6	Carro extractor rollos n°1
Estanque tratamiento químico	Soporte rollos n°3
Rodillo estrujador n°3	Mesa traspaso a enrollador n°2
Rodillo estrujador n°4	Rodillo deflector enrollador n°2
Cabezal secador aire caliente n°2	Seguidor borde enrollador n°2
Estación inspección	Mesa enhebradora enrollador n°2
Brida n°3	Enrollador n°2
Aceitador	Enhebrador de correas enrollador n°2
Rodillo arrastre n°4 guillotina volante	Carro extractor rollos n°2
Guillotina volante	Soporte rollos n°4

Fuente: Elaboración propia

## 7. Sistemas

Todo lo que son instalaciones, redes, sistemas, que están a lo largo de la línea se consideran en esta zona. Estos son necesarios para que funcionen los equipos de LZA. Podemos mencionar sistemas hidráulicos, redes de nitrógenos, etc. Los siguientes son los sistemas que hay en la línea:



Tabla 1.7, Sistemas LZA

Sistema hidráulico gral.zona entrada	Sistema adición atmósfera horno EFCO
Sistema hidráulico centrador cinta n°1-2-3	Medicion es secador
Sistema hidráulico centrador cinta n°4	Sist. Disoci ador amoniaco
Sistema hidráulico gral.zona salida	Sist.alimentación nitrógeno emergencia
Sistema hidráulico control borde enrolladotes	Sist.extrac.agua subterráneo Z/recub
Sistema lubricador aceite reductor nivelador	Insuflado cuchillo aire Cont.Esp.Recub
Sistema lubricador aceite ejes trans. Nivelador	Aire enfriamiento enfriador vertical n°1
Sistema neumático control horno EFCO	Aire enfriamiento enfriador horizontal n°2
Sistema extracción gases horno EFCO	Aire enfriamiento enfriador vertical n°3
Sistema alimentación gas zona F1	Aire caliente secador cinta n°1
Sistema aire combustión zona F1	Sist.secado aire comprimido Med.Recub.Rx
Sistema alimentación gas zona F2	Sist.Contr.Sol.Estanq.Tratam.Quim.
Sistema aire combustión zona F2	Aire Caliente Secador cinta n°2
Sistema combustión pilotos zona F1-F2	Sist. Alimentación agua industrial
Sist.alimen.gas tubos radiantes zona F3	Ventilación salas y controles eléctricos
Sist.aire combustión tubos radiantes F3	Grupo generador Diesel de emergencia

Fuente: Elaboración propia

## 8. Púlpitos

Todas las cabinas que se dedican a manipular equipos o sistemas caben dentro de esta clasificación. A continuación se muestran los púlpitos de LZA:

Tabla 1.8, Púlpitos LZA

Cabina control inductor P1	Cabina control inductor G3
Cabina control inductor P2	Cabina control inductor G4
Cabina control auxiliar inductor P1 – P2	Cabina control auxiliar inductor G1 a G4
Cabina control inductor G1	Gabinete medidor recubrimiento
Cabina control inductor G2	Control canaleta Trasvasije

Fuente: Elaboración propia

## 9. Salas de Control

En esta zona se consideran todos los artefactos que controlan el funcionamiento de la línea y en general son los siguientes:

Tabla 1.9, Salas de control LZA

Cabinas 138 KV
MCC'S
Cabinas de control Reliance
Transformadores de aislación

Fuente: Elaboración propia

## 10. Equipos Auxiliares

Como su nombre lo dice, dentro de esta área cabe una lista muy reducida de equipos que sirven de auxilio para la línea:

Tabla 1.10, Equipos auxiliares LZA

Soporte armado rodillo Sink Roll
Horno Calentamiento rodillo Sink Roll
Bafle

Fuente: Elaboración propia

### 1.7.3 Proceso Productivo

A la línea zincalum llegan rollos provenientes de otras líneas del laminador planos en frío. En el inicio de este proceso productivo continuo (LZA) hay dos desenrolladores, que como su nombre lo indica cumplen la función de “desenrollar” estos rollos. Para que los productos recientemente llegados ingresen a estos 2 equipos, previamente una grúa los monta en un carro alimentador existente para cada desenrollador. El funcionamiento es alternado, es decir, primero opera un solo desenrollador hasta deshacerse por completo de la cinta de acero que allí se ingresó, una vez terminada esta parte, comienza a desenrollar el segundo equipo y es en este lapso de tiempo que el desenrollador vacío nuevamente se carga con un nuevo producto e inmediatamente después se enhebra una cantidad de cinta la cual será unida con la parte final del rollo recién liberado. Esta unión se hace con una Soldadora Taylor Winfield, la cual da una precisión y calidad excelentes.

Para que el proceso de soldar se haga normalmente, hay un tiempo que la cinta debe parar y es aquí donde se produce la unión, por lo tanto para que el proceso continuo no se interrumpa y siga su curso normal, es necesario un gran equipo con distintos componentes el cual es llamado “acumulador”. Su función es “acumular” una gran cantidad de cinta en un espacio subterráneo a la línea productiva, que está entre la soldadora y el horno. Por lo tanto cuando la cinta se solda, el proceso productivo se “detiene”, pero solo en el sector inmediatamente antes del acumulador. El proceso que viene después de este gran equipo sigue

operando normalmente, sin ningún tipo de detención debido a la utilización de la cinta acumulada. Por este motivo el acumulador es tan importante, ya que en términos simples hace que el proceso productivo no se detenga por efecto de la soldadura.

Posterior a esto la cinta ingresa al Horno Electric Furnace, en donde atraviesa por distintas etapas, primero a un área de precalentamiento, luego pasa por distintos niveles de enfriamiento, es decir estático, rápido y lento, para salir del horno por lo que se llama “chute de salida”, con la temperatura necesaria para entrar al recubrimiento.

El siguiente lugar al que se ve enfrentada la cinta es el crisol de recubrimiento, que es una especie de piscina en donde la lámina se sumerge, pasando por los rodillos de fondo los cuales son fundamentales para el correcto baño. Este líquido es una aleación de Zn – Al que viene del crisol de fusión que está muy cerca de este lugar, en donde se ingresan bloques sólidos de Zn – Al los cuales mediante distintos tratamientos, entre ellos la utilización de inductores, se derriten y convierten en líquido que viaja a través de una canal hacia el crisol de recubrimiento. Entonces la cinta se sumerge y recubre, para posteriormente tomar rumbo vertical hacia arriba en cuyo viaje están presentes los “cuchillos de aire” (sopla la cinta para la mejor adhesión del material) y los “baffles”. Estos últimos están ubicados al lado de la cinta, uno a cada lado, produciendo una especie de engaño en los cuchillos de aire, entregándolo de mejor forma, ya que estos creen que la cinta es más ancha.

Después de subir la cinta, llega a un sector de enfriadores por aire en donde se consigue liberar todo la aleación sobrante, quedando la cinta en mejores condiciones. Siguiendo el proceso, la cinta vuelve a bajar y se sumerge en un estanque de agua que está aproximadamente a 28°C. Posterior a esto se somete al efecto de unos rodillos estrujadores y luego a un secador que le elimina el agua. También por esta zona se ve enfrentada a un análisis con rayos x, para medir el

recubrimiento; luego pasa por el nivelador que es un equipo que tiene como función hacer que la cinta esté completamente plana o estirada.

Saliendo de este equipo la cinta ingresa a un estanque que le da un recubrimiento líquido compuesto por aceite y parafina, es por esta razón que el zincalum terminado resulta ser algo aceitoso. Después entra a otro secador que hace que el material adquiera las condiciones de salida.

Todos estos recubrimientos y procesos de secado son necesarios para que exista un buen recubrimiento de zincalum, de lo contrario no se consigue un producto de calidad.

Finalmente se llega a la parte final en donde la cinta pasa por mesas transportadoras y enhebradoras para llegar a enrollar la cinta en los enrolladores. En esta parte primero funciona el enrollador 1, cuando ya está completo la cinta la corta la guillotina volante y se traspasa al siguiente enrollador. Una vez completado el rollo final, se procede a retirar con los carros extractores existentes para casa uno de estos dos equipos.

#### **1.7.4 Personal en LZA**

En esta línea hay trabajadores de planta y también de empresas externas. Dentro del personal directo podemos distinguir entre operadores, mecánicos y eléctricos. Antes de explicar la dotación de trabajadores, es necesario mencionar el actual sistema de horarios. Existen tres turnos, los cuales son:

**1°turno:** de 0 a 8 horas, al final del turno se descansan 3 días.

**2°turno:** de 8 a 16 horas, al final del turno se descansa 1 día.

**3°turno:** de 16 a 0 horas, al final del turno se descansan 2 días.

A continuación se presenta el personal que trabaja en LZA:

## 1. Operadores

Es el personal que trabaja haciendo funcionar u operar la línea. Éstos trabajan en turno y se clasifican dentro de la siguiente estructura:

- **Jefe de línea:** Es el encargado de la totalidad de la línea y de mantener que esta opere, así como también supervisar a los demás operarios.
- **Operador púlpito principal:** Es quien se dedica a operar este gran púlpito el cual tiene comandos que controlan elementos de todas las áreas de la línea.
- **Operador de salida:** Es el que se dedica al control de la parte final de la zona.
- **Operador de entrada:** Es el que se dedica al control de la parte inicial de la zona.
- **Operadores de servicio:** Existe uno de estos trabajadores que está en la zona de salida y otros dos en la zona del crisol, dedicados a la grúa y a la carga del molde.

Por lo tanto se puede ver que hay 7 operadores, es decir hay 28 trabajadores, los que se dividen en los 3 turnos anteriormente mencionados, permaneciendo siempre el cuarto grupo con descanso. También existe un jefe de sección, quien es uno de los principales encargados de la zona.

## 2. Mecánicos

Estos pertenecen al departamento de Mantenimiento Mecánico, los cuales son 8 mecánicos multiuso que se mueven por toda el área, divididos en 4 grupos. Trabajan 2 por turno, mientras el cuarto grupo se mantiene con descanso. Además hay 4 mecánicos lubricadores de empresas externas, divididos en 2 grupos, los que trabajan de lunes a sábado, en el segundo y tercer turno. Las personas

encargadas de indicar qué trabajos realizar es el programador y el jefe de programación.

### **3. Eléctricos**

Pertenecen al departamento de Mantenimiento Eléctrico, los cuales al igual que los mecánicos se dividen en 4 grupos de a 2 personas las que se mueven por toda la línea y además atienden las fallas de combustión, para así trabajar un grupo por turno permaneciendo el cuarto con descanso. Al igual que en el caso de los mecánicos existe el programador y el jefe de programación quienes son los encargados de indicar los trabajos a ejecutar.

Los mecánicos y eléctricos recientemente mencionados, son trabajadores que atienden fallas y participan en poca proporción en los mantenimientos programados. En este caso se externaliza el trabajo y la cantidad de personas subcontratadas en esas situaciones varía dependiendo de lo que se quiera hacer.

## **Conclusión**

Después de haber realizado esta descripción se conoce la compañía siderúrgica Huachipato y en especial la línea zincalum.

Esta línea hace un producto que para Huachipato es muy importante en sus ventas. Además se explicó que el material obtenido es de muy buena calidad por lo que está muy bien posicionado en el mercado.

Además como se pudo ver, el proceso productivo de Huachipato se realiza bajo grandes estándares de calidad, en donde se utiliza un acero a través de materias primas naturales lo que da un gran valor agregado.

Los recursos disponibles en LZA son suficientes como para operar de manera óptima. El recurso humano además es muy amplio, existiendo personal de los departamentos de mantenimiento, tanto mecánico como eléctrico y trabajadores de empresas externas.

Es muy importante tener una visión de la empresa, de sus principios, valores, normas, etc. Esto permite entender la forma de pensar de sus trabajadores y adecuarse en el modo de plantear las futuras propuestas.

También se dieron a conocer los equipos de la línea y su proceso productivo, lo que es fundamental saber para entender los siguientes capítulos y para desarrollar cualquier tipo de análisis.

En esta línea a simple vista se distinguen una serie de deficiencias, como así también problemas en la mantención y en los productos finales. Por lo tanto es fundamental mejorar estas condiciones a través de una propuesta de mantenimiento. En el próximo capítulo se entrega el detalle de la situación actual de LZA.

## **Capítulo II: Descripción de la Situación Actual**

### **Introducción**

Como ya se mencionó en el primer capítulo de este informe, la idea es mejorar la gestión del mantenimiento en LZA con el fin de que los equipos sean más confiables y aseguren de este modo una mejor productividad.

En el capítulo anterior se hizo una descripción de la empresa y de LZA en particular en donde se obtuvo información con la cual se puede tener una visión del funcionamiento de la línea y de conceptos claves que servirán para entender el presente capítulo.

En esta sección se realiza un diagnóstico de la situación que ha vivido LZA en el último tiempo, poniendo especial énfasis en todo lo referente al mantenimiento de esta línea que es lo que interesa para realizar este proyecto.

En las próximas líneas se considerarán distintos tópicos que son de vital importancia considerar y conocer para poder realizar una mejora al mantenimiento. Estos apartados serán: el actual mantenimiento, análisis de los atrasos de la línea, indicadores, productividad, gastos de mantenimiento por parte de LZA y por último un análisis FODA que considerará lo aprendido y diagnosticado en los análisis de este capítulo.

Se utilizarán distintas herramientas de ingeniería industrial que permiten realizar un análisis más claro.

Hay que recordar que el primer objetivo específico de este proyecto es realizar un “diagnóstico de la situación actual de la línea zincalum” analizando y calculando registros de fallas, índices, gastos en mantenimiento y funcionamiento de la actual estrategia de mantención, para saber que es lo débil y fuerte de esta línea.

Por lo tanto los contenidos que se abarcarán a lo largo de esta sección son precisamente los que se necesitan para cumplir este objetivo.



## **2.1 Mantenimiento en la Línea Zincalum**

Como ya se ha dicho anteriormente, en esta línea existen distintos muy buenos planes de mantenimiento los cuales permiten que LZA opere en general de modo suficiente. Se puede decir que en la mantención de LZA hay dos actores, eléctricos y mecánicos, quienes atienden los asuntos correspondientes a su especialidad. Los mecánicos además se preocupan de las partes neumáticas, hidráulicas y lubricación, mientras que los eléctricos de los asuntos de combustión. Dentro de toda la mantención podemos realizar la siguiente clasificación que además indica la forma de realizar el mantenimiento.

### **2.1.1 Mantenimiento Preventivo**

Este tipo de mantención se realiza una vez al mes con una duración aproximada de 14 horas. Esto es realizado cuando se cambia el conjunto de rodillos de la línea, lo que es fundamental para el correcto recubrimiento del material. Estos rodillos están ubicados en el crisol de recubrimiento, en la zona del mismo nombre.

El personal que trabaja en este tipo de mantenimiento es en general de empresas externas, aunque en algunos casos también trabajan los de planta.

Existe para cada equipo un programa de mantención, el cual está en las bases de datos. El software que usa Huachipato es el SAP, en donde para cada trabajo de mantención es necesario emitir previamente una orden de mantenimiento (OM) en la cual se indica el paso a paso de los trabajos a realizar. Este sistema impide la mantención de la totalidad de los equipos dentro de cada mes lo que puede considerarse como un problema. Aunque es necesario mencionar que cada semana un mecánico realiza una inspección con los equipos funcionando a la línea completa, el cual es un método muy superficial en donde perfectamente se pueden obviar muchos problemas.

Esta forma de mantención es muy importante dentro de cualquier empresa y en ésta se usa cumpliendo siempre con lo programado, sin embargo aún persisten

fallas lo que hace necesario mejorar el sistema actual. En el desarrollo de este capítulo e informe se muestra en detalle cuales son las averías y ocurrencia, aunque perfectamente se puede decir que los equipos que más errores presentan son el horno, acumulador, soldadora, enrolladores y desenrolladores.

A continuación se muestran los planes de mantenimiento preventivo eléctrico con sus respectivas frecuencias:

Tabla 2.1, Planes de Mantenimiento Preventivo Eléctrico

Planes de Mantenimiento Preventivo Eléctrico LZA	Frecuencia
Mantenimiento motor CC enrollador 1	6 meses
Motor CC enrollador 2	6 meses
Mantenimiento motor CC nivelador	6 meses
Motor CC acumulador entrada	6 meses
Motores CC zona de entrada	6 meses
Motores CC zona de proceso	6 meses
Motores CC zona de proceso y salida	6 meses
MCC nº1 sala de controles	1 año
MCC nº2 sala de controles	1 año
MCC nº3 sala de controles	1 año
MCC nº4 sala de controles	1 año
Grupo Diesel Gen emergencia	1 año
Cambiar contactores fza.ind. P1 & G1	6 meses
Cambiar contactores fza.ind. P2 & G2	6 meses
Cambiar contactores fza.ind. G3	6 meses
Cambiar contactores fza.ind. G4	6 meses
Grúa de servicio	6 meses
Grúa Cleveland	4 meses

Fuente: Sistema SAP Huachipato

Se puede observar que los eléctricos se encargan principalmente de prevenir problemas en motores, inductores y salas de control. Por su parte los mecánicos atienden más variedad de asuntos y tienen una lista de planes preventivos muy extensa que por motivos de espacio se dará a conocer en el anexo A de este informe.

### **2.1.2 Mantenimiento Correctivo**

Este tipo de mantención también se realiza de forma programada. Cuando se detecta algún posible problema futuro se prepara a través de SAP una orden de mantenimiento correctivo en donde los programadores deben indicar que labores realizar. Cuando llega el momento de hacer el cambio de conjunto, es decir cuando hay detención programada, se realizan los trabajos correctivos, estos los realiza personal de empresas externas.

No existe un procedimiento formal para identificar estos posibles problemas, por lo que se puede decir que éstos se identifican cuando un operador nota la irregularidad o informándose a través del libro de novedades. Sin embargo si los operadores no identifican el problema esto no aparecerá en el libro virtual.

En el sistema actual no hay inspección por parte de los operadores, por lo que se puede decir que el problema busca al operador y no él al problema.

Es ideal que no ocurran estos problemas, ya que no se atienden de inmediato y hay que esperar hasta la detención programada, lo que afecta en cierta proporción al rendimiento de la línea.

### **2.1.3 Atención a la falla**

Estos problemas son atendidos por el personal de planta y son realizados, tal como su nombre lo indica, cuando ocurre una falla. Para realizar estas labores no se hacen órdenes de mantenimiento. Estas fallas son las correspondientes a las clases 4 y 5, que atienden los mecánicos y eléctricos respectivamente. También hay que decir que los operadores atienden los atrasos por enredos, transferencias, soldadura mal hecha, etc., los cuales no se asocian a fallas de equipos.

#### **2.1.4 Reparación Mayor**

Este tipo de mantenimiento se realiza cada 2 años aproximadamente y es en mayor detalle, en donde incluso puede haber cambio de ladrillos refractarios en el horno. Tiene una mayor duración, aproximadamente un mes. Es importante destacar que estos tiempos pueden variar lo cual dependerá de la situación que se esté viviendo. En ella participan una mayor cantidad de personal, entre los cuales la mayoría es de empresas externas.

#### **2.1.5 Mantenimiento Predictivo**

En esta línea también existe este tipo de mantenimiento a nivel mecánico y últimamente a nivel eléctrico también. Cada uno tiene distintas formas de funcionar, es decir distintas frecuencias, distintos equipos y distintos planes. A continuación se explica con más detalle estos mantenimientos.

##### **1. Mantenimiento Predictivo Mecánico**

Esta forma de mantención consiste en hacer análisis de vibraciones con instrumentos adecuados para ello. Lo realiza personal del departamento de mantenimiento mecánico el cual trabaja a nivel planta y no exclusivamente para LZA. En este caso no se ocupan órdenes de mantenimiento. Después de hacer estos análisis se emite un informe a los programadores mecánicos de LZA con los resultados obtenidos, quienes podrán realizar OM si es necesario con distintos niveles de urgencia, con el fin de mejorar los errores diagnosticados con el vibroanálisis.

A continuación se muestran los equipos que reciben este tipo de mantenimiento, los que tienen una frecuencia de mantención aproximada de 42 días:

Tabla 2.2, Equipos mant.predictivo eléctrico

Equipos	
Vent. Comb. F1 Sur	Vent. Cuchillos 1 Sur
Vent. Comb. F2 Norte	Vent. Cuchillos 2 Norte
Vent. Pilotos F1 - F2	Vent. Enf. Vertical 1 Sur
V. Comb. T. Radiantes F3	Vent. Enf. Vertical 2 Centro
Vent. Enf. Rápido F4	Vent. Enf. Vertical 3 Norte
Sop. Aire Garden City	Sop. Spencer 2050 Sur
Vent. Fosos Inductores	Sop. Spencer 2050 Norte

Fuente: Sistema SAP Huachipato

Analizando los informes de vibroanálisis que se han realizado en los recientes meses se puede concluir que los Vent. Comb. F2 Norte, Vent. Pilotos F1 - F2, Sop. Aire Garden City, Vent. Cuchillos 2 Norte, Vent. Enf. Vertical 1 Sur, Vent. Enf. Vertical 2 Centro, Vent. Enf. Vertical 3 Norte, no han presentado problemas y han estado funcionando correctamente.

El Vent. Comb. F1 Sur se ha mantenido en estado de alerta en cada análisis, más específicamente se ha mantenido desbalanceado por suciedad.

Los equipos que han presentado problemas son el Sop. Spencer 2050 Norte el cual también presenta desbalanceo por suciedad, sin embargo esto ya se solucionó. El Sop. Spencer 2050 Sur presentó problemas en todos los análisis debido a daño en un rodamiento del ventilador y también a desbalanceo por suciedad y el V. Comb. T. Radiantes F3 ha ido incrementando sus defectos en donde se puede decir que existe un problema con los rodamientos del ventilador. Cabe destacar que en estos dos últimos casos fue necesario emitir órdenes de mantenimiento para reparar el problema.

En este caso la mayoría de los equipos analizados presenta buenas condiciones, lo cual sirve para potenciar, rescatando así las cosas buenas del mantenimiento preventivo actual.

Además es bueno considerar que varios de los problemas detectados por estos análisis son por suciedad lo que hace primordial considerar mantener una muy buena limpieza.

## 2. Mantenimiento Predictivo Eléctrico

Esta forma de mantención es nueva para los eléctricos, tiene aproximadamente un año de funcionamiento el que en este caso sí se realiza con OM emitidas por los programadores eléctricos. El personal que realiza estos análisis es de mantenimiento eléctrico, quienes al igual que en el caso de los mecánicos trabajan a nivel planta y no exclusivamente para LZA. Las técnicas eléctricas son principalmente la termografía. Después de realizar este mantenimiento se emite un informe por medio de correo electrónico a los programadores eléctricos quienes sabrán si emitir o no una orden con el fin de solucionar los posibles problemas que se les indiquen. Esta orden se hará cuando se realice la “parada” programada y si es muy urgente tendrá que realizarse de inmediato, al igual que en el caso de los mecánicos. Es necesario recordar que a diferencia del mantenimiento predictivo mecánico, acá existen en SAP los programas de este tipo de trabajo, el cual se detalla a continuación:

Tabla 2.4, Planes mant.predictivo eléctrico

Planes de Mantenimiento Predictivo Eléctrico LZA	Frecuencia
Insp. Motor CA Ventilador enfriamiento lento Horno	1 año
Insp. Motor CA Tornillo ent. Nivelador	1 año
Insp. Motor CA Tornillo sal. Nivelador	1 año
Insp. Motor CA Guillotina volante	1 año
Insp.motor CA Enfriamiento rápido Horno	1 año
Insp. Cab. y calefactores Horno	6 meses
Insp. Motor CA Entrada/Prco	1 año
Insp.motor CA Zona Salida	1 año
Insp. Motor CA & kim. Crisoles PF & F zinc	1 año
Insp. Lim palanca zona entrada, salida & Proc. Zinc	6 meses
Insp. Electroval. Zona entrada, Proc. & Sal Zinc	6 meses
Insp. Soldadora taylor Winfield	6 meses
Insp. Cab. Fuerza inductor P1 y G1	6 meses
Ins. Cab. Fuerza inductor P2 y G2	6 meses
Ins. Cab. Fuerza inductor G3 y G4	6 meses
Insp.cab.central inductor P1 y P2	6 meses
Insp.cab.central inductor G1, G2, G3, G4	6 meses
Insp.púlpito zona entrada y procesos zincalum	1 año
Insp.púlpito zona proceso y salida zincalum	1 año
Insp. Cabina DRIVE AUTOMAX DCS 5000	1 año
Insp. Cabina DRIVE AUTOMAX DCS 5000	1 año
Insp.cab. Entrada y salida remotas A00	1 año
Insp. TRAF0 aislación Cab. DSC 5000	1 año

Fuente: Sistema SAP Huachipato

Estos son los mantenimientos predictivos realizados en LZA, cuya frecuencia de intervención es de 6 meses o 1 año, tal como se indica en la tabla.

Debido a lo nuevo que es el funcionamiento de este tipo de mantenimiento en el área eléctrica, no hay muchos realizados. En los registros de SAP existen los siguientes:

**Insp. Motores CA Zonas Entrada y Proceso:** En este caso se intervienen motores de los desenrolladores, nivelador, bombas y ventiladores. En esa inspección no se detectó anomalía.

**Insp. Motor CA Guillotina Volante:** Durante esta inspección todo estuvo bajo los márgenes normales, la temperatura promedio registrada fue de 30° C lo cual es adecuado.

**Insp. Cab. Control Inductor G1, G2, G3 y G4:** En esta mantención predictiva realizada a las cabinas de control de los inductores, todo lo analizado dio resultados correctos. Se debió coordinar con el jefe de línea una desconexión por un tiempo aproximado de 20 min.

**Insp. Púlpitos Zona Entrada y Proceso:** En este caso se trabajó sobre los púlpitos de equipos como desenrolladores, brida 1 y 2, rodillos centradores 1, 2 y 3, acumulador y algunas bombas. La revisión indicó normalidad en estos púlpitos.

**Insp. Mot. CA Ventilador Enfr. Lento Horno:** Este es un motor crítico por lo tanto necesita una atención especial, en la inspección no presentó dificultades, se registraron temperaturas, contaminación y ruidos normales.

**Inspección Soldadora Taylor Winfield:** En general se observó contaminación normal en límites, electroválvulas, sensores y paneles. No se pudo realizar el 100% de la inspección debido a condiciones del equipo en aquel instante.

**Insp. Electroválvula Zona Entrada, Proceso y Salida:** En estas zonas hay una gran cantidad de electroválvulas las que fueron analizadas en esta mantención, pertenecientes a desenrolladores, rodillos, enrolladores, mesas, entre otros. Fue una revisión que entregó buenos resultados, por lo tanto al igual que en los mantenimientos predictivos mencionados recientemente, no se necesario programa una OM.

Por lo tanto con los análisis realizados no se han encontrado anomalías, lo que no quiere decir que estos hayan “estado demás”, sino que es parte de una inspección y sirve para darse cuenta que el mantenimiento preventivo está aportando de muy buena forma y es bueno potenciar lo existente en una futura propuesta de mejora.

### **2.1.6 Lubricación**

En LZA también hay personal encargado exclusivamente de la lubricación de los equipos, estos están a cargo de mantener como corresponde los niveles de aceite dentro un margen normal. Este trabajo es realizado por personal de empresas externas que trabajan en parejas, en el segundo y tercer turno, tal como se indicó en el capítulo anterior. Ellos reciben un programa de lubricación semanal que deben cumplir rigurosamente.

## **2.2 Atrasos en la Línea Zincalum**

### **2.2.1 Clases de atrasos**

En la línea zincalum existen atrasos producidos por distintos motivos. No todos son producto de fallas en los equipos, es decir, existen problemas en otros lugares los cuales hacen que también hayan “paradas”. Entre los atrasos se puede destacar la asignación de clases que cada “parada” recibe, esta corresponde a un número del 1 al 8, lo cual facilita la labor de identificar el problema. A continuación se especifica el detalle de esta clasificación:



### **Clase 1: Detención Programada**

Estas son las detenciones que se hacen planificadamente, se realizan cuando se hace cambio de rodillos de fondo, lo cual hay que realizarlo constantemente; también cuando hay mantención o cuando hay algún motivo de fuerza mayor programado.

### **Clase 2: Procesos**

Estas detenciones se producen por problemas externos. Generalmente ocurren cuando las materias primas que ingresarán a LZA vienen defectuosas. Estos errores en los productos pueden ser materiales sin información, deformados, sin codificación, etc.

### **Clase 3: Operación**

Los atrasos de este tipo son los que se producen por motivos de operación. Aquí se pueden distinguir los cortes de cinta, desconexión de equipos, enredos, etc. Por lo general una vez ocurridos estos problemas, se solucionan por los propios operarios sin investigar el motivo que los causó. Es importante destacar que en algunos casos se necesita del personal del mantenimiento mecánico o eléctrico para reiniciar el proceso productivo.

### **Clase 4: Mecánicos**

Estos atrasos son aquellos que se deben a fallas mecánicas en los distintos equipos que conforman la LZA. Estos son solucionados por personal del mantenimiento mecánico, los que además solucionan las fallas hidráulicas, neumáticas y de lubricación, las que si ocurren también caben dentro de esta clase.

### **Clase 5: Eléctricos**

Los atrasos de esta clase son debido a fallas eléctricas en los equipos de la LZA. Son solucionados por personal de mantenimiento eléctrico quienes también están encargados de atender los problemas de combustibles.

### **Clase 6: Combustible**

Las fallas de combustible son producidas en menor proporción que las anteriores, por lo general son errores en los sistemas, cañerías, etc. Como ya se mencionó son solucionadas por personal de mantenimiento eléctrico.

### **Clase 7: Suministro**

Los problemas de suministro son externos a la LZA. Como su nombre lo dice son fallas en el suministro de energía como por ejemplo hidrógeno, electricidad, etc. Si falla una de las plantas que abastece a LZA o realiza mantención, se está en la obligación de detener el proceso productivo.

### **Clase 8: Sin Definición**

Hay algunos atrasos que no se sabe con claridad su origen, por lo tanto no caben dentro de alguna de las clases anteriores. Estas fallas se someten a análisis y en un futuro cercano recibirán alguna clase. Cabe destacar que es muy escaso encontrar una situación como esta.

Como se puede ver esta clasificación hace que se lleve un orden y mejor control de los atrasos producidos en LZA. Sin embargo con este sistema se producen problemas en el sentido de que muchas veces los atrasos son asignados a quienes no corresponden, no existe un control de cómo fue exactamente la falla. Puede darse el caso que haya una falla eléctrica y que además cree una falla mecánica, la cual en este caso sería atendida por el personal de mantenimiento

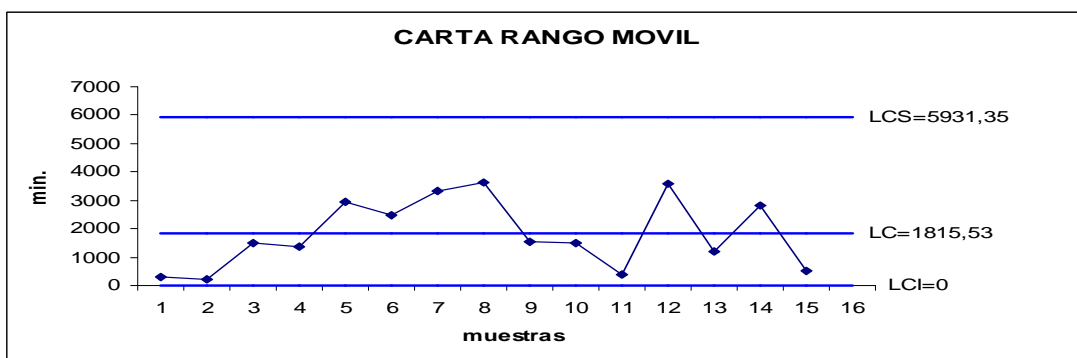
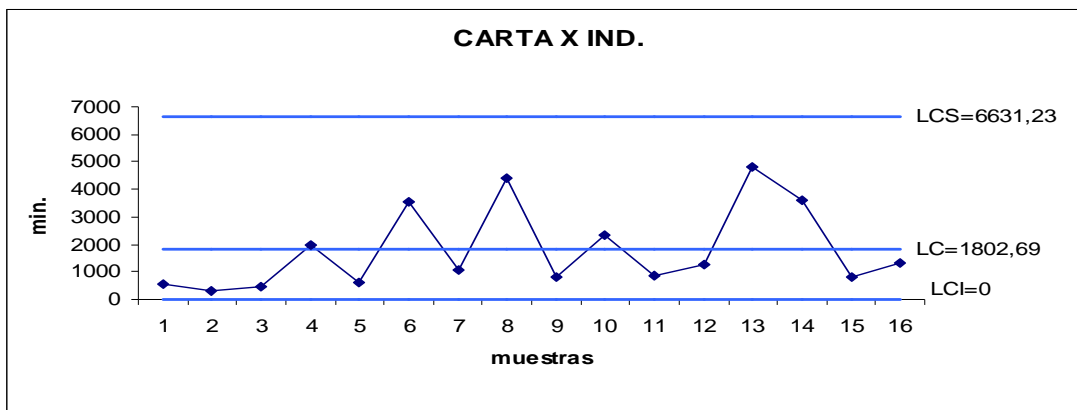
mecánico y serían ellos quienes recibirían el atraso. Claramente para los mecánicos, eléctricos u operadores no es conveniente recibir la asignación de atrasos, ya que se traduce en un indicador negativo.

### **2.2.2 Atrasos producidos por equipos**

Como ya sabemos no todos los atrasos son producidos por equipos, sin embargo la gran mayoría de las “paradas” son debido a estos. Es muy importante analizarlos debido a que como ya se sabe, uno de los objetivos de este proyecto es reducir las averías en los equipos. En esta línea existe una gran cantidad de ellos, dentro de los cuales hay sub equipos. En este caso analizaremos solo los equipos principales, dejando sin mencionar a los otros, los cuales se deben considerar a la hora de intervenir las propuestas que se realicen sobre los equipos principales. Para este análisis se consideran 2 períodos cada uno con una cantidad de 8 meses. El primero considera los meses de mayo a diciembre de 2007 y el segundo período contiene a los meses de enero a agosto de 2008.

Lo primero que se hizo fue realizar una serie de cartas de control con el fin de conocer la estabilidad de ciertas variables y procesos. Recordemos que estos gráficos poseen una línea límite superior y una línea límite inferior donde se representan los valores de alguna medición estadística para una serie de muestras sucesivas. El gráfico incluye también una línea central que corresponde al valor medio de las observaciones. Es una de las llamadas “Siete Herramientas de la Calidad”. Principalmente dentro de este análisis se consideraron distintas variables relacionadas con los atrasos de equipos.

En el primer caso se realizó una carta de control “X individual – Rango Móvil”, la cual tiene como variable el “tiempo mensual de fallas de equipos mecánicos y eléctricos”. Los gráficos son los siguientes:



Gráficos 2.1, cartas de control Xind - RM, Tiempo mensual de fallas de equipos fuente: Elaboración propia

Debido a que solo se tienen 16 datos correspondientes al total de meses en análisis, se justifica el uso de este tipo de carta de control.

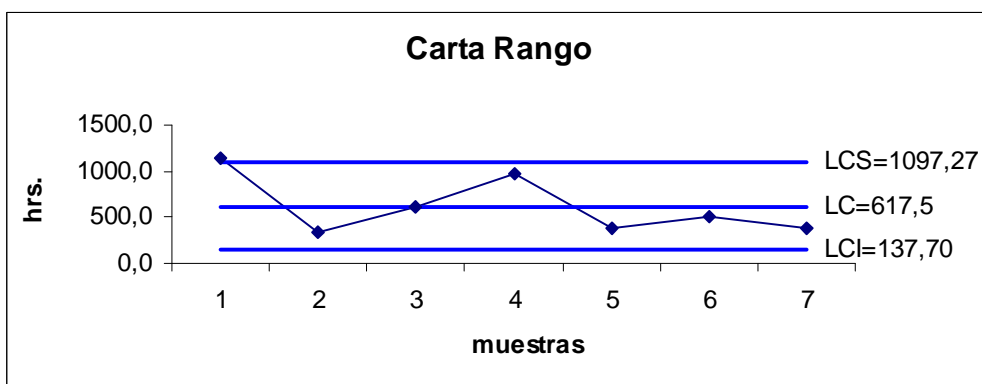
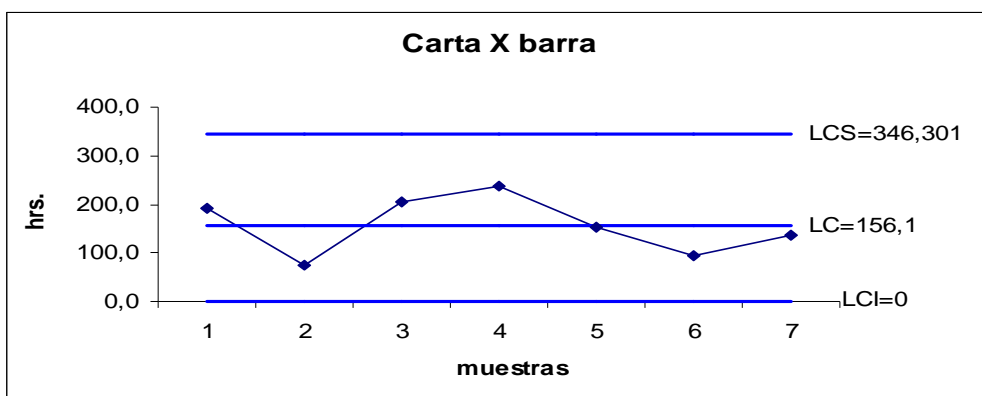
Lo que se puede concluir de esta representación gráfica es que la duración del tiempo mensual de fallas de equipos mecánicos y eléctricos varía entre los límites de control estadísticos con valores de 0 y 6631,23 min. , con un promedio de 1802,69 min., esto se puede ver dentro de la carta X ind.

De la carta rango móvil se puede decir que la dispersión de los tiempos entre un período y otro varía entre los límites de control estadísticos 0 y 5931,35 min., con una media de 1815,53 min.

En ambas cartas los valores muestrales están dentro de los límites, por lo tanto se puede decir que el “tiempo mensual de fallas de equipos mecánicos y eléctricos” está bajo control estadístico. Aparentemente esto es bueno ya que todos los meses el tiempo está dentro de los rangos que la estadística da, esto quiere decir

que si bien es cierto hay variaciones, el mantenimiento actúa de modo tal que permite que el tiempo de fallas se mantenga y que la producción también. Sin embargo en este caso la carta no da una buena representación ya que pese a haber control estadístico, se hace necesario reducir estos tiempos. Además las variaciones entre una muestra y otra, muchas veces son muy grandes.

Por último se realizaron cartas de control considerando como variable el “tiempo entre fallas mecánicas” y el “tiempo entre fallas eléctricas”. Cada carta de control está realizada sobre los 16 meses de análisis. En ambos casos se utilizaron cartas Xbarra – Rango, debido al gran número de datos y utilizando al igual que en las cartas anteriores el total de datos disponibles obteniendo de esta forma gran representatividad para el período en cuestión. Dentro de cada muestra hay 10 datos para tener más precisión, lo que es necesario en este caso. Las cartas de control para el tiempo entre fallas mecánicas son las siguientes:

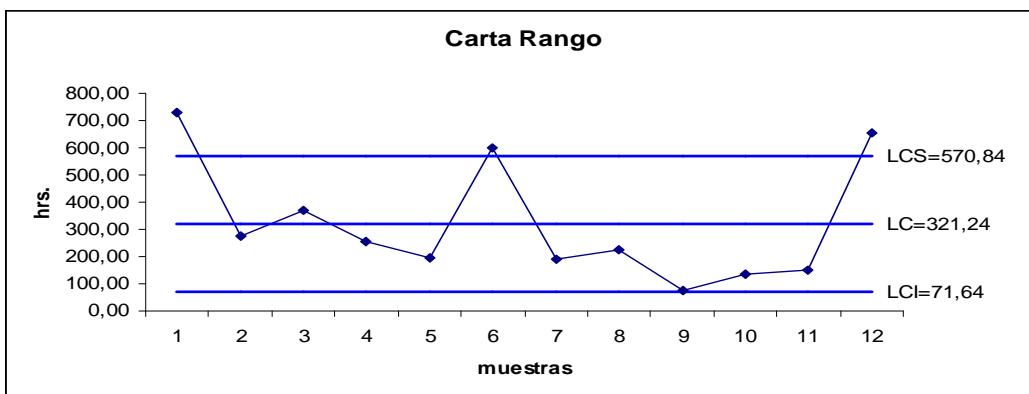
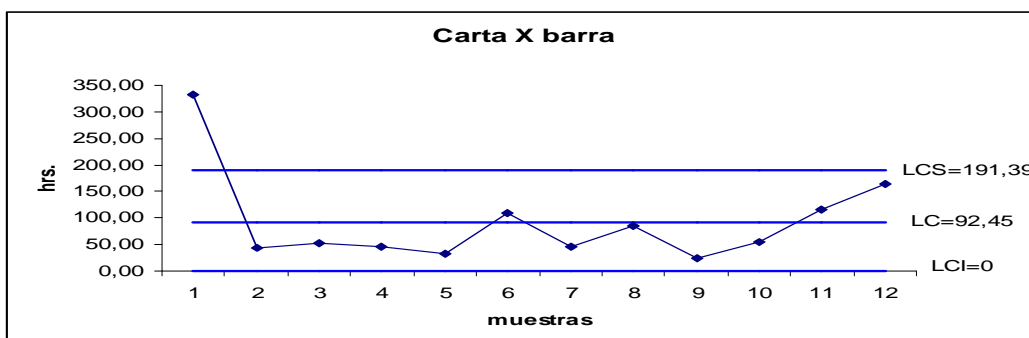


Gráficos 2.2, Cartas de control X barra – Rango, Tiempo entre fallas mecánicas fuente: Elaboración propia

De la carta X barra se puede decir que las medias muestrales varían entre los límites de control estadísticos con valores de 0 y 346,301 hrs. con una media de 156,1 hrs., en este caso se cumplen los límites.

En la carta Rango la variación dentro de las muestras está entre los límites de control estadísticos 137,7 y 1097,27 hrs. con una media de 617,5 hrs., en donde se puede distinguir que la muestra 1 está sobre el LCS con un valor de 1140,1 hrs. Por lo tanto se puede decir que este análisis está fuera de control estadístico debido a que la carta rango muestra un punto fuera de control, en donde hubo demasiada variación entre los valores de la muestra.

Las cartas de control para el tiempo entre fallas eléctricas son las siguientes:



Gráficos 2.3, Cartas de control X barra –Rango, Tiempo entre fallas eléctricas fuente: Elaboración propia

De la carta Xbarra se ve que las medias muestrales fluctúan entre los límites de control estadísticos con valores de 0 y 191,39 hrs. con una media de 92,45 hrs. Se ve que el punto 1 está fuera de control estadístico, el cual tiene un valor de 332,85 hrs. lo que es favorable y sería importante potenciar lo que allí ocurrió.

En la carta rango la variación dentro de las muestras está entre los límites de control estadísticos 71,64 y 570,84 hrs. con una media de 321,24 hrs., en donde se puede distinguir que los puntos 1, 6 y 12 están fuera de control estadístico los cuales tienen un valor de 727,75; 600,4 y 655,92 hrs., respectivamente.

Nótese que en la carta Xbarra el punto que está por sobre el LCS es favorable, no así en la carta Rango, en donde un alto valor de cada punto indica que la oscilación dentro de cada muestra es muy elevada, debido a grandes diferencias de tiempo entre fallas.

Por lo tanto los tiempos entre fallas mecánicas y eléctricos están fuera de control estadístico, es decir no tienen un tiempo similar, lo que crea problemas, sería ideal que fueran más homogéneos, esto permitiría llevar un mejor orden de la situación y poder adelantarse a los escenarios futuros. Además cada falla debería ser reducida en tiempo y de rápida solución, es aquí donde una mejora en el mantenimiento permitiría conseguir esto, aunque no hay que olvidar que lo ideal sería llegar a las cero averías. Sin embargo estos límites deberían poder mejorarse según las especificaciones que se tiene, por ejemplo hay que recordar que el tiempo entre fallas mecánicas debe ser mínimo 11 días y el tiempo entre fallas eléctricas alrededor de 6 días.

Posterior a esto se analizaron directamente las fallas de los equipos en las distintas zonas en las que se divide la línea y así ver cuales son los sectores que más fallan. En la siguiente tabla y gráfico se distinguen las fallas por zonas debido a equipos en LZA en el período mayo – diciembre de 2007.

Tabla 2.5, Tiempo de falla de equipos, may. – dic. 2007

Zona	Tiempo de falla por zona debido a equipos (min).
Entrada	1229
Acumulador y entrada de horno	1948
Horno electric furnace	2163
Recubrimiento	65
Enfriamiento recubrimiento	0
Salida	6123
Sistemas	1193
Total	12721

Fuente: Elaboración propia

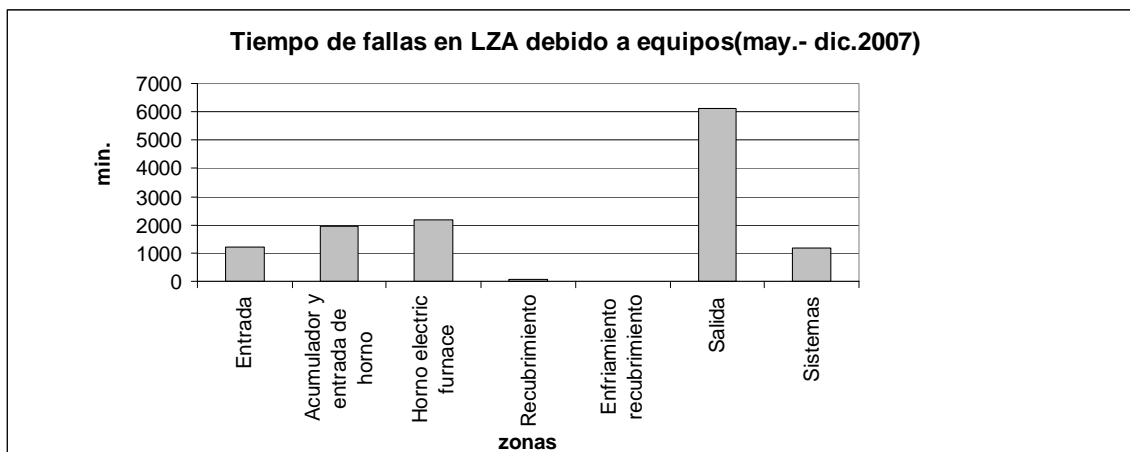


Gráfico 2.4, Tiempo de falla de equipos, may. – dic. 2007 fuente: Elaboración propia

Claramente se puede ver que la zona que más tuvo problemas en este primer período fue la zona de “salida”, seguida de las zonas “horno electric furnace”, “acumulador y entrada de horno” y “entrada”, respectivamente. En total el tiempo de fallas por equipos en este periodo es de 12.721 min.

Análogamente en la siguiente tabla y gráfico se muestra el mismo análisis para el segundo período, es decir se muestran las fallas por zonas debido a equipos en LZA en el período enero - agosto de 2008.

Tabla 2.6, Tiempo de falla de equipos, ene. – ago. 2008

Zona	Tiempo de falla por zona debido a equipos (min.)
Entrada	1425
Acumulador y entrada de horno	1877
Horno electric furnace	2217
Recubrimiento	834
Enfriamiento recubrimiento	0
Salida	5515
Sistemas	485
<b>Total</b>	<b>12353</b>

Fuente: Elaboración propia



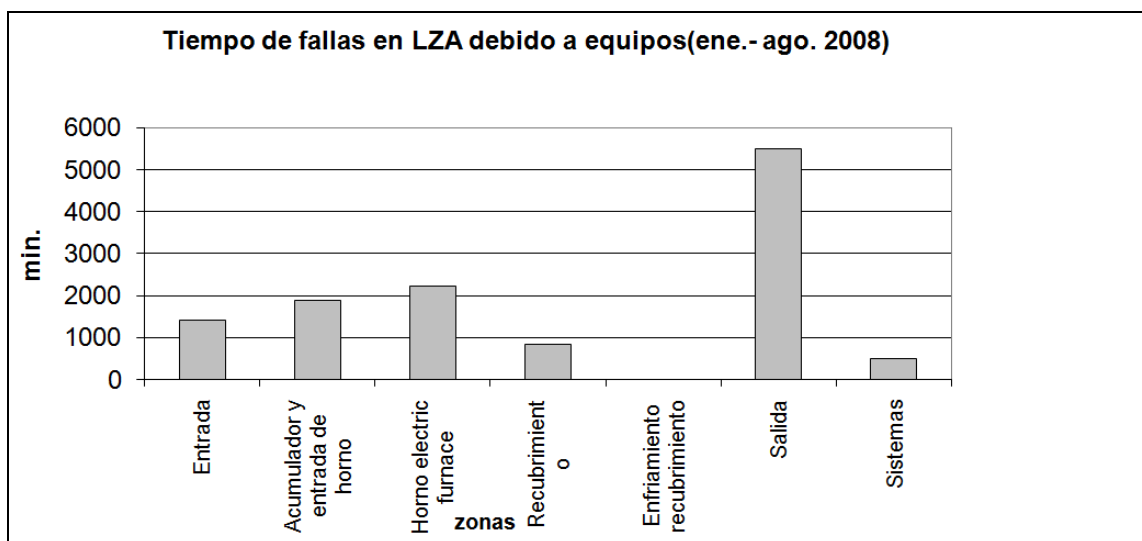


Gráfico 2.5, Tiempo de falla de equipos, ene. – ago. 2008 fuente: Elaboración propia

Al igual que en período anterior se puede ver que las zonas que más fallaron por equipos, en orden descendente son “salida”, “horno electric furnace”, “acumulador y entrada de horno” y “entrada”, respectivamente. En total el tiempo de fallas por equipos en este periodo es de 12.353 min.

Por lo tanto podemos decir que estas zonas son las que más fallan, ocupando el primer lugar la zona de salida debido a lo importante y extensa que es. Las zonas de recubrimiento y sistemas fallaron en menor cantidad variando entre un período y otro. La zona de “enfriamiento de recubrimiento” no registra fallas en ninguno de los dos períodos lo que no significa que por esta razón no recibirá mantención, es una zona que merece igual importancia que las demás, para que se mantenga como lo ha hecho hasta ahora.

### Diagrama de Pareto

Es una herramienta gráfica en la cual se representa la frecuencia para un conjunto de causas ordenadas desde la más significativa hasta la menos significativa. Está vinculado con el **Principio de Pareto**, que sugiere que la mayor parte de los problemas de calidad provienen de solamente de algunas pocas causas.

En cada uno de los períodos se realizó un diagrama de Pareto con el cual se logra distinguir cuales fueron los equipos que fallaron y cual fue su porcentaje de falla

con respecto al total. Además se muestran los porcentajes acumulados lo cual permite mostrar la incidencia de un conjunto de equipos con respecto al total de tiempos en fallas.

El siguiente gráfico es el Diagrama de Pareto para el primer período de análisis, sin embargo para conocer el detalle de tiempo de falla de los equipos que presentaron problemas en este período, se muestra una tabla con dicha información.

Tabla 2.7, Detalles de fallas de equipos, may. – dic. 2007

Equipo	Tiempo de falla por equipos (min).	Equipo	Tiempo de falla por equipos (min).
enrollador 2	3313	guillotina volante	223
Horno	2153	Brida 1	185
Acumulador	1308	desenrollador 1	145
deflector 2	1190	Brida 3	120
Gral.salida	770	enrollador 1	69
brida 2	640	crisol de fusión	65
Nivelador	520	secador 2	45
Desenrollador 2	477	sist.hidr.cent.1,2,3	30
Soldadora	397	mesa enhebradora	20
Red de nitrógeno	393	mesa transportadora	20
detector de borde	328	centrador	10
secador 1	290	chute	10
		<b>Total</b>	<b>12721</b>

Fuente: Elaboración propia

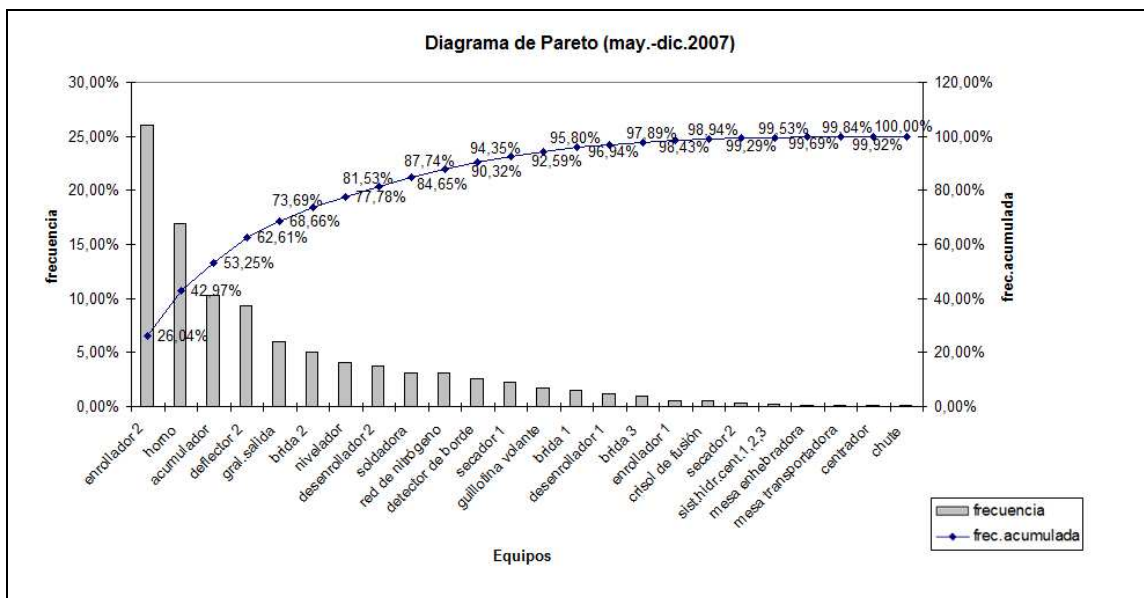


Gráfico 2.6, Diagrama de Pareto de equipos y sus fallas may.- dic. 2007 fuente: Elaboración propia

En esta tabla y gráfico se puede ver que los equipos que más fallaron en este período son el enrollador 2, el horno y el acumulador. Además hay una serie de otros equipos que fallaron cuyo detalle está en las figuras presentadas.

### Interpretación del Diagrama de Pareto

La idea de este diagrama es poder mostrar de una forma ordenada y clara las fallas de uno o varios equipos y su incidencia en un total de fallas. Por ejemplo en este caso podemos decir que el 53,25% de las fallas de equipos producidos en la LZA en el primer período fue ocasionado por el enrollador 2, el horno y el acumulador. O también podríamos decir que el 84,65% de las fallas de equipos producidos en la LZA en este período fueron producidas por los mismos equipos y también por el: deflector 2, el sistema hidráulico Gral. de salida, por la brida 2, el nivelador, el desenrollador 2 y por la soldadora.

También se realizó el mismo análisis para el segundo período correspondiente a los meses de enero a agosto de 2008. A continuación se presenta una tabla con los equipos que fallaron en LZA durante este período, en donde se muestra el

detalle del tiempo de falla para estos equipos. Posteriormente se presenta el correspondiente Diagrama de Pareto.

Tabla 2.8, Detalle de fallas de equipos, ene. – ago. 2008

Equipo	Tiempo de falla por equipos (min).	Equipo	Tiempo de falla por equipos (min).
Guillotina volante	2598	brida 1	189
Horno	1837	desenrollador 2	135
Acumulador	1547	gral.entrada	125
Enrollador 1	1007	red de nitrógeno	125
Soldadora	762	mesa transportadora	77
Chute	650	cuchillo de aire	50
brida 3	557	brida 2	40
Centrador 4	450	guillotina 1	40
Enrollador 2	440	centrador de salida	30
Bafle	319	mesa deflectora	24
Nivelador	312	centrador 1	20
desenrollador 1	289	mesa enhebradora	20
grúa de servicio	250	circuito aire	15
gral.salida	220	guillotina 2	10
crisol de fusión	215	Total	12353

Fuente: Elaboración propia

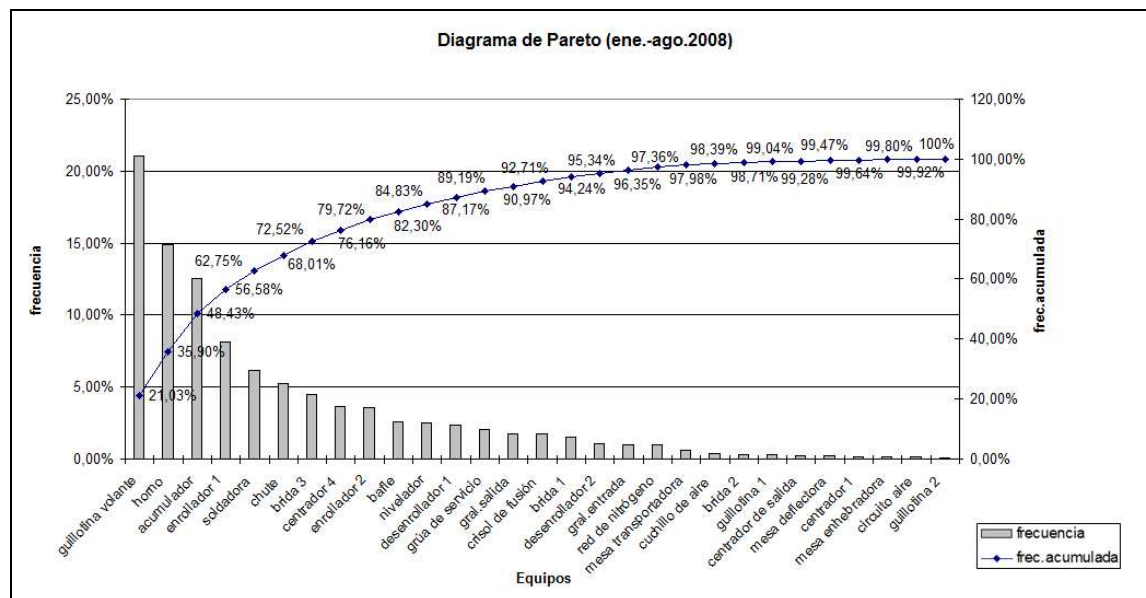


Gráfico 2.7, Diagrama de Pareto de equipos y sus fallas, ene. – ago.2008

fuente: Elaboración propia

En esta tabla y gráfico se puede ver que los equipos que más fallaron en este período son la guillotina volante, el horno y el acumulador. Además hay una serie de otros equipos que fallaron cuyo detalle está en las figuras presentadas.

### **Interpretación del Diagrama de Pareto**

Como ya se mencionó con este gráfico se muestran los datos ordenados y resumidos. En este caso podemos decir que el 48,43% de las fallas de equipos producidos en la LZA en el segundo período fue ocasionado por la guillotina volante, el horno y el acumulador. O también podríamos decir que el 76,16% de las fallas de equipos producidos en la LZA en este período fueron producidas por los mismos equipos y también por el: enrollador 1, soldadora, chute, brida 3 y centrador 4.

### **Análisis General**

Haciendo un análisis general considerando ambos años podemos darnos cuenta que no hay una correlación, los equipos no fallan en igual cantidad entre un año y otro, sin embargo se puede notar que el horno y el acumulador son equipos que fallan en gran cantidad en ambos períodos.

También se distingue que los equipos que fallan son repetitivos, si bien es cierto no se repiten los tiempos de errores entre un período y otro, las fallas son debido principalmente a los mismos equipos, entre los que podemos mencionar:

Brida 1	Nivelador
Brida 2	Desenrollador 2
Brida 3	Soldadora
Enrollador 1	Chute
Enrollador 2	Centradores
Desenrollador 1	Horno
Guillotina Volante	Algunos Sistemas

Esta lista no engloba todos los equipos que han fallado en estos dos períodos de análisis, pero sí indica una gran cantidad los cuales se repiten claramente. Es importante darse cuenta que las fallas que presentan los equipos no son repetitivas en cuanto a tiempo, lo cual hace necesario considerar en un plan de mantenimiento a todos los equipos y de esta forma solventar cualquier situación que se presente. También es importante mencionar que hay algunas fallas que no se han considerado y no están en las tablas y gráficos explicados recientemente por ser poco representativas y su consideración entregarían resultados desacorde con la realidad. Por ejemplo el 22 de mayo de 2008 hubo un atraso en el chute de bajada, más específicamente en la placa deflectora con una duración de 3480 min., este es un atraso que nunca ocurre, además el chute según los historiales falla poco y no es para asociarle una falla de tanta duración.

### 2.2.3 Atrasos producidos por otras clases

Como ya se mencionó anteriormente, en LZA no todos los atrasos son producidos por fallas en los equipos, existen distintas otras situaciones que pueden provocar una detención. En este apartado se tratarán estos datos lo que permitirá conocer la incidencia de estos en la totalidad de las “paradas” de la línea.

En la siguiente tabla y gráfico se muestran los tiempos mensuales de atrasos producidos por equipos y otras clases:

Tabla 2.9, Tipos de atrasos

Mes	todos los atrasos (min.)	fallas de equipos (min.)	fallas de equipos (%)	otras clases de atrasos (min.)	otras clases de atrasos (%)
May-07	2345	563	24,01%	1782	75,99%
jun-07	918	284	30,94%	634	69,06%
jul-07	934	481	51,50%	453	48,50%
ago-07	3314	1977	59,66%	1337	40,34%
sep-07	1560	632	40,51%	928	59,49%
oct-07	4396	3567	81,14%	829	18,86%
nov-07	4873	1082	22,20%	3791	77,80%
dic-07	8088	4424	54,70%	3664	45,30%
Ene-08	1069	801	74,93%	268	25,07%
feb-08	3937	2348	59,64%	1589	40,36%
mar-08	3072	849	27,64%	2223	72,36%
abr-08	3337	1245	37,31%	2092	62,69%
May-08	5898	4821	81,74%	1077	18,26%
jun-08	10490	3626	34,57%	6864	65,43%
jul-08	3939	817	20,74%	3122	79,26%
ago-08	4587	1326	28,91%	3261	71,09%
Fuente :Elaboración Propia			45,63%	54,37%	

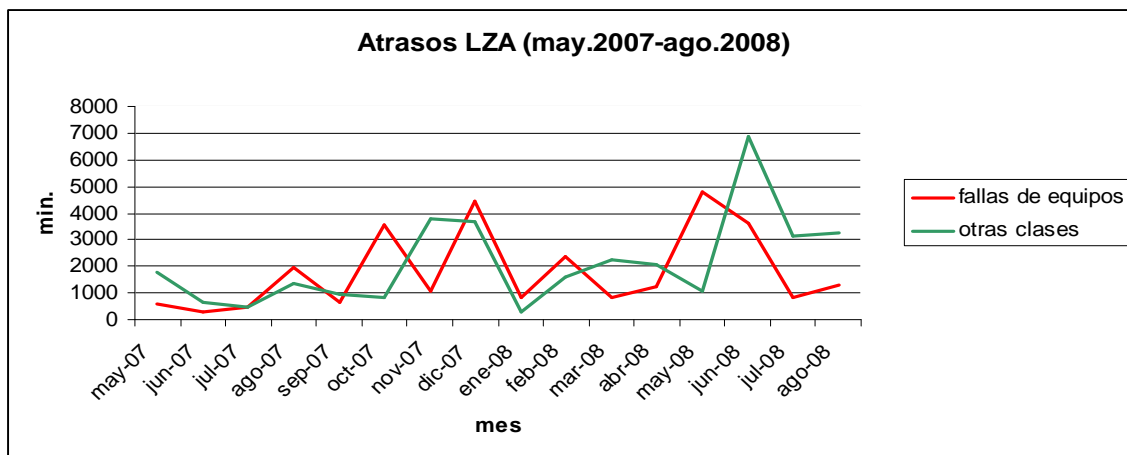


Gráfico 2.8, Comparación entre tipos de atrasos, fuente: Elaboración propia

En esta tabla y gráfico se visualiza que en algunos meses la mayor cantidad de atrasos es debido a fallas en los equipos, en otros meses ocurre lo contrario. En los 16 meses de análisis el 45,63% de los atrasos fue por fallas en los equipos, mientras que el 54,37% fue producido por otras clases. En estos últimos se distinguen problemas de las clases explicadas al principio de este capítulo, en donde es muy importante mencionar los atrasos asignados a operaciones que han tenido bastantes repeticiones, como por ejemplo enredos de cinta en los enrolladores, cortes y desplazamientos de cinta y soldaduras mal hechas. Estos son atrasos que cuando han ocurrido no se ha investigado su causa para su próxima reparación, es por eso que estos son de mucha importancia considerar a la hora de proponer una estrategia de mantenimiento. Además dentro de las “otras clases de atrasos”, estos problemas “operacionales” junto con los de “suministro”, representan un gran porcentaje. En la siguiente tabla se muestra el tiempo de atrasos por clase en el período de los 16 meses de estudio:

Tabla 2.10, Resumen de atrasos

Clase	Tiempo (min.)	%
1	101680	59,39%
2	7171	4,19%
3	13346	7,79%
4	15752	9,20%
5	13851	8,09%
6	846	0,49%
7	18414	10,75%
8	154	0,09%
<b>Total</b>	<b>171214</b>	

Fuente: Elaboración propia

Evidentemente la clase 1 es la que registra mayor tiempo por considerarse “tiempo de paradas programadas”, seguida de los atrasos de suministro, mecánicos, eléctricos y operacionales. Resulta sorprendente que los problemas de suministro representen uno de los más altos porcentajes, considerando que son situaciones ajenas a LZA y no dependen de ella. Será importante dar distintas recomendaciones en relación a este tema con el fin de evitar estas cifras en el futuro.

Sin embargo en esta tabla se confirma que lo más importante a la hora de proponer una estrategia de mantenimiento es evitar las averías en los equipos, debido a que es lo que más incide en las detenciones de la línea y además no solo están identificadas con las clases 4 y 5, sino que además por algunos casos que por alguna razón se les asignó la clase 3, 6 u 8. En la siguiente tabla se muestra esta cantidad de minutos en los 16 meses de estudio, los cuales ya fueron considerados en los análisis realizados en el apartado anterior.

Tabla 2.11, *Fallas de equipos con otras clases*

Clase	Tiempo (min.)
3	1694
6	194
8	45

Fuente: *Elaboración propia*

Se puede notar que de los atrasos operacionales hay una cantidad importante de minutos que corresponden a fallas de equipos. Tal como se indicó en las líneas anteriores, son repetitivos y de vital importancia considerarlos en la propuesta de Mantenimiento.

La razón por la cual se muestran los tiempos correspondientes a las clases 6 y 8, es porque estas categorías no siempre son fallas en equipos, es por este motivo que se consideraron cuidadosamente para ver cada uno de los casos y así determinar lo que realmente ocurrió.

El mantenimiento debe también considerar la producción; recordemos que el objetivo es llegar a la menor cantidad posible de, averías en los equipos y defectos en los productos. Es por esto que también se hace necesario mejorar los índices



de atrasos y el número de detenciones por cualquier clase, lo que llevaría a un mejor factor de operación y a un aumento en la productividad. Hay que tener presente que con cada detención de la línea se pierden alrededor de 1000 Kg. de cinta lo que hace que el producto final no cumpla con las especificaciones necesarias.

## 2.3 Indicadores

En este apartado se muestran los indicadores principales relacionados con LZA y los que además sirven de mucho para este proyecto:

### 2.3.1 Factor de Operación

El factor o índice de operación, es un indicador que muestra el % de disponibilidad de la línea en un tiempo determinado. Es uno de los dos controladores que se usa en LZA. Está establecido que este valor deber ser de un 96% ó superior, sin embargo con los datos que se tienen, se puede observar que no se está consiguiendo esta “meta”.La fórmula de cálculo es:

$$\text{Factor de Operación} = \frac{\text{Tiempo de Operación} - \text{Tiempo de Fallas}}{\text{Tiempo de Operación}}$$

Es importante destacar que para hacer este cálculo no hay que considerar el tiempo de detención programado, solo el tiempo real de operación. A continuación se presentan los factores de operación para los meses en análisis:

Tablas 2.12, Factor de operación

Año 2007	Factor de Operación (%)	Año 2008	Factor de Operación (%)
Mayo	83,01	Enero	91,19
Junio	97,76	Febrero	88,97
Julio	97,86	Marzo	92,79
Agosto	92,27	Abril	92
Septiembre	95,63	Mayo	86,37
Octubre	86,76	Junio	75,68
Noviembre	88,42	Julio	91,18
Diciembre	79,9	Agosto	89,52
Promedio	90,2	Promedio	88,4625

Fuente: Elaboración propia

Se puede ver que de estos 16 meses de análisis, solo en dos de ellos este índice fue superior al 96%, estos fueron en junio y julio de 2007 con un 97,76% y 97,86% respectivamente. En los demás meses no se alcanzó la cantidad establecida. El promedio de todos los meses en análisis es de 89,33% lo cual nos indica que aún falta por mejorar, para lo cual resulta muy importante proponer nuevas estrategias de mantenimiento.

### 2.3.2 Tiempo medio entre fallas

Este es otro indicador que utilizan en LZA. Se calcula dividiendo el tiempo programado para operar y el número de fallas, eléctricas o mecánicas, dependiendo el caso. En cuanto al mantenimiento mecánico se tiene establecido que el tiempo entre fallas de equipos debe ser mínimo 11 días. No así en el área eléctrica, en donde este tiempo debe ser mínimo 6,25 días, aunque en algunos meses esta meta se ha establecido de 2,8 días.

En los 16 meses de estudio los resultados son los que se detallan a continuación:

Tabla 2.13, Tiempo medio entre fallas

Mes	mecánicos (días)	eléctricos (días)	meta eléctrica
may-07	15,3	16,7	6,25
Jun-07	22,6	4,7	2,8
Jul-07	3,5	31	2,8
Ago-07	3,1	15,2	2,8
Sep-07	3,5	14,7	2,8
Oct-07	5,6	1,9	2,8
Nov-07	0	10	2,8
Dic-07	14,7	1,5	2,8
Ene-08	4,2	2,5	2,8
Feb-08	4	5,8	6,25
mar-08	9,2	2,1	6,25
Abr-08	5,7	2,2	6,25
may-08	4,4	4,4	6,25
Jun-08	3,3	5	6,25
Jul-08	6,2	4,4	6,25
Ago-08	13,3	6,3	6,25

Fuente: Huachipato

Se incluye el detalle variable de meta eléctrica que en los meses de junio 2007 a enero de 2008 fue de 2,8 días. En este indicador en algunos meses se cumple su meta y en otros no. En el caso de los mecánicos el promedio de este período es de 7,4 días y para los eléctricos de 6,6 días considerando la meta de 6,25 días y de 10,2 días para los meses con la otra meta.

Claramente falta por hacer, todo se puede mejorar y sería importante conseguirlo. Sin embargo esto es solo un índice que se utiliza para saber “como se están dando las cosas”. El tiempo entre fallas es muy importante y es un indicador que puede tener mucha utilidad, es por eso que sería importante realizar distintos nuevos análisis en relación a este tiempo y así poder ayudar a la mejora del mantenimiento.

### 2.3.3 Índice de fallas

Es un valor expresado en porcentaje que se calcula dividiendo el tiempo de atrasos mecánico o eléctrico por el tiempo programado para operar. La meta para mantenimiento mecánico es de 1,5% mensual y para mantenimiento eléctrico de 2,2%. En los meses de estudio la situación fue la siguiente:

Tabla 2.14. Índice de fallas

mes	mecánicos (%)	eléctricos (%)
may-07	0,9	0,04
Jun-07	0,2	0,4
Jul-07	1	0,045
ago-07	2,9	0,93
sep-07	1,5	0,56
oct-07	1,3	8,05
nov-07	0,44	2,12
Dic-07	1,3	4,26
ene-08	2,2	1,68
Feb-08	1,6	0,21
mar-08	0,2	1,62
abr-08	1,4	2,34
may-08	10,2	0,71
Jun-08	8	0,34
Jul-08	1,6	0,25
ago-08	0,3	0,84

Fuente: Huachipato

Se puede ver que en algunos meses se cumple la meta y en otros no. En el caso de los mecánicos el promedio de estos meses es de 2.19% y en los eléctricos 1.52%. Evidentemente lo ideal es que siempre se cumpla la meta, para lo cual es fundamental un buen mantenimiento.

## **2.4 Productividad en LZA**

Es muy importante analizar la productividad que ha habido en la línea zincalum en este último tiempo, para así tener una visión aún más clara de la situación actual. Existe una muy estrecha relación entre mantenimiento y calidad de los productos.. Será de vital importancia para el correcto desarrollo de este proyecto analizar estos datos. Para hacer este análisis se consideró una muestra de 13825 rollos producidos lo cual es una cantidad bastante significativa correspondiente a aproximadamente un año de producción. Cabe mencionar que en el sistema de información existente, esta cantidad de datos es la única que hay.

Recordemos que los rollos que se obtienen de esta línea de recubrimiento tienen espesores que van de los 0.3 a 0.8 mm., anchos entre los 610 y 1220 mm. y una masa de 3.5 a 8.5 TM. También no hay que olvidar que en la familia zincalum existe la subclasificación de estos productos, explicada en el capítulo anterior, la cual es la siguiente:

ZA5V

ZALS

ZAPE

ZARL

ZARLFH

ZAST

ZATL

ZATLFH

En la siguiente tabla se muestra un resumen de la situación que han vivido los productos recientemente descritos:

Tabla 2.15, Resumen de producción

Subfamilia	Carga ( TM )	Producción ( TM )	Rendimiento Inspección (%)
ZA5V	9087	9488	97
ZALS	5102	5261	98,8
ZAPE	32181	32444	97,4
ZARL	17869	18419	93,7
ZARLFH	16206	16898	88,3
ZAST	1086	1110	99,3
ZATL	4571	4737	98,1
ZATLFH	16349	17082	98,9
<b>Totales</b>	<b>102451</b>	<b>105439</b>	<b>95,6</b>

Fuente: Huachipato

La columna “Carga” se refiere a la cantidad de material que ha ingresado a la línea, lo que asciende a la suma de 102.451 TM para la cantidad de información. La columna “Producción” corresponde al valor de tonelaje que salió procesado de la línea, el cual es en este caso de 105.439 TM.

Con la última columna “rendimiento de inspección” se puede tener una visión del rendimiento del material que se utilizó para producir el rollo. Por ejemplo para el caso de ZA5V solo se obtuvo como producto final el 97% de lo que podría haber sido en condiciones óptimas. El total anual es de un 95,6% lo que con una propuesta de mejora se pretende mejorar.

Otros datos muy importantes de analizar son los principales insumos que se utilizan en la producción de los rollos de zincalum. A continuación se muestra las cantidades que se ocuparon para procesar los rollos de la muestra:

Tabla 2.16, Insumos en LZA

Insumo	Consumo
Aleación	5.531.920 Kg.
Iridita	11.689 Lts.
Hidrógeno	937.796 m3
Aceite Hidráulico	959.000 Lts.

Fuente: Huachipato

Lo que más se consume es la aleación que se utiliza para recubrir los rollos. Recordemos que esto se hace en el crisol de recubrimiento, luego de realizar la mezcla en el crisol de fusión. Es por esto que estos depósitos son de vital importancia.

Cabe destacar el importante consumo de hidrógeno, el cual puede verse afectado por el gran tiempo registrado y ya analizado en este capítulo en los atrasos de suministro, en donde debido a esta “parada” este gas no se recibe. Esto recalca lo importante que se vuelve mejorar esos atrasos.

También se puede hacer una estimación de la cantidad de cinta perdida, según el número de “paradas” en un determinado tiempo. Hay que volver a tener claro que con cada detención en la línea se pierden aproximadamente 1000 Kg. del material. A continuación se muestra una tabla en donde se indica el número de “paradas” y el valor aproximado de cinta perdido.

Tabla 2.17, Estimación de cinta perdida por detenciones

Mes	Nº de detenciones	Cinta perdida (Kg.)
may-07	16	16000
jun-07	23	23000
jul-07	24	24000
ago-07	30	30000
sep-07	22	22000
oct-07	35	35000
nov-07	33	33000
dic-07	34	34000
ene-08	17	17000
feb-08	34	34000
mar-08	35	35000
abr-08	39	39000
may-08	37	37000
jun-08	38	38000
jul-08	34	34000
ago-08	18	18000
<b>Totales</b>	<b>469</b>	<b>469000</b>

Fuente: Elaboración propia

En esta tabla se muestran los valores aproximados en el habitual período de estudio. Se puede concluir que por concepto de detenciones en la línea se pierde una cantidad significativa de cinta, generalmente sobre los 30.000 Kg. por cada

mes, con un total de 469.000 Kg. en el total de meses analizados. Con una nueva estrategia de mantenimiento se reduciría el número de detenciones, evitando así ésta pérdida de producción.

Luego de realizar estos análisis de la línea completa, surge la necesidad de saber que ha ocurrido específicamente con cada rollo producido.

A cada artículo producido se le asigna un código que tiene un significado específico y que se explican a continuación:

**Cod.1:** Producto correcto

**Cod.2:** Rechazado para la venta original

**Cod.3:** Pendiente, no disponible para el proceso siguiente

**Cod.4:** Producto desechado, totalmente defectuoso.

**Cod.8:** Concesión, es decir, negociar el producto con dificultades

Un rollo con código 2 o 3 quiere decir que presentó algún tipo de detalle por lo que no cumple las especificaciones, sin embargo no es rechazado ya que puede ser utilizado en algún lugar fuera de lo común.

Un producto con código 8, es aquel que se comercializa a algún cliente que no le interesa el detalle que presenta.

En la siguiente tabla se muestra el número total de rollos producidos en este período, datos que están clasificados por su código asignado:

Tabla 2.18, Total de rollos

Código	Total de rollos
1	13393
2	13
3	40
4	363
8	16
Total	13825

Fuente: Elaboración propia

El total de productos con detalle es de 430 unidades, dentro del cual 363 fueron rechazados. En otras palabras el 3,11% de los rollos presentó algún tipo detalle y el 2,63% fue rechazado.

Principalmente estos detalles son:

- Algunos sectores de la cinta mal recubiertos
- Ondulamientos o deformaciones
- Espiras corridas
- Soldaduras mal hechas
- Rollos más cortos
- Traslapo mal realizado
- Mordedura de mordaza

Estos detalles pueden ser causados por distintos motivos, pero sin duda el mantenimiento de los equipos juega un rol protagónico. Además estos problemas en los rollos finales coinciden en muchos casos con los repetitivos atrasos de “operación (clase 3)”, por ejemplo los cortes y desplazamientos de cinta, los enredos en los enrolladores, las soldaduras deficientes, etc.; lo que sin duda genera rollos con algún grado de defectos.

Para saber que tipo de rollo fue el que más presentó detalles, se realizó una clasificación por subfamilia de producto, en donde además se indicó el número de rollos con su respectivo código asignado. La matriz es la siguiente:

Tabla 2.19, Detalle de producción

<b>Subfamilia</b>	<b>cod.1</b>	<b>Cod.2</b>	<b>Cod.3</b>	<b>cod.4</b>	<b>cod.8</b>	<b>total (u)</b>
ZA5V	1198	0	0	42	0	1240
ZALS	676	0	0	28	0	704
ZAPE	3899	6	3	66	9	3983
ZARL	2702	4	28	44	5	2783
ZARLFH	2112	3	9	66	2	2192
ZAST	140	0	0	4	0	144
ZATL	467	0	0	22	0	489
ZATLFH	2199	0	0	91	0	2290
<b>total (u)</b>	<b>13393</b>	<b>13</b>	<b>40</b>	<b>363</b>	<b>16</b>	<b>13825</b>

Fuente: Elaboración propia

Los rollos ZAPE fueron los que más se procesaron, no así los rollos ZATL quienes se produjeron en menor cantidad. La mayor cantidad de detalles y rechazos las



sufrió el rollo ZATLFH con una cantidad de 91 unidades para el total de esta muestra.

No obstante, en este caso es mejor hablar de porcentajes para ver que subfamilia de rollo fue la que más defectos presentó, esto debido a la variedad de cantidades procesadas según subfamilia. En este contexto se puede decir que el tipo de rollos que más detalles y rechazos presentó fue el ZATL.

Para los códigos 2 y 3 hubieron 13 y 40 rollos con detalles respectivamente, lo que hace decir que se les buscará alguna otra aplicación. Los 13 primeros no pueden pasar a las líneas de corte.

Además hubo 16 rollos con código 8, los cuales fueron comercializados a clientes que nos les importó el detalle.

Es importante analizar cuáles fueron estos problemas que hicieron que al producto se le llamara “rollo con detalle” o “rollo defectuoso”. Para ello se realizó un diagrama de Pareto que considera el total de esta muestra y todas las subfamilias de rollos.

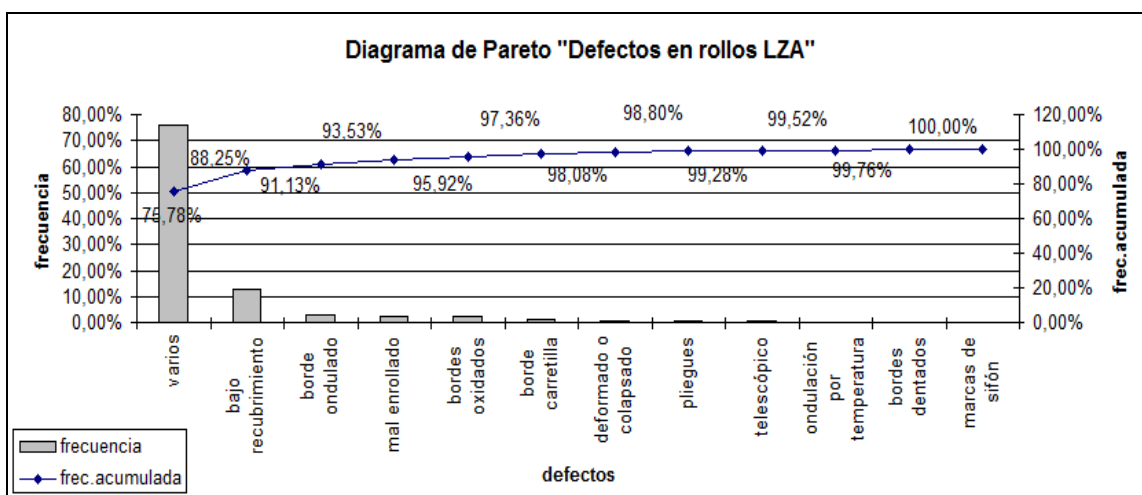


Gráfico 2.10, Diagrama de Pareto para defectos de rollos LZA, fuente: Elaboración propia

De este diagrama se puede ver que el 75,78% de los defectos en los rollos cae dentro de la clasificación “varios”. Los defectos que tienen este nombre son de distintos tipos, pero tienen una característica muy especial e importante de considerar. Esta particularidad es que estos rollos presentan defectos **debido a alguna detención o reanudación en el proceso productivo**, lo cual evidentemente es producido por alguna avería en equipos.

A continuación se presenta un diagrama de Pareto de segunda categoría o clase, en donde se indican cuales son estos defectos que caen dentro de la clasificación varios:

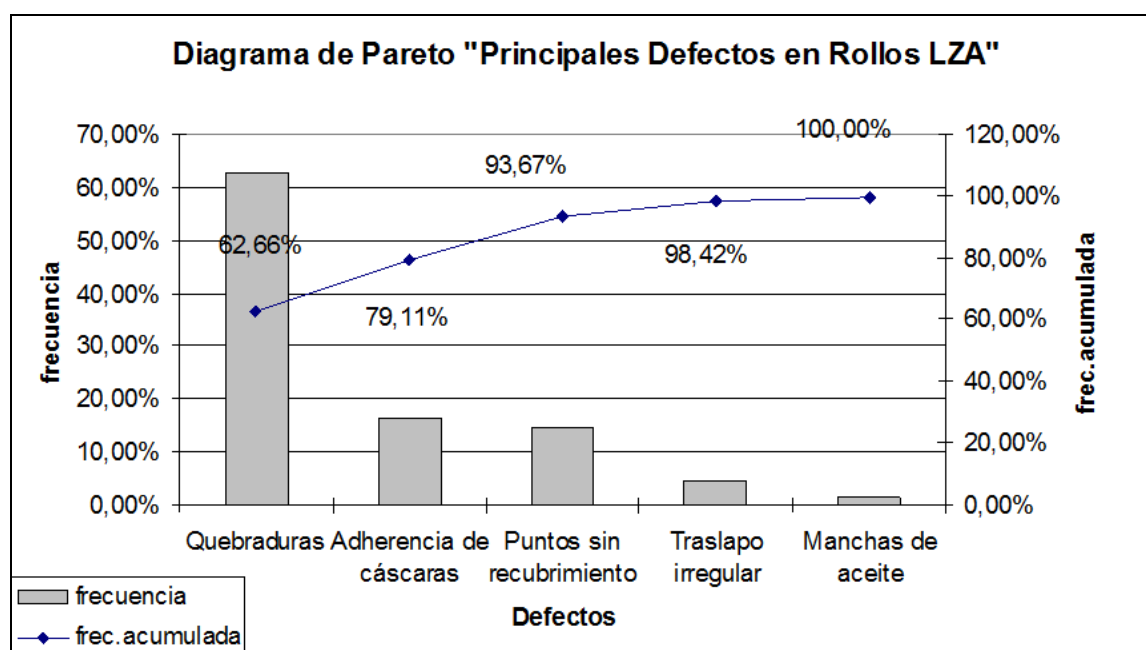


Gráfico 2.11, Diagrama de Pareto para defectos “Varios” en LZA, fuente: Elaboración propia

Un 62,6% de estos defectos corresponden a quebraduras en algunos sectores de la cinta, esto debido al brusco cambio que ocurre en el proceso frente a una detención o reanudación en las operaciones. Todo esto reconfirma la necesidad de mejorar el mantenimiento y evitar así averías.

## 2.5 Gastos de LZA

En este apartado se hará una revisión de los gastos en que incurre la línea zincalum, evidentemente poniendo especial énfasis en lo relacionado al mantenimiento. Resulta fundamental conocer las cantidades que se gastan en dicho tema, como así también ver si se cumplen los planes presupuestarios. Esto permitirá tener una visión clara de esta situación, lo que será de gran utilidad a la hora de realizar propuestas para mejorar las condiciones de LZA.

Antes que todo es importante conocer el funcionamiento de los gastos en esta línea. Recordemos que LZA pertenece al departamento Laminador de Planos en Frío (LPF).

Los trabajadores de planta que se encargan de atender fallas de equipos y de realizar algunos trabajos de mantenimiento programado pertenecen a los departamentos de mantenimiento, tanto mecánico como eléctrico. Estos departamentos tienen sus propios presupuestos, dentro de los cuales están considerados los sueldos de su personal. En otras palabras, los eléctricos y mecánicos “le prestan servicio” a LZA, lo que hace decir que el gasto en este personal es ajeno a la línea zincalum.

Sin embargo LPF y específicamente esta línea también incurre en gastos de mantenimiento. Estos son en contratos de empresas externas para realizar mantenimientos programados y en la compra o reparación de repuestos mecánicos y eléctricos. Además posee otros tipos de gastos de los cuales se pueden nombrar a los sueldos de su personal (operadores), materias primas, insumos y gastos generales.

Lo que interesa entonces es considerar los gastos en repuestos y en contratos externos de mantención, ya que son los que inciden directamente en LZA; no así los gastos de los departamentos de mantenimiento mecánico y eléctrico que no le competen por la sencilla razón de ser otros departamentos con distinta administración.

En este análisis se presenta un resumen del total de gastos en MUS\$ de esta línea en el mismo período de análisis de los meses anteriores. Los datos son:

Tablas 2.20, Resumen de gastos en LZA

Ítem	May-07	jun-07	Jul-07	ago-07	sep-07	oct-07	Nov-07	dic-07
Gastos generales	77,10	72,60	74,90	77,20	72,80	79,60	85,80	81,1
Materias primas	1107,90	1227,90	1805,9	2095,90	1375,70	1252,90	1939,80	1571,8
Materiales	128,30	-16,60	28,70	77,70	97,10	74,40	32,20	53,5
Serv.Comp./Arrend.	25,90	38,00	39,10	12,10	14,70	24,90	10,10	50,7
<b>Total (MUS\$)</b>	<b>1339,20</b>	<b>1321,90</b>	<b>1948,6</b>	<b>2262,9</b>	<b>1560,3</b>	<b>1431,8</b>	<b>2067,9</b>	<b>1757,1</b>

Ítem	Ene-08	feb-08	Mar-08	abr-08	may-08	jun-08	Jul-08	ago-08
Gastos generales	79,1	90,6	89,3	98,5	100,1	89,7	91,2	79,6
Materias primas	1339,85	921,1	1428,7	1448,7	1133,4	2054,5	1387,7	1397,8
Materiales	90,9	88,7	51	61,3	102,5	117,2	85,3	81,6
Serv.Comp./Arrend.	38,3	27,6	44,8	35,7	19,6	49,4	35,9	41,4
<b>Total (MUS\$)</b>	<b>1548,15</b>	<b>1128</b>	<b>1613,8</b>	<b>1644,2</b>	<b>1355,6</b>	<b>2310,8</b>	<b>1600,1</b>	<b>1600,4</b>

Fuente: Elaboración propia

Nótese que en el ítem materiales de junio de 2007 hay un valor negativo, esto corresponde a alguna devolución en dinero que recibió LZA por los proveedores de materiales. Todos los demás valores son cifras positivas. Hay que considerar que el mayor gasto de LZA es en materias primas, lo que en promedio corresponde a un 88,6% de los gastos totales en el período de estudio.

Para conocer los gastos relacionados con repuestos y mantenimiento externo (contratos para trabajos específicos), se muestra la siguiente tabla en donde además se puede ver el presupuesto acordado para dichos ítems:

Tabla 2.21, Gastos de mantenimiento en LZA

OBS: valores en MUS\$

Mes	Gastos en repuestos Mecánicos	Presupuesto repuestos mecánicos	Gastos en repuestos eléctricos	Presupuesto repuestos eléctricos	Gastos en mantenimiento externo	Presupuesto mantenimiento externo
may-07	66,5	21	27,8	16,3	24	12,5
Jun-07	46,9	21	7,4	16,7	36,1	10
Jul-07	32,7	21	4,4	17,3	37,2	20
ago-07	50,5	21	14,4	11,3	1,5	10
sep-07	67,8	21	3,8	11,3	12,8	5,5
oct-07	23,7	21	5,1	14,8	21,2	37
nov-07	7,9	21	2,1	11,3	7,9	45
Dic-07	11,1	21	0,3	11,3	36,6	18
ene-08	17,3	21	15,4	11,3	16,6	18
Feb-08	54,6	24	3,1	8,8	22,8	21,8
mar-08	14,1	26,1	6,5	9,4	41,9	21,8
abr-08	33,7	24	3,5	6	32,5	21,8
may-08	39,8	24	6	36,7	3,5	21,8
Jun-08	39,1	24	23,2	18,9	27,3	21,8
Jul-08	21,7	24	21	18,9	22,3	21,8
ago-08	19,4	24	19,1	18,9	17,7	21,8

Fuente: Elaboración propia

De esta tabla se puede ver que en muchos meses no se cumple con lo presupuestado. Por ejemplo en mayo 2007 el gasto en repuestos mecánicos fue de MUS\$ 66,5 y el presupuesto era de solo MUS\$ 21. Esto claramente se debe a condiciones anormales en los equipos, es decir hubo más averías de lo pensado lo cual incurrió en un gasto excesivo. Los presupuestos están hechos considerando un funcionamiento normal en la línea.

En estos meses el promedio del gasto en repuestos mecánicos fue de MUS\$ 34,1 versus un presupuesto promedio de MUS\$ 22,44. En el caso eléctrico estas cifras fueron de MUS\$ 10,1 y MUS\$ 14,95, respectivamente, y en el contrato externo de mantenimiento tampoco se logró estar bajo lo presupuestado ya que el promedio de gasto fue de MUS\$ 22,6 en comparación de los MUS\$ 20,5 promedio de presupuesto.

La reducción de este tipo de gastos se consigue aumentando la confiabilidad y estabilidad de los equipos, para de esta forma evitar inesperados cambios de repuestos. Además es importante considerar que la contratación de mantención externa no siempre es por razones preventivas sino que muchas veces es por reparaciones que podrían haberse evitado con el mantenimiento.

Para ver mejor como ha estado la relación entre gasto real y presupuesto se hizo el siguiente gráfico que muestra tal información considerando los totales mensuales de gastos realizados por concepto de mantenimiento en LZA y presupuesto.

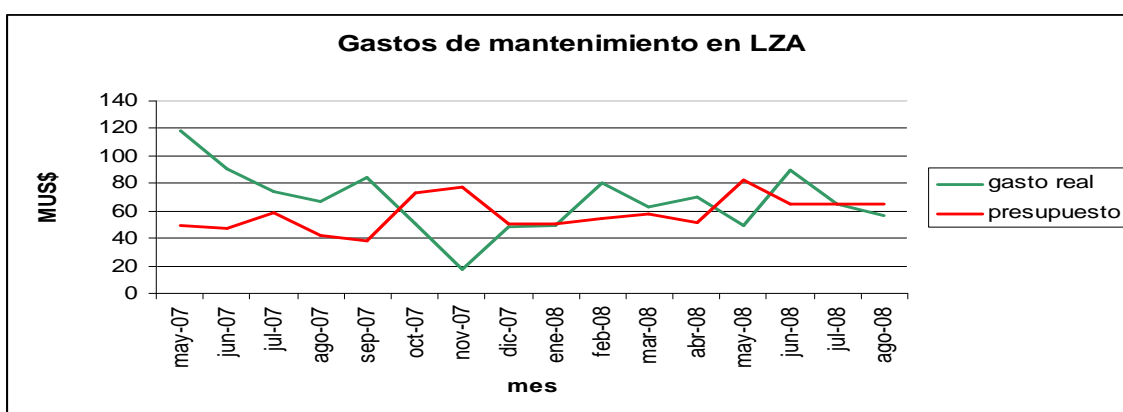


Gráfico 2.12, Gastos de mantenimiento en LZA, fuente: Elaboración propia

Considerando los totales también se puede ver una deficiencia en el cumplimiento de los presupuestos, sobre todo en los primeros meses de análisis. Para finales de 2007 la situación se invirtió y en 2008 ha habido bastante inestabilidad.

Es importante considerar que grado de significancia le son a LZA los gastos por concepto de mantenimiento. El total en mantención que gasta la línea representa los siguientes porcentajes de los gastos totales:

Tabla 2.22, Proporción de gastos por mantenimiento

Mes	gastos de mantención (MUS\$)	% del total
May-07	118,3	8,83%
Jun-07	90,4	6,84%
Jul-07	74,3	3,81%
Ago-07	66,4	2,93%
Sep-07	84,4	5,41%
oct-07	50	3,49%
Nov-07	17,9	0,87%
Dic-07	48	2,73%
Ene-08	49,3	3,18%
Feb-08	80,5	7,14%
Mar-08	62,5	3,87%
Abr-08	69,7	4,24%
May-08	49,3	3,64%
Jun-08	89,6	3,88%
Jul-08	65	4,06%
Ago-08	56,2	3,51%

Fuente: Elaboración propia

No son cantidades muy significativas. El mes más alto fue mayo de 2007 en donde el gasto en mantenimiento fue del 8,83% del total y el menor gasto estuvo en el mes de noviembre de 2007 con un 0,87% del total. El promedio de estos meses fue de 4,28% del total de gastos de la línea. Si bien es cierto son cantidades bajas con respecto al total, son muy importantes de considerar ya que de todos modos es una alta cantidad de dinero y es primordial lograr cumplir los presupuestos.

Una mejora en la confiabilidad y estabilidad de los equipos ayudaría a cumplir los gastos presupuestados y además permitiría una reducción en otros tipos de gastos pertenecientes a LZA, por ejemplo a las materias primas, ya que se sabe que con problemas en los equipos aumentan las detenciones en la línea lo que hace perder material y/o aumenta un deficiente rendimiento de operación en donde no se utiliza de buena forma estas materias primas.

Refiriéndose a cada una de las zonas y equipos de LZA, se puede decir que las que más gastos tienen son aquellas que tienen más fallas, es decir las siguientes zonas:

Salida	Horno Electric Furnace
Acumulador y entrada horno	Entrada

Y en cuanto a los equipos, son aquellos que más fallas y frecuencia de mantenimiento tienen, es decir:

Horno	Nivelador
Acumulador	Soldadora
Enrollador 1	Chute
Enrollador 2	Guillotina Volante
Desenrollador 1	Algunos Sistemas
Desenrollador 2	Bridas 1, 2, 3

Según los análisis anteriores estas zonas y equipos son las que presentan mayor fallas, por lo tanto mayor cantidad de repuestos y mejoras se han invertido en ellos. Además debido a su frecuencia de falla se les brinda mayor cantidad de planes de mantenimiento. Todo esto permite decir que son los que representan mayor gasto. Lamentablemente debido a falta de información y a la complejidad de obtenerla, no se puede decir el gasto real por equipo.

La idea es hacer que la línea productiva opere de manera óptima. Es necesario que los equipos funcionen bien para cumplir los presupuestos. Sería ideal que los contratos externos estén solo para realizar labores preventivas. Siempre será necesario mantener una buena prevención y esto se logra con el personal de mantenimiento de planta, con los de empresas externas y estableciendo una cultura en cada uno de los miembros de la organización. Si los equipos funcionan bien se conseguirán los objetivos ya sean productivos o económicos.

## 2.6 Cuadro resumen del Diagnóstico de LZA

A continuación se presenta un resumen del diagnóstico de LZA en donde se consideran todos aquellos resultados específicos realizados a lo largo de este capítulo.

Tabla 2.23, Resumen de la situación de LZA referente a mantenimiento

<b>Resumen del Diagnóstico de la situación de LZA referente a mantenimiento</b>
En LZA existen planes de mantenimiento, sin embargo no son suficientes al igual que su actual gestión
El tiempo mensual de fallas de equipos mecánicos y eléctricos está bajo control estadístico. En contraparte, el tiempo entre fallas mecánicas y el tiempo entre fallas eléctricas está fuera de control estadístico
Las zonas que más fallas de equipos presentan son la de Salida, Horno Electric Furnace y Acumulador y entrada Horno
Los equipos que fallan son repetitivos, destacándose siempre el horno, acumulador, soldadora, bridas, desenrolladores y enrolladotes
El 45,63% de los atrasos corresponden a fallas en los equipos. El 54,37% restante son atrasos de otras clases en donde las más considerables son las de suministro y las operacionales
Los atrasos más importantes de considerar son los provocados por fallas en los equipos, ya que además hay otras averías catalogadas con clases distintas a 4 o 5
De los indicadores que actualmente se utilizan en LZA, muchas veces no se cumplen. Hay que recordar que estos son el factor de operación, tiempo medio entre fallas y el índice de fallas
Refiriéndose a la productividad, se identifica un buen rendimiento. Sin embargo la confiabilidad es escasa ya que ante cualquier detención en la línea se pierde material o el producto se daña. En otras palabras lo que más daña a los rollos en procesos son las fallas en la línea, es decir la falta de mantenimiento
Los gastos relacionados con mantenimiento para LZA son las materias primas, materiales, servicios comprados o arrendados y gastos generales. Los más elevados corresponden a las materias primas
Refiriéndose a los gastos en repuestos y mantenimiento externo se puede decir que en muchos meses no se cumple con lo presupuestado
Las zonas y equipos que tienen mayor gasto son las que tienen mayor cantidad de fallas debido a la cantidad de compra de repuestos y planes de mantenimiento que allí hay

Fuente: Elaboración propia



## 2.7 Análisis FODA

En esta parte se muestra un análisis FODA para LZA y su mantenimiento, creado especialmente para este proyecto. Es un estudio de mucha utilidad en donde se puede distinguir de un modo ordenado las *fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas* de la línea. La forma de realizarlo fue con los análisis hechos anteriormente en este capítulo y con las distintas opiniones de trabajadores de la línea, en donde fue posible darse cuenta con datos justificados de las reales características de LZA.

El medio interno a considerar fueron los procesos y recursos que inciden directamente en la línea Zincalum, sus productos y mantenimiento, dejando a los procesos secundarios del mantenimiento de la línea como medio externo. Estos corresponden a aquellas labores que no afectan directamente en la mantención de LZA. Por ejemplo, capacitación, certificaciones, marketing, etc.

### 2.7.1 Fortalezas

- Existen los recursos suficientes como para solventar cualquier situación que se presente a nivel interno.
- Cuenta con personal muy capacitado a nivel operacional y de mantenimiento, lo que le permite asegurar el correcto funcionamiento de la línea y una muy buena intervención en cada uno de sus equipos.
- Los productos de LZA presentan una muy buena materia prima con características de calidad y en base a componentes naturales. Esto crea un acero de calidad muy superior al de otras siderúrgicas que muchas veces reciclan el material.

- En LZA existen equipos de primera calidad lo que permite obtener muy buenos rendimientos en los procesos siempre y cuando operen como corresponden.
- El zincalum es un producto de muy buena calidad, el cual tiene gran preferencia por los clientes.

### **2.7.2 Oportunidades**

- Pertenece a una de las más grandes compañías del país, la cual posee mucho prestigio y calidad, posicionándose muy bien en el mercado.
- Posee certificación ISO 9001 y OHSAS 18001 lo que es una gran oportunidad debido a la importancia que en la actualidad tienen estos temas. Una empresa o proceso con estas certificaciones tiene una gestión que puede asegurar la conquista de distintos mercados.
- En LZA al igual que en toda la planta Huachipato está implementado el sistema de información SAP, el que pocas empresas poseen y facilita las distintas labores como la de mantenimiento.
- La zona de “enfriamiento de recubrimiento” no registra fallas lo que hace necesario utilizar esta área como ejemplo para las demás.
- En Huachipato y por supuesto en esta línea hay posibilidades de capacitar a sus trabajadores, lo cual es un proceso muy importante que se hace necesario realizarlo cada cierto tiempo y según los requerimientos que se vivan.
- Cuenta con clientes establecidos lo que permite realizar las ventas de la producción realizada.

### 2.7.3 Debilidades

- La línea ha presentado factores de operación muy bajos debido a la cantidad de atrasos. Además muchas veces no se cumple la meta del índice de fallas.
- Se han presentado atrasos muy largos lo que es necesario evitar por el tiempo que se pierde en producir. Además la asignación de atrasos no es de las mejores lo que muchas veces crea conflictos y/o errores.
- En los atrasos operacionales hay algunos que son repetitivos y no se analizan, esto en un futuro puede afectar al equipo drásticamente.
- Las detenciones y reanudaciones de la línea crea productos defectuosos.
- A lo largo de la línea se acumulan demasiados residuos correspondientes a lo que sobra en la capa del recubrimiento de zincalum, lo que claramente puede provocar daños a los equipos.
- El tiempo entre fallas mecánicas o eléctricas establecidos para esta línea, no siempre se cumple y además no presenta control estadístico.
- Existe poca comunicación entre mecánicos y eléctricos frente a los mantenimientos que hacen cada uno o en relación a las fallas que reparan.
- No hay un trabajo conjunto entre eléctricos y mecánicos para solucionar alguna falla en un equipo, es decir, se hace por separado sin existir retroalimentación.
- Los gastos de LZA en mantenimiento generalmente están fuera de presupuesto.

- Existen equipos que presentan problemas repetitivos lo que puede provocar en algún minuto una falla muy grave.
- Cada atraso o “parada” de la línea genera una pérdida en la cinta de acero de aproximadamente 1000 Kg. lo que altera el rollo final.
- Los atrasos de la clase 2 y 7 correspondientes a procesos y suministro respectivamente, no son producidas por LZA, son atrasos debido a terceros frente a los cuales hay que adecuarse.

#### **2.7.4 Amenazas**

- La crisis financiera internacional que actualmente se vive puede hacer reducir las ventas, sin embargo una mejora en la gestión del mantenimiento de todos modos es necesaria.
- La existencia de productos sustitutos al zincalum puede ser una amenaza para la producción de LZA, en el hipotético escenario que sus clientes decidan cambiar de preferencia.
- La competencia que existe con empresas que fabrican el mismo producto siempre se puede considerar como una amenaza.
- Debido a la crisis internacional se pueden reducir algunos planes de mantenimiento lo que provocaría un aumento en las averías de los equipos y mayor número de productos defectuosos.
- La capacidad de producción muy superior de empresas del mismo rubro en otros lugares del mundo es una amenaza que hace necesario evaluar la posibilidad de realizar nuevas inversiones.

### 2.7.5 Conclusión Análisis FODA

Esta herramienta de gestión se hizo justificadamente luego de realizar el diagnóstico de la empresa, lo cual indica que esta hecho con bastante detención y cuidado.

Se puede concluir que las características que trata este análisis con respecto a la línea zincalum y su mantenimiento son las siguientes:

**Fortalezas:** Posee recursos materiales y humanos suficientes como para fabricar productos de calidad y hacer una mantención óptima.

**Oportunidades:** Tiene el respaldo y prestigio de una gran compañía de nuestro país (CAP). Además posee certificaciones de normas internacionales y lazos comerciales con distintos clientes de Chile y el mundo.

**Debilidades:** Dentro del análisis se identificaron muchos problemas relacionados directamente con las averías, atrasos y productos defectuosos. Muchas veces no se cumplen los indicadores ni presupuestos, las fallas generalmente son repetitivas lo cual demuestra que no se atacan los problemas de fondo, hay poca retroalimentación entre mecánicos – eléctricos - operadores y la falta de mantenimiento afecta considerablemente a los productos finales.

**Amenazas:** La competencia siempre es una amenaza sobre todo si mantiene mejores instalaciones. Siempre está la posibilidad de que existan productos sustitutos que reemplacen el uso del zincalum. Además la crisis económica puede afectar de distintas formas a LZA.

## **Conclusión**

Después de haber realizado este diagnóstico se tiene una gran cantidad de información que permite tener una visión del mantenimiento en la línea zincalum. Se han considerado y conocido los tópicos que logran cumplir con lo que indica el primer objetivo específico.

Se puede decir que en el mantenimiento existente se detectaron varias falencias que se podrían mejorar. Huachipato es una gran empresa con muchos recursos y puede lograr bastante en cualquier materia, es por esto que la propuesta de mejora que se pretende hacer podría llegar a implementarse y lograr reducir los malos resultados.

El actual mantenimiento tiene una buena estructuración, sin embargo se detecta poca participación conjunta de todos los trabajadores, es decir poca comunicación entre eléctricos y mecánicos, además de la falta de apoyo de los trabajadores de operación en el mantenimiento, ya sea en la realización de inspecciones o en la atención de fallas fáciles de solucionar.

El mantenimiento predictivo no se utiliza con tanta frecuencia. Hay que considerar que es una buena herramienta que ha dado buenos resultados en los equipos donde se ha aplicado. Es por esto que sería importante darle mayor importancia a este método moderno de mantenimiento.

Las fallas de los equipos son repetitivas, son los mismos equipos los que sufren averías. Si bien es cierto no coinciden sus duraciones de fallas entre un período y otro, siempre están presente. Además hay problemas que son más repetitivos aún, es decir son crónicos y hay otros que por muy pequeño que parezcan perjudican al correcto funcionamiento de la línea. Los demás atrasos también son importantes de considerar ya que sus tiempos son muy elevados, por ejemplo los atrasos de suministro representan una gran cantidad de estas detenciones.

En cuanto a los indicadores hay resultados diversos, muchas veces no se cumplen las metas, lo cual se da tanto en el mantenimiento mecánico como en el eléctrico. Esto evidentemente se podría solucionar con una propuesta de mejora.

La productividad está en condiciones normales, pero llama la atención que la mayor cantidad de defectos en los equipos es debido a las detenciones o partidas de línea, precisamente cuando ocurre una falla en los equipos.

Los gastos principalmente han estado elevados y fuera de presupuesto lo que se debe principalmente a la falla en equipos, lo que además hace que existan gastos altos en otros ítems como por ejemplo materia prima.

En el análisis FODA se puede ver una especie de resumen de lo relacionado con el mantenimiento en la línea zincalum.

Todo este análisis hace primordial realizar una estrategia que considere todos los problemas detectados y es acá donde el Mantenimiento Productivo Total (TPM) se hace muy necesario. Es fundamental que un nuevo plan considere cómo cada una de las detenciones afecta a la eficacia de la línea, que existan compromisos y comunicaciones entre todos los trabajadores, que se establezcan nuevos indicadores que representen la realidad de la línea, que se establezcan metas para éstos y que se cumplan las actuales, que se ataquen aquellos problemas pequeños y crónicos, que se trate de reducir los defectos en los productos y que los gastos a través del correcto funcionamiento del equipo, estén dentro del presupuesto. Todo esto lo considera el TPM, además Huachipato cuenta con lo necesario para poder comenzar a realizar una estrategia de mantenimiento de este tipo.

## **Capítulo III: Marco Teórico**

### **Introducción**

El mantenimiento en los equipos es muy importante dentro de cualquier empresa sin embargo muchas veces hay algunos elementos que falta, como por ejemplo, falta de comunicación, poca participación de todos los miembros, entre otras. En este contexto hace falta de un mantenimiento que sea total y que además considere el resultado en los productos que allí se procesas, es este el Mantenimiento Productivo Total (TPM).

Las empresas japonesas que han utilizado este método han tenido muy buenos resultados, y las que no son japonesas también lo han logrado.

Hay muchas razones para que una empresa se adhiera a la cultura TPM. Comenzando por las fallas en los equipos o por el incumplimiento de metas o indicadores. Además si se quiere aumentar la confiabilidad de los equipos, si los equipos tienen reducida vida útil o cierta antigüedad, si aumentan las exigencias de crear productos de calidad e incluso si la media de edad de los trabajadores es alta, se vuelve una muy buena idea aplicar esta estrategia.

Las causas de averías en los equipos pueden ser muchas. Por ejemplo, puede incidir la actitud de los operarios, las condiciones de los equipos, el entorno de las instalaciones, el área alrededor del equipo y las condiciones generales.

Es muy probable que en toda empresa, o en muchas, se detecten éstas condiciones lo que respaldaría la idea de implementar TPM.

Las barreras de un proyecto TPM no son tanto barreras técnicas de Know-How, ni financieras, sino fundamentalmente son barreras organizativas, de mentalidad y liderazgo.



### **3.1 Mantenimiento Productivo Total (TPM)**

Mantener un equipo consiste en realizar un conjunto de actividades con el objetivo de suprimir los defectos de calidad producidos por las averías, eliminar la necesidad de ajustes del equipo y hacer el trabajo más agradable y seguro para los operarios. El concepto de mantenimiento preventivo se introdujo en Japón desde Estados Unidos en 1951. Antes que esto las empresas practicaron el mantenimiento de averías, que significa arreglar el equipo solo después de producirse una avería. Las empresas japonesas que introdujeron el mantenimiento preventivo redujeron sustancialmente las averías en los equipos. Sin embargo a lo largo de los años, el mantenimiento preventivo se fue cambiando gradualmente para hacer frente a las nuevas demandas que el mundo moderno exigía a las industrias. Fruto de este cambio fue la introducción del concepto mantenimiento correctivo, que va más allá del mantenimiento de restauración que se lleva a cabo como parte del mantenimiento preventivo. El mantenimiento correctivo fomenta las reparaciones orientadas a mejorar las instalaciones para reducir las posibilidades de que la misma avería vuelva a ocurrir. Otro cambio posterior vino con el concepto de prevención del mantenimiento, en el que se insiste en la fase de diseño del equipo y tiene como objetivo construir un equipo que tenga el mínimo mantenimiento.

Finalmente los métodos mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo y prevención del mantenimiento se unieron para formar un método llamado Mantenimiento Productivo, en donde además, la idea es lograr una buena productividad.

### 3.1.1 Actividades fundamentales en TPM

Para que se consiga el mantenimiento productivo deben existir los siguientes tipos de actividades:

**Mantenimiento Preventivo:** Se dirige a la prevención de averías y defectos. Realizar distintas actividades que logren este objetivo. Recientes avances tecnológicos en herramientas para inspección y diagnóstico han permitido un mantenimiento del equipo más exacto y fidedigno. La terminología mantenimiento predictivo se utiliza para describir las actividades que emplean estas tecnologías.

**Mantenimiento Correctivo:** Estas actividades son las que se llevan a cabo con la intención no solo de reparar, sino de mejorar el equipo y, por consiguiente, reducir averías o defectos en el futuro. Adicionalmente hacen que el equipo sea más fácil de mantener. En otras palabras, una vez que se identifican los puntos débiles del equipo, hay que hacer mejoras de diseño para eliminarlas. Esto, a su vez, facilitará el resto de las actividades de mantenimiento.

**Prevención del Mantenimiento:** En el desarrollo de equipos nuevos, es en la etapa de diseño cuando se hace la prevención del mantenimiento. Estas actividades tienen como objetivo hacer el equipo más fiable, más fácil de cuidar y accesible al usuario para que los operarios puedan fácilmente operar la máquina en general.

**Mantenimiento de Averías:** Evidentemente esta parte es igual de importante que las demás, ya que aquí se consideran todas las fallas producidas inesperadamente, para lo cual siempre deben existir técnicos capaces de reparar cualquier inconveniente para la pronta restauración del equipo.

### **3.1.2 TPM: Gestión del equipo de estilo japonés**

La gestión del equipo en Japón ha evolucionado del mantenimiento preventivo al productivo. Hay que reconocer que este tipo de gestión se introdujo en Japón mayoritariamente desde los Estados Unidos.

Sin embargo la gestión del equipo de estilo americano se caracterizaba porque las actividades las realizaba sobre todo el departamento de mantenimiento. Siendo así, nunca tuvo mucho éxito en alcanzar cero averías o cero defectos. Aquí es donde entra el mantenimiento productivo de estilo japonés. TPM es la respuesta de Japón al mantenimiento productivo americano.

Basándose en actividades de pequeños grupos, el TPM extiende el mantenimiento productivo a toda la empresa, ganando la confianza y el apoyo de todo el mundo, desde los cargos directivos más altos hacia abajo. Va más allá del departamento de mantenimiento e involucra a toda la empresa. De esta manera el mantenimiento productivo se convierte en Mantenimiento Productivo Total.

Después de todo, las personas con más probabilidad de darse cuenta de anomalías u otros síntomas en el equipo, no son los trabajadores de mantenimiento sino los operarios que trabajan en el equipo día tras día. Entonces la mejor forma de impedir que ocurran averías, es que los operarios reparen si se les ha capacitado para ello, o en su defecto que informen rápidamente de los defectos que detectan y luego que los trabajadores de mantenimiento respondan rápidamente con medidas correctivas. Obviamente, esto no se puede hacer sin la cooperación activa de los operarios del equipo. Por lo tanto, una importante característica de TPM es la activa participación del personal de producción u operación.

### **3.1.3 Definición del TPM**

Una definición completa del TPM contiene los siguientes cinco puntos:

1. Tiene como objetivo es uso más eficiente del equipo, es decir, mejorar la eficacia global.
2. Establece un sistema de mantenimiento productivo en toda la empresa, para la vida entera del equipo. Incluye mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo, prevención del mantenimiento y mantenimiento de averías.
3. Exige la implicación de todos los departamentos: de los diseñadores del equipo, operarios del equipo y trabajadores del depto. de mantenimiento.
4. Todos los empleados están activamente involucrados, desde la alta dirección hasta los operarios.
5. Promociona y lleva a cabo Mantenimiento Productivo a través de la gestión de la motivación, basado en actividades autónomas en grupos pequeños.

El hecho que toda la empresa esté involucrada y apoye el TPM, hace posible que se puedan alcanzar metas como cero averías y cero defectos, lo que implica mejor productividad y rentabilidad.

### **3.1.4 Los cinco pilares del desarrollo del TPM**

Algunos autores hablan de ocho pilares, sin embargo en este caso se mencionan solo cinco que son los más utilizados para gestionar una situación como la de este proyecto:

1. Llevar a cabo actividades de mejora diseñadas para aumentar la eficacia del equipo o línea. Esto se hace mayoritariamente eliminando las llamadas “seis grandes pérdidas” que se describirán más adelante.
2. Establecer un sistema de mantenimiento autónomo que se realiza por los operarios del equipo. Esto se realiza después de que hayan recibido formación para ser conscientes del equipo y haber adquirido la destreza necesaria para identificar y reparar los problemas del equipo.
3. Establecer un sistema de mantenimiento planificado. Esto aumenta la eficacia del departamento de mantenimiento.
4. Establecer cursos de formación los que sirven para adiestrar permanentemente a los trabajadores y a aumentar su nivel técnico.
5. Establecer un sistema para el desarrollo de la prevención del mantenimiento y la gestión temprana de los equipos, obteniendo menos mantención y haciendo que un equipo opere óptimamente.

### **3.2 Características y objetivos del TPM**

El TPM se basa en los objetivos cero, es decir cero averías y cero defectos. Acá es muy importante ser preventivo, muchas veces es demasiado tarde esperar que ocurra un problema. En el TPM la prevención se basa en los siguientes tres principios:

1. Mantenimiento de las condiciones normales o básicas de la instalación
2. Descubrimiento temprano de anomalías
3. Respuesta rápida

### **3.2.1 Metas principales del TPM**

#### **1. Desarrollo de condiciones óptimas para el taller como un sistema hombre – máquina**

Es fundamental que entre el operario y su equipo exista una muy buena relación. Esto quiere decir que él debe mantener un cierto grado de conocimiento sobre su equipo a modo de saber identificar alguna anomalía. Es necesario que el trabajador se encargue muchas veces de hacer algunas labores sobre su máquina, como lubricación, cambio de repuestos simples, etc., de esta forma se conoce mejor al equipo y se empieza a producir una suerte de interiorización en él. Solo de esta forma se puede conseguir un sistema hombre- máquina que funcione a pleno.

No basta con que los productos finales mantengan una buena calidad. Hay que tratar de identificar problemas, para prevenirlos en el futuro. Además hay que potenciar aquellas fortalezas que pueda haber, de esta forma los resultados serán cada vez mejores. No solo hay que quedarse con lo que existe, siempre hay que tratar de buscar la forma de progresar y cumplir con los estándares establecidos.

No hay que olvidar que el factor principal en cada sistema hombre – máquina es el factor humano. Además es muy importante considerar los siguientes factores para que exista una buena coordinación entre operario y equipo:

- Restaurar el equipo a las condiciones óptimas de operación. Esto requiere una condición exhaustiva de las condiciones ideales de cada grupo de piezas o unidades de equipo.
- Mantener el equipo en marcha en las condiciones óptimas de operación. En este aspecto las responsabilidades particulares de los operarios, trabajadores de mantenimiento y otros trabajadores técnicos deben estar claramente definidas y llevadas a cabo.

## **2. Mejorar la calidad general del lugar de trabajo**

Muchas veces en un empresa siempre se repiten las mismas averías o defectos, esto generalmente se debe a la forma del lugar trabajo, lo cual no solo se refiere al lugar físico, sino que además al modo de pensar de los trabajadores. Por lo tanto se considerarán los siguientes cinco factores:

### **Cambiar la forma de ver y pensar las cosas**

Es muy importante que en una empresa se tenga claro que no solo los defectos grandes son los que hay que considerar. También hay que ocuparse de todos los problemas pequeños o de cualquier magnitud. No hay que ser reactivo. Esto puede generar grandes dificultades, se debe recordar el énfasis en la prevención.

### **Ver cada avería y defecto como un hecho embarazoso**

Es importante que cada trabajador tenga un grado de responsabilidad por las averías que puedan ocurrir en algún equipo. De esta forma se toma más conciencia sobre realizar un buen mantenimiento y además existe la vergüenza frente a alguna situación desagradable. Es en este caso cuando el trabajador se pregunta el por qué de la avería y trata de buscar soluciones, recomendaciones y medidas preventivas para que esto no vulva a suceder.

### **Cambiar el equipo**

Cambiar el equipo no significa reemplazarlo por uno nuevo o por otro, sino que se refiere a mejorarlo, eliminando aquellos defectos y potenciando sus fortalezas.

En TPM, para cambiar el equipo hay que dar los siguientes pasos:

- La limpieza se convierte en inspección
- La inspección se convierte en una manera de descubrir anormalidades
- Las anormalidades se convierten en algo que hay que restaurar o mejorar rápidamente
- La restauración y mejora se convierten en efectos positivos
- Los efectos positivos se convierten en orgullo en el lugar de trabajo

Claramente el realizar limpieza e inspección ayuda enormemente a descubrir anormalidades. Considerando la seguridad hay que involucrarse en el equipo, sentirlo, olerlo, tocarlo, aprender a utilizar todos los sentidos con el objeto de conocer su real funcionamiento, ya sea normal o no. Una vez identificados los problemas hay que tratar de saber las causas y de esta forma evitar que vuelva a ocurrir manteniendo estas condiciones ideales.

Desde el punto de vista del operario, el proceso de cambiar el equipo implica mejorar su capacidad para detectar anormalidades, y molestarse en arreglarlas, para después sentir la satisfacción de haber hecho mejoras exitosas y buscar maneras de mantenerlas. Incluso una máquina que parece un montón de chatarra, puede limpiarse y mejorarse hasta hacerla funcionar como un reloj suizo.

### **Cambiar las actitudes y el comportamiento de las personas**

Llevando a cabo los siguientes pasos los operarios pueden cambiar su manera de ver y tratar el equipo que utilizan:

- Aprender a descubrir anormalidades
- Hacer reparaciones concretas y mejoras
- Hacer mejoras basadas en hechos claramente definidos
- Confirmar los resultados positivos

El personal empezará a tratar su equipo de nueva y mejor forma, sólo después de haber superado las siguientes etapas: haber sufrido el trabajo duro de idear, haber



puesto en marcha y haber mantenido las mejoras; y finalmente haber disfrutado del éxito. Poco a poco llegan a comprender como era la máquina en sus óptimas condiciones originales y a darse cuenta de las formas de mantenerlas, llegan a comprender la verdadera importancia de la limpieza diaria, lubricación y chequeos de precisión. Entonces se sienten animados a seguir con las actividades de mantenimiento.

Esto refleja un cambio de actitud, los trabajadores se sienten orgullosos de realizar actividades de mantenimiento, con el fin de mantener el equipo en muy buenas condiciones.

### **Cambiar el lugar de trabajo**

Una vez que los operarios han desarrollado la capacidad para detectar anomalías podemos decir que ellos podrían extender estas nuevas competencias al resto del lugar de trabajo, es decir en otras actividades. Por ejemplo si se decide aumentar la velocidad de producción y esto implica un reorden en el lugar de trabajo conjunto a nuevos problemas, hay que tener la capacidad de colaborar en todo lo que se pueda, es decir que exista una organización en donde todos participen y colaboren para conseguir un fin común.

### **3.3 Actitudes hacia el equipo**

Uno de los objetivos del TPM es mejorar la eficacia global. Básicamente hay dos formas para conseguirlo, una positiva y otra negativa. La forma positiva consiste en sacar el mayor provecho posible de las funciones y características de rendimiento del equipo. La negativa, eliminar los obstáculos de la eficacia que en TPM se llaman las seis grandes pérdidas.

#### **3.3.1 Seis grandes pérdidas**

En un proceso productivo se distinguen éstas pérdidas que son las que contienen a lo que afecta a la eficacia global:

##### **1. Pérdidas por averías**

Dentro de las seis grandes pérdidas las averías son el grupo más grande. Hay dos tipos, averías de pérdidas de función y averías de reducción de función. Las primeras ocurren esporádicamente y son fáciles de detectar ya que tienen un efecto dramático, ocasionando muchas veces la detención total del equipo. No así las averías de reducción de función, que hacen disminuir la eficacia, pero que muchas son difíciles de detectar. Es por esta razón que es fundamental una constante inspección y llevar un control de indicadores de rendimiento. Además no hay que dejar pasar los pequeños defectos, los cuales hacen que un proceso productivo baje su rendimiento e incluso la acumulación de estos pequeños errores puede traducirse en una pérdida de considerable magnitud.

##### **2. Pérdidas por preparación y ajustes**

Son pérdidas que se deben a paradas que ocurren durante el proceso de ajuste tales como cambio de útiles, llegada de materiales, etc. Esta pérdida comienza cuando la fabricación de un producto se ha concluido y finaliza cuando se

consigue la calidad estándar en la fabricación del producto siguiente. Son los ajustes los que consumen la mayor parte de este tiempo y en cualquier empresa estos son de dos tipos, los difíciles y los inevitables. En otras palabras, la gente no está dispuesta a estudiar los ajustes y por eso pocas veces los estudian fondo.

### **3. Pérdidas por tiempos muertos o paradas pequeñas**

Tal como su nombre lo indica, estas pérdidas se refieren a las paradas pequeñas, las que en muchas oportunidades se pasan por alto por la sencilla razón de ser fáciles de solucionar. En muchas empresas existe una acumulación de estas paradas, lo que crea una gran problemática que se ha debido justamente a la falta de importancia que se le ha otorgado a estas pérdidas. Es fundamental que se investiguen y tomen medidas preventivas para que no vuelvan a ocurrir.

### **4. Pérdidas por reducción de la velocidad del equipo**

Estas pérdidas ocurren cuando la velocidad real de un proceso es inferior a la velocidad teórica, es decir, para la cual fue diseñado el equipo. Generalmente la velocidad se reduce para evitar defectos en los productos o problemas técnicos en los equipos, sin embargo con un buen mantenimiento esto no debería ocurrir. Se puede decir que los trabajadores no se preocupan en exceso de las pérdidas por velocidad reducida por varias razones, por ejemplo, la falta de investigación para adquirir una mejor velocidad.

Aumentar la velocidad del equipo es un buen método para identificar problemas y puede también ayudar a identificar las técnicas necesarias para superar estos problemas.

## **5. Defectos de calidad y trabajos de rectificación**

Este tipo de pérdidas se refiere a los defectos de calidad y a la repetición de trabajos para recuperar la calidad de los productos. Esto se realiza sobre aquellos productos que tienen algún grado de anormalidad y que pueden repararse.

Se pueden distinguir defectos de fácil o difícil solución, en donde de todos modos una reparación requiere de gran tiempo.

## **6. Pérdidas por arranques**

Éstas son las pérdidas entre la puesta en marcha y la producción estable que ocurren debido al rendimiento reducido entre estos dos factores. Muchas veces estas pérdidas son difíciles de identificar y su alcance varía según la estabilidad de las condiciones del proceso, la formación de los trabajadores, pérdidas debido a operaciones de prueba y otros factores.

Por ejemplo en una fábrica con máquinas, la mejor forma de evaluar las pérdidas que se producen entre la puesta en marcha y la producción estable, es a través del examen de las pérdidas de cuchillas y útiles, debido a que la pérdida de rendimiento se debe principalmente a la duración en servicio de cuchillas, brocas y otras herramientas. Si no se reemplazan estas piezas una vez dañadas, o si no se cambian a su debido tiempo, hay un aumento en los defectos de calidad y repeticiones de trabajo.

### **3.3.2 Pérdidas crónicas**

Dentro de las seis grandes pérdidas se pueden identificar averías, defectos y otras anormalidades de forma esporádica o crónica. Las causas de anormalidades esporádicas son relativamente fáciles de detectar y por lo tanto también bastante fáciles de corregir.

No así las pérdidas crónicas, que es probable que persistan aún incluso después de que se hayan tomado medidas correctivas. Esto se debe a que pocas veces tienen solo una causa.

### **Características de las pérdidas crónicas**

En cualquier intento de corregir una pérdida crónica es muy importante comprender sus características. Estas se pueden resumir de la siguiente manera:

- Un problema crónico con solo una causa identificable pero que tiene además otros muchos factores que pueden ser también causas de dicho problema. Estos factores actúan de forma aleatoria.
- Cuando un problema crónico tiene múltiples causas, la combinación puede cambiar de una ocurrencia del problema a la siguiente.

Esto claramente es un problema complejo ya que pueden existir muchas causas e incluso combinaciones de causas. Esto hace necesario atacar los problemas rigurosamente y considerando todo lo posible que pueda afectar a la situación.

En demasiadas empresas, la gente responde a los problemas crónicos antes de comprender suficientemente sus causas y por lo tanto sus esfuerzos para mejorarlos no dan los resultados deseados. El mayor peligro es que la gente tiende a centrarse demasiado en una cosa y deciden la causa del problema antes de que lo hayan entendido. Una vez que creen haber identificado las causas dirigen las medidas correctivas sólo hacia éstas. Naturalmente, todo lo que haya identificado se queda sin resolver. Entonces, incluso cuando tengan éxito en corregir las causas identificadas, otras se quedan sin identificar o ignoradas, lo que significa que el efecto sólo puede ser temporal y que las pérdidas crónicas volverán a aparecer. Sólo si se comprenden las características de las pérdidas crónicas pueden evitarse estos casos.

### 3.4 Métodos de cálculo de pérdidas

Muchas empresas hablan de factor de operación sin considerar algunos elementos que se verán en este apartado.

#### 3.4.1 Tiempo de Operación

Este es el tiempo al que la mayoría de las personas se refieren cuando hablan de disponibilidad de los equipos o procesos productivos. Se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Factor de Operación} = \frac{\text{(Tiempo de carga – tiempo parado)}}{\text{tiempo de carga}}$$

En este caso el tiempo de carga corresponde al tiempo de operación diaria o mensual, menos todas las formas de no operación del equipo o proceso. Sin embargo este índice no indica correctamente las condiciones actuales de operación ya que no considera otros factores como pérdida de velocidad y defectos. Para esta situación existen los siguientes índices.

#### 3.4.2 Índice de Rendimiento

Este índice se calcula como el producto de otros dos indicadores, del índice de velocidad de operación y del tiempo neto de operación. El primer indicador relaciona la velocidad ideal del ciclo con la real y se define mediante la siguiente expresión:

$$\text{Índice de velocidad de Operación} = \frac{\text{tiempo ideal del ciclo}}{\text{ciclo actual}}$$

El tiempo neto de operación es el tiempo mediante el cual el proceso o equipo opera con una velocidad constante mediante un período especificado. Aquí el

tema no es la rapidez con la que opera el equipo en relación a la velocidad ideal, sino la estabilidad y constancia de la velocidad durante un largo período de tiempo. El tiempo neto de operación puede utilizarse para calcular las pérdidas debidas a tiempos en vacíos y paradas menores, u otros problemas usualmente no mencionados en los registros diarios. La fórmula para el tiempo neto de operación es como sigue:

$$\text{Tiempo neto de operación} = \frac{(\text{output} \times \text{tiempo de ciclo actual})}{(\text{tiempo de carga} - \text{tiempo de parada})}$$

Entonces el índice de rendimiento se calcula como sigue:

$$\text{Índice de rendimiento} = \text{Índice de velocidad de Operación} \times \text{Tiempo neto de operación}$$

### 3.4.3 Eficacia Global del Equipo

Como puede verse hay muchos modos de calcular las pérdidas de los equipos. En el TPM se multiplican los números de disponibilidad, rendimiento y calidad para medir las condiciones de operación del equipo. Esto puede utilizarse para todo tipo de equipo. Se denomina eficacia global del equipo y se define por la siguiente fórmula:

$$\text{Eficacia Global del Equipo} = \text{Factor de Operación} \times \text{Índice de rendimiento} \times \text{Índice de calidad}$$

**Obs.** El índice de calidad corresponde al porcentaje de no defectos

En el siguiente esquema se resume el método de cálculo para la eficacia del equipo o del proceso productivo:

**Eficacia Global del Equipo=**  
**Disponibilidad x Índice de rendimiento x Índice de calidad**

*Tabla 3.1, Eficacia global del equipo*

Pérdidas por averías	Pérdidas de paradas menores	Pérdidas por defectos de calidad
Pérdidas por preparación y ajustes	Pérdidas por tiempos muertos	Pérdidas de arranques
Otras	Pérdidas por velocidad reducida	

*Fuente: TPM, Kunio Shirose*

### 3.5 Mantenimiento Autónomo

En muchas empresas es muy común la frase “Yo la manejo, tú la reparas”. Esto se refiere a que los operarios de los equipos pocas veces se dedican a realizar labores de mantenimiento o en su defecto, no las realizan de forma correcta. Generalmente estos trabajadores solo hacen algunos montajes, ajustes, algunas preparaciones, etc, pero nada más que eso. Por lo tanto el mantenimiento autónomo es aquel realizado por parte del departamento de producción u operación, es decir por los operarios y consiste en enseñarle como mantener sus equipos por medio de la realización de chequeos diarios, lubricación, reposición de elementos, reparaciones, chequeos de precisión y otras tareas de mantenimiento incluyendo la detección temprana de anomalías. Puede funcionar mediante la formación de grupos en donde existen aportes de ideas. Es de mucha importancia la participación de los operadores, por ejemplo apretando tornillos, lubricando partes secas, eliminando suciedad, etc. Debe además comunicación con el departamento de mantenimiento para que éste se entere de los resultados del mantenimiento autónomo. Con un simple esfuerzo pueden comenzar a notarse las mejoras.

Es muy importante que los operarios no solo sepan manejar su equipo, sino que además sepan distintas otras labores que están relacionadas con el departamento de mantenimiento. Más aún cuando las empresas actuales poseen equipos que prácticamente operan solos. Entonces es primordial que tengan las capacidades de detectar anomalías, para esto se necesita que posean las siguientes aptitudes:



1. Entender claramente los criterios y ser capaz de juzgar si algo está anormal o normal. Es decir, tener capacidad para determinar las condiciones en las que trabaja el equipo.
2. Cumplimiento estricto de las reglas de funcionamiento o capacidad de mantener el equipo en ciertas condiciones.
3. Una respuesta rápida a las anomalías, esto se refiere a la capacidad de reparar y reestablecer las condiciones del equipo.

### **3.5.1 Competencias en los operarios**

Cuando un operario domina estas aptitudes, se podrá decir que está capacitado para ser parte del mantenimiento autónomo y de esta forma detectar anomalías y realizar mejoras. Las habilidades que debe tener son las siguientes:

#### **1. Capacidad para detectar anomalías y realizar mejoras**

- Capacidad de observar y descubrir anomalías en el equipo y el producto
- Entender la importancia de una lubricación correcta, incluyendo procedimientos de lubricación y de inspección de ésta
- Entender la importancia de la limpieza y de sus correctos procedimientos
- Entender la importancia de la localización de virutas de corte y aceites esparcidos y la habilidad de mejorar su localización
- Capacidad de reparar o mejorar las anomalías que se descubren

## **2. Capacidad de entender las funciones del equipo y sus mecanismo, así como habilidad para detectar las causas de anomalías**

- Saber dónde mirar cuando se inspecciona el equipo
- Capacidad de limpiar e inspeccionar para mantener las prestaciones del equipo en su nivel óptimo
- Conocer criterios para juzgar las anomalías
- Entender las relaciones entre causas específicas y anomalías específicas
- Ser capaz de juzgar con confianza cuando se debe parar el equipo
- Tener cierta capacidad para realizar un diagnóstico de averías

## **3. Capacidad para entender las relaciones entre el equipo y la calidad, y capacidad para predecir problemas de calidad y detectar sus causas**

- Capacidad para analizar físicamente problemas relacionados con el fenómeno
- Entender la relación entre las características de calidad del producto y el equipo
- Entender los rangos de tolerancia para precisión
- Entender las causas que hay detrás de los defectos

## **4. Habilidad para realizar reparaciones**

- Capacidad para sustituir componentes
- Conocer las expectativas de la vida útil de las piezas
- Capacidad para deducir las causas de averías
- Capacidad para tomar medidas de emergencia
- Capacidad para participar en reparaciones generales

Para que un operario adquiera éstas competencias puede pasar mucho tiempo, pero es necesario hacerlo, ya sea con capacitaciones, estudios personales, etc.

### **3.5.2 Desarrollo del mantenimiento autónomo**

Para que el mantenimiento autónomo se desarrolle sin inconvenientes es necesario que se realicen una serie de actividades que se explican a continuación:

#### **1. Aproximación paso a paso**

Es importante que las cosas que se quieren conseguir se hagan proponiéndose objetivos reales, es por esto que se pretende alcanzar paso a paso. Una vez que se alcance una se sigue la otra.

#### **2. Uso de evaluaciones**

Consiste en realizar evaluaciones para medir las capacidades de los trabajadores. La idea es que realmente aprendan, es por esto que si el resultado de una evaluación no da buenos frutos se deben hacer otros intentos, hasta que el trabajador adquiera la capacidad. Es bueno que se trabaje en grupo y que exista retroalimentación y aportes de ideas. Hay tres razones para estas evaluaciones:

- Determinar si ha alcanzado plenamente su nivel o no
- Para ayudar a los pequeños grupos proveyéndoles retroinformación desde la dirección de los puntos fuertes y débiles en sus actividades de mantenimiento autónomo
- Para dejar claro que es lo que se quiere conseguir y cuál es la mejor manera de conseguirlo

### **3. Actividades de organización – dirección**

Pese a la autonomía, muchas veces es bueno que dentro de los grupos existan líderes o por lo menos en los primeros momentos de la implementación del TPM. Esto es para llevar un mejor orden.

Los grupos de más alto nivel inspeccionan las actividades de los grupos de nivel más bajo, aconsejándoles cómo superar las dificultades o debilidades del grupo.

### **4. Uso de paneles de actividad**

Cuando se forman pequeños grupos es habitual utilizar esta herramienta, aunque no siempre se utilizan como corresponde. El principal propósito es:

- Describir las actividades emprendidas y mostrar el ritmo de progreso, de manera que sea fácil ver qué está tratando de conseguir un grupo, para cuándo y cómo
- Describir la estrategia y orientación del grupo; esto es, el concepto global de sus actividades y métodos
- Mostrar resultados estadísticos y tendencias de las seis grandes pérdidas, tiempos de operación, rendimientos, etc. Todos estos resultados muestran la relación entre las actividades de los grupos y su grado de cumplimiento
- Describir los puntos claves importantes así como las razones para la toma de acciones inmediatas y una indicación del próximo punto clave a tratar
- Registrar puntos a revisar, tal como averías, causas descubiertas, factores pendientes de analizar, preguntas sin responder y planes para el futuro
- Describir casos de mejora y anomalías descubiertas, así como ejemplo de mejora de otros talleres
- Listar el número de anomalías encontradas

Estos paneles muestran las actividades de los pequeños grupos. Además promueve la cooperación entre distintos grupos.

## **5. Los alumnos se convierten en maestros**

Es muy importante que la información sea compartida, es decir, que los conocimientos y técnicas que adquieran los trabajadores se divulguen y sirvan de ejemplo para los que saben menos y de esta forma adquieran mayor capacidad. Debe haber adiestramiento y retroalimentación, para que todos consigan igual capacidad para buscar un fin común.

## **6. Reuniones**

Se deben hacer reuniones que reúnan a todo el grupo, nadie puede faltar, esto no funciona si no so todos parte del grupo. Las discusiones deben ser compartidas, todos deben dar aportes y demostrar espíritu de superación. Los líderes de éstas juntas deben ir con un orden de metas, objetivos de mejora, puntos de mejora, estimación de resultados, estrategias y asuntos problemáticos. Además deben tener la capacidad de decir las cosas de modo precisa y eficaz.

## **7. Actas**

El líder del grupo deber realizar un informe después de cada reunión y enviárselo al jefe correspondiente con el fin de que éste conozca lo que quiere hacer el grupo y pueda haber aportes, discusiones, nuevas ideas, retroalimentación, etc. No importa si los comentarios del jefe son críticos, lo importante es que los miembros del grupo reciban impulso desde arriba. Cualquier tipo de información ejercerá una fuerte influencia en el grupo.

Por lo tanto cuando se quiera implementar TPM y más específicamente mantenimiento autónomo debe haber una estrategia que considere lo anteriormente mencionado, en donde los operarios sean capaces. Debe haber una excelente limpieza, inspección y orden.

### **3.6 Mantenimiento Planificado**

Este tipo de mantenimiento consiste en establecer programas que se irán cumpliendo rigurosamente. Está a cargo del departamento de mantenimiento.

Las actividades de mantenimiento autónomo deben guardar ciertos límites. Hay actividades que están más allá de los que realmente pueden hacer. Estas son:

- Tareas que requieran capacidades especiales
- Revisión general en la cual el deterioro no es visible del exterior
- Reparaciones de equipo difíciles de desensamblar y reensamblar
- Tareas que requieren mediciones especiales
- Tareas que padezcan riesgos sustanciales, como trabajar en lugares elevados

Estas tareas debe realizarlas el departamento de mantenimiento ya que evidentemente posee las competencias necesarias. Es fundamental que las inspecciones que realizan los operarios sean responsables para que el personal de mantenimiento sepa lo que realmente hay con más dificultades.

Mantenimiento autónomo y planificado deben trabajar en conjunto, son los dos ejes necesarios para la correcta mantención. El departamento de mantenimiento debe también aportar con conocimientos a los operarios, los cuales si adquieren grandes logros en cuanto a conocimiento, tendrán más tareas relacionadas con mantenimiento.

En el mantenimiento planificado se debe establecer cuales serán los equipos que requieren más atención, cuánta inspección necesita, la cantidad de limpieza, etc

El hecho de transferir trabajo a operarios, no quiere decir que el departamento de mantenimiento perderá trabajo afectando a su personal. Lo que se pretende lograr es que el departamento de mantenimiento se dedique a lo realmente necesario, lo cual es mucho y siempre va a existir, para de esta forma no ocupar su tiempo en actividades que pueden solucionar otros. Esto ayuda a potencializar las labores que realizan los profesionales de la mantención.

### **3.6.1 Descripción de las actividades de mantenimiento planificado**

#### **1. Sistema de respuesta rápida**

El personal de mantenimiento debe tener la capacidad de responder de forma oportuna a los problemas que se presenten y a los que se diagnostiquen con el mantenimiento autónomo. Muchas veces se presentan obstáculos, por ejemplo de carácter monetario, sin embargo hay que tratar de hacer siempre lo que sea posible.

Cuando ocurren averías, el personal de mantenimiento debe relacionarse con los líderes de los grupos del departamento de producción, tomando medidas de emergencia, comprobando síntomas, buscando causas, comprobando resultados de medidas, planificando medidas preventivas, etc.

Si es posible se debe tratar de hacer todo esto el mismo día del problema. Esta cooperación es importante porque:

- Ayuda a los jefes de producción a responsabilizarse de averías en sus máquinas, muestra como los problemas surgen partiendo de síntomas previos, enseña como responder y en definitiva mejora la capacidad preventiva para futuros problemas.
- También ayuda al personal de mantenimiento a mejorar su propia capacidad ofreciéndoles la oportunidad de verificar la calidad de su trabajo, de aprender mejor las causas de las averías y de aprender a planificar medidas preventivas.

## **2. Actividades encaminadas a un pronto descubrimiento de anomalías**

Para el descubrimiento temprano de anomalías existen dos métodos:

### **Mantenimiento basado en tiempo**

Se realiza cumpliendo un programa y consiste en realizar inspecciones periódicas, reponiendo piezas, revisiones generales, medidas periódicas de precisión, cambios de aceite, etc. Es bueno utilizar calendarios de mantenimiento en períodos semanales, mensuales o anuales, en donde se resume todo lo correspondiente para cada equipo, con su frecuencia y características de mantenimiento.

### **Mantenimiento basado en condiciones**

También se conoce como mantenimiento predictivo el cual utiliza el diagnóstico con aparatos para medir el deterioro de equipos o descubrir anomalías y sus síntomas. En este caso es recomendable comparar los resultados obtenidos en distintos períodos de tiempo para detectar el avance que ha ocurrido.

Este tipo de mantenimiento puede ser simple o de precisión, la diferencia entre ellos es la sofisticación de sus análisis.

Los objetivos del mantenimiento predictivo son:

- Ocurrir donde ocurrirán anomalías sin desmontar el equipo
- Permitir chequeos de calidad de las reparaciones ya hechas en las revisiones generales
- Permitir una estimación de períodos de reparación
- Reducir los costos de mantenimiento eliminando las revisiones periódicas



### **3. Actividades para impedir la repetición de averías**

#### **Mejoras individuales para reducir averías crónicas**

Cuando se trate con este tipo de averías, el personal de mantenimiento debe utilizar sus conocimientos para identificar puntos débiles en las máquinas y ayudar a planificar e implementar mejoras.

#### **Mejoras individuales para alargar la vida del equipo**

Tales mejoras incluyen el estudio de los materiales usados en las piezas del equipo con el objetivo de utilizar el más duradero, seleccionar las mejores piezas y ver posibles alternativas en sistemas y mecanismos.

### **4. Actividades que acortan los tiempos de reparación**

En este caso es importante poder diagnosticar de inmediato el motivo por el cual se averió un equipo. Para esto es fundamental contar con personal altamente calificado.

También es importante que existan repuestos y herramientas disponibles y que estén al alcance, para reducir tiempos de cambio de útiles.

### **5. Otras actividades**

Debe haber una base de datos o sistema de información en donde se registre información de mantenimiento como también de la producción. También tiene que existir un orden de documentos, carpetas, planos, etc, de modo tal de acceder a ellos de manera fácil en cualquier momento. Además hay que tener una gestión de los insumos que se utilizan, como aceites y grasas, llevar registros de niveles y de su calidad.

### **3.7 Diseño MP y Gestión temprana del equipo**

Estos dos métodos consisten en realizar mejoras de forma temprana en el equipo con el fin de hacer que esté libre de mantenimiento.

#### **3.7.1. Diseño MP**

Se refiere a las actividades dirigidas a impedir averías y defectos en el equipo, recién instalado, aplicando mantenimiento preventivo en el proceso de diseño. En otras palabras, incluye el descubrimiento de los puntos débiles en el equipo usado actualmente y así saber que mejorar.

#### **3.7.2. Gestión temprana del equipo**

Esto pretende minimizar el tiempo para alcanzar una operación estable. Es raro que un equipo esté siempre operando, ya que se produce alguna de las siguientes condiciones:

- Problemas ocurridos durante la fase de diseño, tales como selección deficiente de materiales, resistencia insuficiente, etc.
- Problemas originados en fase de fabricación, tales como dimensiones incorrectas de las piezas, errores de ensamble, etc.
- Problemas ocurridos durante la instalación y operación de prueba, tales como niveles de operación insuficientes, errores de instalación, etc.

La idea es descubrir estos problemas y hacer mejorar para eliminarlos, utilizando técnicas similares a las que se ocupan para eliminar las pérdidas crónicas, una detección rápida ayuda a que si hay problemas sean menos graves y por lo tanto menos costosos.

## **Conclusión**

El Mantenimiento Productivo Total (TPM) es una poderosa herramienta que ayuda enormemente a que exista una buena gestión del mantenimiento dentro de una empresa.

En los párrafos anteriores se puede ver que es un concepto que tiene una larga historia y evolución lo que respalda la seguridad de sus tópicos, debido a los años de mejora y avance hasta llegar a lo que es el TPM.

La idea de que una estrategia de mantenimiento sea TOTAL es muy atractiva, ya que todo está relacionado. No es recomendable que existan divisiones dentro de una empresa, esto crea desinformación y puede llegar incluso a generar distorsiones. El mantenimiento autónomo y planificado, junto con los procedimientos de la estrategia para eliminar las seis grandes pérdidas, contribuyen a la eliminación de éstas.

Es primordial que existan buenos canales de comunicación y que cada uno de los miembros de la organización esté al tanto y sean partícipes del mantenimiento.

Es muy positivo que los trabajadores tengan la capacidad para adelantarse a escenarios de oscuridad y tomen medidas preventivas. Que se reúnan y aporten con ideas, habiendo de este modo una muy buena retroalimentación.

El aplicar TPM dentro de una empresa no es algo que se pueda conseguir de un momento a otro. Es un período que tarda un tanto de tiempo ya que además, muchas veces es necesaria la capacitación de los trabajadores. Recordemos que todo hay que hacerlo con responsabilidad y cuidado, paso a paso, que se aprenda correctamente lo que se quiere.

El TPM es una herramienta que a la línea zincalum le haría muy bien, ya que como se demostró en el capítulo IV, hay una serie de detalles con respecto al mantenimiento que se adaptan muy bien a lo que pretende mejorar el TPM.

En el siguiente capítulo se da la propuesta del Mantenimiento Productivo Total para la línea zincalum.

## Capítulo IV: Propuesta de TPM

### Introducción

En este capítulo se realiza la propuesta de Mantenimiento Productivo Total (TPM) para la línea zincalum. Después de haber realizado los anteriores análisis se puede ver que el proponer esta temática será de mucha utilidad.

Este apartado estará dividido en dos subcapítulos los cuales en su conjunto y mediante la utilización de herramientas de ingeniería conformarán una propuesta detallada y justificada. En otras palabras, se puede decir que en la primera parte de este capítulo se realizarán una serie de cálculos y análisis que permitirán tener una visión clara para poder dar una buena propuesta. Entre estos análisis se puede mencionar el cálculo de índices característicos TPM (Eficacia Global de la línea), realización de diagramas de causa – efecto, la elaboración de una lista de equipos críticos desde distintos puntos de vista, como así también analizar las detenciones de LZA considerando principalmente las fallas en los equipos. Hay que tener claro que por tratarse de un capítulo “aparte” de los anteriores, en estos cálculos no se considerará el mismo período de tiempo utilizado en los capítulos anteriores. Con todo esto se cumple el segundo objetivo específico indicado anteriormente en el primer capítulo de este trabajo.

En la otra parte de esta sección se ordena y formaliza la propuesta TPM. Aquí se mostrará de forma clara lo que se recomienda hacer. Evidentemente se indicarán a realizar los principales pilares del TPM, es decir Método para evitar las “seis grandes pérdidas”, Estrategia de Mantenimiento Autónomo y Estrategia de Mantenimiento Planificado. Con esto se cumpliría el tercer objetivo específico.

Existe un cuarto pilar de TPM que consiste en diseñar la prevención del mantenimiento y realizar una gestión temprana del equipo, sin embargo en este proyecto se considerará implícitamente a través de la realización de los otros tres mencionados recientemente lo que no quiere decir que sea deficiente, todo lo contrario, ya que las propuestas dadas se harán considerando también lo que este cuarto pilar dice.

## Primera Parte: Aplicación de metodologías

### 4.1 Eficacia Global de la línea

Este es un índice característico del TPM que muestra realmente las condiciones de la línea, ya que considera la disponibilidad, el rendimiento y la calidad. En este indicador se consideran las seis grandes pérdidas. Recordemos que la fórmula de cálculo es:

**Eficacia Global del Equipo= Disponibilidad x Índice de rendimiento x Índice de calidad**

#### 4.1.1 Disponibilidad

La disponibilidad corresponde al factor de operación, el cual ya fue calculado en el capítulo de diagnóstico. Para el año 2008 los valores son los siguientes:

Tabla 4.1, Factor operación

Año 2008	Factor de Operación (%)
Enero	91,19
Febrero	88,97
Marzo	92,79
Abril	92
Mayo	86,37
Junio	75,68
Julio	91,18
Agosto	89,52
Septiembre	93,6
Octubre	94,9
Noviembre	91,6

Fuente: Elaboración propia

Nótese que el mes de diciembre no se consideró por ser un mes con bastante inestabilidad.

### 4.1.2 Índice de rendimiento

Este indicador considera la velocidad de operación de la línea. Implícitamente en este caso se incluyen los atrasos de la línea ya que para calcularlo se requiere el tiempo de operación sin contar los atrasos. También se necesita la producción mensual y un dato importante es saber que la capacidad de producción de la línea es de 16250 Kg. /Hr en condiciones de máxima velocidad, el cual se considerará para obtener este índice.

Recordemos que la fórmula de cálculo es:

$$\text{Índice de rendimiento} = \text{Índice de velocidad de Operación} \times \text{Tiempo neto de operación}$$

**En donde:**

$\text{Índice de velocidad de Operación} = \frac{\text{tiempo ideal del ciclo}}{\text{ciclo actual}}$	$\text{Tiempo neto de operación} = \frac{(\text{output} \times \text{tiempo de ciclo actual})}{(\text{tiempo de carga} - \text{tiempo de parada})}$
---	---

Sin embargo en este caso no se utilizará esta fórmula debido al tipo de información que se tiene. Por lo tanto se ocupará la siguiente:

$\text{Índice de rendimiento}$	$=$	$\frac{\text{Velocidad de producción}}{\text{Capacidad de producción de la línea}}$
--------------------------------	-----	---

**En donde:**

$\text{Velocidad de Producción}$	$=$	$\frac{\text{Producción de la línea}}{\text{Tiempo de operación de la línea}}$
----------------------------------	-----	--

Esta fórmula también entrega de forma correcta el índice de rendimiento. Fue creada especialmente para poder ocupar la información que se tiene.

Tabla 4.2, Índice de rendimiento

	Producción línea (Kg.)	Operación línea (min.)	Velocidad de Producción (Kg./Hr.)	Índice de Rendimiento (%)
Enero	3.480.165	11067	18867,79615	116,11%
Febrero	5.843.719	31756	11041,16199	67,95%
Marzo	8.506.167	39553	12903,44651	79,41%
Abril	9.282.574	38363	14518,01058	89,34%
Mayo	9.096.913	37362	14608,82126	89,90%
Junio	8.295.630	32641	15248,85267	93,84%
Julio	10.082.759	40701	14863,65298	91,47%
Agosto	10.073.810	39184	15425,39302	94,93%
Septiembre	10.444.917	40432	15499,97576	95,38%
Octubre	8.973.875	36299	14833,25987	91,28%
Noviembre	2.688.660	8974	17976,33162	110,62%

Fuente: Elaboración propia

Se puede ver que en algunos casos el índice de rendimiento supera al 100% lo que quiere decir que la velocidad de producción de la línea fue superior a la capacidad de producción de ésta.

#### 4.1.3 Índice de calidad

En este caso se considera la calidad de los productos finales. La fórmula de cálculo es:

$$\text{Índice de calidad} = \frac{\text{Producción correcta}}{\text{Producción Total}}$$

En el cálculo de este indicador solo se considera la producción correcta que se refiere a todos aquellos productos que tienen disposición 1, la cual ya fue explicada en los capítulos anteriores.

Por lo tanto el porcentaje de producción con disposición 1, corresponde al índice de calidad. En la siguiente tabla se pueden ver estos resultados:

Tabla 4.3, Índice de calidad

Valores en Kg.	Disp. 1	Disp. 2	Disp. 3	Disp. 4	Disp. 8	Total	% Disp. 1
Enero	3480165	248415	247645	35615	0	4011840	86,75%
Febrero	5843719	114020	59355	29265	0	6046359	96,65%
Marzo	8506167	289505	850810	58630	0	9705112	87,65%
Abril	9282574	97770	75765	48230	0	9504339	97,67%
Mayo	9096913	151785	136745	27545	0	9412988	96,64%
Junio	8295630	96395	96970	45311	0	8534306	97,20%
Julio	10082759	208105	115605	29510	0	10435979	96,62%
Agosto	10073810	31570	107975	20240	0	10233595	98,44%
Septiembre	10444917	153045	159330	24235	0	10781527	96,88%
Octubre	8973875	115335	94220	29145	0	9212575	97,41%
Noviembre	2688660	76425	0	5680	0	2770765	97,04%

Fuente: Elaboración propia

Se puede ver que el índice de calidad tiene cifras alentadoras, registrándose en varios períodos valores sobre el 97%.

Ahora que ya se tienen los tres indicadores que conforman la eficacia global de la línea, se está en condiciones de calcularlo mediante la fórmula descrita anteriormente. La siguiente es una tabla que resume los tres indicadores obtenidos y además muestra la eficacia global de la línea:

Tabla 4.4, Eficacia global de la línea

	Disponibilidad	Índice de rendimiento	Índice de calidad	Eficacia Global de la línea
Enero	91,19%	116,11%	86,75%	91,85%
Febrero	88,97%	67,95%	96,65%	58,43%
Marzo	92,79%	79,41%	87,65%	64,58%
Abril	92%	89,34%	97,67%	80,28%
Mayo	86,37%	89,90%	96,64%	75,04%
Junio	75,68%	93,84%	97,20%	69,03%
Julio	91,18%	91,47%	96,62%	80,58%
Agosto	89,52%	94,93%	98,44%	83,65%
Septiembre	93,60%	95,38%	96,88%	86,49%
Octubre	94,90%	91,28%	97,41%	84,38%
Noviembre	91,60%	110,62%	97,04%	98,33%

Fuente: Elaboración propia

En este indicador se ve mejor la realidad de la línea ya que se agrupan distintos criterios, hay una visión completa de lo que afecta a LZA.

Los valores son principalmente bajos, según el TPM este indicador debería ser superior al 85% lo que se ve solo en tres de estos meses.



## 4.2 Análisis de Fallas

Cada atraso y falla es necesario clasificarlo dentro de las seis grandes pérdidas. Recordemos que cualquier atraso se puede clasificar dentro éstas y es primordial hacerlo para poder realizar la propuesta de TPM. A continuación se propone la siguiente clasificación:

**Pérdidas por averías:** Tal como el nombre lo dice acá se consideran todas aquellas fallas o averías de equipos ya sean mecánicas, eléctricas o de combustibles.

**Pérdidas por preparaciones y ajustes:** Esta pérdida comienza cuando la fabricación de un producto se ha concluido y finaliza cuando se consigue la calidad estándar en la fabricación del producto siguiente. Es decir todo ajuste que se realice de forma anormal inmediatamente después de la salida del rollo y para comenzar a procesar el siguiente se considera parte de esta pérdida. En este caso se puede considerar los atrasos de clase 2, es decir cuando vienen “materias primas” defectuosas.

**Pérdidas por tiempos muertos y paradas pequeñas:** La temática de las paradas pequeñas es un gran problema, recordemos que la suma de estos pequeños errores se vuelven una gran falla. Dentro de estas pérdidas caben algunos atrasos de la clase 3 como son las detenciones para hacer limpiezas, para cambiar algunos repuestos y por enredos de transferencia. Muchas veces estos errores son de corta duración. Además las detenciones por suciedad son evitables, es decir es un pequeño pero grave atraso.

**Pérdidas por velocidad reducida:** Como el nombre lo dice acá se consideran todos los atrasos debido a la velocidad deficiente de la línea. Por lo tanto cuando la línea no esté operando de manera óptima habrá que tener presente que se está frente a ésta pérdida. Ésta probablemente está relacionada con alguna otra, ya

que si la velocidad no es la mejor, es muy posible que sea por alguna avería u otra situación; aunque a veces la velocidad se puede reducir voluntariamente para evitar algún problema, este caso igual es una pérdida de este tipo.

**Defectos de calidad y trabajos de rectificación:** Dentro de estas pérdidas podemos nombrar aquellas que hacen repetir las labores. En este caso se puede nombrar la acomodación de cintas en el caso que se desmonten o corten y la corrección de la soldadura cuando estas quedan mal hechas.

**Pérdidas de arranque:** En este caso se consideran los atrasos de clase 7, es decir cuando no hay suministro de energías para el correcto funcionamiento de la línea. Esto claramente impide el arranque del proceso.

En la siguiente tabla se muestra un resumen con la clasificación de algunos atrasos en las seis grandes pérdidas:

Tabla 4.5, Clasificación de atrasos en las seis grandes pérdidas

Tipo de Atraso	Clase	Pérdida
Fallas mecánicas	4	Averías
Fallas eléctricas	5	Averías
Fallas de combustible	6	Averías
Recepción de materia prima	2	Preparaciones y ajustes
Enredo de transferencia	3	Tiempos muertos y paradas pequeñas
Limpiezas por suciedad	3	Tiempos muertos y paradas pequeñas
Cambio de materiales o repuestos	3	Tiempos muertos y paradas pequeñas
Soldadura mal hecha	3	Calidad y trabajos de rectificación
Desplazamiento de cinta	3	Calidad y trabajos de rectificación
Cortes de cinta	3	Calidad y trabajos de rectificación
Problemas de suministro de energía	7	Arranque

Fuente: Elaboración propia

La lista de atrasos representa casi la totalidad de los motivos de detenciones en la línea. En esta tabla no hay atrasos asignados a las “Pérdidas por velocidad reducida” lo que no quiere decir que no existan. Estos se identificarían en su momento con los parámetros propuestos.

También es importante mencionar que en el cuadro anterior no se distinguen atrasos de clase 1 y 8, ya que los primeros son detenciones programadas y los otros se pueden enmarcar dentro de alguna de las clases sí consideradas.

En este análisis se considera un período de ocho meses sobre los cuales se considerarán los atrasos que han ocurrido. El objetivo de este ítem es saber cuál o cuáles son las fallas con más frecuencia, es decir cuales son las pérdidas crónicas. En la siguiente tabla se muestra cada clase de atrasos ocurridos en el tiempo en cuestión y su frecuencia:

Tabla 4.6, Frecuencia de atrasos

Clase	Frecuencia
1	10
2	13
3	108
4	41
5	75
6	3
7	14
8	4

Fuente: Elaboración propia

Se puede ver que la clase 3 es la que tiene mayor frecuencia y tal como se mencionó en el capítulo de diagnóstico, estos atrasos o fallas son repetitivos; es por esta razón que en seguida se profundizan éstas pérdidas. En la siguiente tabla se muestran cuatro fallas bastante frecuentes:

Tabla 4.7, Fallas frecuentes

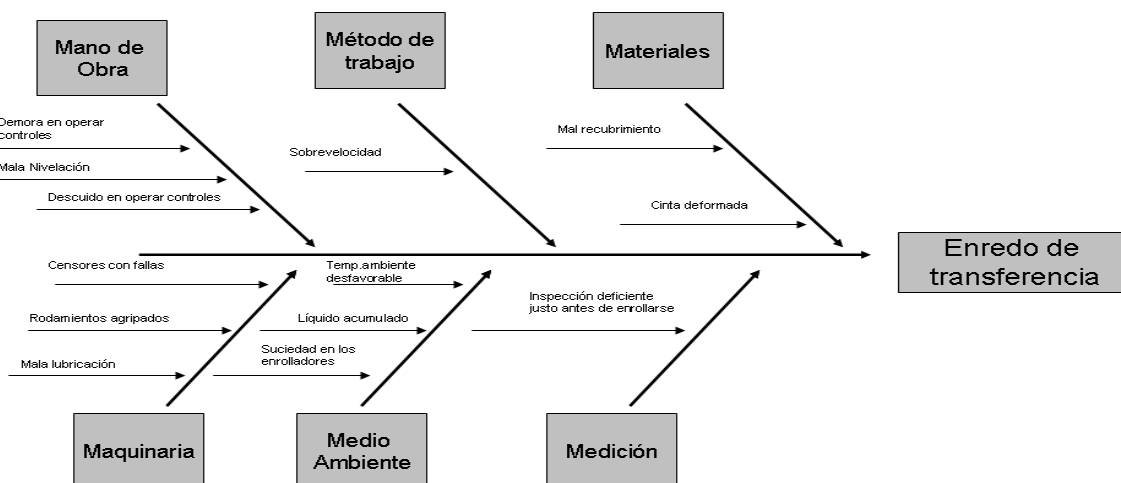
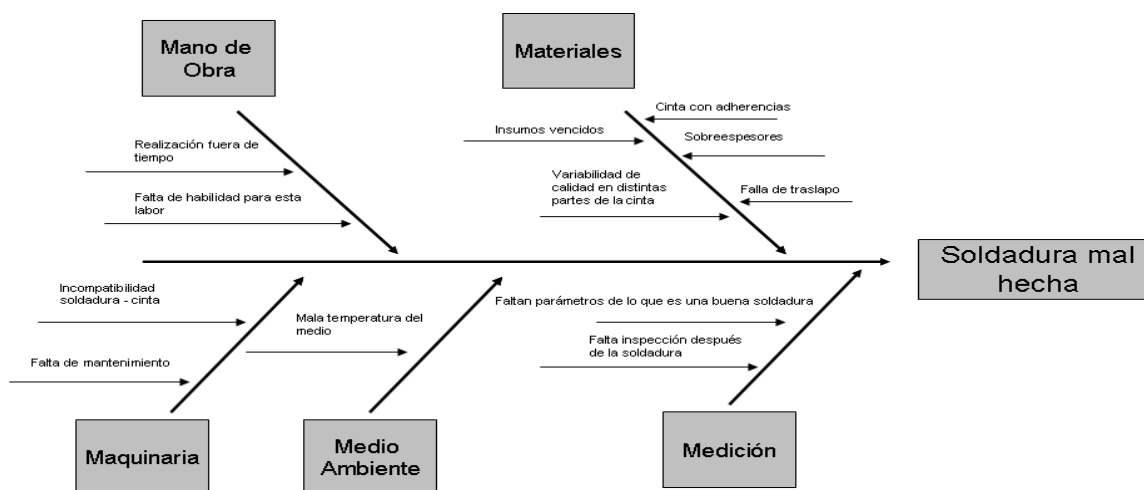
Falla	Frecuencia
Soldadura mal hecha	17
Enredo de transferencia	17
Corte de cinta	11
Desplazamiento de cinta	9

Fuente: Elaboración propia

Estos atrasos no necesariamente representan grandes cantidades de tiempo, todo lo contrario, generalmente son de muy poca duración, pero son crónicos y por ende muy perjudicial. Recordemos que en esta línea cualquier detención, independiente de su duración significa una pérdida similar de material. Es por esto la importancia de estudiar los problemas repetitivos, los cuales se analizarán a continuación mediante diagramas de causa – efecto.

### 4.3 Diagramas de Causa – Efecto

Tal como se acaba de mencionar, en esta sección se realizan algunos diagramas de causa efecto sobre problemas o fallas bastante repetitivos. Estos son soldadura mal hecha, enredo de transferencia, corte y desplazamiento de cinta.



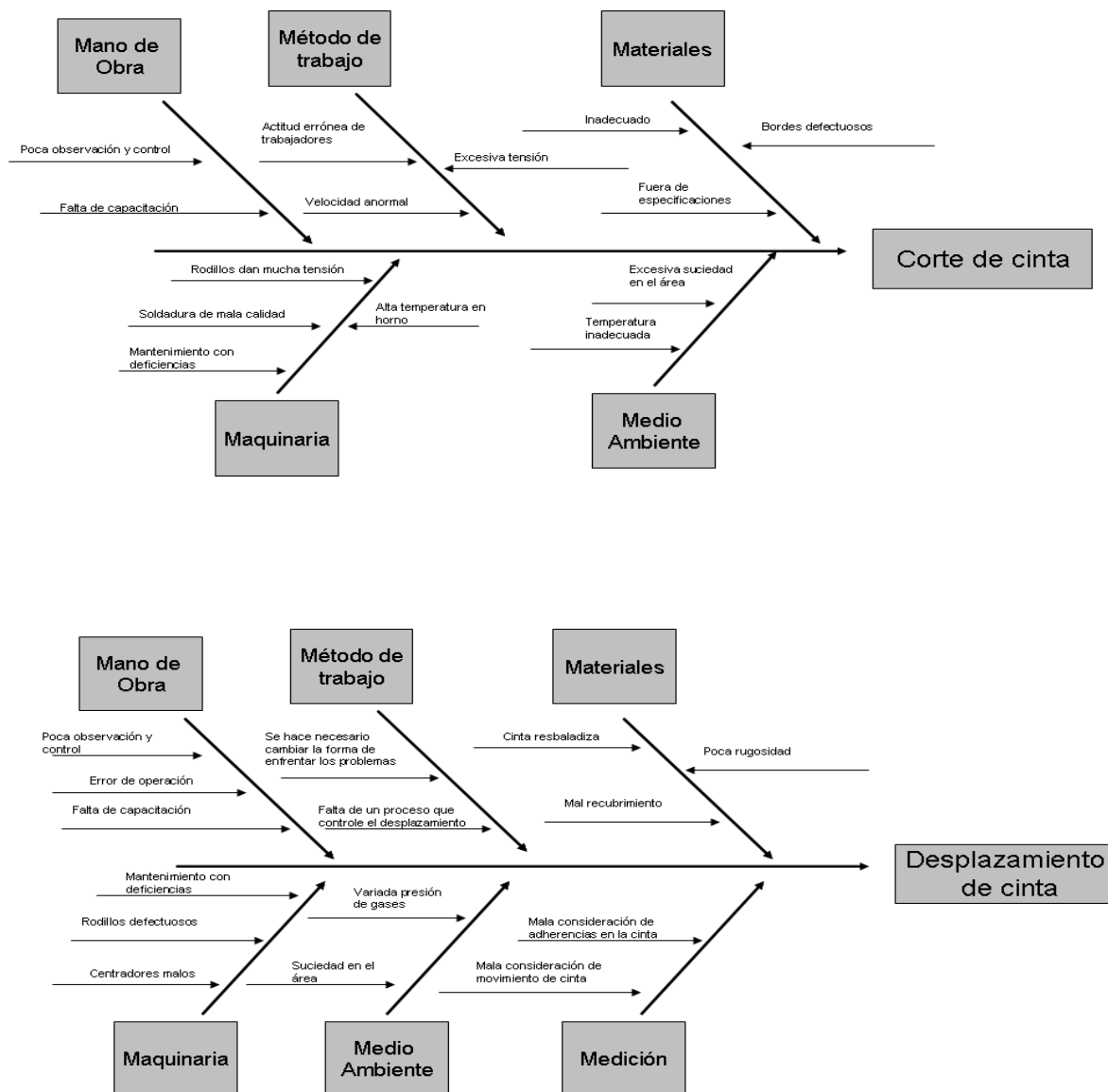


Fig. 4.1, Diagramas de causa-efecto para fallas repetitivas, fuente: Elaboración propia

En la segunda parte de este capítulo se dan las propuestas de mejora a las pérdidas crónicas considerando lo obtenido mediante la realización de los diagramas causa – efecto.

#### 4.4 Determinación de criticidad a los equipos

Un paso muy importante es conocer la importancia de cada uno de los equipos. La criticidad se refiere precisamente a eso, a la incidencia de cada equipo en el proceso productivo. Tradicionalmente las empresas analizan la criticidad considerando solo la incidencia en la producción. Sin embargo hay muchos otros factores que son importantes y necesarios tener en cuenta, los cuales se utilizarán en este caso, tales como seguridad, medio ambiente, calidad, mantenimiento e implícitamente los costos.

Para determinar qué equipos analizar se tuvo que hacer una selección previa considerando todas las zonas de la línea y teniendo en cuenta todo lo necesario e importante, ya que la cantidad de éstos en la línea zincalum es muy extensa tal como se presentó en el capítulo II, sin embargo muchos de esa lista pueden englobarse dentro de otros o simplemente no nombrarse por estar implícitamente en alguno de ellos. Para continuar con este análisis es necesario dar las siguientes definiciones:

**Definición de equipo crítico:** Es aquel que mayoritariamente presenta riesgos para la seguridad y medio ambiente, afecta directamente la producción y calidad del producto en caso de dificultades o no en su funcionamiento. Los costos de mantenerlo son altos y registra las más altas tasas de fallas.

**Definición de equipo semicrítico:** Es aquel que posee una tasa de fallas regular y tiene un mantenimiento con un nivel normal de complejidad. Dependiendo el caso, una falla en él puede afectar a la calidad final del producto. En ocasiones afecta directamente la seguridad y medioambiente.

**Definición de equipo no crítico:** Es aquel que posee una tasa de fallas prácticamente nula y bajo costo de mantenimiento. Una falla en él o su normal funcionamiento no inciden directamente en la producción, la seguridad y el medio ambiente.

No basta con clasificar a cada equipo directamente en alguna de las definiciones anteriores para saber su nivel de criticidad. Hay que hacerlo a través de una serie de preguntas o parámetros que se desprenden de estas definiciones y que logran una mejor representación del funcionamiento del equipo.

Es por esto que se utiliza el siguiente método que consiste en considerar para cada equipo la “criticidad”, que está dada por la siguiente expresión:

$$\text{Criticidad} = \text{Frecuencia de fallas} \times \text{Factores de criticidad}$$

En donde:

**Frecuencia de fallas:** nº de fallas en un lapso de tiempo

**Factores de criticidad:** Producción + Seguridad y medio ambiente + Calidad + Mantenimiento

Los factores de criticidad corresponden a la puntuación que obtiene cada equipo al someterlo a distintas preguntas o parámetros desde esos puntos de vista.

Los parámetros de frecuencia y factores de criticidad se presentan a continuación:

### Frecuencia:

Tabla 4.8, Frecuencia de fallas

FRECUENCIA	ponderación
0 ó 1 falla / 16 meses	1
De 2 a 5 fallas / 16 meses	2
De 6 a 15 fallas / 16 meses	3
De 16 a 41 fallas / 16 meses	4

Fuente: Elaboración propia

**Obs.:** Los 16 meses corresponden al período analizado en el resto del proyecto (mayo 2007-agosto 2008)

**Factores de criticidad:**

Tablas 4.9, Factores de criticidad

PRODUCCION	ponderación
Detiene producción del proceso. No hay equipos de alternativa	3
Produce atrasos irre recuperables en el programa de producción del proceso	
Parada del equipo y repercusión en otros	
Detiene una línea de proceso, pero existe otra alternativa	2
Reduce la producción del departamento, pero hay posibilidad de recuperación dentro del programa de producción	
Repercute en costos operacionales asociados a la disponibilidad	
Existe función de operación y de repuesto limitada	1
Hay opción de repuesto compartido	
No afecta la producción ni operación de la línea	

SEGURIDAD Y MEDIO AMBIENTE	ponderación
Caída y/o derrame de líquidos calientes o contaminantes	3
Peligro directo de explosión	
Contaminación por escape de gases altamente tóxicos en lugares confinados	
Contaminación fuerte por derrames o evacuación de productos altamente corrosivos	
Peligro de contactos directos con altos voltajes	
Afecta a la seguridad humana tanto interna como externa	2
Riesgos normales y previsibles a persona o equipos	
Efectos moderados sobre las condiciones ambientales	
Contaminaciones fuertes pero en áreas localizadas	1
Provoca daños menores en personal propio	
Muy pequeña o ninguna influencia en la seguridad	
Provoca un impacto ambiental cuyo efecto no viola las normas ambientales	1

CALIDAD	ponderación
Afecta directamente la calidad final del producto. Origina rechazos de clientes	3
Afecta fuertemente la calidad final del proceso y origina rechazos internos de producción	
Afecta moderadamente la calidad final de la producción de la línea dentro de tolerancias de calidad	2
Afecta la calidad en la línea, pero existe la posibilidad de corregir de forma simple	
Ninguna o muy pequeña influencia	1

MANTENIMIENTO	ponderación
El equipo es de alta tecnología y complejidad técnica	3
Se requiere gran cantidad de recursos en HH y máquinas	
Su mantención y/o reparación debe efectuarse de inmediato en el menor tiempo posible	
Mantención de complejidad técnica normal	2
Mantención con recursos y plazos normales	
Costos normales	1
Mantención sin complejidad técnica	
Se puede iniciar cuando sea posible	
Costo bajo	1

Fuente: Elaboración propia

Los rangos que se definieron para clasificar el nivel de criticidad de los equipos son los siguientes:

Si el puntaje de criticidad está en el rango [4, 9], el equipo es NO CRÍTICO.

Si el puntaje de criticidad está en el rango [10, 22], el equipo es SEMICRÍTICO.

Si el puntaje de criticidad está en el rango [24, 48], el equipo es CRÍTICO.

El criterio para encontrar estos rangos fue mediante la observación del comportamiento de cada equipo. Es decir, un equipo que al someterlo a las



encuestas cumple con la definición de NO CRÍTICO en ningún caso obtendrá más de 9 puntos. Análogamente, un equipo que cumple con la definición de SEMICRÍTICO solo obtendrá entre 10 y 22 puntos. Por último un equipo que al evaluarse en los parámetros de las encuestas cumple con la definición de CRÍTICO obtendrá entre 24 y 48 puntos.

Utilizando la “matriz de factores ponderados” se resume y ordena lo anteriormente analizado. Acá se clasifica la puntuación de criticidad obtenida por cada equipo y se logra identificar de forma simple qué tan crítico es.

Es interesante utilizar esta representación gráfica por lo didáctico que resulta encontrar la condición de un equipo, no así con los rangos recientemente señalados los que solo se dieron a conocer para justificar la correcta realización de la presente matriz.

Tabla 4.10, Matriz de criticidad con factores ponderados

<b>Frecuencia de fallas</b>	1	NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC	SC	SC	SC
	2	NC	SC	SC	SC	SC	SC	SC	SC	SC	C
	3	SC	SC	SC	SC	C	C	C	C	C	C
	4	SC	SC	C	C	C	C	C	C	C	C
		4	5	6	7	8	9	10	11	12	
		<b>Factores de criticidad</b>									

Fuente: Elaboración propia

En donde:

**NC:** No crítico; **SC:** Semicrítico y **C:** Crítico

Por lo tanto el funcionamiento de esta matriz consiste en considerar un equipo, evaluarlo en los parámetros de frecuencia de fallas y obtener su puntuación única. Posteriormente evaluarlo en cada uno de los parámetros de factores de criticidad, obteniendo un único puntaje para cada tabla, los cuales deben sumarse. Con estos dos puntajes finales se ingresa a la matriz, se busca la intercepción y se puede determinar la criticidad. A continuación se presenta un ejemplo:

**Equipo:** Carro Scrap 1 y 2

**Frecuencia de fallas:**

FRECUENCIA	Ponderación
0 ó 1 falla / 16 meses	1

**Factores de criticidad:**

Equipo	Producción	Seguridad y medio ambiente	Calidad	Mantenimiento	Total
Carro Scrap 1 y 2	1	2	1	1	5

Ingresando a la matriz con los valores de 1 y 5 se puede ver que el equipo es NO CRÍTICO (N C).

#### 4.5 Análisis Estadístico de Tiempos entre Fallas

En esta sección se pretende encontrar la distribución estadística para una serie de datos de carácter general y, específico en solo tres equipos debido a que son los que más fallan dentro de los críticos. Se analizará lo siguiente:

Tiempo entre fallas mecánicas en los equipos

Tiempo entre fallas eléctricas en los equipos

Tiempo entre fallas de cualquier tipo en los equipos

Tiempo entre fallas del Acumulador

Tiempo entre fallas de la Soldadora Taylor Winfield

Tiempo entre fallas del Horno

**Obs.: Todos los tiempos entre fallas están en HORAS.**

Según la teoría estadística los tiempos entre fallas (TEF) siempre siguen una distribución Weibull o Exponencial. En este caso además se han realizado previamente algunos histogramas que permiten junto con lo anterior hipotetizar una distribución para los datos en análisis. Por lo tanto la prueba de hipótesis para todos los conjuntos de datos es:

**H0:** Los datos siguen una distribución Weibull

**H1:** Los datos no siguen una distribución Weibull

Para encontrar la distribución estadística se utilizó el software Sthatgraphics el cual realizó para cada conjunto de datos un histograma y los test de bondad de ajuste Chi – cuadrado y Kolmogorov-Smirnov.

Para poder decir que con un 90% de confianza H0 no se rechaza y por lo tanto los datos siguen una distribución Weibull, los valores “p” entregados por los test deben ser mayores o iguales que 0,1. En la siguiente tabla se indican estos valores para cada caso:

Tabla 4.11, Valores P para test de bondad de ajuste

Datos	Valores p	
	Test Chi Cuadrado	Test Kolmogorov Smirnov
TEF mecánicas	0,409	0,736
TEF eléctricas	0,628	0,87
TEF equipos	0,541	0,926
TEF acumulador	0,011	0,096
TEF soldadora	0,65	0,988
TEF horno	0,138	0,683

Fuente: Elaboración propia

Tal como se dijo anteriormente se puede decir con un 90% de confianza que no se rechaza H0 y por lo tanto los datos siguen una distribución weibull.

En los datos correspondientes al acumulador los valores “p” son menores a 0,1. Por lo tanto se rechaza H0 y se dice que los datos no siguen una distribución weibull.

Para este caso en especial se realizó la siguiente nueva prueba de hipótesis:

**H0:** Los datos siguen una distribución exponencial

**H1:** Los datos no siguen una distribución exponencial

En este caso los valores “p” son mayores que 0,1 (Test Chi Cuadrado = 0,203 y Test Kolmogorov Smirnov = 0,442) por lo tanto se puede decir con un 90% de confianza que no se rechaza la hipótesis nula, lo cual significa que los datos siguen una distribución exponencial.

Se definen las funciones de densidad de probabilidad para las distribuciones Weibull y Exponencial de la siguiente forma en donde t es el tiempo:

$$f(t) = \frac{\beta}{\alpha} \cdot \left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta-1} \cdot e^{-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta} \quad \text{f.d.p. para dist. Weibull} \quad \text{ec.1}$$

$$f(t) = \left(\frac{1}{\lambda}\right) \cdot e^{-\frac{t}{\lambda}} \quad t \geq 0 \quad \text{f.d.p. para dist. Exponencial} \quad \text{ec.2}$$

Se define  $R(t)$  a la función de confiabilidad para cada distribución, la cual se obtiene de la siguiente forma:

$$R(t) = \int_t^{\infty} f(t) \cdot dt \tag{ec.3}$$

, por lo tanto:

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta} \tag{ec.4}$$

*función de confiabilidad para dist. Weibull*

$$R(t) = e^{-\frac{t}{\lambda}} \tag{ec.5}$$

*función de confiabilidad para dist. Exponencial*

El término de confiabilidad es utilizado en sentido general para expresar el grado de confianza con que un equipo funciona correctamente durante un período de tiempo (t) específico. Por lo tanto la confiabilidad se cuantifica en términos de probabilidad y representada en función del tiempo.

Es importante saber que las distribuciones ajustadas a los datos producen la estimación de parámetros que son los correspondientes a las letras griegas de las ecuaciones dadas recientemente. Estos valores para cada conjunto de datos se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 4.12, Parámetros Estimados TEF

Datos	Parámetros Estimados	
TEF mecánicas	$\alpha = 124,425$	$\beta = 0,702383$
TEF eléctricas	$\alpha = 59,546$	$\beta = 0,583184$
TEF equipos	$\alpha = 38,5956$	$\beta = 0,637592$
TEF acumulador	$\lambda = 578,375$	
TEF soldadora	$\alpha = 139,643$	$\beta = 0,613293$
TEF horno	$\alpha = 206,347$	$\beta = 0,711704$

Fuente: Elaboración propia

Para terminar este análisis se presenta a continuación, para cada conjunto de datos, el histograma con su curva ajustada, la función de densidad de probabilidad y la función de confiabilidad. Las ecuaciones dependen del tiempo “t” (horas).

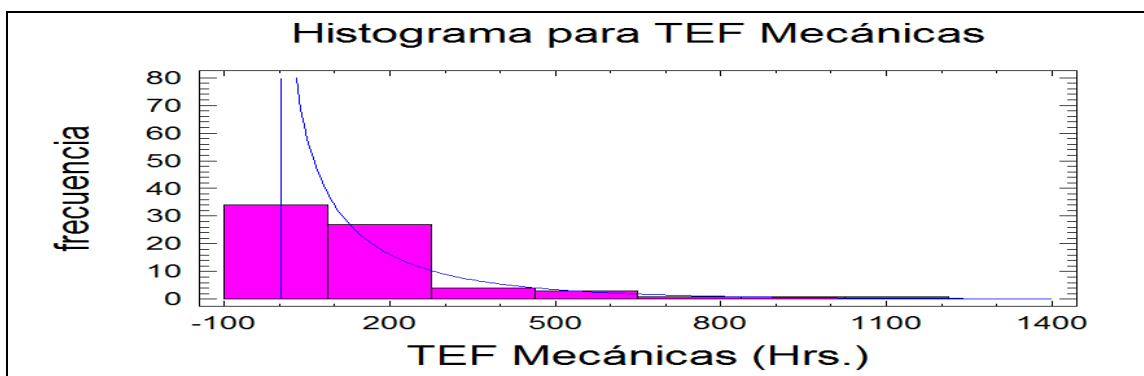


Fig.4.2, Histograma y distribución Weibull para TEF mecánicas, fuente: Elaboración propia

$$f(t) = \frac{0,702383}{124,425} \cdot \left(\frac{t}{124,425}\right)^{0,702383-1} \cdot e^{-\left(\frac{t}{124,425}\right)^{0,702383}}$$

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{124,425}\right)^{0,702383}}$$

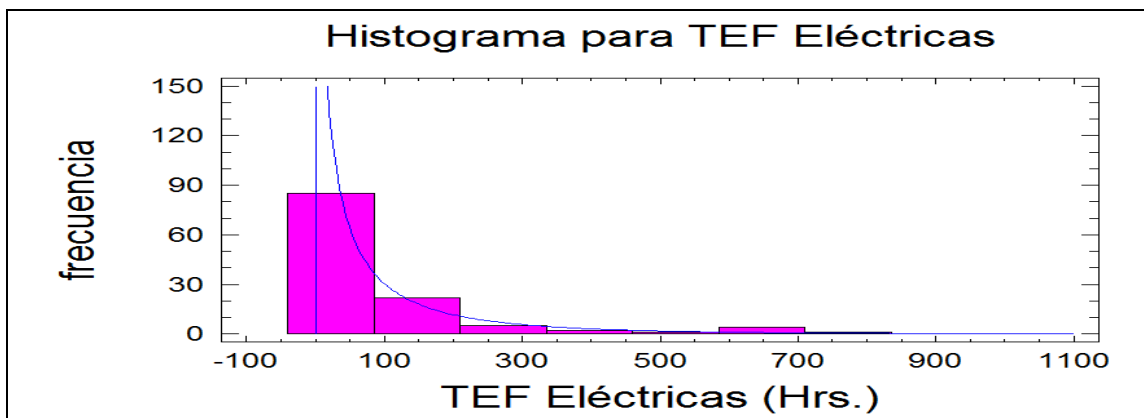


Fig.4.3, Histograma y distribución Weibull para TEF eléctricas, fuente: Elaboración propia

$$f(t) = \frac{0,583184}{59,546} \cdot \left(\frac{t}{59,546}\right)^{0,583184-1} \cdot e^{-\left(\frac{t}{59,546}\right)^{0,583184}}$$

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{59,546}\right)^{0,583184}}$$

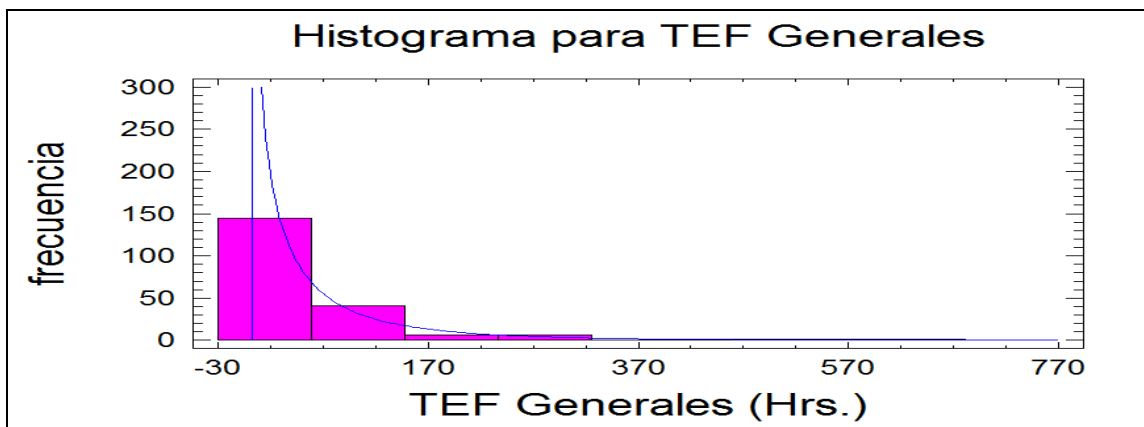


Fig.4.4, Histograma y distribución Weibull para TEF generales, fuente: Elaboración propia

$$f(t) = \frac{0,637592}{38,5956} \cdot \left(\frac{t}{38,5956}\right)^{0,637592-1} \cdot e^{-\left(\frac{t}{38,5956}\right)^{0,637592}}$$

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{38,5956}\right)^{0,637592}}$$

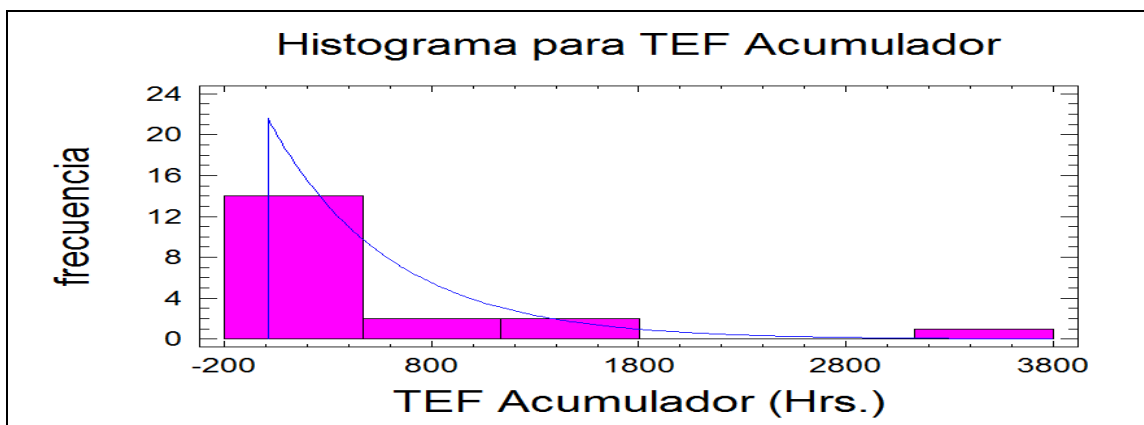


Fig.4.5, Histograma y distribución Exponencial para TEF acumulador, fuente: Elaboración propia

$$f(t) = \left(\frac{1}{578,375}\right) \cdot e^{-\frac{t}{578,375}}$$

$$R(t) = e^{-\frac{t}{578,375}}$$

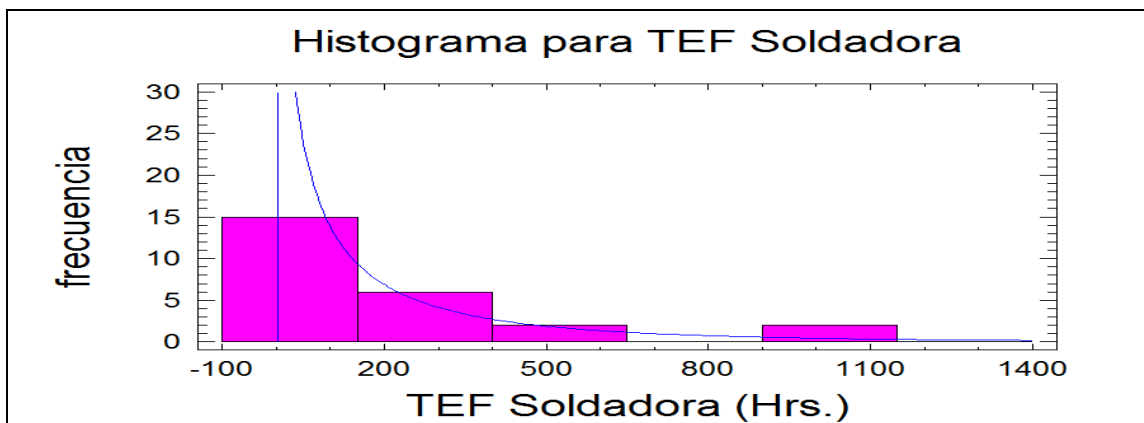


Fig.4.6, Histograma y distribución Weibull para TEF soldadora, fuente: Elaboración propia

$$f(t) = \frac{0,613293}{139,643} \cdot \left(\frac{t}{139,643}\right)^{0,613293-1} \cdot e^{-\left(\frac{t}{139,643}\right)^{0,613293}}$$

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{139,643}\right)^{0,613293}}$$

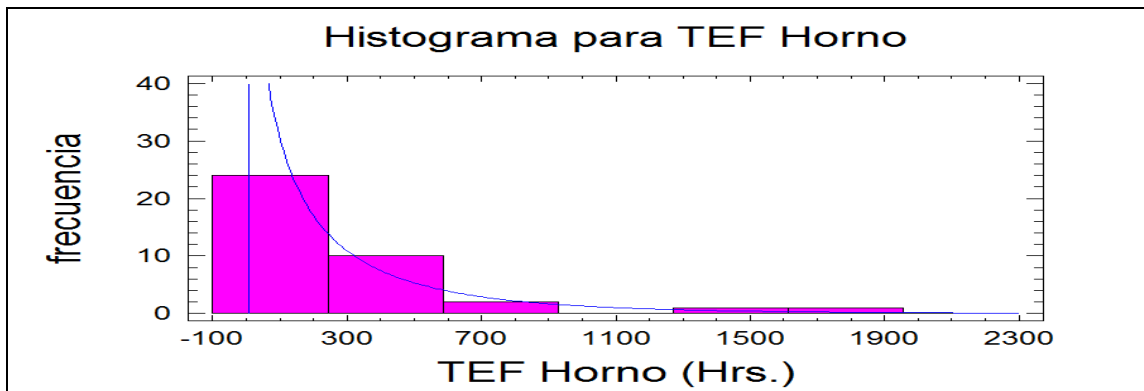


Fig.4.7, Histograma y distribución Weibull para TEF horno, fuente: Elaboración propia

$$f(t) = \frac{0,711704}{206,347} \cdot \left(\frac{t}{206,347}\right)^{0,711704-1} \cdot e^{-\left(\frac{t}{206,347}\right)^{0,711704}}$$

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{206,347}\right)^{0,711704}}$$



## Segunda Parte: Formalización de la Estrategia TPM

### 4.1 Representación gráfica de la Propuesta TPM

El siguiente esquema resume toda la propuesta que se hace en este capítulo. El objetivo de esta figura es que cualquier persona entienda de modo rápido lo que se quiere hacer y como se relacionan cada una de las estrategias.

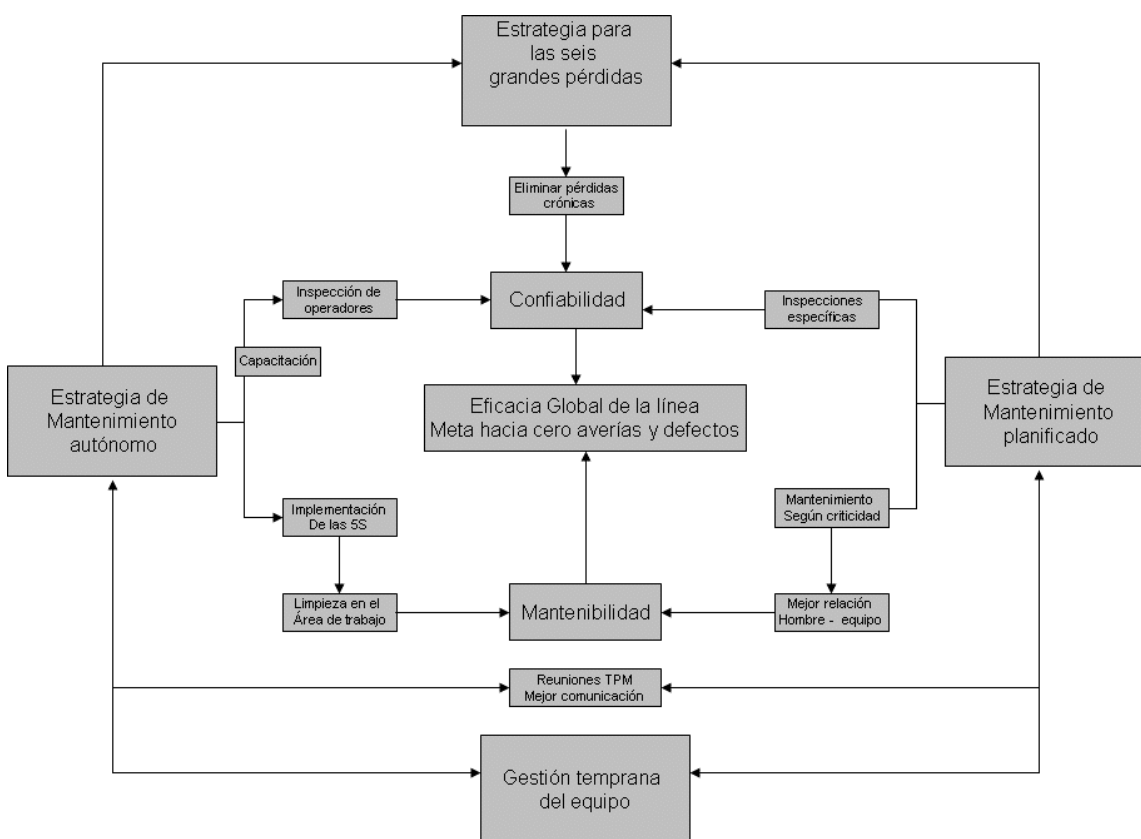


Fig. 4.8, Representación gráfica de la propuesta TPM, fuente: Elaboración propia

Se puede ver la existencia de los 5 pilares TPM. La capacitación principalmente se utiliza para entregar a los operadores conocimientos básicos de mantención. Las estrategias de mantenimiento autónomo y planificado consiguen una gestión temprana del equipo y reducen en parte las seis grandes pérdidas.

La eliminación de pérdidas crónicas y las inspecciones propuestas aumentan la confiabilidad de la línea.

También existe una buena mantenibilidad cuando están las condiciones necesarias para que ello ocurra. En este caso es fundamental una buena relación entre el trabajador – equipo y un área de trabajo limpia, lo cual se consigue con un mantenimiento adecuado para cada equipo según sus características de criticidad y implementando las 5S.

Con mejoras en las comunicaciones entre operadores y todos los trabajadores de mantenimiento mediante las reuniones TPM, con mantenibilidad adecuada y aumento en la confiabilidad del funcionamiento de los equipos, se consigue una mejora en la eficacia global de la línea, la cual considera el rendimiento, calidad y disponibilidad del proceso. De este modo se inicia el camino hacia las cero averías y cero defectos.

## 4.2 Eficacia Global de la línea

La disponibilidad y los índices de rendimiento y calidad forman la llamada eficacia global de la línea. Se propone utilizar estos indicadores de clase mundial los cuales son muy importantes considerarlos ya que engloban distintos factores y muestran mejor la realidad. Sin embargo para poder saber si los índices están cumpliendo con rangos normales es necesario definir parámetros. En el siguiente esquema se indican los valores que debieran tener:

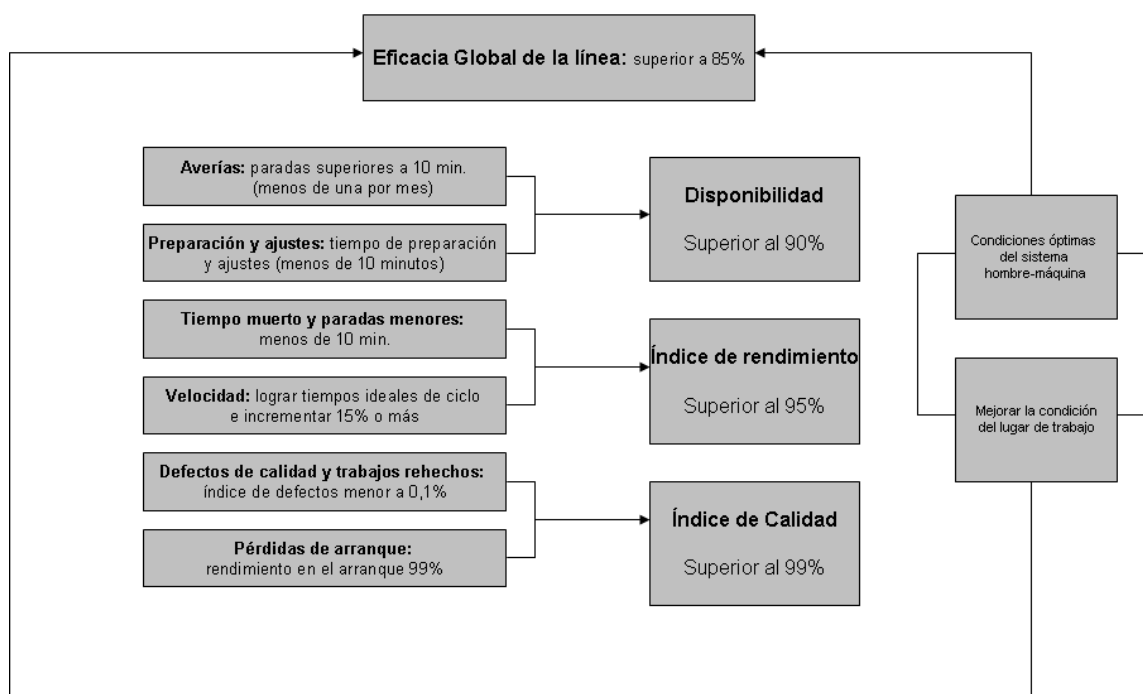


Fig. 4.9, Eficacia global de la línea, fuente: Elaboración propia

La eficacia global de la línea debiera ser superior al 85%. En este esquema además también se muestran algunos parámetros para las seis grandes pérdidas, las cuales se tratarán en profundidad en el siguiente ítem.

## 4.3 Estrategia para mejorar la eficacia de la línea

### 4.3.1 Eliminar las seis grandes pérdidas

#### 1. Pérdidas por averías

Para alcanzar la meta de cero averías hay que llevar a cabo las siguientes siete acciones:

**Impedir el deterioro acelerado:** Es muy importante detener este tipo de deterioro, que básicamente son pequeños detalles que se encuentran en todo proceso productivo y que generalmente se dejan pasar. Es por esto que se vuelve fundamental eliminar estas condiciones que por ejemplo pueden ser ajustes básicos en el equipo, constante revisión de aceites y temperaturas, etc.

**Mantenimiento de condiciones básicas de los equipos:** Hay tres actividades básicas que siempre se deben realizar: limpieza, lubricación y apretado de pernos. Si no se realizan se presentarán averías en los equipos.

Muchas veces los trabajadores no realizan estas labores porque no se les ha enseñado esta cultura; esto es lo que hay que conseguir, una conciencia en cada miembro de la organización. También hay que mantener siempre los equipos en buenas condiciones para que de esta forma sea más fácil realizar alguna labor de mantenimiento.

**Adherirse a las condiciones correctas de operación:** Esto dice que las especificaciones del equipo deben respetarse estrictamente. Por ningún motivo deben estar fuera de los rangos especificados debido a que de esta forma evidentemente se producirán averías.

**Mejorar la calidad del mantenimiento:** Es fundamental que cada persona que realice alguna labor de mantenimiento, por mínima que sea, debe hacerlo de

forma responsable y confiable, para esto se requiere capacitación a cada trabajador que realice estas labores.

**Hacer que el trabajo de reparación sea algo más que una medida transitoria:**

El TPM fomenta el mantenimiento exhaustivo por lo que ante cualquier reparación por pequeña que sea se recomienda realizar una investigación de la causa que lo provocó. Por ejemplo si se suelta un tornillo, se espera que la solución vaya más allá de reemplazar éste.

**Corregir debilidades de diseño:** Muchas veces las averías se producen por problemas en el diseño, lo que no se detecta. Es por esto la importancia de ser riguroso al realizar un arreglo y de investigar los equipos, poniendo atención en las especificaciones de diseño. Con esta cultura se pueden corregir éstas y obtener mejores resultados y menos averías.

**Aprender lo máximo posible de cada avería:** Después de cada avería se recomienda que los trabajadores analicen el caso y que aprendan, tanto de las causas como de las formas en que se realizaron las reparaciones.

A los informes de fallas hay que sacarle el máximo de provecho, no basta con hacerlos y dejarlos guardado, es importante que se ocupen y estudien cada cierto tiempo.

## **2. Pérdidas por preparaciones y ajustes**

Antes que todo es importante saber que existen ajustes evitables e inevitables, por lo tanto es primordial que se tenga una clasificación de éstos.

Para saber cuales ajustes son evitables se recomienda considerar lo siguiente:

- Acumulación de errores pequeños de precisión, por ejemplo, montajes imprecisos repetidos del equipo o plantillas.

- Ajustes necesarios cuando los estándares no son consistentes o cuando los métodos de medir y cuantificar no se han estandarizado.

Sería ideal que no hubiera ajustes. Esto se consigue cuando la producción no tiene defectos. No es fácil conseguir los “cero defectos”, sin embargo se recomiendan seguir los dos siguientes pasos:

**Revisión de la precisión de montaje del equipo, plantillas y herramientas:**

Revisando la precisión del montaje, plantillas y herramientas se pueden reducir considerablemente los ajustes. La acumulación de montajes imprecisos crea la necesidad de hacer ajustes que de otra manera habrían sido evitables.

**Promocionar la estandarización:** Es recomendable redactar estándares claros, consistentes y precisos para todos los procesos. Adicionalmente, promocionar el uso de herramientas estándares al igual que métodos estándares de montaje e instalación.

Si los procedimientos de trabajo son confusos, los tiempos de preparación y ajustes son inconsistentes y las causas permanecen inciertas.

### **3. Pérdidas por tiempos muertos y paradas pequeñas**

Para llegar a cero tiempos muertos y paradas pequeñas hay que cumplir con los siguientes tres puntos que se recomiendan:

**Hacer una observación cuidadosa de lo que está pasando:** Es recomendable estar en constante atención sobre los equipos, de esta forma se conoce mejor las causas de problemas. Claramente el observar constantemente un equipo es complicado, sin embargo puede servir el uso de una cámara de video.

**Corregir defectos leves:** Como se ha dicho anteriormente un error típico es no considerar los pequeños defectos lo cual es un grave error, ya que está claro que la suma de éstos acarrea grandes problemas.

Eliminarlos puede reducir hasta la mitad del número de paradas pequeñas e inactividad y afectar otros factores relacionados con su ocurrencia.

**Determinar las condiciones óptimas:** Hay que realizar las labores en tiempo óptimo, tratar de que no existan tiempos inferiores a los precisos. Una buena actividad es tomar el tiempo de alguna labor y mejorarla si se puede.

#### **4. Pérdidas por velocidad reducida**

Hay que entender que es muy importante alcanzar la velocidad especificada, es por eso que ésta debe estar definida claramente. También si las velocidades son distintas para varios productos, entonces hay que saberlo y tomarlo en consideración.

Aumentar la velocidad de la línea es un buen método para identificar problemas y buscar sus soluciones, que son similares a las de las pérdidas de averías o defectos.

#### **5. Defectos de calidad y trabajos de rectificación**

**Se recomienda lo siguiente para evitar defectos de calidad:**

- No deducir precipitadamente conclusiones sobre las causas. Hay que asegurarse que las medidas correctivas tratan todas las causas.
- Observar cuidadosamente las condiciones actuales.
- Revisar la lista de factores causales.

- Revisar y buscar la causa de los defectos pequeños, los cuales muchas veces se encuentran escondidos dentro de otros factores causales.

## 6. Pérdidas de arranque

Evidentemente es vital considerar también una rápida respuesta de arranque. Para esto hay que tomar medidas que permitan el desarrollo óptimo de los equipos como también de las personas. Implícitamente la solución de una pérdida ayuda a la de otro tipo, es por esto la importancia de atacar cada una de ellas.

A modo de recomendación se destaca considerar la estabilidad de las condiciones del proceso, la disponibilidad de plantillas, la formación de los trabajadores, las pérdidas debidas a operaciones de prueba, entre otros factores.

### 4.3.2 Metas de mejoras para las seis grandes pérdidas

Tabla 4.13, Metas de mejoras para las seis grandes pérdidas

Pérdidas	Metas	Descripción
Pérdidas de averías	Cero	Las pérdidas por averías deben reducirse a cero en todos los equipos
Pérdidas de preparación y ajustes	Minimizar	Minimizar las pérdidas de preparación y ajustes refinando el proceso para que cada preparación dure menos de 10 min. Y con cero ajustes
Pérdidas de velocidad	Cero	Eliminar primero todas las diferencias entre el ciclo de actual del equipo y el de diseño, posteriormente mejorar la velocidad de diseño
Pérdidas de trabajo en vacío y paradas menores	Cero	Las pérdidas por trabajo en vacío y paradas menores deben eliminarse completamente en todos los equipos
Defectos de calidad y trabajos rehechos	Cero	Mantener tales pérdidas dentro de un rango mínimo
Pérdidas de arranque	Minimizar	

Fuente: Elaboración propia



### 4.3.3 Propuesta de mejora a las Pérdidas Crónicas

Recordemos que en la primera parte de este capítulo se identificaron las principales pérdidas crónicas, para ello se realizaron diagramas de causa efecto los que nos dan una serie de posibles causas que pueden estar provocando los efectos. A continuación se muestran una serie de pasos a considerar para poder evitar y/o mejorar éstas pérdidas:

- Para las equivocaciones de mano de obra se propone capacitar a los trabajadores con el fin de realizar labores con menos probabilidad de errores y hacer que cambien la mentalidad, que sientan la responsabilidad.
- Para la materia prima realizar una inspección formal al momento de llegar con el fin de apartar de inmediato lo que sea malo.
- Que las inspecciones del mantenimiento autónomo consideren la revisión del material a lo largo del proceso.
- Los métodos de trabajo que se realicen deben realizarse estrictamente, cumpliendo los estándares establecidos y respetando lo que la normativa indica.
- El abastecimiento debe ser de calidad, se recomienda realizar cada semestre una evaluación de la calidad entregada por lo proveedores mediante los círculos TPM.
- El área de trabajo debe ser limpia y agradable, de esta forma se evita poner en riesgo los equipos, los productos y a los trabajadores. Es por esto que es fundamental que exista un plan formal de limpieza.
- Mejorar el mantenimiento.
- Que cada atraso ocurrido se clasifique también dentro de alguna de las seis grandes pérdidas, para esto se propone además crear una nueva columna en las planillas de ingreso de datos para este nuevo registro.

Estos pasos se complementan una vez teniendo la propuesta completa de TPM, es decir algunos de estos se deben hacer mediante las estrategias de mantenimiento autónomo y planificado.

#### **4.4 Estrategia de mantenimiento autónomo**

Recordemos que el mantenimiento autónomo es el realizado por el personal de operación, el cual debe estar presente en un mantenimiento total como el TPM.

A continuación se muestran una serie de pasos que se deben realizar para que exista un mantenimiento autónomo de buena calidad:

##### **4.4.1 Limpieza Inicial**

**La limpieza ayuda a descubrir anomalías:** En TPM es importante que se integre en la mente de todos, el lema “limpieza es inspección”. Es por esto que es recomendable siempre realizar limpiezas y en lo posible antes de que se realice alguna labor o proceso. La limpieza revela grandes sorpresas que son necesarias tratarlas de inmediato ya que el dejarlas de lado acarrea grandes problemas. Si la limpieza es minuciosa mejor se vuelve el trabajo, por lo tanto hay que tratar de que así ocurra.

**Buscar la fuente de contaminación:** Si un equipo se ensucia enseguida después de la limpieza, buscar la fuente de contaminación. Los trabajadores deben preguntarse por qué el equipo continúa con fugas y de qué modo pueden evitarlo, cuando ocurra esto se habrá sembrado la semilla de la mejora.

En lugares donde los equipos son nuevos igualmente la limpieza es valiosa ya que enseña a los operarios a conocer la función de distintas partes y procura un mayor dominio de la serie de movimientos y procesos envueltos en el funcionamiento del equipo.

**Cuando es posible los operarios deberían corregir las anomalías:** Es muy importante que la limpieza no solo sea superficial, sino que se realice por el interior de los equipos con el fin de evitar averías. Cuando un operario detecte una anomalía deberá tratar de resolverla, siempre resguardando la seguridad. Cuando no sea posible solucionarla debido a la falta de competencias o seguridad, entonces se llamará a personal de mantenimiento.

#### **4.4.2 Eliminar fuentes de contaminación y áreas inaccesibles**

**Determinar las fuentes de contaminación:** El punto esencial es parar la contaminación en su fuente. A veces un proceso ensucia mucho por condiciones normales de él, en estos casos hay que minimizar la dispersión de los contaminantes, por ejemplo instalando protecciones lo más cerca de la fuente de contaminación.

**Mejorar las áreas inaccesibles para la limpieza e inspección:** Esto incluye áreas en donde es difícil, imposible o lleva mucho tiempo realizar una limpieza o inspección. La idea es que estas áreas sean accesibles. También es recomendable simplificar la distribución de cables y tubos cuando sea posible.

**Hacer hincapié en la satisfacción de hacer mejoras:** Es muy positivo que los trabajadores cambien su cultura y que entiendan lo bueno que es hacer las cosas bien, que aprendan a sentir satisfacción y confianza porque “lo que se proponen, lo consiguen”. Los trabajadores deben luchar por conseguir buenos resultados y no desanimarse si al principio las cosas no suceden como quieren o son complicadas. Deben saber que “mientras más grande es la batalla, mayor es la gloria”. La siguiente lista muestra los puntos clave de mejora:

- Facilitar la limpieza del equipo
- Minimizar la dispersión de suciedad
- Eliminar la contaminación en la fuente

- Minimizar la dispersión de aceite de corte y desechos
- Acelerar el flujo de aceite de corte para evitar la acumulación de recortes
- Reducir el área a través de la cual fluye el lubricante de corte
- Facilitar la inspección del equipo
- Eliminar la necesidad de bandejas de aceite
- Instalar más indicadores de aceite
- Cambiar la localización de las válvulas de lubricación
- Cambiar los métodos de lubricación
- Racionalizar la distribución de cables
- Cambiar la distribución de tubos
- Facilitar el cambio de partes del equipo.

#### **4.4.3 Creación de estándares de limpieza y lubricación**

**Los miembros del grupo deben crear sus propios estándares:** Es recomendable que el grupo de trabajo cree nuevos patrones de limpieza y lubricación de acuerdo a sus condiciones. Esto podría realizarse a través de los grupos TPM en donde definan cada cierto tiempo nuevos parámetros según las situaciones que se vayan presentando a lo largo del tiempo. No solo basta que existan estos márgenes, lo más importante es cumplirlos, para lo cual hay tres criterios que ayudan a utilizarlos realmente:

- Las personas que hacen la limpieza y lubricación necesitan comprender la importancia vital de estas tareas.
- El equipo debe mejorarse para facilitar la limpieza y lubricación.
- El tiempo requerido para limpieza y lubricación debe estar incluido y definido en el programa existente.

Los pasos 1 y 2 son fundamentales para poder crear estos estándares. Los trabajadores deberían estar capacitados para programar algunas labores de mantenimiento ó hacer cambios en ellos.

**Puntos clave para la creación de estándares de lubricación:** Para esto se recomienda mantener los siguientes puntos en mente:

- Especificar claramente el lubricante a usar y unificar los tiempos cuando sea posible para reducir la velocidad y lograr consistencia.
- Listar minuciosamente todas las entradas de lubricación y otros lugares.
- En los sistemas de lubricación centralizados, mejorar el sistema de lubricación y crear diagramas de éste.
- Medir el consumo de lubricante por unidad de tiempo.
- Medir la cantidad usada por aplicación.
- Medir las longitudes de tubos para ver, por ejemplo, si se necesitan dos tubos en lugar de uno sólo.
- Revisar el método de retirada de lubricante sucio.
- Crear etiquetas de lubricación y adherirlas a los puntos de lubricar.
- Montar una estación de servicio, para mantener lubricantes y equipo de lubricación.
- Listar todas las dificultades relacionadas con la lubricación.
- Determinar junto con el departamento de mantenimiento las responsabilidades relacionadas con las operaciones de lubricación.

#### **4.4.4 Inspección General**

**Comprensión de la tecnología básica:** Los operarios deben recibir instrucción básica en lubricación, partes del equipo, neumática, hidráulica, circuitos eléctricos, sistemas de transmisión del equipo, mecánica y otras tecnologías como estanqueidad y prevención de riesgos.

**Procedimiento para la inspección general:** Para cumplir esta inspección hay que llevar a cabo los siguientes cuatro pasos:

- **Entrenamiento básico:** Esto se refiere a la capacitación que requieren los operarios. Este es el mejor momento para que ellos aprendan ya que anteriormente se realizan los tres primeros pasos que son fundamental para aprender acerca del equipo. Si no se conoce el equipo, la capacitación no es efectiva.
- **Formación práctica:** Los líderes deben enseñar a los miembros del grupo. No solo deben compartir sus conocimientos, sino que también deben instruirse constantemente para transmitirlos al resto del grupo. Además el líder debe preocuparse que los “estudiantes” aprendan realmente.
- **Los operarios deben poner en práctica lo aprendido:** La mejor forma para estar seguro de lo aprendido es poniendo en práctica lo estudiado. De las lecciones se deben obtener nuevos estándares.
- **Promover el control visual:** Es muy importante este tipo de control ya que se pueden evitar averías sin detener los equipos. Principalmente en este control se trabaja mediante la comparación, es decir, observar algo y compararlo con algún parámetro establecido. Se recomienda considerar los siguientes puntos:

*¿Cuál es el objetivo a verificar?*

*¿Cuál es la condición óptima de ese objeto?*

*¿Cómo debe mantenerse esa condición?*

*¿Entiende el operario la función y estructura del equipo?*

*¿Entiende el operario los procedimientos correctos de inspección y el criterio para juzgar anormalidades?*

*¿Sabe el operario cómo tratar los diferentes problemas?*

#### 4.4.5 Inspección autónoma

En este paso hay dos objetivos básicos:

- i) Actualizar los estándares realizados en los pasos 3 y 4, y realizar mejoras necesarias para que dichos estándares se puedan realizar en el tiempo definido como objetivo o meta.
- ii) Dominar la instalación de forma que se consiga mejorar la calidad del producto. Algunos llaman al paso 5 “Mantenimiento de Calidad”.

En otras palabras lo que acá se hace es poner en práctica los pasos 3 y 4. También se deben analizar las inspecciones que se están realizando para determinar si es necesario solicitar ayuda a los departamentos de mantenimiento. Además si es necesario se deben incluir nuevas inspecciones.

En general los pasos de la inspección autónoma son los siguientes:

- Revisar el concepto, método y tiempos estándares para limpieza, inspección y lubricación.
- Consultar con el departamento de mantenimiento sobre los puntos de inspección y dejar bien especificada la asignación de tareas para evitar omisiones.
- Ver si las tareas de inspección pueden o no ser realizadas dentro del horario de trabajo, realizar mejoras que ahorren tiempo si es necesario.
- Ver si se puede elevar el nivel de conocimientos necesarios de los operarios para la inspección.
- Asegurarse que la inspección autónoma se lleva a cabo correctamente por todos los operarios.

En el “fondo”, este paso consiste en verificar el avance del mantenimiento autónomo y mejorar lo que se pueda. Es por esto su importancia, no se puede dejar pasar si se quiere llegar a la gran meta de cero averías y cero defectos.

Para profundizar estos cinco partes del mantenimiento autónomo, se realizan las siguientes propuestas las cuales están estrechamente relacionadas con lo que ya se mencionó en estos pasos. Estas propuestas están hechas sobre lo que es más importante realizar a la hora de llevar a cabo el mantenimiento autónomo:

### **I. Inspección por operadores**

Se propone realizar un plan estandarizado de inspección visual, auditiva y olfativa a través de los operadores, el cual tendrá como fin detectar anomalías y reparar lo que sea posible, resguardando la seguridad del trabajador. Según TPM la frecuencia óptima para estas inspecciones es una vez al día, con una duración de 15 min. por inspección.

Es recomendable que la inspección sea al final del turno y no en los últimos minutos, para que exista un margen de tiempo en el que se informe lo encontrado al personal de mantenimiento y se ingrese lo necesario al libro de novedades.

Si se detecta alguna anomalía que pueda ser solucionada por los operadores, deberá repararse por ellos siempre que tengan las competencias necesarias y que desde el punto de vista de la seguridad sea permitido. En caso contrario se procederá a llamar a personal de mantenimiento. Los resultados de la inspección que obtengan un “NO” como resultado, no necesariamente tendrán que ser revisados de inmediato, en este caso el operador deberá decidir si atender o no dicho síntoma considerando en todo momento la prevención de averías.

Esta supervisión debe hacerse por zona, para llevar un mejor orden. Con los operadores y turnos existentes perfectamente se podría llevar a cabo esta tarea dentro de 24 horas la que sin duda ayudará a evitar defectos y averías. La siguiente planilla es el formato propuesto para cada inspección. Hay que considerar que es posible que haya tareas de esta planilla que no se puedan hacer por asuntos de seguridad, acceso o por no corresponder a lo que en ella se indica.

En este caso se ejemplifica con la correspondiente a la zona de entrada:



<b>Línea Zincalum</b>	<b>Compañía Siderúrgica Huachipato S.A.</b>										<b>Turno</b>	<b>Fecha</b>					
<b>TPM</b>	<b>Mantenimiento Autónomo - Hoja de Inspección</b>																
<b>¿Es correcto el funcionamiento del equipo en los siguientes aspectos?</b>	<b>Lubricación</b>		<b>Apriete de tuercas y pernos</b>		<b>Sistema mecánico</b>		<b>Sistema eléctrico</b>		<b>Sistema neumático</b>		<b>Sistema hidráulico</b>		<b>Sistema de conducción</b>		<b>Seguridad y medio ambiente</b>		
<b>Equipos Zona de Entrada</b>	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	
Instrumentos																	
Soporte rollos n°1																	
Carro alimentador rollos n°1																	
Desenrollador n°1																	
Rodillo Sujetador Desenrollador n°1																	
Mesa enhebradora n°1																	
Rodillo de Arrastre n°1																	
Guillotina n°1																	
Mesa traspaso superior n°1 abatible																	
Carro Scrap n°1																	
Rodillo Snubber 1 Intermedio Mesa Traspaso																	
Mesa traspaso superior n°2																	
Rodillo Snubber n°2																	
Mesa traspaso superior bajada n°3																	
Soporte Rollos n°2																	
Carro alimentador rollos n°2																	
Desenrollador n°2																	
Rodillo sujetador desenrollador n°2																	
Mesa enhebradora n°2																	
Rodillo de arrastre n°2																	
Guillotina n°2																	
Carro Scrap n°2																	
Mesa de traspaso inferior n°4 abatible																	
Bastidor abatible rodillo motorizado																	
Soldadora Taylor Winfield																	
Brida n°1																	
<b>Control material de llegada</b>																	
<b>Control cinta durante proceso</b>																	
<b>Observaciones</b>																	
<b>Encargado</b>											<b>Firma</b>						

Fig. 4.10. Hoja de inspección mantenimiento autónomo, fuente: Elaboración propia

Como se puede ver, el operador deberá detectar en cada equipo si este funciona bien o no desde distintos puntos de vista.

Hay que recordar, que es recomendable la creación de grupos TPM los cuales son similares a los círculos de calidad, en donde una vez por semana se haga una reunión con el fin de intercambiar conocimientos, evaluar lo vivido y proponer mejoras. En estas reuniones se recomienda analizar el resultado de las inspecciones. Es importante que a estas juntas asista personal de mantenimiento para que el conocimiento sea total e igual por todos.

Finalmente es importante destacar que con estas inspecciones se está considerando la calidad, seguridad y medio ambiente, lo que es muy positivo.

## II. Propuesta de “5 S”

Como ya hemos visto, en TPM es muy importante que exista orden y limpieza, por lo cual se vuelve interesante la existencia de las 5 S. Es por eso que a continuación se propone la realización de esta herramienta indicando la forma de hacerlo, es decir, indicando qué hacer, cuándo y quién (programa 5 S). Además se proponen modelos de carteles estandarizados que ayudan a visualizar de mejor forma las distintas zonas y equipos de LZA, todo esto con el fin de tener respuesta rápida a cualquier situación que se presente.

La metodología 5 S viene de Japón y corresponde a aplicar en un proceso productivo o en una empresa lo que dicen las siguientes cinco palabras que empiezan con la letra S:

**Seiri:** eliminar lo innecesario

**Seiton:** orden

**Seiso:** limpieza

**Seiketsu:** estandarización

**Shitsuke:** disciplina

El movimiento en cuestión a cobrado un gran auge en las empresas occidentales a partir del bajísimo costo que implica su puesta en marcha, el ahorro en costos y recursos, la reducción de accidentes, el incremento en la motivación del personal, y los incrementos en calidad y productividad entre muchos otros.

Las 5 S conjuntamente con la estandarización (documentación de la mejor forma de realizar el trabajo) y la eliminación del muda (desperdicio en japonés) constituyen los pilares fundamentales para la práctica del gemba kaizen (mejora continua en el lugar de acción).

## **Beneficios de instaurar las 5 S**

Manteniendo y mejorando asiduamente el nivel de 5S se consigue una mayor productividad que se traduce en:

- Menos productos defectuosos.
- Menos averías.
- Menor nivel de existencias o inventarios.
- Menos accidentes.
- Menos movimientos y traslados inútiles.
- Menor tiempo para el cambio de herramientas.

Mediante la organización, el orden y la limpieza se logra un mejor lugar de trabajo para todos, puesto que se consigue:

- Más espacio
- Orgullo del lugar en el que se trabaja.
- Mejor imagen ante los clientes.
- Mayor cooperación y trabajo en equipo.
- Mayor compromiso y responsabilidad en las tareas.
- Mayor conocimiento del puesto.

En este proyecto solo se consideran las tres primeras "S" ya que las otras dos se deben realizar una vez implementada esta herramienta. Este es un proceso que lo hacen los trabajadores, toda la organización debe participar en un objetivo común. A continuación se propone el método para llevar a cabo la implementación de las "5 S".

### **Paso 1 (Seiri)**

Lo primero que se recomienda hacer es trabajar en la eliminación de lo innecesario. En toda empresa o línea productiva se pueden identificar elementos de cualquier tipo que no son utilizables, estos claramente pueden entorpecer las labores, además aumenta el riesgo de accidentes y no colabora con el orden que debiera existir. Hay que considerar todo los innecesarios, ya sean herramientas, materias primas, repuestos, basureros, afiches, estantes, etc.

La tarea de identificación de todos aquellos elementos que no sirven, no es simple. Ninguna persona puede decir de inmediato qué es lo que está demás, ya que para llegar a saber esto hay que hacer un análisis exhaustivo. En este contexto los más preparados para decir lo innecesario son los trabajadores de la línea; no sólo operadores sino que también mecánicos y eléctricos.

Para poder identificar estos elementos se propone realizar una “campaña de innecesarios” en donde a cada operario, mecánico y eléctrico se le entregue una planilla con un plazo de una semana para que registre todo lo que consideren no necesario. Posterior a esto se recopilan todas las planillas y se hace una lista con todos los innecesarios y es aquí donde a cada uno de estos elementos se les debe pegar una tarjeta de color rojo para que sea de conocimiento común que no sirven y serán retirados de ese lugar.

La siguiente planilla es la que se recomienda completar por cada trabajador:

Tabla 4.14, Planilla 5S campaña Innecesarios

LZA	Compañía Siderúrgica Huachipato S.A.
<b>Programa "5 S"</b>	
<b>Campaña</b>	<b>Innecesarios (Seiri)</b>

Fuente: Elaboración propia

Los jefes determinarán si el retiro de lo innecesario estaría a cargo del propio personal o de empresas externas.

### **Paso 2 (Seiton)**

Después de eliminar lo innecesario se debe proceder al siguiente paso que consiste en mantener un estricto orden. No solo hay que ordenar de forma general sino que también hay que organizar todo lo necesario, herramientas, repuestos, accesos, materiales, etc. Para llevar a cabo esta "S" hay que hacer una "campaña del orden". Para esto se propone la siguiente planilla que al igual que en la anterior campaña se le debe entregar a cada trabajador para que la complete.

Tabla 4.15, Planilla 5S campaña Orden

<b>LZA</b>	<b>Compañía Siderúrgica Huachipato S.A.</b>					
<b>Programa "5 S"</b>	Elemento	Cantidad	Ubicación actual	Ubicación óptima propuesta	Frecuencia de utilización	
		<b>Otros</b>				
	<b>Campaña</b>	<b>Orden (Seiton)</b>				

Fuente: Elaboración propia

En esta planilla el trabajador debe indicar cual es el orden que podrían tener los elementos necesarios, su frecuencia de utilización, la cantidad que se ocupa, el lugar en donde se guarda e indicar además la ubicación óptima desde su punto de vista con el fin de realizar las labores de forma eficaz.

También acá se recomienda colocar nombre (rotular) a todas las zonas, equipos, herramientas en la línea y en los pañoles. El siguiente es el formato propuesto para dicha acción:

Tabla 4.16, Formato de rotulación para equipos o herramientas

<b>LZA</b>	<b>Compañía Siderúrgica Huachipato S.A.</b>
<b>Programa "5 S"</b>	<b>nombre del equipo o herramienta</b>
Zona	
Código	
Criticidad	

Fuente: Elaboración propia

Obs.: en el caso de no existir código y/o criticidad, dejar en blanco

Tabla 4.17, Formato de rotulación para zonas de la línea

<b>LZA</b>	<b>Compañía Siderúrgica Huachipato S.A.</b>
<b>Programa "5 S"</b>	<b>nombre de la zona</b>
Código	

Fuente: Elaboración propia

También es importante aumentar la cantidad de carteles que anuncien “peligros”, “zonas de derrame”, “vías de evacuación”, etc.

Se recomienda mejorar la calidad de las demarcaciones para caminar ya que deben ser completamente claras y pintar de distintos colores las diferentes cañerías publicando qué representa cada color para que cualquier persona sepa a qué corresponde.

### **Paso 3 (Seiso)**

Cuando se realice esta “S” hay que proceder a preocuparse exclusivamente de la limpieza. Acá también hay campañas, la de limpieza, en donde hay una participación masiva. Principalmente este embellecimiento de la línea está a cargo

de los operadores, pero en el marco de la campaña debe haber uno o más días en donde todos se pongan overol y limpien a fondo las instalaciones.

Se recomienda invertir en la compra de artefactos de aseo como aspiradoras, escobillas, palas, etc.

Después de la campaña se hace necesario formalizar la limpieza, es por esto que se propone un plan que es el siguiente:

En cada mantenimiento programado se propone que los operadores realicen limpieza a los equipos que no están siendo intervenidos, con preferencia a aquellos que más lo necesiten. Además a diario el operador deberá limpiar superficialmente los alrededores de un determinado equipo y parte de éste siempre que sea posible desde el punto de vista de la seguridad. En el anexo D se presenta la lista de equipos y sistemas con un número asignado del 1 al 139 que serán los que se presentan en el siguiente programa de limpieza propuesto.

Tabla 4.18, Programa de limpieza

DIAS	TURNOS								
	primero	segundo	tercero	cuarto	quinto	sexto	septimo	octavo	noveno
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	10	11	12	13	14	15	16	17	18
3	19	20	21	22	23	24	25	26	27
4	28	29	30	31	32	33	34	35	36
5	37	38	39	40	41	42	43	44	45
6	46	47	48	49	50	51	52	53	54
7	55	56	57	58	59	60	61	62	63
8	64	65	66	67	68	69	70	71	72
9	73	74	75	76	77	78	79	80	81
10	82	83	84	85	86	87	88	89	90
11	91	92	93	94	95	96	97	98	99
12	100	101	102	103	104	105	106	107	108
13	109	110	111	112	113	114	115	116	117
14	118	119	120	121	122	123	124	125	126
15	127	128	129	130	131	132	133	134	135
16	136	137	138	139	1	2	3	4	5
17	6	7	8	9	10	11	12	13	14
18	15	16	17	18	19	20	21	22	23
19	24	25	26	27	28	29	30	31	32
20	33	34	35	36	37	38	39	40	41
21	42	43	44	45	46	47	48	49	50
22	51	52	53	54	55	56	57	58	59
23	60	61	62	63	64	65	66	67	68
24	69	70	71	72	73	74	75	76	77
25	78	79	80	81	82	83	84	85	86
26	87	88	89	90	91	92	93	94	95
27	96	97	98	99	100	101	102	103	104
28	105	106	107	108	109	110	111	112	113
29	114	115	116	117	118	119	120	121	122
30	123	124	125	126	127	128	129	130	131
31	132	133	134	135	136	137	138	139	1

Fuente: Elaboración propia



En este esquema solo se muestran 31 días debido a lo extenso de la planilla, sin embargo esto funcionaría durante todo el año siguiendo la misma lógica sucesiva. Dentro de cada turno el total de operadores deberá preocuparse de la limpieza de tan sólo tres equipos, lo cual es perfectamente posible ya que en muchos casos la limpieza solo sería superficial o en los alrededores de la máquina, como es el caso de los equipos con numeración del 43 al 57, de color rojo en el esquema, los que pertenecen a la zona del horno.

Como se puede ver, el tiempo entre limpiezas sería de 15 días para cada equipo. En toda actividad de limpieza que se realice deberá haber supervisión del jefe y posterior registro en el libro de novedades.

Este plan es solo una propuesta que debe ser controlado a medida que pase el tiempo, tal como lo dice TPM solo de esta forma se puede progresar en el afán de establecer un mejoramiento continuo.

#### **Paso 4: (Seiketsu)**

Después de realizar las tres primeras “S” viene el presente proceso que consiste en estandarizar lo que se ha hecho. Esta cuarta S esta fuertemente relacionada con la creación de los hábitos para conservar el lugar de trabajo en perfectas condiciones. En otras palabras hay que mantener constantemente el estado de orden, limpieza e higiene en el sitio de trabajo.

Para conseguir esto es recomendable evaluar lo vivido y puesto en práctica, para poder tomar buenas decisiones y estandarizar procedimientos que permitan:

- Limpiar con la regularidad establecida
- Mantener todo en su sitio y en orden
- Crear planes de “trabajo limpio”
- Utilizar y mantener al alcance solo lo estrictamente necesario

Este cuarto paso es propio de la etapa de implementación de las “5 S”, por lo tanto no se puede abordar más en él, debido a la falta de información que sólo se podría obtener poniendo en marcha las anteriores “S”. Lo mismo ocurre con el siguiente y último paso.

### **Paso 5: (Shitsuke)**

Shitsuke quiere decir disciplina lo cual es algo muy complicado de cumplir. Sin ella la implantación de las cuatro primeras S se deteriora rápidamente.

En este campo juega un rol muy protagónico “la resistencia al cambio”. Es muy complicado crear la cultura en la organización y no solamente en la aplicación de “5 S” sino que también en TPM. Es un proceso lento en donde todos los niveles de la organización deben participar y poner lo mejor para lograr un objetivo común. Para esto hay que hacer que los trabajadores se sientan comprometidos con la empresa y motivarlos para que cumplan bien lo que se les pide. Tienen que entender que poseen nuevas responsabilidades y no deben considerarlo como una molestia sino que como un nuevo desafío que cumpliéndolo permitirá que se sientan mejores personas.

Se recomienda tener en consideración lo siguiente para que se pueda conseguir una buena disciplina:

- Respetar a los demás
- Respetar y hacer respetar las normas en el sitio de trabajo
- Utilizar los equipos de protección
- Tener hábito de limpieza
- Convertir estos detalles en hábitos reflejos

Con estas campañas no se logrará todo el objetivo, faltarán muchas cosas, pero es un avance importante y se estaría dando el inicio hacia la implementación del programa el cual estaría aportando considerablemente a una manufactura esbelta.

## 4.5 Estrategia de Mantenimiento Planificado

Hay que recordar que este tipo de mantención es el realizado por el personal de los departamentos de mantenimiento, por lo tanto por gente especializada lo que hace que el trabajo sea más efectivo.

Un punto importante es tener en consideración la importancia de los distintos equipos, es fundamental saber este dato para poder hacer una buena planificación, es por esta razón que se proponen distintos niveles de criticidad para prácticamente todos los equipos de la línea.

### 4.5.1 Criticidad de lo Equipos

El método utilizado fue el descrito en la primera parte de este capítulo. Las criticidades propuestas para cada equipo son las siguientes:

Tabla 4.19, Criticidad de equipos

Equipos	Criticidad	Equipos	Criticidad
Soporte de rollos 1, 2, 3 y 4	SC	Ventilador enfriamiento inductor	NC
Rodillo sujetador desenrollador 1 y 2	SC	Enfriador vertical abatible	NC
Rodillo Snubber 1 y 2	NC	Enfriador horizontal	NC
Carro alimentador de rollos 1 y 2	NC	Centrador de cinta 4	SC
Desenrollador 1	C	Rodillo deflector 1, 2 y 3	NC
Desenrollador 2	C	Detector de soldadura 1 y 2	NC
Mesa enhebradora 1 y 2	NC	Estanque agua enfriamiento rápido (Quench)	NC
Mesa de traspaso 1, 2, 3 y 4	NC	Rodillo estrujador 1, 2, 3 y 4	SC
Carro Scrap 1 y 2	NC	Estanque de tratamiento químico	SC
Guillotina 1	SC	Secador 1	SC
Guillotina 2	SC	Secador 2	SC
Soldadora Taylor Winfield	C	Medidor recubrimiento rayos X	SC
Mesa entrada brida 1	NC	Nivelador	C
Brida 1	C	Aceitador	NC
Rodillos de arrastre 1, 2, 3 y 4	SC	Mesa salida guillotina volante	NC
Centrador de cinta 1	SC	Brida 3	C
Centrador de cinta 2	SC	Guillotina volante	C
Centrador de cinta 3	SC	Rodillo deflector de salida 1	NC
Brida 2	C	Rodillo deflector de salida 2	NC
Rodillo tensiómetro	SC	Seguidor de borde 1	NC
Acumulador	C	Seguidor de borde 2	NC
Mesa entrada horno 1 y 2	NC	Mesa enhebradora de salida 1	SC
Horno	C	Mesa enhebradora de salida 2	SC
Chute de salida	SC	Mesa traspaso a enrollador 2	SC
Crisol de fusión	C	Enhebrador de correas enrollador 1 y 2	SC
Crisol de recubrimiento	C	Enrollador 1	C
Inductores	SC	Enrollador 2	C
Rodillos de fondo	C	Carro extractor de rollos 1	NC
Cuchillos de aire	NC	Carro extractor de rollos 2	NC
Posicionador cuchillos de aire y estabilizador	NC		

Fuente: Elaboración propia

Para tener una mejor visualización y entendimiento se presenta esta lista en el orden del proceso productivo, en donde cada uno de los equipos tiene asignado alguno de los tres tipos de criticidades definidas anteriormente.

De esta lista se propone una serie de equipos críticos desde distintos puntos de vista, hay que recordar que estos son producción, seguridad y medio ambiente, calidad, mantenimiento e implícitamente los costos. La lista es la siguiente:

Tabla 4.20, Equipos críticos

Equipos Críticos LZA	Criticidad
Desenrollador 1	C
Desenrollador 2	C
Soldadora Taylor Winfield	C
Brida 1	C
Brida 2	C
Acumulador	C
Horno	C
Crisol de fusión	C
Crisol de recubrimiento	C
Rodillos de fondo	C
Nivelador	C
Brida 3	C
Guillotina volante	C
Enrollador 1	C
Enrollador 2	C

Fuente: Elaboración propia

Es muy importante tener esta lista de equipos críticos ya que es precisamente en ellos donde poner mayor énfasis para de esta forma contribuir a la meta de cero averías y defectos.

El acumulador y el horno son equipos muy complejos que están formados por distintas componentes lo que en su conjunto forma una extensa zona. En este caso al hablar de horno o acumulador se refiere a todas las partes que los conforman.

Una situación similar ocurre con el crisol de fusión, ya que dentro de él están los inductores los cuales son Semicríticos, por lo tanto al realizar alguna labor en este crisol también se considerarán los inductores.

#### **4.5.2 Asignación de Mantenimientos**

No todos los equipos requieren la misma atención. No se trata de ser descuidado, sino que es una forma para reducir los costos ya que un equipo que no es crítico es muy poco probable que falle o que dé algún problema, por lo tanto se vuelve una oportunidad reducir el mantenimiento en estos casos. Evidentemente se podría tratar con extrema atención, sin embargo no es lo más óptimo. Además estos equipos están siendo monitoreados constantemente a través del mantenimiento autónomo.

Lo contrario ocurre con los equipos críticos o semicríticos ya que según sus características requieren un trato especial.

Por lo tanto se propone asignar a cada equipo un tipo de mantenimiento según el nivel de criticidad, es decir, a un equipo crítico se le recomienda un mantenimiento crítico, a un equipo semicrítico un mantenimiento semicrítico y a los equipos no críticos un mantenimiento del mismo nombre. A continuación se muestra lo que debiera tener cada tipo de mantenimiento propuesto:

##### **Mantenimiento Crítico**

- Reunión TPM
- Limpieza exhaustiva en cada parada programada
- Cambio riguroso de repuestos según fabricante
- Repuestos originales y siempre lo necesario en bodega
- Informes y análisis de fallas
- Personal calificado, de preferencia CAP
- Mantenimiento Predictivo
- Inspección propuesta
- Cumplimiento de planes de lubricación
- Inmediato mantenimiento correctivo

### **Mantenimiento Semicrítico**

- Mantenimiento Predictivo
- Cambio riguroso de repuestos según fabricante
- Repuestos originales y cantidad suficiente en bodega
- Personal calificado, de preferencia CAP
- Inspección propuesta
- Cumplimiento de planes de lubricación
- Mantenimiento correctivo inmediato o no dependiendo el caso

### **Mantenimiento No Crítico**

- Personal calificado
- Cumplimiento de planes de lubricación
- Cumplimiento de planes establecidos de mantenimiento
- Repuestos reacondicionados o superior
- Mantenimiento correctivo en las detenciones programadas

En el afán de no alterar la actual gestión del mantenimiento, estas propuestas tienen la particularidad de poder implementarse sin afectar lo que actualmente se hace, incluso la implementación puede ser gradual dependiendo de las condiciones de LZA. En ocasiones puede existir la omisión de alguna labor en el caso que ciertos motivos justificados lo impidan.

La frecuencia para intervenir o para hacer mantención planificada a los equipos es la misma que ya está definida por la empresa, la cual fue nombrada en el capítulo III, por lo tanto es muy importante mencionar que cada vez que corresponda intervenir alguno de estos equipos siguiendo los planes ya establecidos, ya sea por mecánicos o eléctricos, se recomienda considerar el tipo de mantenimiento propuesto.

### 4.5.3 Inspecciones Propuestas

Para los equipos semicríticos y críticos se proponen distintas inspecciones con equipo detenido llevadas a cabo por personal de mantenimiento.

#### 1. Equipos semicríticos

Se da una planilla general para cada departamento (mantenimiento mecánico y eléctrico), con la cual se deben hacer algunas revisiones del funcionamiento, considerar la seguridad y medio ambiente y si es posible aportar con observaciones o recomendaciones. En el caso que un componente no se pueda revisar o no corresponda a lo que la planilla indica, simplemente no se debe considerar.

**Frecuencia de Inspección a los equipos semicríticos:** Estos son equipos que tienen una muy baja tasa de fallas registrándose problemas de forma muy aislada. Entre una falla y otra pueden haber varios meses. Por lo tanto una inspección mensual es demasiado para ellos. En este caso lo que se propone es realizar la inspección propuesta para mecánicos y eléctricos en los siguientes casos:

- Cada vez que al equipo le corresponda algunos de los mantenimientos preventivos (parcial o total) establecidos en LZA.
- Cada vez que el equipo se someta a algún mantenimiento correctivo.
- Cuando el equipo sea atendido por fallas repentinas.

A continuación se presenta las planillas propuestas:

Línea Zinocalum	Compañía Siderúrgica Huachipato S.A.	Turno	Fecha
<b>TPM</b>	<b>Mantenimiento Planificado Mecánico Inspección a equipos semicríticos</b>		
Equipo	Rodillo sujetador n°1	Código	zona
Inspeccionar	Observaciones / Mejoras	¿Es correcto el funcionamiento?	
		Sí	No
Niveles de grasa y aceite			
Sistema neumático			
Sistema Hidráulico			
Presión			
Gases			
Tuercas y pernos			
Ajustes varios			
Transmisión			
Rodamientos			
Funcionamiento gral.			
<b>Inspección de seguridad y medio ambiente</b>	<b>Observaciones / Mejoras</b>	<b>Condiciones Inseguras</b>	
Fuga de gases			
Fuga de líquidos inflamables			
Posible desarme de piezas			
Temperaturas anormales			
Presión anormal			

Fig. 4.11, Planilla de inspección semicrítica a equipos mecánicos, fuente: Elaboración propia

Línea Zinocalum	Compañía Siderúrgica Huachipato S.A.	Turno	Fecha
<b>TPM</b>	<b>Mantenimiento Planificado Eléctrico Inspección a equipos semicríticos</b>		
Equipo	Rodillo sujetador n°1	Código	zona
Inspeccionar	Observaciones / Mejoras	¿Es correcto el funcionamiento?	
		Sí	No
Motor			
Ventilador			
Circuitos			
Cables y conexiones			
Amperaje			
Resistencias			
Diferencia de potencial			
Sensores			
Transmisión			
Funcionamiento gral.			
<b>Inspección de seguridad y medio ambiente</b>	<b>Observaciones / Mejoras</b>	<b>Condiciones Inseguras</b>	
Aislación de cables			
Polaridad correcta			
Temperaturas anormales			
Excesivo esfuerzo en equipos			
Derrames			

Fig. 4.12, Planilla de inspección semicrítica a equipos eléctricos, fuente: Elaboración propia



## **2. Equipos críticos**

Se propone realizar una inspección más exhaustiva, es por esto que se creó una planilla especial para cada uno de ellos. Este formato debe ser completado entre mecánicos y eléctricos, es decir se recomienda trabajar en conjunto, de esta forma se logra una mejor comunicación y retroalimentación.

Hay que tener presente que en la planilla de inspección propuesta para el horno no se ingresaron todos los componentes, lo que no quiere decir que no se inspeccione por completo, simplemente se hizo de esta forma debido a la extensa cantidad de elementos que allí se encuentran, por lo tanto se entiende que al nombrar un componente también se deben considerar sus subcomponentes.

Al hablar de acumulador se hace mención al sistema propiamente tal de acumulación y no a toda la zona de acumulador. Hay equipos que pertenecen a esta zona y que adecuadamente no se consideraron dentro del sistema de acumulación, pero sí como elementos externos. Un ejemplo de esto son los centradores de cinta 1, 2, 3 que se les asignó una característica de semicriticidad.

### **Frecuencia de Inspección a equipos críticos**

Después de realizar este proyecto se puede decir que es muy importante que este tipo de equipos sea inspeccionado todos los meses cuando se haga el mantenimiento planificado y estén los equipos fuera de operación ya que sólo de esta forma se puede realizar este control propuesto. Hay que recordar la importante incidencia de ellos en la productividad, mantenimiento, calidad, seguridad y medio ambiente.

Es muy bueno que la frecuencia sea de una vez por mes para cada equipo, ya que según los registros, las fallas en éstos no ocurren todos los meses, por lo tanto se estaría logrando la prevención. Esto no quiere decir que se esté sobre inspeccionando ya que expertos dicen que revisar estos equipos mensualmente es muy ventajoso y mucho más en este proceso continuo.

Sin embargo hay algunos casos especiales de equipos que presentan mayor número de fallas registrándose errores casi todos los meses e incluso en algunas ocasiones más de un problema por mes. Estos son el Acumulador, Soldadora y el Horno. La propuesta de inspección para estos equipos es igual que los demás pero adicionándole una revisión visual y auditiva de una vez cada 6 días. Para esto pueden utilizarse las mismas planillas propuestas completando solo lo que se pueda. Hay que tener claro que debido al funcionamiento del equipo es muy importante resguardar la seguridad del trabajador. Además es necesario que se haga por mecánicos y eléctricos. Como son tres máquinas y tres turnos se propone la revisión de un equipo por jornada. De esta forma cada cuadrilla de mecánicos y eléctricos inspeccionará una vez por semana alguno de estos equipos. Los motivos por lo cual se ha decidido realizar esta inspección adicional para estos equipos cada dicha cantidad de días son los siguientes:

1. Cada seis días se consigue que el equipo sea revisado por grupos de trabajadores distintos, lo cual es bastante positivo debido a las distintas visiones y opiniones que se pueden tener.
2. No es necesario que esta revisión visual se haga cada día, ya que existe la inspección del mantenimiento autónomo que se realiza cada 24 horas. Aunque es mucho más superficial y básica que lo que pueden y deben hacer los trabajadores de mantenimiento, ayuda enormemente.
3. Se logra reducir la probabilidad de que ocurran fallas durante estos 6 días. Según las ecuaciones de confiabilidad se puede decir que si no hay un tratamiento sobre los equipos, ya sea mantenimiento o inspección, las probabilidades de ocurrencia de fallas durante este tiempo serían las siguientes:

Hay un 22,03% de probabilidad de que el acumulador falle en menos de 6 días.

Hay un 63,9% de probabilidad de que la Soldadora falle en menos 6 días.

Hay un 53,9% de probabilidad de que el Horno falle en menos de 6 días.

Por lo tanto es fundamental que exista este control para lograr de esta forma reducir estas probabilidades que son relativamente altas.

Nuevamente utilizando las funciones de confiabilidad y haciendo mención a la frecuencia de inspección del mantenimiento autónomo se puede decir lo siguiente:

Hay un 4,06% de probabilidad de que el acumulador falle en menos de 24 horas.

Hay un 28,79% de probabilidad de que la soldadora falle en menos de 24 horas.

Hay un 19,44% de probabilidad de que el horno falle en menos de 24 horas.

Como se puede ver, dentro de estas horas no se puede descartar la existencia de fallas, por lo tanto se vuelve muy necesaria la inspección del mantenimiento autónomo para reducir esta probabilidad.

A continuación se presenta solo una de las planillas de inspección propuestas, las demás se dan a conocer en el anexo C:

<i>Línea Zincalum</i>	<i>Compañía Siderúrgica Huachipato S.A.</i>		<i>Encargados</i>	
<i>TPM</i>	<b>Mantenimiento Planificado</b>			
<i>Fecha</i>	<b>Inspección a equipos críticos</b>			

<b>Desenrollador n°1</b>	¿Es correcto el funcionamiento?		¿Son correctas las condiciones de seguridad y medio ambiente?		<b>Observaciones / Mejoras</b>
	Sí	No	Sí	No	
Bancada Traslación					
Cilindro Hidráulico Centrado					
Bastidor Desenrollador					
Mandril					
Segmentos					
Eje					
Cilindro Hidráulico Rotatorio Expansión					
Distribuidor Hidráulico Rotatorio					
Sprocket Transmisión Enhebrado					
Motoreductor Rotación Enhebrado					
Motor Reductor CA Desenrollador N° 1					
Reductor N° 184 TC/M 40A 121:1					
Embrague Fawick 10 Tipo CB-300					
Freno Wichita ATD-118 Mandril					
Interruptor Flujo Fairchild TB5226-9					
Equipo Cálculo Diámetro					
Codificador Resolver Calculo Diámetro Desenrollador N° 1					
Transmisión					
Circuito Centralizado Lubricación					
Circuito Neumático Freno-Embrague					

<b>Observaciones Generales</b>	
--------------------------------	--

Fig. 4.13, Planilla de Inspección a equipos críticos, fuente: Elaboración propia

Hay que tener claro que estas planillas pueden estar sujetas a modificación o simplemente no cumplirse en su totalidad por asuntos de costos y/o accesos. Por ejemplo, puede darse el caso que sea imposible llegar a algún componente debido a excesivos desarmes o tiempos de duración. Además en el caso de que un componente no corresponda a lo que la planilla indica, no se debe considerar

#### 4.5.4 Funciones de Confiabilidad para Tiempos entre Fallas

Hay que recordar que en la primera parte de este capítulo se dieron a conocer las funciones de densidad de probabilidad y las funciones de confiabilidad para cada conjunto de datos analizados (TEF).

En este caso se proponen las funciones de confiabilidad para la programación del mantenimiento. En estas ecuaciones solo hay que reemplazar el tiempo en horas sobre el cual se quiere saber la probabilidad con que el equipo o sistema va a funcionar correctamente. No está demás presentar nuevamente las ecuaciones:

$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{124,425}\right)^{0,702383}}$	<i>Función de confiabilidad para TEF mecánicas</i>
$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{124,425}\right)^{0,583184}}$	<i>Función de confiabilidad para TEF eléctricas</i>
$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{38,5956}\right)^{0,637592}}$	<i>Función de confiabilidad para TEF generales</i>
$R(t) = e^{-\frac{t}{578,375}}$	<i>Función de confiabilidad para TEF del acumulador</i>
$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{139,643}\right)^{0,613293}}$	<i>Función de confiabilidad para TEF de la soldadora</i>
$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{206,347}\right)^{0,711704}}$	<i>Función de confiabilidad para TEF del horno</i>

Estas funciones pueden tener muchas aplicaciones y sirven bastante para la ayuda de toma de decisiones. Sin embargo surge un problema con la representatividad de los datos, ya que estas distribuciones son para los 16 meses de análisis y no necesariamente se registrará el mismo comportamiento en los siguientes meses. No obstante se puede decir que debido a que la empresa mantiene las mismas políticas y forma de hacer el mantenimiento, las fallas

mantendrán la misma tendencia y por lo tanto la misma distribución. Además la teoría estadística dice que los tiempos entre fallas tienen distribución Weibull o Exponencial.

Es importante destacar que estas distribuciones fueron obtenidas con información de un funcionamiento normal en la línea, operando a plena capacidad. Entre los meses septiembre y febrero la situación en LZA ha sido bastante inestable, lo cual ha mejorado en estos últimos meses. Por lo tanto la utilización de estas ecuaciones se recomienda hacerla en la presente época.

De todos modos se propone realizar una revisión constante de estas distribuciones estadísticas.

#### **4.6 Cambios en LZA al implementar la propuesta**

Hay que recordar que la propuesta de TPM se basa en tres grandes estrategias:

##### **Estrategia para eliminar las seis grandes pérdidas**

Acá básicamente lo que se hace es seguir una serie de pasos que ayudan a reducir estas pérdidas que se identifican en todo proceso productivo. También se propone una cantidad de pasos para eliminar las pérdidas crónicas en donde se trabaja en conjunto con las otras dos grandes estrategias, es decir muchas labores del mantenimiento autónomo y planificado son para reducir las seis grandes pérdidas y estos problemas crónicos. Principalmente se recomienda el mejoramiento del área de trabajo y de las formas de hacer los mantenimientos, del control de materiales y de atrasos.

##### **Estrategia de Mantenimiento Autónomo**

Este es el mantenimiento que está a cargo de los operadores. En este caso y de forma similar a la estrategia anterior se recomienda seguir una serie de pasos que ayudan al correcto funcionamiento de la línea. Son cambios en las formas de “mirar” y hacer las cosas, las que en conjunto harán lo que se conoce como mantenimiento autónomo. Hay dos propuestas que engloban y realizan todo lo que este tipo de mantención indica. La primera es una inspección diaria de parte de los operarios con el fin de identificar anomalías en el proceso y la segunda es la implementación de las “5 S” lo que permite que el área de trabajo sea muy agradable y la respuesta de los trabajadores sea óptima.

##### **Estrategia de Mantenimiento Planificado**

En esta estrategia se propone un nivel de criticidad para cada equipo y según esto un tipo de mantenimiento. Además para los equipos críticos y semicríticos se

proponen inspecciones específicas con el fin de prevenir averías. Todas estas labores se deben hacer por el personal de mantenimiento, en donde trabajen intercambiando información mecánicos y eléctricos.

También se proponen funciones de confiabilidad que permiten planificar las labores de mantención.

Considerando toda la propuesta TPM, los cambios en LZA serían los siguientes:

### **1. Cambios organizacionales**

Son pocos los cambios organizacionales ya que el personal actual es el encargado de cooperar en esta estrategia. Operarios y trabajadores de mantenimiento deben realizar sus labores cotidianas y organizar su tiempo con el fin de cumplir sus nuevas obligaciones.

En la implementación de las "5S" habrá días en donde los trabajadores deberán realizar labores referentes a este tema y de esta forma contribuir en conjunto a la exitosa instauración de esta herramienta. Además en esa ocasión no habrá diferencias de cargo, es decir todos trabajarán por igual.

Las inspecciones propuestas de mantenimiento planificado en donde se recomienda que sea por trabajadores CAP, debe cumplirse rigurosamente.

Deben instaurarse las reuniones TPM en donde existan líderes y haya discusión sobre los tema de interés de LZA.

### **2. Cambios técnicos**

En este caso es importante mencionar la capacitación técnica que deben recibir los operarios para poder realizar labores básicas de mantenimiento.

Además se necesitarán una serie de elementos de limpieza como líquidos, basureros, escobas, pinturas, etc, y de señalizaciones didácticas para poder implementar las "5S".

### 3. Cambios económicos

Esta propuesta está hecha pensando en que el costo de su funcionamiento a través del tiempo sea mínimo. Los trabajadores no deben dejar de lado por ningún motivo sus labores cotidianas. Organizándose pueden adquirir el tiempo necesario para cooperar con la estrategia TPM y hacer los trabajos dentro de su turno. Para conocer más a fondo los cambios de este tipo se realiza el siguiente análisis:

#### **Análisis Costo – Beneficio**

Refiriéndose a lo que significa económicamente llevar a cabo esta propuesta, se puede decir que los costos de implementación son moderados ya que se trata de aprovechar al máximo los recursos disponibles en LZA. En las próximas líneas se evalúa el costo necesario o inversión inicial para llevar a cabo esta propuesta y su recuperación económica.

A continuación se mencionan y estiman los costos en que incurriría la línea a la hora de implementar esta propuesta:

**Capacitación de los operarios:** Es necesaria esta enseñanza a los trabajadores en temas relacionados con la identificación y mejora de problemas en los equipos. Un curso para un total de 28 trabajadores dividido en cuatro grupos, con una duración de 40 hrs. para cada conjunto de operadores y en el horario del 2º turno tiene un costo estimado total de: **\$ 4.480.000**. Hay que destacar que este valor se recuperaría gracias a la franquicia tributaria que otorga el SENCE.

**Horas Hombre (HH) necesarias:** Esto se refiere a la cantidad de HH que habrá que cubrir cuando los operadores se encuentren en capacitación. Considerando el curso de 1 semana por cada grupo de 7 operadores el costo sería el siguiente:

*Valor HH promedio:* \$3.500; *HH necesarias:* 1120, lo cual equivale a **\$3.920.000**



**Marketing interno:** Consiste en hacer y publicar propagandas que anuncien lo que se va a implementar, indicando notoriamente afiches sobre TPM y 5S. También hay que informar a los trabajadores sobre los cambios que se van a hacer. Los valores son los siguientes:

Tabla 4.21, Costos en marketing interno para fomentar la propuesta

Item	Valor (\$)
4 pendones de 1,65 x 0,8 mts. A color con base plancha zincada 0,8 mm.	130900
100 posters 50 x 70 cm.a color en papel	892500
2 gigantografías 5 x 1 mts.a color tipo de cuadro en tela con ojettillos	154700
<b>Total</b>	<b>1178100</b>

Fuente: abcy, Diseño y Producción Gráfica

Obs.: Valores con IVA

**Puesta en marcha de las “5S”:** El llevar a cabo esta herramienta considera distintos costos correspondientes a la gran cantidad de carteles que se deben instalar en la línea indicando zonas de peligro, ubicación de productos, nombre de equipos y zonas, etc. y artículos necesarios para la campaña de limpieza. En la siguiente tabla se ve el detalle de estos costos:

Tabla 4.22, Artículos necesarios para llevar a cabo 5S

Planchas Zincadas con gráficas reflectivas y artículos de limpieza inicial				
Nombre del letrado	medidas (cm.)	cantidad (u)	\$ unitario	Total (\$)
No operar este equipo	20 x 10	10	5355	53550
Línea Zincalum	200 x 30	1	53550	53550
Usar protección personal	37 x 27	7	8925	62475
Desbaste	200 x 30	1	53550	53550
Caja Polines	200 x 30	1	53550	53550
Precaución carga suspendida	37 x 27	4	8925	35700
Zona de residuos sólidos	200 x 30	1	53550	53550
Mantenga Fijos	27 x 37	2	8925	17850
Stand	200 x 30	1	53550	53550
Pañol de Herramientas	100 x 30	3	35700	107100
Mantener orden y aseo	200 x 30	3	53550	160650
Área soldadura	200 x 30	1	53550	53550
Lubricantes usados	100 x 30	1	35700	35700
Residuos contaminados	100 x 30	6	35700	214200
Chatarra metálica	100 x 30	6	35700	214200
Teléfono de emergencia	200 x 100	2	136850	273700
Sala de reuniones	100 x 30	1	35700	35700
Púlpito Principal	100 x 30	1	35700	35700
Mantener área despejada	200 x 100	3	136850	410550
Nombre de equipos	27 x 37	142	8925	1267350
Nombre de zonas	200 x 30	6	53550	321300
Set de limpieza		7	11900	83300
<b>Total (\$)</b>				<b>3650325</b>

Fuente: abcy, Diseño y Producción Gráfica

Obs.: Valores con IVA

Considerando cada uno de los ítems que significan un costo a la hora de poner en marcha TPM, se estima que el total necesario para llevar a cabo esta propuesta es de: **\$ 13.228.425 ó MUS\$ 22,05.**

**El beneficio que se obtendría con esta propuesta** corresponde al ahorro en gastos de mantenimiento en LZA. Siguiendo las recomendaciones dadas se podrían cumplir las metas de los indicadores actuales y así mantener los gastos dentro de los presupuestos destinados para ello. Además todos los equipos serían revisados cada 24 hrs. La confiabilidad de que no ocurran fallas eléctricas ni mecánicas en este tiempo, es de 68,2% y 73% respectivamente lo cual es bastante alto. Esto sumado al tratamiento especial de los atrasos operacionales y a la forma de la estrategia buscando mejorar los resultados, permitirían mejorar la confiabilidad y ahorrar los gastos fuera de presupuesto.

Analizando los meses de estudio may. 2007 – ago. 2008 y las tablas 2.20 y 2.21 se puede decir que hubieron en esos meses **\$ 86.940.000 ó MUS\$ 144,9** fuera de presupuesto, esto quiere decir que en un período de 16 meses se podría ahorrar una cantidad como ésta, la cual es muy superior al costo de implementación de la propuesta. Además tan solo bastaría un mes para recuperar la inversión de TPM, ya que prácticamente en todos los meses los ahorros fueron superiores al costo de inversión. En este período de análisis el porcentaje de ahorro corresponde al **13,5%** de los gastos en mantenimiento de LZA lo cual puede proyectarse para futuros períodos similares de estudio.

Lo recientemente dicho se basa en que, si bien es cierto estos datos son de hace ya varios meses, la situación actual referida al comportamiento y resultados de la línea, es similar debido a la igual forma de operar de LZA y a las mismas políticas de mantenimiento.

Con la implementación de esta propuesta también se conseguiría reducir en el futuro, aún más estos gastos de mantención y mejorar la calidad de los productos finales, aumentando los ingresos por ventas. Sin embargo esos resultados económicos no se consideraron en este análisis, aunque claramente se puede decir que los costos serían mínimos ya que principalmente solo se ocuparían los recursos disponibles en LZA.

#### 4.7 Nuevos Indicadores recomendados

Es importante mejorar las actividades a través de la medición de ellas. Se debe tener claro que, para la existencia de una buena gestión debe haber control y es en este contexto donde se vuelve muy provechoso conocer y aplicar nuevos indicadores.

Es por esto que a continuación se recomiendan una serie de índices:

1.

Costo de mantención en relación al costo directo de producción	=	$\frac{\text{costo anual de mantenimiento}}{\text{costo directo de producción}}$
--	---	--

Este indicador se utiliza para ver el porcentaje del costo directo de producción en el gasto en mantención. Permite tener una idea de la magnitud que tiene el costo.

2.

Relación entre el costo de la mano de obra y el costo de repuestos y materiales	=	$\frac{\text{costo anual de mano de obra}}{\text{costo de repuestos y materiales}}$
---	---	---

Tal como su nombre lo indica con este índice se ordena la relación de costos entre mano de obra y repuestos. Sirve para darle distintos usos.

3.

Sobre tiempo mensual	=	$\frac{\text{total horas sobre tiempo trabajadas}}{\text{total de horas trabajadas}}$
----------------------	---	---

Es un indicador en horas como unidad de medida, se recomienda saber si el sobretiempo fue por mala programación de los trabajos o no.

4.

Cobertura de la mantención preventiva	=	$\frac{\text{HH trabajadas en mantención preventiva}}{\text{total HH trabajadas}}$
---------------------------------------	---	--

Sirve para saber si se están cumpliendo los planes de mantenimiento preventivo. En otras palabras, cada empresa debe definir algún porcentaje destinado a mantenimiento preventivo el cual debe compararse con este valor.

5.

HH empleadas en trabajos de emergencia y trabajos no program. y no planificados	=	$\frac{\text{HH en trabajos de emerg. y no planificados}}{\text{HH totales de trabajo ejecutado}}$
---	---	--

Tal como su nombre lo dice, simplemente muestra el porcentaje de trabajos realizados sin programación. Pueden considerarse acá las atenciones de fallas de equipos.

6.

HH empleadas en trabajos planificados	=	$\frac{\text{HH en trabajos planificados}}{\text{HH totales planificadas}}$
---------------------------------------	---	---

Permite saber el grado de cumplimiento de los trabajos planificados. Este valor está expresado en HH aunque perfectamente se puede hacer variar su unidad de medida.

7.

Productividad de la mano de obra	=	$\frac{\text{tiempos en manos activas y act. de apoyo}}{\text{jornada de 8 horas}}$
----------------------------------	---	---

Este es uno índice que muestra el porcentaje de lo que realmente trabaja un empleado de la empresa. En este caso se utiliza una jornada de 8 horas que perfectamente se puede hacer variar dependiendo de la situación.

8.

$$\text{Cobertura de programación} = \frac{\text{HH programadas semanalmente}}{\text{HH totales disponibles}}$$

Este indicador simplemente muestra el grado de cumplimiento de los trabajos en un lapso de tiempo.

9.

$$\text{Tasa de variación del costo unitario de mantención} = \frac{\text{costo unit. Anual} - \text{costo unit. Año base}}{\text{costo unit. Año base}}$$

Permite ver las variaciones que tiene el presupuesto inicial calculado para la mantención.

10.

$$\text{Costo unitario de mantención} = \frac{\text{costo anual de mantenimiento}}{\text{producción}}$$

Este indicador se utiliza para saber el costo de producir un artículo. Además se ocupa para comparar eficiencias entre dos empresas del mismo rubro.

11.

$$\text{Eficiencia de la planificación de la mano de obra} = \frac{\text{HH planificada para los trabajos}}{\text{HH empleadas en los trabajos}}$$

Este indicador deber ser lo más cercano posible a uno ya que se trata que el uso de la mano de obra sea lo más eficiente posible. Es decir que no sobre ni falte tiempo.

12.

Costo de mantención de un activo	=	$\frac{\text{costo total de mantención}}{\text{valor total del activo}}$
----------------------------------	---	--

Sirve para poder empezar a determinar si es más costoso mantener un activo o bien reemplazarlo por otro. Muchas veces la falta de indicadores de este tipo pueden provocar desconocimientos de lo que realmente se tiene.

13.

Relación entre costo de no cumplimiento y costo total de la mantención	=	$\frac{\text{costo de no cumplimiento}}{\text{costo total}}$
--	---	--

Controla el gasto que significa no disponer del equipo. Funciona como una especie de evaluación en donde se analiza la posibilidad de no cumplir siempre que no altere la imagen de la empresa.

14.

Valor del inventario de repuestos en relación al inventario total de la empresa	=	$\frac{\text{valor promedio anual del inventario de rep.}}{\text{valor promedio anual del inventario total}}$
---	---	---

Hace una comparación entre los inventarios de repuestos y el total de inventarios de la empresa. Ambos valores son promedios anuales. Evidentemente estos números podrían cambiar su lapso de tiempo. Permite saber qué proporción hay en repuestos.

15.

Valor del inventario de repuestos en relación al activo fijo de la empresa	=	$\frac{\text{valor promedio anual del inv. de repuestos}}{\text{valor del activo fijo en maq. y equipos}}$
--	---	--

Este índice es similar al anterior, con la diferencia que compara los repuestos con solo máquinas y equipos.

16.

Indice de demanda	=	$\frac{\text{HH planeadas en OM emitidas}}{\text{HH dot.mant.- HH ausencias - HH refuerzos}}$
-------------------	---	---

Indica el grado de demanda de trabajos generados por los distintos usuarios, considerando OM en un determinado tiempo.

17.

Indice de eficacia	=	$\frac{\text{HH en OM terminadas}}{\text{HH planeadas en OM terminadas}}$
--------------------	---	---

Evalúa la eficiencia con que se ejecutan los trabajos, comparando los valores realmente ocupados con los valores estándares.

18.

Indice de atención	=	$\frac{\text{HH ocupadas en OM}}{\text{HH planeadas para atender OM}}$
--------------------	---	--

Este indicador muestra la probabilidad de que el requerimiento solicitado por el usuario sea iniciado dentro de una semana.

19.

$$\text{Indice de término} = \frac{\text{HH ocupadas en OM terminadas}}{\text{HH planeadas en OM}}$$

Es una medición de la probabilidad de que una orden de trabajo pueda ser terminada en el plazo de una semana. Este índice es muy sensible frente al hábito de comenzar los trabajos, dejándolos a medio terminar.

20.

$$\text{Indice ocupacional} = \frac{\text{HH en OM} - \text{HH refuerzos}}{\text{HH dotación mantención} - \text{HH ausencias}}$$

Esta orientado a medir el grado de dedicación que tiene la dotación de personal de mantenimiento para atender los trabajos respaldados por una OM.

21.

$$\text{Indice de acumulación} = \frac{\text{HH planeadas en OM pendientes}}{\text{HH dotación mantención} - \text{HH ausencias}}$$

Refleja la carga de trabajo pendiente y corresponde a las órdenes de trabajo que no pudieron ser atendidas en su totalidad y quedan pendientes para ser terminadas en el futuro.

22.

$$\text{Tasa de disponibilidad de planta} = \frac{\text{Horas de paro de planta}}{\text{Horas totales trabajadas}}$$

$$\text{Desviación del programa de producción} = \frac{\text{cantidad producida a la fecha}}{\text{cantidad programada a la fecha}}$$



El objetivo de estos índices es asegurar la disponibilidad en funcionamiento de equipos y plantas y aumentar la satisfacción al cliente.

23.

$$\text{Tasa de reducción de costos} = \frac{\text{costos totales periodo } i}{\text{costos totales periodo } i - 1}$$

$$\text{Cumplimiento del gasto presupuestado} = \frac{\text{gastos reales de mantenimiento}}{\text{gastos programados de mantenimiento}}$$

Estos dos indicadores se pueden utilizar para la reducción de costos de mantenimiento y para una mejor estimación de los gastos de trabajo.

24.

$$\text{Cumplimiento del programa de prevención total de riesgos} = \frac{\text{actividades ejecutadas al periodo } i}{\text{actividades programadas al periodo } i}$$

$$\text{Tasa de reincidencia de fallas} = \frac{\text{número de trabajos repetidos}}{\text{total de trabajos realizados}}$$

$$\text{Proporción de atrasos} = \frac{\text{horas de atraso}}{\text{horas programadas de trabajo}}$$

$$\text{Eficiencia de la mantención} = \frac{\text{número de órdenes realizadas}}{\text{número de órdenes planeadas}}$$

$$\text{Capacidad de mantenimiento} = \frac{\text{total de mantenciones}}{\text{capacidad de mantención}}$$

$$\text{Indice de anticipación} = \frac{\text{cantidad de trabajos preventivos}}{\text{cantidad de trabajos totales}}$$

$$\text{Productividad del personal} = \frac{\text{productividad período } i}{\text{productividad período } i - 1}$$

Con este conjunto de indicadores se puede realizar un exhaustivo control sobre el avance de la LZA en temas como compromiso con la gestión de cambio hacia el trabajo bien hecho, mejorar la atención al cliente, anticiparse a las futuras solicitudes de las plantas y lograr un nivel óptimo de eficacia y eficiencia en el mantenimiento.

25.

$$\text{Participación del personal} = \frac{\text{número de sugerencias}}{\text{número de personas}}$$

$$\text{Ausentismo laboral} = \frac{\text{días no trabajados}}{\text{total de días a considerar}}$$

$$\text{Indice de capacitación} = \frac{\text{HH dedicadas a capacitación}}{\text{HH totales trabajadas}}$$

El objetivo de estos indicadores es mejorar y controlar la motivación del grupo de trabajo, además de aumentar su satisfacción y capacitación.

De este conjunto de índices es importante mencionar que hay algunos ya utilizados en los departamentos de mantenimiento mecánico y eléctrico como también en el laminador de planos en frío, aunque muchas veces con distintas unidades de medición a las propuestas. Estos son el índice de sobre tiempo, de

capacitación y en cierto modo el de algunas actividades realizadas con respecto a las planeadas.

Sin embargo en este caso se recomienda utilizar los indicadores exclusivamente en LZA y no a nivel departamento como se hace actualmente.

En términos generales es muy importante que se obtengan estos índices ya que son necesarios para mejorar la gestión del mantenimiento e incluso las condiciones generales de la línea. Este es el objetivo principal de recomendarlos. La información que entrega cada uno de ellos permite mantener un muy buen control y registro de las situaciones de la línea y así poder realizar el mejoramiento continuo.

La información necesaria para calcularlos se puede obtener de los distintos registros que existen en LZA o de los sistemas de información que se manejan, aunque hay algunos que requieren de una recopilación de datos un poco más compleja. Un ejemplo de esto es el cálculo del costo de algún activo en particular. Puede ocurrir que dicha información no esté disponible. En casos como estos y en donde no se pueda obtener la información se podrá obviar el cálculo del indicador. Con respecto a las metas de estos índices, éstas deben ser dadas por la línea según sus requerimientos y recursos, aunque hay algunas que a simple vista se puede decir que su meta deber ser igual a 1, como por ejemplo la “Productividad de la mano de obra”.

Se recomienda que el responsable de adquirir los resultados de estos índices sea un Ingeniero de Producción o de Mantenimiento y que además se incorporen en los informes de gestión que actualmente realizan las superintendencias.

### 4.8 Esquemas Generales

Por último se muestran dos representaciones gráficas que sirven para tener más claro lo realizado y propuesto. El primero de ellos engloba las principales actividades del TPM indicando sus metas, participantes y actividades específicas. El segundo esquema se refiere a las relaciones humanas dentro de esta forma de gestión.

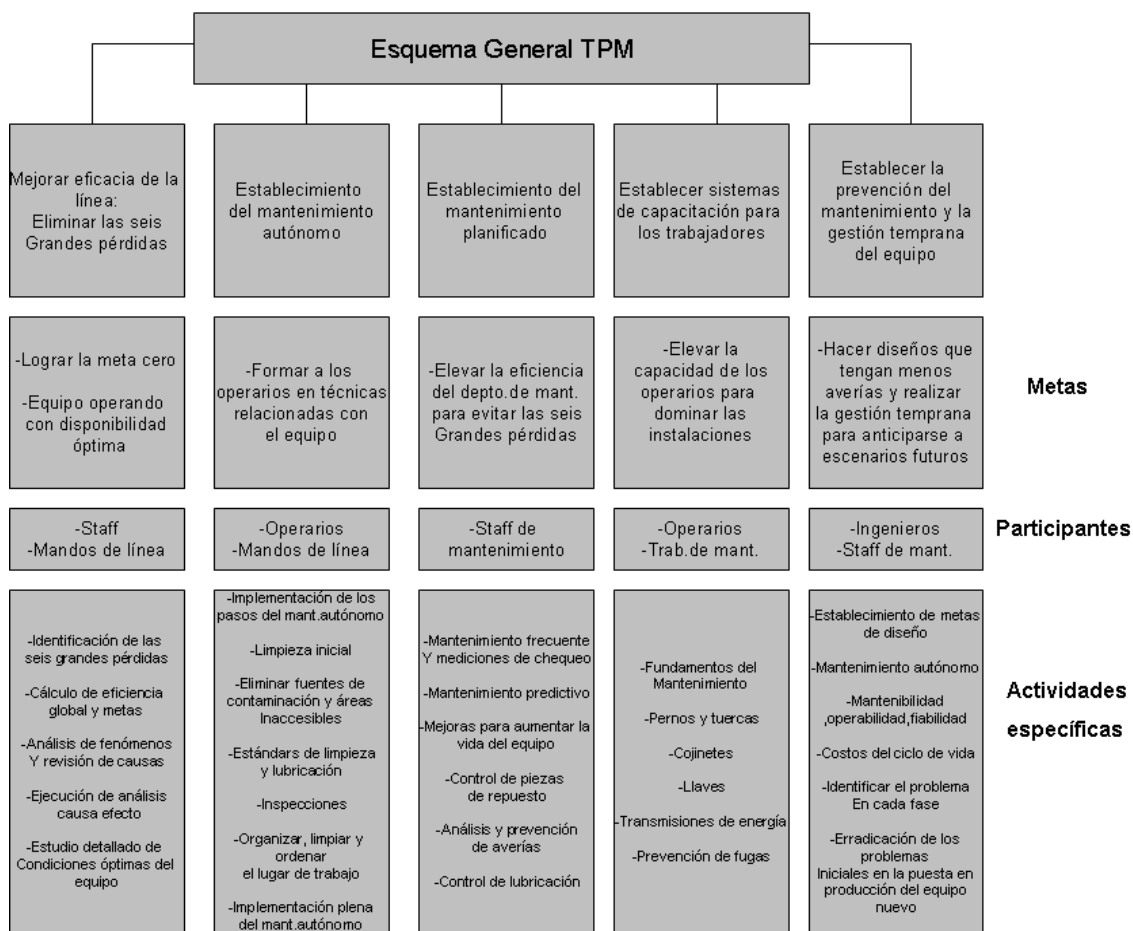


Fig. 4.14, Esquema general TPM, fuente: Elaboración propia

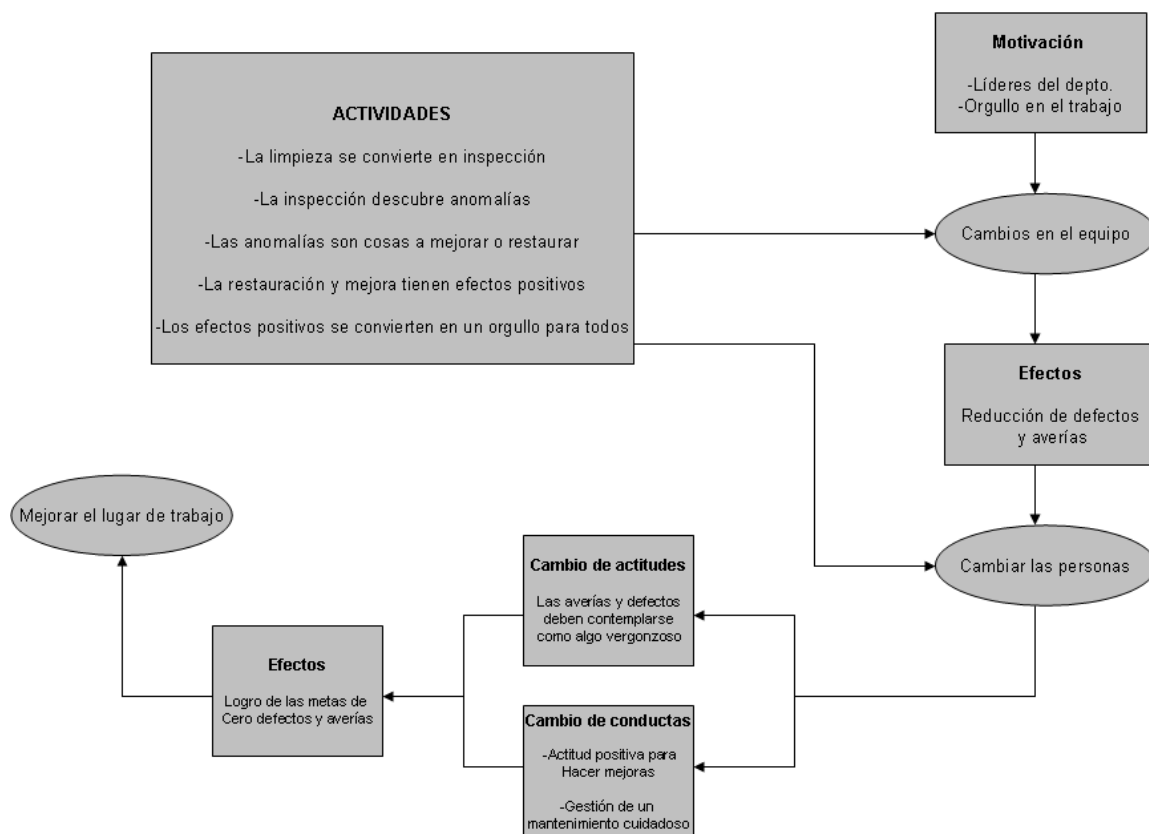


Fig.4.15, Relaciones Humana en TPM, fuente: Elaboración propia

## **Conclusiones y Recomendaciones Generales**

El mantenimiento está estrechamente relacionado con la producción, es por esto la importancia del tema. La mayoría de las empresas tienen programas de mantención y en las grandes industrias existen departamentos exclusivos de mantenimiento. Todo esto demuestra el crecimiento que ha habido en esta área en donde se ha ido pasando por distintas formas de atender las fallas que han tenido los equipos. Este avance también ha estado presente en la Compañía Siderúrgica Huachipato en donde antiguamente la mantención era bastante reactiva llegando a ser el día de hoy principalmente preventiva.

La Propuesta de Mantenimiento Productivo Total para la línea zincalum es bastante importante. Esto se indicó en la justificación del tema en el primer capítulo de este proyecto y además se demostró con los distintos análisis realizados a lo largo de este trabajo.

Se hace necesario llevar a cabo las distintas estrategias propuestas y así contribuir a una mejora para LZA. La actual gestión funciona muy bien siguiendo los planes existentes, sin embargo ha habido ocasiones en donde los indicadores fueron deficientes. Se espera que con TPM se consiga mejorar la situación que ha existido hasta el día de hoy.

En el marco de la manufactura esbelta y de la cultura just in time, la realización de TPM se vuelve muy importante ya que contribuye a que la forma de operar y realizar el mantenimiento sea eficaz y eficiente, lo cual es parte de las industrias modernas y competitivas.

Hay que tener claro que TPM se puede aplicar a un equipo o a una línea productiva.

Huachipato es una empresa reconocida a nivel mundial en donde es importante tener certificaciones de calidad, seguridad y medio ambiente. El poseer distintas herramientas de ingeniería y modernas formas de gestión realza aún más su excelencia y prestigio, por lo tanto debe actualizarse y alinearse con los requerimientos de los exigentes clientes.

Una empresa que tenga esta cultura mejorará sus resultados y además tendrá un valor agregado en sus procesos. Frente al mercado actual es muy importante adquirir ventajas competitivas que demuestren la calidad del proceso productivo.

Se espera que esta propuesta se implemente en el corto plazo. Cuando esto ocurra, la implementación será una tarea gradual en donde todos los trabajadores participen.

Cada vez hay que ir evaluando lo que se está realizando, llevar un control de la calidad para progresar en un mejoramiento continuo que lleve al éxito en la empresa.

Ya están dadas las bases para comenzar con esta mejora, lo que sigue es mantener la forma de gestión basándose en estos principios y conseguir que cada miembro de la organización aporte a este objetivo y sea responsable de su labor consiguiendo así satisfacción por el desafío que está enfrentando.

En esta parte final del presente trabajo se dan una serie de recomendaciones para llevar a cabo de alguna u otra forma este proyecto. Además se indican distintos indicadores que sin lugar a dudas permitirán mejorar la gestión del mantenimiento de la línea zincalum. Las recomendaciones son las siguientes:

### **Dar a conocer a los trabajadores los nuevos programas**

Antes que todo dar a conocer a los trabajadores lo que se quiere hacer, enseñarles en que consiste TPM y 5S. Para esto se deben hacer charlas, presentaciones, entregar informativos y hacerlos entender que es un cambio que no los va a perjudicar, sino que ayudará al bien común.

### **Demostrar lo implementado**

Es bueno que la empresa haga notar que tiene TPM y 5S, a través de carteles, publicidad, etc., esto da valor agregado y mejor imagen al cliente.

Es fundamental que la industria moderna se actualice e integre herramientas y distintas técnicas de clase mundial que ayudan enormemente a una mejor eficiencia y eficacia.

### **Deben existir líderes**

Debe haber líderes a nivel línea y grupo TPM, los cuales tienen la misión de enseñar sus conocimientos al resto de los trabajadores, motivarlos y controlar sus labores. Generalmente el líder será el jefe aunque puede darse el caso de no serlo siempre que sea dentro de los grupos TPM.

Estas personas deben tener la capacidad de potenciar las fortalezas de sus pares en donde se vuelve muy importante tener experiencia en “Coaching.”

### **Dar a conocer las criticidades de los equipos**

Informarle a los trabajadores las criticidades de los equipos ya sea publicándolas en algún lugar visible por todos o en el mismo equipo, para que todos las conozcan y lo tengan en consideración brindado el tratado que se merece.

Esto además permite que cualquier persona “nueva” que por algún motivo ingrese a la línea sepa a simple vista de la importancia de cada equipo.

### **Registrar responsablemente las fallas y novedades**

Muchas veces los registros de fallas o novedades ocurridas en un turno no son registrados de forma correcta, es decir, son reseñas ambiguas o poco claras que generan duda en el que las lee lo que evidentemente puede llevar a errores en la ejecución de los trabajos o simplemente pueden dejarse pasar grandes problemas por la falta de explicación. Con buenos registros, completos y claros, con sus tiempos y descripción se logra hacer una mantención o reparación adecuada.



### **Mejorar las comunicaciones entre mecánicos, eléctricos y operadores**

Esto es muy importante ya que muchas veces hay poca comunicación entre ellos o simplemente no la hay. No saben lo que hicieron los otros, lo que de ser de forma contraria ayudaría bastante al mantenimiento. Se recomienda que el libro de novedades mecánico sea visto por los eléctricos y viceversa.

### **Asegurar el oportuno abastecimiento de lo necesario para trabajar**

Es importante mejorar el abastecimiento de herramientas o equipos para poder realizar labores, por ejemplo muchas veces ocurre que no hay grúas disponibles lo que produce tiempo muerto e ineficacias las cuales podrían ser perfectamente evitables.

### **Realizar análisis de fallas**

Es muy recomendable que se cumpla lo de la estrategia propuesta en el capítulo anterior, es decir que se cumpla el realizar análisis de fallas para los equipos críticos. Además no solo basta realizar un informe, sino que además es recomendable tener un análisis grupal en donde exista retroalimentación, distintas opiniones y discusiones por distintos trabajadores, de mantenimiento y producción. Todo esto es recomendado llevar a cabo a través de los grupos TPM, con frecuencias de una vez por semana.

### **Entender y aplicar correctamente la prevención del mantenimiento**

La prevención del mantenimiento no quiere decir que habrá menos trabajo, significa que mejora la eficacia de los departamentos de mantenimiento utilizando el tiempo en realizar otras actividades de mayor importancia en lugar de corregir errores perfectamente evitables en algún equipo. Por lo tanto los trabajadores deben analizar los equipos con el fin de encontrar los puntos débiles y mejorarlos.

### **Realizar una gestión temprana del equipo**

Dentro de las propuestas realizadas en este proyecto se busca el mismo objetivo que es reducir averías y defectos, en donde es fundamental ser preventivo y así anticiparse a los problemas. De esto trata la gestión temprana del equipo, es decir, seguir cierto orden o forma de gestión para descubrir anomalías o fortalezas a tiempo y utilizarlas de forma eficaz.

### **Minimizar la pérdida por atrasos de suministro**

En el capítulo de diagnóstico se pudo ver que el tiempo de atrasos debido a problemas de suministro (clase 7) es bastante elevado lo cual se torna un gran problema. Es necesario recordar que la planta OXY abastece de hidrógeno a LZA y generalmente es la falta de este gas el que genera atrasos.

Cuando en la planta OXY haya alguna detención programada en sus instalaciones, se recomienda programar ese evento para utilizarlo en lo que sea más conveniente en ese instante para LZA, ya sea realizar limpiezas, mantenimientos, inspecciones, etc. Para esto debe haber una muy buena comunicación entre LZA y su abastecedor. Es recomendable que cualquier situación de este tipo se avise con anticipación suficiente, con la mayor posible.

### **Planificar correctamente los trabajos**

La asignación de un trabajo debe ser realizado con mucha responsabilidad tratando de considerar distintos factores como son los costos, seguridad, producción, etc. Debe ser adecuado sin olvidar detalles como pedidos de materiales. Debe ser entregado a personal capacitado.

### **Evaluación del desempeño y reconocimiento**

Se recomienda crear un sistema que evalúe el desempeño de los trabajadores en donde sus competencias sean las que le permitan el reconocimiento.

Sería necesario que en este sistema de medición esté incorporado el cumplimiento de las nuevas actividades TPM con el fin de romper la resistencia al cambio.

Todo esto es una muy buena alternativa para incentivar el desarrollo a la innovación y creatividad del trabajador en el desarrollo de sus labores.

### **Mayor cantidad de cambios de rodillos de fondo**

Evaluar en costos y producción un mayor número de cambios de rodillos de fondo dentro de un mes. Recordemos que esto es muy importante y mientras mejor estén mayor es el rendimiento la línea. Esto se hace una vez al mes en donde aprovechan de hacer mantenimiento planificado. Con una mayor cantidad de veces al mes se podrían mejorar las inspecciones anteriormente propuestas.

### **Mejor mantenimiento predictivo**

Se recomienda actualizar las tecnologías en cuanto a este mantenimiento. Por ejemplo en el área mecánica solo se cuenta con vibroanálisis el cual es un método que lleva mucho tiempo.

### **Ubicación de los operarios**

Los operarios tienen muy poca visión hacia el lado mar, por lo cual se les recomienda que no dejen de considerar ese sector, sobre todo en las inspecciones propuestas.

Con respecto a los resultados concretos obtenidos a lo largo de todo este proyecto se puede concluir lo siguiente:

- El zincalum es un producto que da gran valor a Huachipato, es por esto la importancia de mantener un excelente proceso productivo y con una muy buena confiabilidad.
- Huachipato es una empresa con años de prestigio y excelencia, con sólidos principios y un sistema de gestión alineado a los requerimientos actuales, sin embargo esto no es suficiente y debe ir mejorando e implementando cada vez más nuevas herramientas.
- Particularmente la línea zincalum posee muchos recursos. Se puede mencionar el personal calificado que trabaja en sus instalaciones lo cual se vuelve una gran oportunidad de mejora.
- La actual gestión del mantenimiento en LZA funciona tal como está estipulado. Existen departamentos preocupados únicamente del mantenimiento lo que se vuelve una gran ventaja. Posee el sistema de información SAP el cual facilita enormemente las labores de mantención. Su gestión ha ido evolucionando en el tiempo destacándose en la actualidad distintos programas de mantenimiento.
- Las formas de realizar la mantención es utilizando el mantenimiento preventivo, predictivo, correctivo, reactivo y programas de lubricación. Sin embargo esto no es suficiente, todo siempre puede mejorar y es en este caso donde es necesario que esto ocurra.
- La línea está dividida en zonas, además existe un sistema de codificación para los equipos y para cada orden de mantenimiento, llevando así un registro en el sistema de información.

- En la línea se distingue una clasificación a los atrasos para llevar así un mejor control de lo que ocurre. A estos se les asigna un número del 1 al 8. Hay que recordar que el significado de estos números en orden ascendente corresponden a atrasos: planificados, procesos, operacionales, mecánicos, eléctricos, combustibles, suministro y sin definición.
- Una vez al mes hay mantenimiento planificado el cual tiene una duración de 16 horas aprox. A diario el personal de mantenimiento atiende fallas y cada dos años aprox. se hace la reparación mayor, que es un tipo de mantenimiento exhaustivo y completo. También hay que mencionar que existen programas de lubricación.
- Los indicadores que se utilizan en LZA son el factor de operación, el tiempo entre fallas eléctricas o mecánicas y el índice de fallas eléctricas y mecánicas. Muchas veces estos valores no cumplen las metas establecidas.
- De todos los atrasos hay una gran parte que corresponden a fallas de equipos, para lo cual se puede concluir que siempre son los mismos los que fallan y en muchos casos hay errores repetitivos. Los atrasos de suministro son la mayor cantidad de tiempo, por lo mismo se realizaron recomendaciones sobre este tema. Le siguen los atrasos mecánicos, eléctricos y operacionales, en los 16 meses de análisis.
- Con respecto a la productividad de LZA se puede concluir que la mayoría de los productos defectuosos es por la detención o reanudación de la línea lo que significa que hace falta una mejora en el mantenimiento. Los índices productivos al igual que en los de mantenimiento algunas veces son correctos y en otras ocasiones deficientes.

- Muchas veces el gasto en mantenimiento es superior al presupuestado. El mayor gasto de LZA es en materias primas, lo que en promedio corresponde a un 88,6% de los gastos totales en el período de estudio.
- Huachipato presenta muchas fortalezas y oportunidades para poder superar sus debilidades y combatir las amenazas. Principalmente con sus recursos económicos, humanos y gestiones de calidad podría superar deficiencias en mantenimiento, productividad y en gastos.

Después de realizar el diagnóstico se puede concluir que la realización de TPM es muy favorable. Recordemos que sus objetivos es llegar a cero averías y cero defectos. Además quedó demostrado que muchos problemas en la producción son precisamente por fallas en los equipos. La propuesta realizada es precisamente seguir los pilares de TPM, es decir se realizó lo siguiente:

- Una estrategia para eliminar las seis grandes pérdidas, en donde se dio una serie de recomendaciones y pasos a seguir. Además se analizaron las principales pérdidas crónicas mediante la utilización de diagramas de causa y efecto.
- Una estrategia de mantenimiento autónomo que es el que está a cargo de los operarios. En ésta también se recomienda una serie de pasos a seguir, se propone una inspección con equipos funcionando y se recomienda poner en práctica las llamadas 5 S.
- La última estrategia fue la de mantenimiento planificado, que es la que le corresponde poner en práctica a los trabajadores de mantenimiento. En este caso se propuso la asignación de criticidades para todos los equipos de la línea, la creación de una nueva lista de equipos críticos desde distintos puntos de vista actualmente interesantes en el mundo entero, la realización de inspecciones específicas para los equipos críticos y

generales para los demás. Además según la criticidad de cada equipo se recomienda realizar un determinado tipo de mantenimiento.

- Muy importante son las reuniones TPM en donde hay comunicación y retroalimentación.
- A través de estas propuestas se consigue una gestión temprana del equipo y se contribuye a la prevención del mantenimiento, es decir, a utilizar de forma eficaz y eficiente las labores de estos departamentos.

Al terminar este proyecto se puede ver que se han cumplido los objetivos mencionados al principio del informe. Se logró cumplir el primero de ellos que hacía mención a realizar un diagnóstico de la situación actual en donde fue fundamental conocer el funcionamiento de la línea en diversos ámbitos.

El segundo objetivo específico se cumplió al realizar distintos cálculos como por ejemplo calcular índices característicos de TPM y el encontrar las criticidades de los equipos.

Una vez teniendo todo claro y recopilado se formalizó la propuesta de TPM con lo cual se cumple el tercer objetivo específico. En donde finalmente además se recomendaron distintos indicadores cumpliendo con el último objetivo.

Con respecto a la obtención de datos se puede decir que esto se hizo mediante registros que hay en LZA así como también de los sistemas de información que allí utilizan. En muchas ocasiones fue muy difícil o imposible obtener alguna información. Por ejemplo conocer el gasto en mantenimiento de un determinado equipo o los tipos de repuestos utilizados por él.

Se ha llegado el epílogo de este proyecto en donde se espera la pronta implementación de lo recomendado y comenzar la meta hacia las cero averías y defectos.

## **Bibliografía**

### **Libros**

SHIROSE KUNIO. 1994. TPM para mandos intermedios de fábrica. Madrid, TGP hospin. 155p. (Título original : TPM nyumon)

SCHROEDER, ROGER G. 1992. Administración de Operaciones. México, McGraw-Hill. 855p. (Título original: Operating management)

LE BOTERF, GUY. 1993. Cómo gestionar la calidad de la formación. Barcelona, Aedipe. 258p. (Título original: Comment manager la qualite de la formation)

EVANS, JAMES R. y LINDSAY, WILLIAM M. 2000. Administración y control de la calidad. 4ªed. México, Thomson Learning. 785p. (Título original : The management and control of quality)

### **Tesis**

RIVERA CEBALLO, G. 1998. Introducción a un programa de mantención productiva total (TPM), en AMSA planta Bucalemu. Memoria de Ingeniero Civil en Industrial Forestales. Concepción, Universidad del Bio Bio, Facultad de Ingeniería. 135p.

URIA PARRA, M. 2000. Sistema de apoyo a la gestión para proyectos de inversión y mantención, en CMPC Celulosa S.A., Planta Laja. Memoria de Ingeniero Civil Industrial. Concepción, Universidad del Bio Bio, Facultad de Ingeniería. 178p.

OLMOS MORAGA, A. 1993. Análisis estadístico de fallas de equipos rotatorios en Petrox S.A. Refinería de Petróleo. Memoria de Ingeniero Civil Industrial. Concepción, Universidad del Bio Bio, Facultad de Ingeniería. 108p.



ACUÑA SALAZAR, J. 2000. Proposición de un plan de mantención planificada para el mejoramiento de la gestión del Departamento de Mantención, Pesquera El Golfo S.A. Memoria de Ingeniero Civil Industrial. Concepción, Universidad del Bio Bio, Facultad de Ingeniería. 108p.

DIAZ ACUÑA, LUIS. 1999. Evolución a través de las políticas de mantenimiento, mediante la implementación de un sistema de análisis de fallas. Memoria de Ingeniero Civil Industrial. Concepción, Universidad del Bio Bio, Facultad de Ingeniería. 97p.

## **Linkografía**

### **Sitios Web**

CIA. SIDERURGICA HUACHIPATO S.A. 2008. Principios de la compañía [en línea] Talcahuano, Chile. <<http://www.huachipato.cl>> [consulta: septiembre 2008]

CIA. SIDERURGICA HUACHIPATO S.A. 2008. Políticas Corporativas de la compañía [en línea] Talcahuano, Chile. <<http://www.huachipato.cl>> [consulta: septiembre 2008]

CIA. SIDERURGICA HUACHIPATO S.A. 2008. Gestión de calidad en la compañía [en línea] Talcahuano, Chile. <<http://www.huachipato.cl>> [consulta: septiembre 2008]

CIA. SIDERURGICA HUACHIPATO S.A. 2008. Proceso productivo de la empresa [en línea] Talcahuano, Chile. <<http://www.huachipato.cl>> [consulta: septiembre 2008]

CIA. SIDERURGICA HUACHIPATO S.A. 2008. Productos de la empresa [en línea] Talcahuano, Chile. <<http://intranet.csh.cl>> [consulta: octubre 2008]

CIA. SIDERURGICA HUACHIPATO S.A. 2008. Características del Zincalum [en línea] Talcahuano, Chile. <<http://intranet.csh.cl>> [consulta: octubre 2008]

CIA. SIDERURGICA HUACHIPATO S.A. 2008. Informes de gestión Departamento de Mantenimiento Mecánico [en línea] Talcahuano, Chile. <<http://intranet.csh.cl>> [consulta: noviembre 2008]

CIA. SIDERURGICA HUACHIPATO S.A. 2008. Informes de gestión Departamento de Mantenimiento Eléctrico [en línea] Talcahuano, Chile. <<http://intranet.csh.cl>> [consulta: noviembre 2008]

CIA. SIDERURGICA HUACHIPATO S.A. 2008. Informes de gestión Departamento de Laminador de Planos en Frío [en línea] Talcahuano, Chile. <<http://intranet.csh.cl>> [consulta: noviembre 2008]

### **Materiales Especiales**

CIA. SIDERURGICA HUACHIPATO S.A., 2007 – 2008. Control de gestión e información general de la Línea Zincalum. [Informes, manuales y reglamentos] Talcahuano, Chile.

## **Anexo A**

### **Frecuencias de mantenimiento preventivo mecánico**

<b>Planes Preventivos</b>	<b>Frecuencia</b>
Mantenimiento carros de entrada 1 y 2	
Ejecutar mantenimiento carro de entrada	1 año
Ejecutar revisión de flexibles	5 meses
Mantenimiento soporte de rollos 1 y 2	
Ejecutar mantenimiento soporte de rollos	6 meses
Revisión de filtraciones banco de válvulas 1 y 2	
Revisión de filtraciones banco de válvulas 1 y 2	6 meses
Mantenimiento desenrollador 1 y 2	
Ejecutar mantenimiento mandril y eje	1 año
Ejecutar inspección transmisión	5 meses
Ejecutar cambio embrague neumático	1 año
Ejecutar cambio de freno wichita ATD118	1 año
Revisar collarín desenrollador	2 semanas
Inspeccionar desenrollador	5 meses
Inspeccionar mesa enhebradota	5 meses
Cambio/Giro de cuchillo guillotina 1 y 2	
Ejecutar cambio/giro cuchillos	3 meses
Mantenimiento brida 1	
Rodillo tensor n°1 superior	6 meses
Rodillo tensor n°1 inferior	6 meses
Zona Acumulador	
Rodillo deflector	6 meses
Inspeccionar rodillos carro móvil	6 meses
Mantenimiento copla motoreductor	6 meses
Mantenimiento copla reductor de tambor	6 meses
Mantenimiento copla brida 2	5 meses
Mantenimiento copla eje brida 2	5 meses
Mantenimiento descansos brida 2	4 meses
Mantenimiento rodillos tensiómetros	5 meses
Zona Horno EFCO parte 1	
Mantenimiento rodillos sellos	5 meses
Mantenimiento refrigeración rodillos sellos	6 meses
Mantenimiento chapaleta DAMPER	6 meses
Mantenimiento zona transmisión	2 semanas
Mantenimiento transmisión zona 2	2 semanas
Mantenimiento copla motoreductor	5 meses
Revisar alineamiento motoreductor	6 meses
Transmisión central n°2(rod, 5 al 14)	5 meses
Revisar alineamiento motoreductor	6 meses

<b>Zona Horno EFCO parte 2</b>	
Ventilador sistema aire combustión	5 meses
Ventilador sistema aire combustión	5 meses
Desmontra tubos radiantes	1 año
Inspeccionar soporte refrigerado IRCON N°2	6 meses
Desmontar radiador enfriador rápido	6 meses
Ventilador vertical garden city	5 meses
Inspeccionar soporte refrigerado IRCON N°3	6 meses
<b>Zona Horno EFCO parte 3</b>	
Ventilador vertical garden city	5 meses
Revisar rodillo de entrada chute	6 meses
Inspeccionar ducto salida gases	6 meses
Revisar rodamientos rodillos chute de salida	6 meses
Revisar y reparar chute de salida	6 meses
Inspeccionar chute de salida	1 año
Revisar horno precalentamiento	6 meses
<b>Zona recubrimiento</b>	
Ventilador enfriamiento inductores	5 meses
Elevador de cuchillos de aire KOHLER	6 meses
Posicionar frontal cuchillo de aire KOHLER	6 meses
Posicionador estabilizador frontal	6 meses
Cuchillo de aire lado norte n°1	6 meses
Cuchillo de aire lado norte n°2	6 meses
Cuchillo de aire lador sur n°1	6 meses
Cuchillo de aire lador sur n°2	6 meses
Mantenición y revisión de Bafle	2 semanas
<b>Zona enfriamiento recubrimiento</b>	
Verificar enfriador vertical	6 meses
Revisar eje rodillo deflector n°2	5 meses
Verificar estado rodillo deflector n°2	4 meses
Rodillo sujetador rod.deflector n°2	5 meses
Rodillo sujetador rod.deflector n°2	6 meses
Verificar estado centrador 4	5 meses
<b>Zona salida parte 1</b>	
Verificar estado estanque de agua	6 meses
Estanque enfriamiento agua rodillo	6 meses
Rodillo deflector enrollador 1	6 meses
Estanque de agua estrujador rodillo n°1	1 año
<b>Zona salida parte 2</b>	
Rodillo deflector enrollador 2	6 meses
Estanque de agua estrujador rodillo n°2	1 año

Estanque de agua rodillo estrujador rod.1 y 2	6 meses
Rodillo paso de cinta 4"DIA. X 60" LONG.	1 año
Verificar medidor de recubrimiento	5 meses
Sist.Hidr.Gral.entrada y salida	
Revisar valor de calibración de válvula	6 meses
Mantención Nivelador	
Verificar apriete de pernos reductor	5 meses
Verificar copla motoreductor	5 meses
Desmontar enfriador aceite reductor	6 meses
Verificar estado copla BBA.LUB.EJE	5 meses
Verificar estado copla BBA.LUB.EJE	5 meses
Filtro entrada enfriador aceite reductor	3 meses
Limpieza filtro SARCO	3 meses
Limpieza CARTER	5 meses
Mantenimiento Nivelador	2 semanas
Estación inspección y brida 3	
Verificar estado	6 meses
Revisar estado dentado y sellos de brida 3	5 meses
Verificar estado de apriete de brida 3	5 meses
Brida 3 Rod. Tensor inferior nº1	5 meses
Brida 3 Rod. Tensor superior nº2	5 meses
Estanque tratamiento químico	
Realizar limpieza estanque tratamiento químico	5 meses
Cambiar radiadores estanque tratamiento químico	6 meses
Revisar estanque tratamiento químico	5 meses
Rodillo estanque tratamiento químico	6 meses
Rodillo estanque tratamiento químico	6 meses
Rodillo estrujador estanque tratamiento químico	6 meses
Estanque tratamiento químico rod.estrujador nº4	6 meses
Estanque tratamiento químico rod.estrujador nº3	6 meses
Revisar copla estanque tratamiento químico	3 meses
Revisar copla estanque tratamiento químico	6 meses
Aceitador y rodillo de arrastre nº4	
Mantención a descansos de aceitador	5 meses
Verificar rodillos de arrastre nº4	6 meses
Verificar estado rodillos de arrastre nº4	6 meses
Verificar estado rodillos de arrastre nº4	6 meses
Verificar estado rodillos de arrastre nº4	6 meses
Guillotina volante/Rod. Deflector enrollador 1	
Inspección guillotina volante	5 meses
Verificar estado guillotina volante	1 año

Verificar reductores de guillotina volante	6 meses
Verificar estado guillotina volante	5 meses
Verificar estado guillotina volante	1 año
Verificar estado guillotina volante	6 meses
Guillotina volante BBA.lubricación	5 meses
Guillotina volante BBA.lubricación	5 meses
Rodillo deflector enrollador 1 y 2	
Rodillo deflector enrollador	6 meses
Mesa enhebradora enrollador 1 y 2	
Verificar mesa enhebradora enrollador	6 meses
Verificar mesa enhebradora enrollador	6 meses
Enrollador 1 y 2	
Verificar bancada traslación enrollador	1 año
Verificar impermeabilidad enrollador	1 año
Verificar estado transmisión enrollador	6 meses
Verificar estado del mandril del enrollador	2 años
Enhebrador de correa enrollador 1 y 2	
Verificar enhebrador de correa enrollador	6 meses
Verificar enhebrador de correa	6 meses
Verificar enhebrador de correa	6 meses
Mantenimiento enfriador sist.hidr.	
Mantenimiento enfriador de aceite	6 meses
Mantenimiento carro extractor de rollos 1 y 2	
Desmontar carro extractor de rollos 1 y 2	6 meses
Trabajar en carro extractor de rollos 1 y 2	6 meses
Mantenimiento soporte de rollos 3 y 4	
Ejecutar mantenimiento del soporte	6 meses
Mantenimiento cople bomba sist.hidr.	
Verificar cople sist.hidráulico	6 meses
Mantenimiento banco válvulas sist.hidr.	
Identificar y eliminar banco de válvulas	6 meses
Sist.Hidr.limpiar filtro entrada enfriador	
Realizar filtro de entrada del enfriador	3 meses
Mantenimiento cople motor – ventilador	
Verificar estado mantenimiento cople	6 meses
Mantenimiento bombas del foso crisol	
Verificar estado bomba foso crisol	5 meses
Mantenimiento secador de cinta	
Revisar secador de cinta intercambiador	1 año
Verificar estado sacador de cinta 1 año	6 meses
Mantenimiento mesa traspaso enrollador 2	

Verificar estado mesa traspaso enrollador 2	5 meses
Verificar reductor mesa traspaso enrollador 2	5 meses
Verificar estado mesa traspaso enrollador 2	5 meses
<b>Enrollador 1 y 2</b>	
Verificar apriete enrollador reductor	5 meses
Revisar enrollador	5 meses
Realizar mantención al mandril	5 meses
<b>Mantención cilindros enrollador 1 y 2</b>	
Verificar enrollador cilindro expansión	6 meses
<b>Mantención cilindros enhebrador de correa enrollador 1 y 2</b>	
Verificar enrollador cilindro enhebrador correa	6 meses
<b>Mantención cilindros carro extractor rollos</b>	
Verificar cilindro traslación carro	1 año
verificar cilindro elevación carro	1 año
<b>Mantención cilindros carro alimentador rollos</b>	
Verificar cilindro traslación carro	1 año
Verificar cilindro elevador carro	6 meses
Verificar cilindro volcador rollo carro	6 meses
<b>Mantención soldadora Taylor Winfield</b>	
Ejecutar limpieza soldadora	2 meses
Revisar mecanismo mordaza de entrada	3 meses
<b>Mantención centrador n°1,2,3</b>	
Cambiar filtro centrador 1,2,3	6 meses
<b>Mantención centrador n°4</b>	
Cambiar filtro centrador 4	6 meses
<b>Mantención control borde 1 y 2</b>	
Cambiar filtro control de borde 1 y 2	6 meses
<b>Mantención filtro succión ventiladores</b>	
Ejecutar limpieza filtro ventilador	3 meses
<b>Mantención soporte refrigerado Ircon</b>	
Inspección soporte sensor IRCON	6 meses
<b>Mantención bastidor y rodillos estrujadores</b>	
Bastidor y rodillos estrujadores	6 meses
<b>Mantención carro scrap guillotina</b>	
Realizar carro SCRAP guillotina	6 meses
<b>Cambio cilindro abertura rápida nivelador</b>	
Cambio cilindro abertura rápida	5 meses
<b>LZA:Programa inspección línea zincalum</b>	
Insp. LZA	1 semana



## **ANEXO B**

# **Hojas de Inspección Mantenimiento Autónomo**

<b>Línea Zincalum</b>	<b>Compañía Siderúrgica Huachipato S.A.</b>	<b>Turno</b>	<b>Fecha</b>
<b>TPM</b>	<b>Mantenimiento Autónomo - Hoja de Inspección</b>		

¿Es correcto el funcionamiento del equipo en los siguientes aspectos?	Lubricación		Apriete de tuercas y pernos		Sistema mecánico		Sistema eléctrico		Sistema neumático		Sistema hidráulico		Sistema de conducción		Seguridad y medio ambiente	
	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
<b>Equipos Zona de Entrada</b>																
Instrumentos																
Soporte rollos n°1																
Carro alimentador rollos n°1																
Desenrollador n°1																
Rodillo Sujetador Desenrollador n°1																
Mesa enhebradora n°1																
Rodillo de Arrastre n°1																
Guillotina n°1																
Mesa traspaso superior n°1 abatible																
Carro Scrap n°1																
Rodillo Snubber 1 Intermedio Mesa Traspaso																
Mesa traspaso superior n°2																
Rodillo Snubber n°2																
Mesa traspaso superior bajada n°3																
Soporte Rollos n°2																
Carro alimentador rollos n°2																
Desenrollador n°2																
Rodillo sujetador desenrollador n°2																
Mesa enhebradora n°2																
Rodillo de arrastre n°2																
Guillotina n°2																
Carro Scrap n°2																
Mesa de traspaso inferior n°4 abatible																
Bastidor abatible rodillo motorizado																
Soldadora Taylor Winfield																
Brida n°1																

<b>Control material de llegada</b>	
<b>Control cinta durante proceso</b>	

<b>Observaciones</b>	
----------------------	--

<b>Encargado</b>		<b>Firma</b>	
------------------	--	--------------	--

<b>Línea Zinalum</b>	<b>Compañía Siderúrgica Huachipato S.A.</b>	<b>Turno</b>	<b>Fecha</b>
<b>TPM</b>	<b>Mantenimiento Autónomo - Hoja de Inspección</b>		

¿Es correcto el funcionamiento del equipo en los siguientes aspectos?	Lubricación		Apriete de tuercas y pernos		Sistema mecánico		Sistema eléctrico		Sistema neumático		Sistema hidráulico		Sistema de conducción		Seguridad y medio ambiente	
	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
<b>Equipos Zona Acumulador y entrada horno</b>																
Bastidor soporte cabezal sur																
Seguidor de cinta centrador n°1																
Centrador cinta n°1																
Rodillo deflector n°1																
Brazo intermedio soporte cinta n°1																
Brazo intermedio soporte cinta n°2																
Rieles y polines guía carro acumulador																
Carro móvil acumulador																
Seguidor de cinta centrador n°2																
Centrador de cinta n°2																
Centrador de cinta n°3																
Brida n°2																
Rodillo Tensiómetro																
Detector soldadura n°1																
Mesa entrada horno n°1																
Mesa entrada horno n°2																

<b>Control material de llegada</b>	
<b>Control cinta durante proceso</b>	

<b>Observaciones</b>	
----------------------	--

<b>Encargado</b>		<b>Firma</b>	
------------------	--	--------------	--

<b>Línea Zincalum</b>	<b>Compañía Siderúrgica Huachipato S.A.</b>	<b>Turno</b>	<b>Fecha</b>
<b>TPM</b>	<b>Mantenimiento Autónomo - Hoja de Inspección</b>		

¿Es correcto el funcionamiento del equipo en los siguientes aspectos?	Lubricación		Apriete de tuercas y pernos		Sistema mecánico		Sistema eléctrico		Sistema neumático		Sistema hidráulico		Sistema de conducción		Seguridad y medio ambiente	
	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
<b>Equipos Zona Horno Electric Furnace</b>																
Rodillo de sello																
Túnel de entrada y ducto salida de gases																
Horno precalentamiento F1 y F2																
Garganta F2 - F3																
Horno tubos radiantes F3																
Zona de enfriamiento estático																
Zona de enfriamiento rápido																
Garganta F4 - F5																
Chute de Salida																
Rodillos n°1 al 4 zonas F1 - F2																
Transmisión central n°1 (rodillos 1 al 4)																
Rodillos n°5 al 14 zonas F3 - F4 - F5																
Transmisión central n°2 (rodillos 5 al 14)																
Sistema lubr. centralizado horno EFCO																

<b>Control material de llegada</b>	
<b>Control cinta durante proceso</b>	

<b>Observaciones</b>	
----------------------	--

<b>Encargado</b>		<b>Firma</b>	
------------------	--	--------------	--

<b>Línea Zincalum</b>	<b>Compañía Siderúrgica Huachipato S.A.</b>	<b>Turno</b>	<b>Fecha</b>
<b>TPM</b>	<b>Mantenimiento Autónomo - Hoja de Inspección</b>		

<b>¿Es correcto el funcionamiento del equipo en los siguientes aspectos?</b>	<b>Lubricación</b>		<b>Apriete de tuercas y pernos</b>		<b>Sistema mecánico</b>		<b>Sistema eléctrico</b>		<b>Sistema neumático</b>		<b>Sistema hidráulico</b>		<b>Sistema de conducción</b>		<b>Seguridad y medio ambiente</b>		
	<b>Si</b>	<b>No</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>	
<b>Equipos Zona Recubrimiento</b>																	
Instrumentos																	
Crisol de Fusión lingotes AJAX																	
Crisol de Recubrimiento AJAX																	
Rodillos sumergidos crisol de recubrimiento																	
Transmisión estabilizador motriz																	
Cuchillos de aire Sifones																	
Elevadores cuchillos de aire Kohler																	
Posicionadores frontal cuchillos de aire																	
Posicionador estabilizador frontal																	
Vent.Enfriamiento Inductor techo s/control																	
Cabinas fuerza inductores																	

<b>Control material de llegada</b>	
<b>Control cinta durante proceso</b>	

<b>Observaciones</b>	
----------------------	--

<b>Encargado</b>		<b>Firma</b>	
------------------	--	--------------	--

<b>Línea Zocalum</b>	<b>Compañía Siderúrgica Huachipato S.A.</b>	<b>Turno</b>	<b>Fecha</b>
<b>TPM</b>	<b>Mantenimiento Autónomo - Hoja de Inspección</b>		

<i>¿Es correcto el funcionamiento del equipo en los siguientes aspectos?</i>	Lubricación		Apriete de tuercas y pernos		Sistema mecánico		Sistema eléctrico		Sistema neumático		Sistema hidráulico		Sistema de conducción		Seguridad y medio ambiente	
	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
<b>Equipos Zona Enfriamiento Recubrimiento</b>																
Instrumentos																
Enfriador vertical abatible																
Rodillo deflector n°2																
Ircon n°5																
Enfriador horizontal n°2																
Enfriador horizontal n°3																
Centrador de cinta n°4																

<b>Control material de llegada</b>	
<b>Control cinta durante proceso</b>	

<b>Observaciones</b>	
----------------------	--

<b>Encargado</b>		<b>Firma</b>	
------------------	--	--------------	--

<b>Línea Zinalum</b>	<b>Compañía Siderúrgica Huachipato S.A.</b>	<b>Turno</b>	<b>Fecha</b>
<b>TPM</b>	<b>Mantenimiento Autónomo - Hoja de Inspección</b>		

¿Es correcto el funcionamiento del equipo en los siguientes aspectos?	Lubricación		Apriete de tuercas y pernos		Sistema mecánico		Sistema eléctrico		Sistema neumático		Sistema hidráulico		Sistema de conducción		Seguridad y medio ambiente	
	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
<b>Equipos Zona de Salida</b>																
Rodillos estrujadores n°1																
Rodillo superior																
Medidor recubrimiento																
Unides detector soldadura n°2																
Nivelador																
Rodillo deflector n°3 entr.E/quim. 25" " x 6																
Estanque tratamiento químico																
Rodillo estrujador n°3																
Rodillo estrujador n°4																
Cabezal secador aire caliente n°2																
Estación inspección																
Brida n°3																
Aceitador																
Rodillo arrastre n°4 guillotina volante																
Guillotina volante																
Mesa salida guillotina volante																
Rodillo deflector enrollador n°1																
Seguidor borde enrollador n°1																
Mesa enhebradora enrollador n°1																
Enrollador n°1																
Enhebrador de correas enrollador n°1																
Carro extractor rollos n°1																
Soporte rollos n°3																
Mesa traspaso a enrollador n°2																
Rodillo deflector enrollador n°2																
Seguidor borde enrollador n°2																
Mesa enhebradora enrollador n°2																
Enrollador n°2																
Enhebrador de correas enrollador n°2																
Carro extractor rollos n°2																
Soporte rollos n°4																

<b>Control material de llegada</b>	
<b>Control cinta durante proceso</b>	

<b>Observaciones</b>	
----------------------	--

<b>Encargado</b>		<b>Firma</b>	
------------------	--	--------------	--

<b>Línea Zincalum</b>	<b>Compañía Siderúrgica Huachipato S.A.</b>	<b>Turno</b>	<b>Fecha</b>
<b>TPM</b>	<b>Mantenimiento Autónomo - Hoja de Inspección</b>		

¿Es correcto el funcionamiento del equipo en los siguientes aspectos?	Lubricación		Apriete de tuercas y pernos		Sistema mecánico		Sistema eléctrico		Sistema neumático		Sistema hidráulico		Sistema de conducción		Seguridad y medio ambiente		
	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No	
<b>Sistemas</b>																	
Sistema hidráulico gral.zona entrada																	
Sistema hidráulico centrador cinta n°1-2-3																	
Sistema hidráulico centrador cinta n°4																	
Sistema hidráulico gral.zona salida																	
Sistema hidráulico control borde enrolladores																	
Sistema lubricador aceite reductor nivelador																	
Sistema lubricador aceite ejes trans. Nivelador																	
Sistema neumático control horno EFCO																	
Sistema extracción gases horno EFCO																	
Sistema alimentación gas zona F1																	
Sistema aire combustión zona F1																	
Sistema alimentación gas zona F2																	
Sistema aire combustión zona F2																	
Sistema combustión pilotos zona F1-F2																	
Sist.alimen.gas tubos radiantes zona F3																	
Sist.aire combustión tubos radiantes F3																	
Sistema adición atmósfera horno EFCO																	
Mediciones secador																	
Sist. Disociador amoniaco																	
Sist.alimentación nitrógeno emergencia																	
Sist.extrac.agua subterráneo Z/recub																	
Insuflado cuchillo aire Cont.Esp.Recub																	
Aire enfriamiento enfriador vertical n°1																	
Aire enfriamiento enfriador horizontal n°2																	
Aire enfriamiento enfriador vertical n°3																	
Aire caliente secador cinta n°1																	
Sist.secado aire comprimido Med.Recub.Rx																	
Sist.Contr.Sol.Estanq.Tratam.Quim.																	
Aire Caliente Secador cinta n°2																	
Sist. Alimentación agua industrial																	
Ventilación salas y controles eléctricos																	
Grupo generador Diesel de emergencia																	

<b>Control material de llegada</b>	
<b>Control cinta durante proceso</b>	

<b>Observaciones</b>	
----------------------	--

<b>Encargado</b>		<b>Firma</b>	
------------------	--	--------------	--



<b>Línea Zincalum</b>	<b>Compañía Siderúrgica Huachipato S.A.</b>	<b>Turno</b>	<b>Fecha</b>
<b>TPM</b>	<b>Mantenimiento Autónomo - Hoja de Inspección</b>		

<b>Púlpitos, Salas de Control, Equipos Auxiliares</b>	<b>Control General (Observaciones)</b>
Cabina control inductor P1	
Cabina control inductor P2	
Cabina control auxiliar inductor P1 - P2	
Cabina control inductor G1	
Cabina control inductor G2	
Cabina control inductor G3	
Cabina control inductor G4	
Cabina control auxiliar inductor P1 - P2	
Cabina control inductor G1	
Cabina control inductor G2	
Cabina control auxiliar inductor G1 a G4	
Gabinete medidor recubrimiento	
Control canaleta Trasvasije	
Cabinas 138 KV	
MCC'S	
Cabinas de control Reliance	
Transformadores de aislación	
Soporte armado rodillo Sink Roll	
Horno Calentamiento rodillo Sink Roll	
Baño	

<b>Control material de llegada</b>	
<b>Control cinta durante proceso</b>	

<b>Observaciones</b>	
----------------------	--

<b>Encargado</b>		<b>Firma</b>	
------------------	--	--------------	--

## **Anexo C**

### **Hojas o Planillas de Inspección a equipos críticos**

<b>Línea Zincalum</b>	<b>Compañía Siderúrgica Huachipato S.A.</b>	<b>Encargados</b>
<b>TPM</b>	<b>Mantenimiento Planificado Inspección a equipos críticos</b>	
<b>Fecha</b>		

<b>Desenrollador n°1</b>	<b>¿Es correcto el funcionamiento?</b>		<b>¿Son correctas las condiciones de seguridad y medio ambiente?</b>		<b>Observaciones / Mejoras</b>
	<b>Sí</b>	<b>No</b>	<b>Sí</b>	<b>No</b>	
Bancada Traslación					
Cilindro Hidráulico Centrado					
Bastidor Desenrollador					
Mandril					
Segmentos					
Eje					
Cilindro Hidráulico Rotatorio Expansión					
Distribuidor Hidráulico Rotatorio					
Sprocket Transmisión Enhebrado					
Motoreductor Rotación Enhebrado					
Motor Reductor CA Desenrollador N° 1					
Reductor N° 184 TC/M 40A 121:1					
Embrague Fawick 10 Tipo CB-300					
Freno Wichita ATD-118 Mandril					
Interruptor Flujo Fairchild TB5226-9					
Equipo Cálculo Diámetro					
Codificador Resolver Calculo Diámetro Desenrollador N° 1					
Transmisión					
Circuito Centralizado Lubricación					
Circuito Neumático Freno-Embrague					

<b>Observaciones Generales</b>	
--------------------------------	--

<b>Línea Zincalum</b>	<b>Compañía Siderúrgica Huachipato S.A.</b>	<b>Encargados</b>
<b>TPM</b>	<b>Mantenimiento Planificado Inspección a equipos críticos</b>	
<b>Fecha</b>		

<b>Desenrollador n°2</b>	<b>¿Es correcto el funcionamiento?</b>		<b>¿Son correctas las condiciones de seguridad y medio ambiente?</b>		<b>Observaciones / Mejoras</b>
	<b>Sí</b>	<b>No</b>	<b>Sí</b>	<b>No</b>	
Bancada Traslación					
Cilindro Hidráulico Centrado					
Bastidor Desenrollador					
Mandril					
Segmentos					
Eje					
Cilindro Hidráulico Rotatorio Expansión					
Distribuidor Hidráulico Rotatorio					
Sprocket Transmisión Enhebrado					
Motoreductor Rotación Enhebrado					
Motor Reductor CA Desenrollador N° 2					
Reductor N° 184 TC/M 40A 121:1					
Embrague Fawick 10 Tipo CB-300					
Freno Wichita ATD-118 Mandril					
Interruptor Flujo Fairchild TB5226-9					
Equipo Cálculo Diámetro					
Codificador Resolver Calculo Diámetro Desenrollador N° 2					
Transmisión					
Circuito Centralizado Lubricación					
Circuito Neumático Freno-Embrague					

<b>Observaciones Generales</b>	
--------------------------------	--

<b>Línea Zincalum</b>	<b>Compañía Siderúrgica Huachipato S.A.</b>	<b>Encargados</b>
<b>TPM</b>	<b>Mantenimiento Planificado Inspección a equipos críticos</b>	
<b>Fecha</b>		

<b>Brida n°1</b>	¿Es correcto el funcionamiento?		¿Son correctas las condiciones de seguridad y medio ambiente?		<b>Observaciones / Mejoras</b>
	Sí	No	Sí	No	
Bastidor Estructural					
Rodillo Tensor N° 1 Superior					
Motor CC Rodillo 1 Brida N° 1					
Motor CA Ventilación Forzada Motor 1 Brida N° 1					
Freno Disco Motor 1 Brida N° 1					
Rodillo Sujetador Superior					
Solenoide 33AS2, Abrir/Cerrar Rodillo Sujetador N°2					
Límite Posición Sujetador Rodillo N°1 Brida N° 1					
Descansos					
Cilindros Neumáticos Accionamiento					
Transmisión					
Rodillo Tensor N° 2 Inferior					
Motor CC Rodillo 2 Brida N° 1					
Motor CA Ventilación Forzada Motor 2 Brida N° 1					
Freno Disco Motor 2 Brida N° 1					
Codificador Resolver Motor Rodillo 2 Brida N° 1					
Rodillo Sujetador Inferior					
Solenoide 33AS2, Abrir/Cerrar Rodillo Sujetador N°2					
Límite Posición Sujetador Rodillo N° 2 Brida N° 2					
Descansos					
Cilindros Neumáticos Accionamiento					
Transmisión					
Circuito Lubricación Farval					
Circuito Neumático					

<b>Observaciones Generales</b>	
--------------------------------	--

<b>Línea Zincalum</b>	<b>Compañía Siderúrgica Huachipato S.A.</b>	<b>Encargados</b>
<b>TPM</b>	<b>Mantenimiento Planificado Inspección a equipos críticos</b>	
<b>Fecha</b>		

<b>Brida n°2</b>	¿Es correcto el funcionamiento?		¿Son correctas las condiciones de seguridad y medio ambiente?		<b>Observaciones / Mejoras</b>
	Sí	No	Sí	No	
Bastidor Estructural					
Rodillo Tensor N° 1 Inferior					
Motor CC Rodillo 1 Brida N° 2					
Motor CA Vent. Forzada Rodillo 1 Brida N° 2					
Freno Disco Motor 1 Brida N° 2					
Rodillo Sujetador Brida Inferior					
Solenoide 43AS1, Abrir/Cerrar Rodillo Sujetador N° 1					
Límite Posición Sujetador Rodillo N° 1					
Descansos					
Cilindros Neumáticos Accionamiento					
Transmisión					
Rodillo Tensor N° 2 Superior					
Motor CC Rodillo 2 Brida N° 2					
Motor CA Vent. Forzada Rodillo 2 Brida N° 2					
Freno Disco Motor 2 Brida N° 2					
Codificador Resolver Rodillo 2 Brida N° 2					
Rodillo Sujetador Brida Superior					
Solenoide 43AS2, Abrir/Cerrar Rodillo Sujetador N°2					
Límite Posición Sujetador Rodillo N° 2					
Descansos					
Cilindros Neumáticos Accionamiento					
Transmisión					
Circuito Lubricación Farval					
Circuito Neumático					

<b>Observaciones Generales</b>	
--------------------------------	--

<b>Línea Zincolum</b>	<b>Compañía Siderúrgica Huachipato S.A.</b>	<b>Encargados</b>
<b>TPM</b>	<b>Mantenimiento Planificado</b>	
<b>Fecha</b>	<b>Inspección a equipos críticos</b>	

<b>Brida n°3</b>	<b>¿Es correcto el funcionamiento?</b>		<b>¿Son correctas las condiciones de seguridad y medio ambiente?</b>		<b>Observaciones / Mejoras</b>
	<b>Sí</b>	<b>No</b>	<b>Sí</b>	<b>No</b>	
Bastidor Estructural					
Rodillo Tensor N° 1 Inferior					
Motor CC Rodillo 1 Brida N° 3					
Motor CA Vent. Forzada Motor 1 Brida N° 3					
Freno Disco Motor 1 Brida N° 3					
Rodillo Sujetador Rodillo Brida Inferior					
Solenoides 43AS1, Abrir/Cerrar Rodillo Sujetador N° 1					
Limite Posición Sujetador Rodillo 1 Brida 3					
Cilindros Neumáticos Accionamiento					
Transmisión					
Rodillo Tensor N° 2 Superior					
Motor CC Rodillo 2 Brida N° 3					
Motor CA Vent. Forzada Motor 2 Brida N° 3					
Freno Disco Motor 2 Brida N° 3					
Codificador Resolver Rodillo 2 Brida N° 3					
Rodillo Sujetador Rodillo Brida Superior					
Solenoides 75AS2, Abrir/Cerrar Rodillo Sujetador N°2					
Limite Posición Sujetador Rodillo 2 Brida 3					
Cilindros Neumáticos Accionamiento					
Transmisión					
Circuito Lubricación Farval					
Circuito Neumático					

<b>Observaciones Generales</b>	
--------------------------------	--

<b>Línea Zincolum</b>	<b>Compañía Siderúrgica Huachipato S.A.</b>	<b>Encargados</b>
<b>TPM</b>	<b>Mantenimiento Planificado</b>	
<b>Fecha</b>	<b>Inspección a equipos críticos</b>	

<b>Enrollador n°1</b>	<b>¿Es correcto el funcionamiento?</b>		<b>¿Son correctas las condiciones de seguridad y medio ambiente?</b>		<b>Observaciones / Mejoras</b>
	<b>Sí</b>	<b>No</b>	<b>Sí</b>	<b>No</b>	
Bancada Traslación					
Limite Posición Mandril Centrado In Enrollador N° 1					
Limite Posición Mandril Centrado Out Enrollador N° 1					
Cilindro Hidráulico Centrado					
Corredora Desplazamiento					
Bastidor Desenrollador					
Ruedas Guía Ajustable (Cam Roll)					
Mandril					
Medidor RPM					
Segmentos					
Eje					
Cilindro Hidráulico Rotatorio Expansión					
Distribuidor Hidráulico Rotatorio					
Transmisión					
Motor CC Enrollador N° 1					
Motor CA Vent. Forzada Motor Enrollador 1					
Freno Disco Motor Enrollador N° 1					
Codificador Resolver Enrollador N° 1					
Over Speed Motor Enrollador N° 1					
Reductor H&S 130D					
Botador Rollos					
Limite Posición Plato Empujador Enrollador N° 1					
Cabezal Empujador					
Guías Desplazamiento					
Cilindro Hidráulico					
Circuito Centralizado Lubricación					
Cajas Distribución					

<b>Observaciones Generales</b>	
--------------------------------	--

<b>Línea Zincalum</b>	<b>Compañía Siderúrgica Huachipato S.A.</b>	<b>Encargados</b>
<b>TPM</b>	<b>Mantenimiento Planificado</b> <b>Inspección a equipos críticos</b>	
<b>Fecha</b>		

<b>Enrollador n°2</b>	<b>¿Es correcto el funcionamiento?</b>		<b>¿Son correctas las condiciones de seguridad y medio ambiente?</b>		<b>Observaciones / Mejoras</b>
	<b>Sí</b>	<b>No</b>	<b>Sí</b>	<b>No</b>	
<b>Bancada Traslación</b>					
Límite Posición Mandril Centrado In Enrollador N° 2					
Límite Posición Mandril Centrado Out Enrollador N° 2					
Cilindro Hidráulico Centrado					
Corredera Desplazamiento					
<b>Bastidor Desenrollador</b>					
Ruedas Guía Ajustable (Cam Roll)					
Mandril					
Medidor RPM					
Segmentos					
Eje					
Cilindro Hidráulico Rotatorio Expansión					
Distribuidor Hidráulico Rotatorio					
<b>Transmisión</b>					
Motor CC Enrollador N° 2					
Motor CA Vent. Forzada Motor Enrollador N° 2					
Freno Disco Motor Enrollador N° 2					
Over Speed Motor Enrollador N° 2					
Codificador Resolver Enrollador N° 2					
Reductor H&S 130D					
<b>Botador Rollos</b>					
Límite Posición Plato Empujador Enrollador N° 2					
Cabezal Empujador					
Guías Desplazamiento					
Cilindro Hidráulico					
<b>Circuito Centralizado Lubricación</b>					
Cajas Distribución					

<b>Observaciones Generales</b>	
--------------------------------	--

<b>Línea Zincalum</b>	<b>Compañía Siderúrgica Huachipato S.A.</b>	<b>Encargados</b>
<b>TPM</b>	<b>Mantenimiento Planificado</b> <b>Inspección a equipos críticos</b>	
<b>Fecha</b>		

<b>Crisol de Fusión</b>	<b>¿Es correcto el funcionamiento?</b>		<b>¿Son correctas las condiciones de seguridad y medio ambiente?</b>		<b>Observaciones / Mejoras</b>
	<b>Sí</b>	<b>No</b>	<b>Sí</b>	<b>No</b>	
Control Temperatura Crisol Fusión					
Inductor P1					
Medición Temperatura Inductor P1					
Motor CA Ventilador N° 1, Inductor P1					
Motor CA Ventilador N° 2, Inductor P1					
Inductor P2					
Medición Temperatura Inductor P2					
Motor CA Ventilador N° 1, Inductor P2					
Motor CA Ventilador N° 2, Inductor P2					

<b>Observaciones Generales</b>	
--------------------------------	--

<b>Línea Zincalum</b>	<b>Compañía Siderúrgica Huachipato S.A.</b>	<b>Encargados</b>
<b>TPM</b>	<b>Mantenimiento Planificado</b> <b>Inspección a equipos críticos</b>	
<b>Fecha</b>		

<b>Crisol de Recubrimiento</b>	<b>¿Es correcto el funcionamiento?</b>		<b>¿Son correctas las condiciones de seguridad y medio ambiente?</b>		<b>Observaciones / Mejoras</b>
	<b>Sí</b>	<b>No</b>	<b>Sí</b>	<b>No</b>	
Control Temperatura Crisol Recubrimiento					
Inductor G1					
Medición Temperatura (4 Tc-K)					
Motor CA Ventilador N° 1, Inductor G1					
Motor CA Ventilador N° 2, Inductor G1					
Inductor G2					
Medición Temperatura (4 Tc-K)					
Motor CA Ventilador N° 1, Inductor G2					
Motor CA Ventilador N° 2, Inductor G2					
Inductor G3					
Medición Temperatura (4 Tc-K)					
Motor CA Ventilador N° 1, Inductor G3					
Motor CA Ventilador N° 2, Inductor G3					
Inductor G4					
Medición Temperatura (4 Tc-K)					
Motor CA Ventilador N° 1, Inductor G4					
Motor CA Ventilador N° 2, Inductor G4					

<b>Observaciones Generales</b>	
--------------------------------	--

<b>Línea Zincalum</b>	<b>Compañía Siderúrgica Huachipato S.A.</b>	<b>Encargados</b>
<b>TPM</b>	<b>Mantenimiento Planificado</b> <b>Inspección a equipos críticos</b>	
<b>Fecha</b>		

<b>Rodillos de Fondo</b>	<b>¿Es correcto el funcionamiento?</b>		<b>¿Son correctas las condiciones de seguridad y medio ambiente?</b>		<b>Observaciones / Mejoras</b>
	<b>Sí</b>	<b>No</b>	<b>Sí</b>	<b>No</b>	
Conjunto Sink Roll					
Conjunto Estabilizador Frontal					

<b>Observaciones Generales</b>	
--------------------------------	--

<b>Línea Zincalum</b>	<b>Compañía Siderúrgica Huachipato S.A.</b>	<b>Encargados</b>
<b>TPM</b>	<b>Mantenimiento Planificado Inspección a equipos críticos</b>	
<b>Fecha</b>		

<b>Guillotina Volante</b>	<b>¿Es correcto el funcionamiento?</b>		<b>¿Son correctas las condiciones de seguridad y medio ambiente?</b>		<b>Observaciones / Mejoras</b>
	<b>Sí</b>	<b>No</b>	<b>Sí</b>	<b>No</b>	
Bastidor Fijo					
Riel Corredera					
Porta-Cuchillo					
Bastidor Móvil (Ram)					
Límite Parada Guillotina Volante					
Ruedas Guía Ajustable (Cam Roll)					
Porta-Cuchillo					
Accionamiento Corte					
Motor CA Guillotina Volante					
Reductor Lado Cerro					
Reductor Lado Mar					
Freno					
Embrague					
Cuchillos					
Circuito Neumático					
Circuito Lubricación Reductores					
Motor CA Bomba Lubricación Reductor Guillotina					

<b>Observaciones Generales</b>	
--------------------------------	--



<b>Línea Zincalum</b>	<b>Compañía Siderúrgica Huachipato S.A.</b>	<b>Encargados</b>
<b>TPM</b>	<b>Mantenimiento Planificado</b>	
<b>Fecha</b>	<b>Inspección a equipos críticos</b>	

Nivelador	¿Es correcto el funcionamiento?		¿Son correctas las condiciones de seguridad y medio ambiente?		Observaciones / Mejoras
	Si	No	Si	No	
Motor CC Nivelador					
Motor CA Vent. Forzada Motor Nivelador					
Motor CA Tornillo Ajuste Entrada Nivelador					
Motor CA Tornillo Ajuste Salida Nivelador					
Límite Máxima Apertura Nivelador					
Límite Carrera Reducir/Aumentar Cuña N° 2					
Límite Abertura Tornillo Entrada Nivelador					
Límite Carrera Reducir/Aumentar Cuña N° 3					
Límite Cierre Tornillo Entrada Nivelador					
Límite Carrera Reducir/Aumentar Cuña N° 4					
Límite Abertura Tornillo Salida Nivelador					
Límite Cierre Tornillo Salida Nivelador					
Bastidor Fijo, Inferior					
Motor Reductor Ajuste Cuña N° 2 Bastidor Fijo Nivelador					
Motor Reductor Ajuste Cuña N° 3 Bastidor Fijo Nivelador					
Motor Reductor Ajuste Cuña N° 4 Bastidor Fijo Nivelador					
Cama N° 1 Rodillos Apoyo, Regulable					
Cama N° 2 Rodillos Apoyo, Regulable					
Cama N° 3 Rodillos Apoyo, Regulable					
Cama N° 4 Rodillos Apoyo, Regulable					
Cama N° 5 Rodillos Apoyo, Regulable					
Rodillos Intermedios					
Rodillos Trabajo					
Bloque Descanso Lado Cerro					
Bloque Descanso Lado Mar					
Bastidor Móvil, Superior					
Cama N° 1 Rodillos Apoyo					
Cama N° 2 Rodillos Apoyo					
Cama N° 3 Rodillos Apoyo					
Cama N° 4 Rodillos Apoyo					
Cama N° 5 Rodillos Apoyo					
Rodillos Intermedios					
Rodillos Trabajo					
Bloque Descanso Lado Cerro					
Bloque Descanso Lado Mar					
Transmisión					
Reductor					
Ejes Transmisión					

<b>Observaciones Generales</b>	
--------------------------------	--

<b>Línea Zincalum</b>	<b>Compañía Siderúrgica Huachipato S.A.</b>	<b>Encargados</b>
<b>TPM</b>	<b>Mantenimiento Planificado Inspección a equipos críticos</b>	
<b>Fecha</b>		

<b>Soldadora Taylor Winfield</b>	<b>¿Es correcto el funcionamiento?</b>		<b>¿Son correctas las condiciones de seguridad y medio ambiente?</b>		<b>Observaciones / Mejoras</b>
	<b>Sí</b>	<b>No</b>	<b>Sí</b>	<b>No</b>	
Soldadora Taylor Winfield					
Panel Control Soldadora 32CP1					
Panel Fuerza Soldadora 32PP1					
Panel Fuerza Carro 32PP2					
Sensores Límites Electroválvulas					
Bastidor Estructural					
Guías Desgaste Paso Cinta					
Placa Contacto					
Transformador Soldado					
Transformador Soldado					
Circuito Agua Enfriamiento					
Carro Portacabezal Electrodo Soldado					
Bastidor					
Ruedas Guía					
Rieles Traslación					
Transmisión Carro Porta-Electrodos					
Motor CA Carro Porta Electrodo					
Tuerca-Tornillo Posicionador					
Reductor					
Copla Seguridad					
Guías Centradoras Entrada					
Mecanismo Ajuste Posición					
Cilindro Neumático 4 x 18 1cu					
Guías Centradoras Salida					
Mecanismo Ajuste Posición					
Cilindro Neumático					
Cabezal Porta-Electrodos					
Disco Electrodo					
Cilindro Neumático 6 Pg. x 6 Pg. (2)					
Perforador Cinta					
Punzón					
Sufridera					
Cilindro Neumático					
Mordaza Entrada					
Guías					
Cilindro Neumático 7 Pg. x 7-1/2 Pg. (1)					
Mordaza Central					
Placa Contacto					
Guías					
Cilindro Neumático 5 Pg. x 4 Pg. (2)					
Circuito Centralizado Lubricación					
Bomba Manual					
Cajas Distribución					
Circuitos Neumáticos					

<b>Observaciones Generales</b>	
--------------------------------	--

<b>Línea Zincalum</b>	<b>Compañía Siderúrgica Huachipato S.A.</b>	<b>Encargados</b>
<b>TPM</b>	<b>Mantenimiento Planificado</b>	
<b>Fecha</b>	<b>Inspección a equipos críticos</b>	

<b>Acumulador</b>	<b>¿Es correcto el funcionamiento?</b>		<b>¿Son correctas las condiciones de seguridad y medio ambiente?</b>		<b>Observaciones / Mejoras</b>
	<b>Sí</b>	<b>No</b>	<b>Sí</b>	<b>No</b>	
Bastidor Soporte Cabezal Sur (Equipos Varios)					
Estructura					
Pernos Anclaje					
Brazo Intermedio Soporte Cinta N° 1					
Estructura Soporte					
Bastidor Móvil					
Rodillos 3-1/2 Pg. x 60 Pg.					
Mecanismo Abertura y Cierre					
Palanca Accionamiento					
Brazo Intermedio Soporte Cinta N° 2					
Estructura Soporte					
Bastidor Móvil					
Rodillos 3-1/2 Pg. x 60 Pg.					
Mecanismo Abertura y Cierre					
Palanca Accionamiento					
Rieles y Polines Guía Carro Acumulador					
Carro Móvil Acumulador					
Transmisión, Sistema Motriz Acumulador					
Motor CC Carro Acumulador					
Motor CA Vent. Forzada Motor Acumulador					
Freno Motor Carro Acumulador					
Codificador Resolver Motor Acumulador					
Codificador Resolver Posición Carro Acumulador					
Sensor Sobrevelocidad 38SP1 Carro					
Limite Posición Acumulador Totalmente Lleno					
Limite Posición Acumulador Totalmente Vacío					
Carro Móvil					
Bastidor					
Ruedas Traslación Eje Norte					
Ruedas Traslación Eje Sur					
Rodillo Deflector Superior					
Rodillo Deflector Intermedio					
Rodillo Deflector Inferior					
Rodillos Guía Intermedios					
Catalinas Cable Tiro Acumulador					
Guías Accionamiento Brazos Intermedios					

<b>Observaciones Generales</b>	
--------------------------------	--

<b>Línea Zincalum</b>	<b>Compañía Siderúrgica Huachipato S.A.</b>	<b>Encargados</b>
<b>TPM</b>	<b>Mantenimiento Planificado</b>	
<b>Fecha</b>	<b>Inspección a equipos críticos</b>	

<b>Horno Electric Furnace</b>	<b>¿Es correcto el funcionamiento?</b>		<b>¿Son correctas las condiciones de seguridad y medio ambiente?</b>		<b>Observaciones / Mejoras</b>
	<b>Sí</b>	<b>No</b>	<b>Sí</b>	<b>No</b>	
Rodillos de Sello					
Túnel Entrada y Ducto Salida Gases (Tunnel)					
Horno Pre calentamiento F1 y F2 (Pre-Heat Furnace)					
Garganta F2-F3 (Throat)					
Horno Tubos Radiantes F3 (Radiant Tube Furnace)					
Zona Enfriamiento Estático (Static Cool)					
Zona Enfriamiento Rápido F4 (Jet Cooling )					
Garganta F4-F5 (Throat)					
Zona Enfriamiento Lento F5 (Air Tube Cool)					
Rodillos N° 1 al 4. Zonas F1 - F2					
Transmisión Central N° 1 (Rodillos 1 al 4)					
Rodillos N° 5 al 14. Zonas F3 - F4 y F5					
Transmisión Central N° 2 (Rodillos 5 al 14)					
Sistema Lubricación Centralizado Horno EFCO					

<b>Observaciones Generales</b>	
--------------------------------	--

## **ANEXO D**

**N° asignado a equipos para programa  
de limpieza**

Equipos Zona de entrada	N° asignado
Instrumentos	1
Soporte rollos n°1	2
Carro alimentador rollos n°1	3
Desenrollador n°1	4
Rodillo Sujetador Desenrollador n°1	5
Mesa enhebradora n°1	6
Rodillo de Arrastre n°1	7
Guillotina n°1	8
Mesa traspaso superior n°1 abatible	9
Carro Scrap n°1	10
Rodillo Snubber 1 Intermedio Mesa Traspaso	11
Mesa traspaso superior n°2	12
Rodillo Snubber n°2	13
Mesa traspaso superior bajada n°3	14
Soporte Rollos n°2	15
Carro alimentador rollos n°2	16
Desenrollador n°2	17
Rodillo sujetador desenrollador n°2	18
Mesa enhebradora n°2	19
Rodillo de arrastre n°2	20
Guillotina n°2	21
Carro Scrap n°2	22
Mesa de traspaso inferior n°4 abatible	23
Bastidor abatible rodillo motorizado	24
Soldadora Taylor Winfield	25
Brida n°1	26

Equipos Zona acumulador y entrada horno	N° asignado
Bastidor soporte cabezal sur	27
Seguidor de cinta centrador n°1	28
Centrador cinta n°1	29
Rodillo deflector n°1	30
Brazo intermedio soporte cinta n°1	31
Brazo intermedio soporte cinta n°2	32
Rieles y polines guía carro acumulador	33
Carro móvil acumulador	34
Seguidor de cinta centrador n°2	35
Centrador de cinta n°2	36
Centrador de cinta n°3	37
Brida n°2	38
Rodillo Tensiómetro	39
Detector soldadura n°1	40
Mesa entrada horno n°1	41
Mesa entrada horno n°2	42

Equipos Zona Horno electric furnace	N° asignado
Rodillo de sello	43
Túnel de entrada y ducto salida de gases	44
Horno precalentamiento F1 y F2	45
Garganta F2 - F3	46
Horno tubos radiantes F3	47
Zona de enfriamiento estático	48
Zona de enfriamiento rápido	49
Garganta F4 - F5	50
Zona enfriamiento lento F5	51
Chute de Salida	52
Rodillos n°1 al 4 zonas F1 - F2	53
Transmisión central n°1 (rodillos 1 al 4)	54
Rodillos n°5 al 14 zonas F3 - F4 - F5	55
Transmisión central n°2 (rodillos 5 al 14)	56
Sistema lubr. centralizado horno EFCO	57

Equipos Zona recubrimiento	N° asignado
Instrumentos	58
Crisol de Fusión lingotes AJAX	59
Crisol de Recubrimiento AJAX	60
Rodillos sumergidos crisol de recubrimiento	61
Transmisión estabilizador motriz	62
Cuchillos de aire Sifones	63
Elevadores cuchillos de aire Kohler	64
Posicionadores frontal cuchillos de aire	65
Posicionador estabilizador frontal	66
Vent.Enfriamiento.Inductor techo s/control	67
Cabinas fuerza inductores	68

Equipos Zona enfriamiento recubrimiento	N° asignado
Instrumentos	69
Enfriador vertical abatible	70
Rodillo deflector n°2	71
Ircon n°5	72
Enfriador horizontal n°2	73
Enfriador horizontal n°3	74
Centrador de cinta n°4	75

Equipos Zona salida	N° asignado
Estanque agua enfriamiento rápido (Quench)	76
Rodillos estrujadores n°1	77
Rodillo superior	78
Medidor recubrimiento	79
Unides detector soldadura n°2	80
Nivelador	81
Rodillo deflector n°3 entr.E/quim. 25" x 6	82
Estanque tratamiento químico	83
Rodillo estrujador n°3	84
Rodillo estrujador n°4	85
Cabezal secador aire caliente n°2	86
Estación inspección	87
Brida n°3	88
Aceitador	89
Rodillo arrastre n°4 guillotina volante	90
Guillotina volante	91
Mesa salida guillotina volante	92
Rodillo deflector enrollador n°1	93
Seguidor borde enrollador n°1	94
Mesa enhebradora enrollador n°1	95
Enrollador n°1	96
Enhebrador de correas enrollador n°1	97
Carro extractor rollos n°1	98
Soporte rollos n°3	99
Mesa traspaso a enrollador n°2	100
Rodillo deflector enrollador n°2	101
Seguidor borde enrollador n°2	102
Mesa enhebradora enrollador n°2	103
Enrollador n°2	104
Enhebrador de correas enrollador n°2	105
Carro extractor rollos n°2	106
Soporte rollos n°4	107

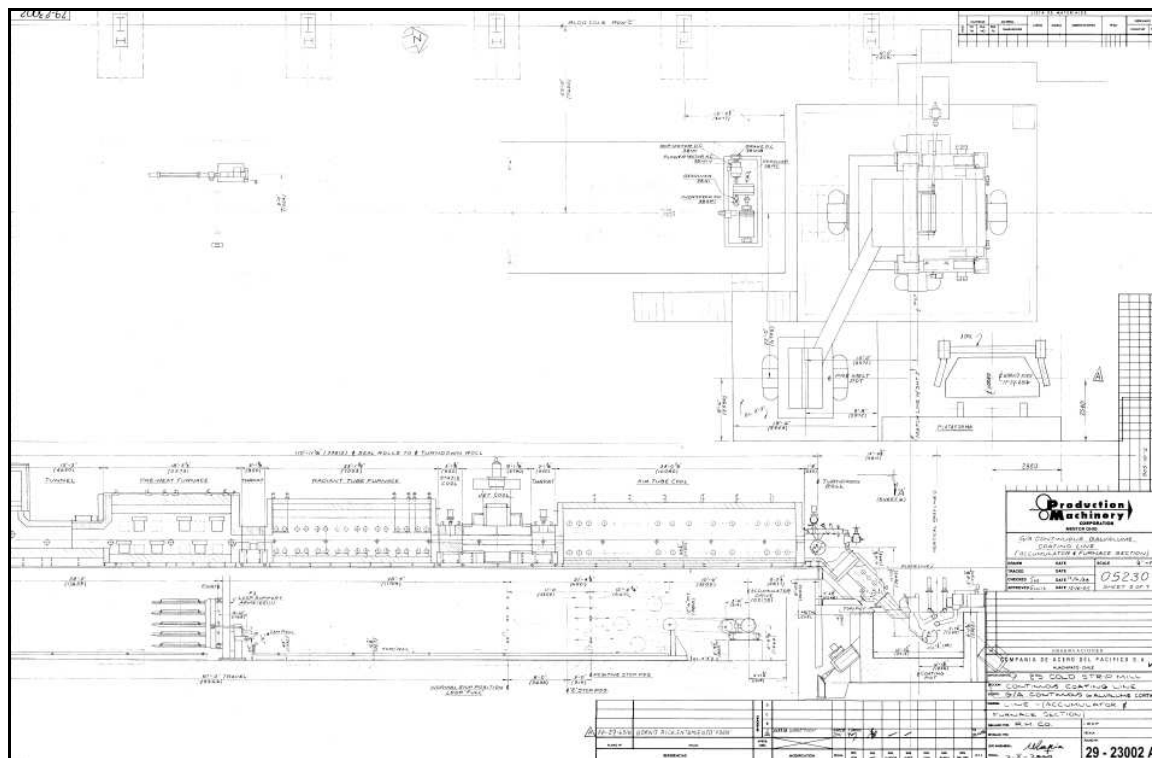
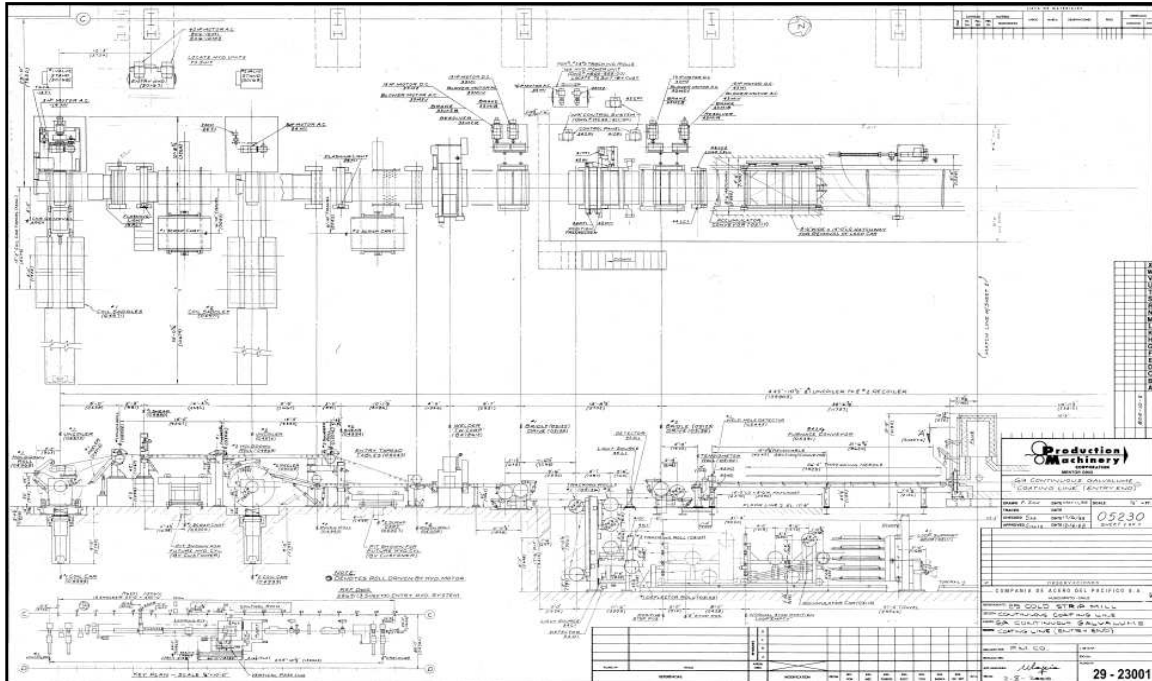
Sistemas	N° asignado
Sistema hidráulico gral.zona entrada	108
Sistema hidráulico centrador cinta n°1-2-3	109
Sistema hidráulico centrador cinta n°4	110
Sistema hidráulico gral.zona salida	111
Sistema hidráulico control borde enrolladores	112
Sistema lubricador aceite reductor nivelador	113
Sistema lubricador aceite ejes trans. Nivelador	114
Sistema neumático control horno EFCO	115
Sistema extracción gases horno EFCO	116
Sistema alimentación gas zona F1	117
Sistema aire combustión zona F1	118
Sistema alimentación gas zona F2	119
Sistema aire combustión zona F2	120
Sistema combustión pilotos zona F1-F2	121
Sist.alimen.gas tubos radiantes zona F3	122
Sist.aire combustión tubos radiantes F3	123
Sistema adición atmósfera horno EFCO	124
Mediciones secador	125
Sist. Disociador amoniaco	126
Sist.alimentación nitrógeno emergencia	127
Sist.extrac.agua subterráneo Z/recub	128
Insuflado cuchillo aire Cont.Esp.Recub	129
Aire enfriamiento enfriador vertical n°1	130
Aire enfriamiento enfriador horizontal n°2	131
Aire enfriamiento enfriador vertical n°3	132
Aire caliente secador cinta n°1	133
Sist.secado aire comprimido Med.Recub.Rx	134
Sist.Contr.Sol.Estanq.Tratam.Quim.	135
Aire Caliente Secador cinta n°2	136
Sist. Alimentación agua industrial	137
Ventilación salas y controles eléctricos	138
Grupo generador Diesel de emergencia	139

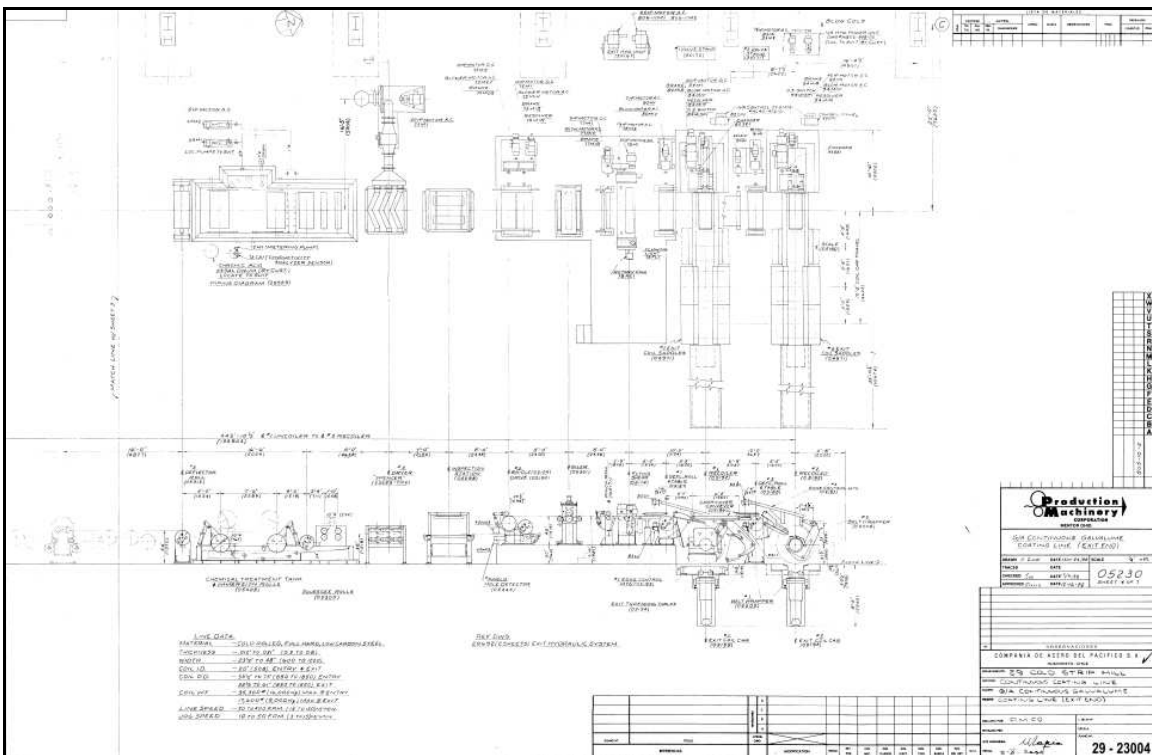
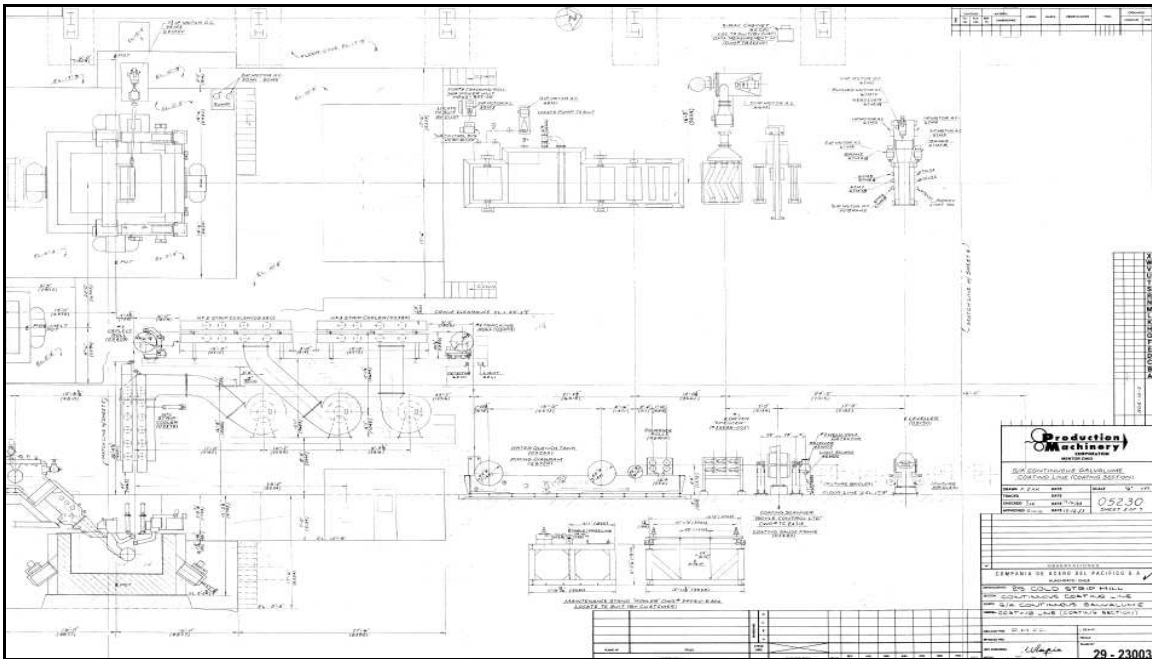
## **Anexo E**

### **Principales planos LZA**



Estos son los planos de LZA en el orden del proceso continuo:





Plano isométrico LZA

