

**UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA**  
**SEDE CONCEPCIÓN – REY BALDUINO DE BELGICA**

**Propuesta para Optimizar el Plan de Conservación de  
Accesos Estructurales en Deterioro, del Área Colada  
Continua de la Siderúrgica Huachipato.**

Trabajo de Titulación para optar al Título de  
Ingeniero en Mantenimiento Industrial.

Alumno:

Javier Enrique Retamal Mansilla

Profesor Guía:

Víctor Valdebenito Cartes



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE  
MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO

1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO ACADÉMICO

Tipo de monografía (marcar una opción): ☒ Memoria o trabajo de título; ☐ Tesis de Postgrado;

Título del trabajo: *Propuesta para optimizar el plan de conservación de accesos estructurales en exterior del Área Colaborativa Continua de la Siderúrgica Huachipato*

Nombre del candidato(a): *Javier Enrique Retamal Mansilla*

Carrera / Grado: *Ingeniería en Mantenimiento Industrial*

Campus: Concepción; Departamento: *Mecánica*

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, *Vicente Voladbeault Cortez*, en mi calidad de profesor(a) guía/director(a) del trabajo académico mencionado anteriormente **DEJO CONSTANCIA** que:

- He revisado esta versión del documento y corresponde a la versión final aprobada del trabajo.
- El trabajo cumple con los requisitos académicos y de formato establecidos por la institución

3.- EVALUACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD POR PROPIEDAD INDUSTRIAL

☒ El trabajo **NO contiene información que amerite confidencialidad** y puede ser publicado de inmediato en repositorio con acceso abierto.

☐ El trabajo **CONTIENE** información con potenciales implicancias de propiedad industrial o intelectual y requiere un periodo de confidencialidad (embargo) por:

☐ 6 meses; ☐ 12 meses; ☐ 2 años; ☐ 3 años; ☐ 5 años; ☐ 10 años

Fundamentación de la necesidad de confidencialidad (obligatorio si se solicita embargo):

4.- FIRMAS

Profesor(a) guía o director(a) de memoria o tesis:

Fecha: *01/10/2025* Firma: *[Firma]*

Estudiante o Candidato(a):

Fecha: *01/10/2025* Firma: *[Firma]*

Este formulario debe ser insertado como página 2 de la memoria o tesis, completado y firmado por estudiante y profesor(a) antes de la entrega en portal PRISMA de Biblioteca USM.



### **AGRADECIMIENTOS.**

En estos tres años intensos en donde aprendí muchas cosas quisiera agradecer primero que todo a las personas que me incentivaron a retomar mis estudios, a mis padres que siempre me han apoyado y dado las herramientas necesarias para afrontar cualquier tipo de situaciones al igual que mi hermana y familiares, a mis amigos los cuales siempre me dieron esas palabras de motivación para poder alcanzar mis objetivos, a los docentes de la universidad técnica federico santa maría con los cuales aprendí mucho, gracias por darme otras perspectivas en el ámbito laboral y profesional y podría decir que hasta me hice rico en conocimientos, al igual que mis compañeros de sección los cuales hicieron un ambiente grato no tanto para mi si no para toda la sección ayudándonos mutuamente en interrogantes que teníamos cada uno, realizando actividades como sección, unificando al grupo y haciendo los días de clase más armoniosos.

Darle las gracias a Dios por siempre guiar mi camino en especial en estos tres años en los cuales siempre estuvo conmigo entregándome salud y buena vida y agradecerme a mi mismo que sin mi motivación constancia e intenciones de estudiar no lo hubiera logrado.

### **DEDICATORIA.**

Este logro va dedicado a todas las personas que creyeron en mí, en mis capacidades, aquellas que siempre quisieron lo mejor para mí en especial a mis padres Enrique y Cristina y mi hermana Carolina que se han esforzado por entregarme cariño, apoyo, amor incondicional y valores los cuales me han servido para ser la persona que hoy en día soy.

Dedicar este logro a esas personas que hoy ya no están físicamente, pero donde quiera que estén se sentirán orgullosos de mí.

## **RESUMEN.**

En la siguiente propuesta de optimización del plan de mantenibilidad asociado a los accesos estructurales en deterioro en el área de Colada Continua de la Siderúrgica Huachipato, ubicado en Gran Bretaña 2910, Talcahuano, Región del Bío Bío, Chile.

La Siderúrgica Huachipato, es una empresa del Grupo CAP y la principal industria productora de acero en Chile. Desde 1950 la compañía empieza con la producción y hasta la actualidad siguen elaborando cantidades de toneladas de acero líquido al año, en donde se obtiene el acero a partir de materias primas básicas, como el mineral de hierro, el carbón y la caliza, los cuales garantizan un producto de alta pureza y calidad.

Desde sus orígenes la empresa se ha regido por los estándares de calidad tales como, Medio Ambiente ISO 14001, Calidad ISO 9001, Seguridad ISO 45001 y Energía 50001.

Acorde a lo anterior, es donde existen deficiencias en dos de los estándares de calidad que se están incumpliendo en el área de colada continua que es el estándar de calidad y seguridad, esto enfocado en el deterioro de los accesos estructurales por donde transitan trabajadores de la empresa mandante y de empresas contratistas en dicha área específicamente en extractoras principales, mesas ART 1 y ART2, mesa de izamiento, carro transferidor y mesa galopante, es por ende que se aplicara un plan de mantenibilidad y rediseño de estructuras utilizando metodologías de la confiabilidad, tanto preventivo como correctivo, en el cual debiesen disminuir de manera significativa la accidentabilidad, con la instalación de nuevas estructuras dando vida útil y mejor calidad a los puntos de accesos e infraestructura de la planta , como también aumentando la seguridad en el traslado del trabajador hacia sus labores. Otorgando así una mejora continua en el proceso de planificación mantención en los equipos con difícil acceso.

**INDICE.**

INTRODUCCIÓN..... 13

OBJETIVOS..... 14

    Objetivo general..... 14

    Objetivo específico..... 14

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA ..... 16

    1.1    Introducción del planteamiento ..... 18

    1.2    Mantenibilidad ..... 18

    1.3    Mantenimiento Predictivo..... 18

    1.4    Mantenimiento Preventivo..... 18

    1.5    Mantenimiento Correctivo ..... 19

    1.6    Montaje de estructuras metálicas ..... 19

    1.7    Pletinas ..... 19

    1.8    Clip de fijación ..... 20

    1.9    Corrosión ..... 20

    1.10    Grating-Rejillas metálicas. .... 20

    1.11    NCh203 ..... 21

    1.12    NCh3572 ..... 21

    1.13    Norma ISO 9001..... 22

    1.14    Soldadura..... 22

    1.15    Cordón de Soldadura ..... 22

    1.16    Penetración..... 22

    1.17    Escoria..... 22

    1.18    Norma AWS. .... 22

    1.19    AWS D1.6 ..... 23

    1.20    Análisis RCM ..... 23

    1.21    Modos de Falla..... 23

    1.22    VAN (Valor Actual Neto). .... 23

    1.23    TIR (Tasa Interna de Retorno) ..... 24

    1.24    Flujo de Caja ..... 24

CAPITULO N°2: DESCRIPCION DE LA EMPRESA..... 25

    2.1    Descripción ..... 27

    2.2    Proceso productivo..... 28

    2.3    Unidades o plantas de la siderúrgica ..... 29

    2.4    Descripción de la planta seleccionada para este informe ..... 30

    2.5    Definir un problema..... 31

    2.6    Causa Raíz ..... 31

    2.7    Análisis de los 5 por qué ..... 31

    2.8    Posibles causas del problema ..... 35

CAPITULO N°3: ANALISIS Y SOLUCION A LA PROBLEMÁTICA..... 39

|                                            |                                                                   |    |
|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|----|
| 3.1                                        | Identificación de sectores para el mantenimiento estructural..... | 41 |
| 3.2                                        | Mantenimiento optimizado.....                                     | 47 |
| 3.3                                        | Formatos de inspección a realizar .....                           | 47 |
| CAPITULO N°4: ESTUDIO DE FACTIBILIDAD..... |                                                                   | 51 |
| 4.1                                        | Evaluación Económica de los costos asociados .....                | 53 |
| 4.2                                        | Análisis de costos.....                                           | 53 |
| 4.3                                        | Paro Programado .....                                             | 55 |
| 4.4                                        | Repuestos e Insumos.....                                          | 55 |
| 4.5                                        | Van y TIR .....                                                   | 56 |
| 4.6                                        | Oferta económica .....                                            | 57 |
| Conclusión.....                            |                                                                   | 58 |
| Bibliografía. ....                         |                                                                   | 59 |

**INDICE DE FIGURAS.**

|             |                                                                                                                   |    |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1.1. | Dibujo Dimensionado y Montaje de Grating. Fuente ARS grating Chile, s.f. ....                                     | 21 |
| Figura 1.2. | Fórmula para sacar VAN. (web y empresas).....                                                                     | 24 |
| Figura 2.1. | Dependencias de colada continua, sección carro de corte palanquillas, Huachipato. Fuente Metalia Chile, 2015..... | 27 |
| Figura 2.2. | Proceso de elaboración y fabricación de palanquillas de Acero. Fuente Met fusion, 2015. ....                      | 29 |
| Figura 2.3. | Altura asociada al accidente, caída de trabajador. Fuente propia. ....                                            | 34 |
| Figura 2.4. | Análisis de accidente, estructura que cede. Fuente propia. ....                                                   | 34 |
| Figura 2.5. | Desgaste de Grating que cedió. Fuente propia. ....                                                                | 34 |
| Figura 2.6. | Colapso y deformación de perfil de sujeción. Fuente propia.....                                                   | 35 |
| Figura 2.7. | Tabla de Ishikawa. Fuente propia.....                                                                             | 35 |

**INDICE DE TABLAS.**

Tabla 3.1. Falla funcional y modos de falla en equipos. Fuente propia. .... 42

Tabla 3.2. Cuadro criterio de jerarquización. Fuente propia..... 46

Tabla 3.3. Criterio de jerarquización. Fuente propia..... 46

Tabla 3.4. Matriz de criticidad. Fuente propia. .... 47

Tabla 4.1. Análisis de costo de personal de trabajo en paro de planta..... 53

Tabla 4.2. Análisis de costo de los elementos de protección personal a utilizar..... 54

Tabla 4.3. Análisis de costo de herramientas e insumos para ejecución de trabajo..... 54

Tabla 4.4. Análisis de costo de materiales a utilizar en el paro..... 55

Tabla 4.5. Análisis de presupuesto total del proyecto de paro. .... 55

Tabla 4.6. Análisis de VAN y TIR ..... 56

Tabla 4.7. Descripción de resumen de métricas y valores ..... 56

**INDICE DE ANEXOS.**

Anexo 1. Informe de investigación de incidente. Fuente empresa QUANT. .... 60

Anexo 2. Zona colapso de parrilla y descripción. Elaboración propia..... 61

Anexo 3. Instrucción de trabajo en SAP. Fuente propia. .... 62

Anexo 4. Lista de estructura. Fuente propia. .... 63

Anexo 5. Distancia entre barras separadoras. Fuente propia. .... 63

Anexo 6. Sistema de fijación con clips. Fuente propia. .... 64

Anexo 7. Sistema de fijación con topes. Fuente propia. .... 65

## **SIGLA Y SIMBOLOGIA.**

CAP: Compañía Acero del Pacifico.

ISO: Organización Internacional de Normalización.

ART1 ART2: Sectores de mesa de izamiento.

KPI: Key Performance Indicator/Indicador clave de desempeño.

ISHIKAWA: Es un Diagrama de Causa y Efecto.

ARS 3-4-5-6: Es un tipo específico de rejillas-grating, se caracteriza por su alta calidad, resistencia y durabilidad.

NCh: Norma Chilena.

OGUC: Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones.

RCM: Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad.

°F: Grados Fahrenheit.

°C: Grados Celsius.

QUANT: Empresa Contratista.

M: Metros.

ACC: Acería y Colada Continua.

OT: Orden de Trabajo.

OM: Orden de Mantenimiento.

Impacto SAH: Impacto Seguridad, Higiene y Ambiente.

<: Símbolo menor que.

EPP: Elementos de Protección Personal.

IVA: Impuesto sobre el Valor Añadido.

TAG: Telepeaje Automático Guiado.

N/A: No Aplica.

Mm: Milímetros.

Fijación W: Fijación estructural con forma de W.

": Pulgadas.

AC-1: Categoría de uso para contactores.

E6011: Tipo de electrodo de soldadura.

AWS: American Welding Society.

D1.6: Código de Soldadura Estructural.

MIG: Gas Inerte Metálico.

MMA: Arco Metálico Manual.

TIG: Gas Inerte de Tungsteno.

A: Amperes.

MI: Metros Lineales.

?: Porcentaje.

>: Mayor que.

VAN: Valor Actual Neto.

TIR: Tasa Interna de Retorno.

## **INTRODUCCIÓN**

Debido a la antigüedad de la planta y por razones de producción y operatividad de esta se han tenido problemáticas, las cuales han causado incidentes y un accidente con pérdida de tiempo, es por esto que se debe resolver abordando este inconveniente que afecta netamente al mantenimiento de los equipos ubicados en ese sector de la planta, es por esto que se llevara a cabo una detención de planta el cual tendrá como objetivo realizar las actividades correspondientes de mantención y montaje estructural, por lo que necesitaran de tiempo en terreno para su realización, en donde se requieren de planos e isométricos para abordar de la mejor manera esta mantención, de igual forma, de la mayor comunicación junto con coordinación del personal encargado de realizar esta actividad en terreno, que tiene como objetivo entregar la planta de procesos en óptimas condiciones para el tránsito y uso del personal de trabajo cuando lo requieran.

La empresa Huachipato de Talcahuano requiere de un mejoramiento estructural, por lo que se presenta la siguiente propuesta a desarrollar para una próxima detención de planta que se implementará en el mes de mayo de 2025. Para lo anterior, se necesita realizar un mantenimiento preventivo y correctivo de ciertos componentes estructurales como parrillas grating, fijaciones y platinas los cuales hay que cambiar en la zona de agrupamiento de palanquillas.

De no llevarse a cabo esta detención, la planta, junto a los trabajadores se exponen a la posibilidad de problemas estructurales como el colapso, oxidación y deterioro de los accesos estructurales afectando en si la seguridad e integridad de los trabajadores, imposibilitando como también, afectando las labores de mantención y la integridad mecánica de los equipos o activos físicos que se encuentren en ese sector específico de la planta (zona de agrupamiento de palanquillas, parte superior).

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Proponer un plan optimizado para el mantenimiento de accesos estructurales que estén en deterioro, a fin de mejorar la accesibilidad del trabajador hacia los equipos críticos en el área de Colada Continua perteneciente a la empresa siderúrgica Huachipato en la ciudad de Talcahuano, Chile. Esto basado en el mantenimiento centrado en la confiabilidad tanto preventivo como correctivo.

### **Objetivo específico**

- Realizar una evaluación de factibilidad y económica respecto a la propuesta de optimización del mantenimiento y mejoramiento de accesos estructurales en deterioro.
- Analizar el plan de mantenimiento actual de la planta Colada Continua e identificar las deficiencias y fallas frecuentes a través de un cuadro de criterio de jerarquización.
- Aumentar la seguridad y aminorar la accidentabilidad a través de inspecciones visuales las cuales se irán chequeando en conjunto con un documento o checklist el cual será de gran ayuda para detectar los déficit o fallas que se encuentren en planta.
- Mejorar el proceso continuo del mantenimiento, restaurando los accesos estructurales que tengan de mayor a menor criticidad mediante análisis KPI, recopilando datos a través de un diagrama ISHIKAWA.



**CAPITULO I:**  
**PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**



### **1.1 Introducción del planteamiento**

Uno de los déficits de la empresa Huachipato es la antigüedad de la planta, lo que va generando una serie de inconvenientes en el ámbito de la infraestructura, parrillas grating desoldadas o en mal estado, falta de barandas, escaleras con oxidación en donde los trabajadores se exponen a un riesgo de alto exponencial, poniendo en riesgo su integridad física tanto por lesiones leves, graves e inclusive fatalidades.

### **1.2 Mantenibilidad**

La medida de la facilidad con la que un sistema o equipo se mantiene o puede restablecerse a su estado de funcionamiento ideal se conoce como mantenibilidad.

Debido a que afecta el funcionamiento, las interrupciones de producción, los costos de mantenimiento y la seguridad ambiental, tiene un impacto directo en el desempeño de la empresa.

### **1.3 Mantenimiento Predictivo**

El mantenimiento predictivo se basa en el monitoreo basado en la condición para optimizar el rendimiento y la vida útil del dispositivo mediante la evaluación continua del estado del dispositivo en tiempo real.

Al recopilar datos de sensores y aplicar herramientas y procesos analíticos avanzados, como el aprendizaje automático, el mantenimiento predictivo no solo identifica, detecta y resuelve problemas emergentes, sino que también reduce el riesgo al predecir el estado futuro de los equipos.

La clave es hacer llegar la información correcta a las personas adecuadas en el momento adecuado.

Al igual que el análisis predictivo permite anticipar, el mantenimiento predictivo es una técnica que utiliza herramientas y técnicas de análisis de datos para detectar anomalías en el funcionamiento y posibles defectos en equipos y procesos para que puedan solucionarse antes de que ocurra la falla.

### **1.4 Mantenimiento Preventivo**

El mantenimiento preventivo se refiere a las diversas acciones que se pueden tomar para prevenir el daño de equipos y maquinarias en lugar de esperar a que ocurra para luego repararlo. Su diferencia fundamental con el mantenimiento correctivo es esta. Este es el tipo de mantenimiento que se realiza a los equipos que ya tienen daños o desperfectos.

El mantenimiento preventivo suele incluir una variedad de técnicas para mantener los componentes y su funcionalidad, con frecuencia recomendadas por el fabricante del aparato o por consejo de especialistas y expertos en el tema.

### **1.5 Mantenimiento Correctivo**

El mantenimiento correctivo se refiere a las acciones que toma el servicio técnico en respuesta a los avisos de mal funcionamiento de un equipo, activo o proceso. Comprende un conjunto de tareas técnicas que tienen como objetivo corregir las fallas en el funcionamiento de la maquinaria.

Es posible que se soliciten estas acciones de manera imprevista. Incluso si no están incluidos en un plan de mantenimiento programado, puede pasar mucho tiempo sin que nadie tenga que abrir un ticket solicitando soporte.

Se cree que el mantenimiento correctivo puede ser suficiente para abordar las incidencias potenciales de equipo que no son significativas en el proceso productivo. Considerando que mantener un equipo en buen estado es más costoso que repararlo cuando se daña, es posible que el impacto negativo en la cadena de producción de un mal funcionamiento determinado no tenga un impacto económico significativo en la empresa.

### **1.6 Montaje de estructuras metálicas**

Esta es una de las actividades más importantes de la industria. Consta de piezas fabricadas individualmente que se ensamblan in situ mediante atornillado o soldadura. El proceso de montaje de estructuras metálicas se realiza en la obra, siendo muy importante la planificación de los trabajos en este tipo de estructuras.

Este proceso debe realizarse en el orden correcto de tal forma que se obtengan los resultados esperados durante la fabricación. La participación de los empleados en este proceso es muy importante. Durante el montaje se asegura un control de calidad para asegurar la geometría y condiciones de diseño de la estructura.

### **1.7 Pletinas**

Se trata de láminas metálicas básicamente rectangulares, delgadas, que se utilizan en la fabricación de estructuras metálicas, rejillas, decoraciones y construcciones en general.

### **1.8 Clip de fijación**

Los clips de fijaciones son para parrillas estándar con un paso de 30 mm y está hecho de 3 mm.

Se utiliza en lugares donde la remoción de la rejilla es frecuente o donde está prohibida la soldadura.

### **1.9 Corrosión**

La corrosión es una interacción fisicoquímica entre un metal y su entorno, que provoca cambios en las propiedades del material y puede provocar graves fallos funcionales del metal, del entorno o del sistema tecnológico al que pertenecen.

### **1.10 Grating-Rejillas metálicas.**

Las barras transversales y las platinas portantes lo componen. El espesor de los materiales depende de la carga requerida. Las propiedades del acero permiten el electrosoldado, que produce uniones selladas, uniformes y mucho más resistentes que cualquier otro proceso. Proporcionar mayor estabilidad y seguridad a los pisos con cargas es el objetivo principal. Es recomendable que se utilice para el tránsito de peatones, pasarelas, plataformas, entrepisos y vehículos.

La inclinación de ARS-3, ARS-4, ARS-5 y ARS-6 para arquitectura y tránsito peatonal. Para usos de tránsito peatonal: Plataformas y pisos industriales, pasillos técnicos, pasarelas de mantenimiento, escalones de seguridad, barandas estructurales, cercos industriales y arquitectónicos, vallas de segregación, tapas y cierres de ventilación, alcorques, etc. En general, todas las aplicaciones que requieran un peso estructural bajo mientras se cumplen los requisitos de carga y seguridad asociados con el tránsito peatonal continuo.

Dado que el dimensionado y la seguridad de los pisos industriales están directamente relacionados, el montaje adecuado de la parrilla electro forjada es esencial. Para garantizar un resultado óptimo del proyecto, es necesario supervisar minuciosamente su ejecución desde el dimensionado en adelante, atendiendo la normativa específica y mediante la contratación de especialistas.

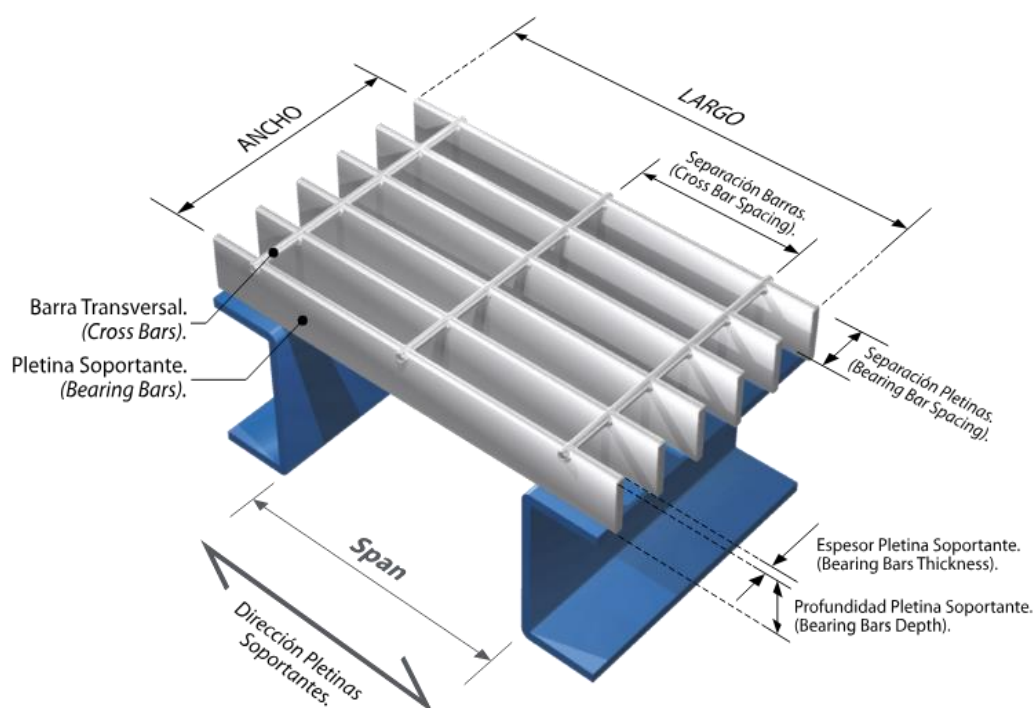


Figura 1.1. Dibujo Dimensionado y Montaje de Grating. Fuente ARS grating Chile, s.f.

### 1.11 NCh203

Los requisitos de materia prima y fabricación de estructuras metálicas están regulados por estas normas. Ambos forman parte de un marco regulatorio oficial que se encuentra en la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC) donde interactúan con las distintas etapas de la construcción.

Esta norma tiene como objetivo establecer las características mecánicas y químicas requeridas de los aceros para su uso en estructuras. Estos aceros pueden no requerir desempeño dinámico.

Actualmente, el mercado está estableciendo normas para los procesos de certificación del acero debido a los megaproyectos que requieren materiales certificados (Instituto Chile del Acero, 2006).

Esto es un primer paso para que todos los aceros utilizados en estructuras metálicas en el país sean certificados bajo esta norma y cumplan con el resto de las normas de fabricación y diseño, resolviendo el problema de que diseñamos con una norma, compramos materias primas con otra y construimos la estructura con otra.

### 1.12 NCh3572

La norma NCh3572 se refiere a la fabricación y uso de parrillas de barras de acero al carbono, y también se aplica a rejas de piso y escalón, comúnmente conocidas en el ámbito arquitectónico como rejillas o rejas.

### **1.13 Norma ISO 9001**

La norma ISO 9001 es la norma de gestión de calidad más reconocida en el mundo, Es parte de la familia ISO 9000 de estándares de sistemas de gestión de calidad (junto con ISO 9004) y, entre otras cosas, ayuda a las empresas a satisfacer las expectativas y necesidades de los clientes.

Un sistema de gestión (SGC) ISO 9001 ayuda a gestionar y controlar continuamente la calidad en todos los procesos.

Como estándar de control de calidad y estándar de referencia más importante del mundo, explica cómo se puede lograr un desempeño y un servicio consistentes y efectivos.

### **1.14 Soldadura**

Es el proceso en el cual se juntan o unen 2 piezas metálicas, con un cordón de soldadura el que hace que las piezas queden unidad y fijas.

Soldadura E6011 1/8" 3,2 MM AC-1: es un tipo de electrodo para soldadura, fabricado para la mayor cantidad de aplicaciones, por otra parte, satisface y cumple con las exigencias de la Norma AWS.

En cuanto a sus aplicaciones posee diversos puntos en el ámbito industrial como en tuberías de piping, maquinarias, estructuras metálicas en general, calderas.

### **1.15 Cordón de Soldadura**

Es aquel cordón fundido que une los metales para su posterior soldadura.

### **1.16 Penetración**

Es aquella profundidad a la que el metal fundido se unifica con los metales base.

### **1.17 Escoria**

La escoria es la capa de material fundido que queda sobre el cordón de soldadura.

### **1.18 Norma AWS.**

Estas normas garantizan la calidad y seguridad de las estructuras que sean soldadas lo que beneficia en el cumplimiento normativo de que es un requisito legal.

También especifica el tipo de materiales de soldadura.

### **1.19 AWS D1.6**

Es una de las normas que se enfoca en el cumplimiento normativo de las estructuras de acero inoxidable que son soldadas, donde define los requisitos técnicos y procedimientos a seguir, en el cual garantiza consistencia y un trabajo de calidad.

### **1.20 Análisis RCM**

El mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) es una metodología ampliamente aceptada para la creación de planes de mantenimiento que incluyen todas las estrategias de mantenimiento (preventivas, predictivas, de búsqueda de fallas, etc.). La industria comercial de aviación de los Estados Unidos desarrolló esta metodología para mejorar la seguridad y la confiabilidad de sus equipos. Stanley Nowlan y Howard Heap, empleados de United Airlines, la definieron en 1978 y se ha utilizado para determinar estrategias de mantenimiento de activos físicos en casi todas las áreas de trabajo en países industrializados del mundo (Nowlan & Heap, 1978).

### **1.21 Modos de Falla**

Algunas veces, las categorías de falla se utilizan para describir los modos de falla. Un modo de falla potencial describe cómo un producto, equipo o proceso puede no realizar la función deseada (intención de diseño o requerimientos de actuación) de acuerdo con las necesidades, especificaciones y expectativas de los clientes externos e internos.

### **1.22 VAN (Valor Actual Neto).**

Es la suma de todos los flujos de caja futuros, traídos a la inversión presente, descontado de una tasa de interés determinado.

Si el VAN es mayor que 0 el proyecto es rentable y genera valor, por lo que es recomendable.

Si el VAN es igual a 0 el proyecto no genera valor, pero si cubre ciertos costes.

Si el VAN es menor a 0 el proyecto no es viable por lo que podría generar pérdidas.

### 1.23 TIR (Tasa Interna de Retorno)

Es aquella tasa de rendimiento porcentual que genera la inversión, es decir, la tasa de descuento que hace que el VAN sea igual a 0.

Si el TIR es mayor al coste de oportunidad el proyecto es rentable y vale la pena realizarlo.

Si el TIR es menor al coste de oportunidad no será rentable.

### 1.24 Flujo de Caja

El flujo de caja es tanto el gasto inicial como también los ingresos obtenidos en los siguientes periodos que se estimen.

En la siguiente imagen se muestra la fórmula para sacar el VAN (Valor Actual Neto).

$$VAN = -I_0 + \sum_{j=1}^n \frac{FN_j}{(1+i)^j}$$

Figura 1.2. Fórmula para sacar VAN. (web y empresas).

FN: Representa los flujos de caja de cada periodo.

I: Es el valor del desembolso inicial de la inversión.

j: El número de periodos considerados.

i: El tipo de interés que se le asigna al proyecto.

**CAPITULO N°2:**  
**DESCRIPCION DE LA EMPRESA.**



## 2.1 Descripción

En la siguiente propuesta de optimización del plan de mantenibilidad asociado a los accesos estructurales en deterioro en el área de Colada Continua de la Siderúrgica Huachipato, ubicado en Gran Bretaña 2910, Talcahuano, Región del Bío-Bío, Chile.

La compañía Siderúrgica Huachipato pertenece al Grupo CAP y se encuentra entre las principales empresas productoras de acero en Chile. Desde el año 1950, la empresa ha comenzado a producir toneladas de acero líquido al año. Este acero se fabrica a partir de materias primas básicas como el mineral de hierro, el carbón y la caliza, lo que garantiza un producto de alta pureza y calidad.

La empresa ha cumplido con diversos estándares de calidad desde su fundación, como el Medio Ambiente ISO 14001, la Calidad ISO 9001, la Seguridad ISO 45001 y la Energía ISO 50001.

Como resultado de lo anterior, el área de colada continua está incumpliendo dos estándares, el de calidad y el de seguridad.

En los cargos que se pueden apreciar son:

- GERENTE GENERAL
- GERENTE COMERCIAL
- GERENTE DE PERSONAS Y ASUNTOS CORPORATIVOS
- GERENTE DE MEDIO AMBIENTE, SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL
- GERENTE DE OPERACIONES
- GERENTE DE FINANZAS Y GESTIÓN
- GERENTE DE PROYECTOS
- GERENTE DE ABASTECIMIENTO Y LOGÍSTICA



Figura 2.1. Dependencias de colada continua, sección carro de corte palanquillas, Huachipato. Fuente Metalia Chile, 2015.

## **2.2 Proceso productivo.**

En el proceso productivo de la siderúrgica para trabajar en la elaboración de las palanquillas de acero, es fundamental saber que la obtención de este material es a través de tres materias primas como lo son el mineral de hierro, el carbón o coque y piedra de cal o caliza.

El carbón 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 otros procesos de la empresa.

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

El arrabio se vacía a una cuchara, donde se realiza la desulfurización que es el proceso de eliminación del azufre en el arrabio con la finalidad de que sea un producto netamente puro, esto 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.

Se procede a refinar el arrabio inyectando oxígeno de alta pureza en el área de acería, se ajusta el contenido de carbono y se agregan ferroaleaciones que aportan las características básicas de cada tipo de acero.

Llegando a estación de ajustes aquí es donde al arrabio le hacen una desgasificación al vacío para que este tipo de arrabio venga con propiedades de alta pureza inyectando diferentes productos químicos.

A través de moldes de cobre y enfriamiento directo por agua, se solidifica y enfría, para obtener palanquillas, productos semiterminados que se procesan en las fases de laminación.

A partir de las palanquillas se inicia el proceso final de laminación, del cual se obtiene una amplia gama de productos largos.

**Línea de aceros especiales:** Tratamiento térmico de recocido, enderezado y dimensionado. Inspección con ultrasonido.

CAP Acero cuenta con la posibilidad de despachar pedidos en camión, tren o barco. Para los barcos, la ubicación de CAP Acero es privilegiada. Esta próxima a 3 puertos de carga contenedora y carga suelta, además de poseer un puerto propio en caso de eventualidades.

Se cuenta con laboratorios con avanzados equipos de medición para asegurar la calidad de los productos durante todo el proceso siderúrgico.



Figura 2.2. Proceso de elaboración y fabricación de palanquillas de Acero. Fuente Met fusion, 2015.

### 2.3 Unidades o plantas de la siderúrgica

**Hornos de coque:** Un horno de coque es un aparato que se utiliza para producir coque, un producto que se produce a partir del carbón. El subproducto de coque se produce al mezclar y calentar el carbón bituminoso en un horno sin aire a temperaturas de entre 1832 y 3632 °F (1000 a 2000 °C). Este dispositivo juega un papel importante en el proceso de fabricación de coque.

El coque es un residuo sólido de material carbonoso quemado que contiene cenizas y azufre. Puede utilizarse en altos hornos para la fundición de mineral de hierro como combustible o agente reductor. Se cree que el coque es uno de los tres componentes esenciales de la producción de hierro, que luego se utiliza para fabricar.

**Alto Horno:** El alto horno es una estructura industrial que se utiliza para fabricar acero y hierro fundido. Se trata de un horno vertical en forma de cilindro que está construido con materiales resistentes al calor y tiene la capacidad de alcanzar temperaturas muy altas. El mineral de hierro se transforma en metal líquido en su interior a través de un complejo proceso químico.

**Acería:** La acería es un lugar donde se fabrica el acero y el hierro calentando el mineral de hierro crudo y otros materiales en una cuchara, donde controlan su temperatura en los diversos calentadores que hay en el área de acería, una vez teniéndolo en su temperatura exacta esta cuchara pasa a un carro transferidor en donde se traslada a la siguiente área.

**Estación de Ajustes:** En estación de ajustes la cuchara llega Previo antes de entrar en las máquinas de colada continua, se realiza el proceso de ajuste metalúrgico y desgasificación al vacío, de ser necesario, para obtener la temperatura deseada, limpiar de impurezas y refinar el acero con adhesivos o componentes que le den una mayor calidad al acero.

**Colada Continua:** La colada continua es una planta en la cual proceso metalúrgico que permite la transformación continua del metal líquido a sólido en altas temperaturas para producir productos semiterminados como lo son las palanquillas de acero.

**Laminador:** En esta planta se utilizan los laminadores de barras los cuales producen barras de refuerzo y rollos de acero reforzado a partir de palanquillas de acero en bruto. Estas barras de refuerzo tienen una superficie nervada para mejorar la adhesión al hormigón y garantizar la integridad estructural en las estructuras construidas en hormigón armado.

## **2.4 Descripción de la planta seleccionada para este informe**

La colada continua, también conocida como colada en cadena, es un proceso metalúrgico que implica mantener altas temperaturas para evitar la solidificación. Por lo tanto, el metal líquido se vierte directamente en un molde con la forma de una sección transversal del semiproducto deseado, como tubos, hilos, perfiles o secciones especiales. En contraste con la colada tradicional, la colada continua permite obtener los desbastes directamente.

En la colada continua, el metal líquido se vierte en un molde con una camisa de enfriamiento o matriz de grafito, lo que lleva a la solidificación. De esta manera, el producto sale sin interrupciones (por eso se le llama colada continua) hasta que se completa la producción deseada. Es un sistema excelente para el acero, así como para el bronce, el cobre, el aluminio y otros metales.

La torre giratoria, la cuchara de colada, la artesa (revestida de ladrillos refractarios), el molde o lingotera, la sección de refrigeración, los mecanismos enderezadores y de corte y el sistema de extracción son los componentes principales de la colada continua. El control determina la eficiencia del sistema y la calidad del producto.

El metal caliente debe estar completamente limpio (sin óxido, escoria o restos de otros metales) para que la colada funcione. Además, es importante asegurarse de que la capa sólida formada sobre el metal líquido no se rompa y que el metal aún fundido no se derrame en la máquina. Debido a que es necesario detener el proceso y extraer el material vertido, esto tiene un costo significativo. Las ventajas de la colada continua son las siguientes si todo se hace correctamente:

- Aumentar el rendimiento y la producción.
- Un mejor producto terminado con mejores propiedades físicas y químicas, geometría, calidad superficial y estructura (fina, uniforme y sin porosidades).
- Trabajo secuencialmente sin subprocesos.
- Reduce el uso de energía y consumibles.

## **2.5 Definir un problema**

Mientras se realizaban actividades de mantenimiento en área de Máquina de Colada Continua, tres trabajadores (Supervisor CAP, Líder y Mecánico de Quant), acceden al nivel superior, zona de agrupamiento de palanquillas, con el objetivo de verificar la alineación de mesa galopante. En circunstancias que caminaban de Sur a Norte, inesperadamente cede estructura de parrilla de piso (grating), provocando la caída a nivel inferior (2.37 m) del Sr. Sandro Castro Salgado, originando lesiones que obligaron a realizar maniobras de rescate.

## **2.6 Causa Raíz**

Ausencia de evaluación de riesgo al no identificar, evaluar ni controlar el acceso/ingreso, circulación de trabajadores, en áreas con condiciones operacionales extremas y donde sus procesos afectan o alteran las características de estructuras, pudiendo existir peligros latentes.

Ausencia de estándar de diseño/instalación de parrillas de piso aplicable a equipos y áreas de ACC-CAP.

## **2.7 Análisis de los 5 por qué**

### **¿Por qué el trabajador cae a nivel inferior (2,37 m)?**

- Porque los trabajadores no asumen una condición de riesgo al trasladarse sobre zona de agrupamiento de palanquillas (caída a distinto nivel).
- Porque cede el conjunto estructural parilla de piso-soporte.

### **¿Porque los trabajadores no asumen una condición de riesgo al trasladarse sobre zona de agrupamiento de palanquillas?**

- Porque no existe una prohibición visible de ingreso y/o circulación por zona de agrupamiento de palanquillas.
- Porque se entiende que es una zona de tránsito habitual con área detenida para mantenimiento, de uso habitual por operadores y mantenedores y es segura para transitar por ella (cumplimiento de estándar).
- Por qué no se avalúo el riesgo.

### **¿Porque no existe una prohibición visible de ingreso y/o traslado por zona de agrupamiento de palanquillas?**

- Porque no se evaluó el riesgo por parte de CAP y Quant.

**¿Porque no se evaluó el riesgo por CAP y Quant?**

- Porque no se identificó, evaluó ni controló el acceso/ingreso, circulación de trabajadores, en áreas con condiciones operacionales extremas y donde sus procesos afectan o alteran las características de estructuras, pudiendo existir riesgos latentes.

**¿Por qué se entiende que es una zona de tránsito habitual con área detenida para mantenimiento, de uso habitual por operadores y mantenedores y es segura para transitar por ella?**

- Porque en instalaciones industriales, el criterio de diseño, fabricación, e inspección está estandarizado según NCh 3572:2017.

**¿Porque se entiende que una parrilla de piso es segura para transitar por ella?**

- Porque en instalaciones industriales, el criterio de diseño, fabricación, e inspección está estandarizado según NCh 3572:2017.

**¿Porque cede el conjunto estructural parilla de piso-soporte?**

- Porque se produce una falla de soldadura entre ángulo de soporte y viga de apoyo.

**¿Por qué se produce una falla de soldadura entre ángulo de soporte y Viga de apoyo?**

- Porque fue una **estructura temporal instalada el año 2019** (OT 30692712), que no fue incorporada en la taxonomía del equipo, lo cual no permite registro de inspección / mantenimiento de tal estructura (Planes Preventivos / OM).
- Porque su instalación fue realizada sin criterios ni estándares de diseño ni montaje (OT 30692712).

**¿Por qué fue una estructura temporal instalada el año 2019 (OT 30692712)?**

- Porque no es parte del equipo original, instalándose para que personal CAP haga ingreso durante su operación normal y verifique el proceso de corte de palanquillas.

**¿Por qué no es parte del equipo?**

- Porque en esa etapa del proceso no deben participar, durante su operación, directamente trabajadores, CAP modifica el proceso para el cual fue diseñado.

**¿Por qué su instalación fue realizada sin criterios ni estándares de diseño ni montaje (OT 30692712)?**

- Porque no se exigieron como parte de la actividad debido a desconocimiento o ausencia de instancia técnica y de prevención.

**¿Por qué no se exigieron como parte de la actividad?**

- Porque CAP no tiene estándares aplicables a esta actividad ni tuvo control en este proceso.

**¿Por qué no existen planes de mantenimiento asociados a esta estructura?**

- Porque no los tiene desarrollados al no considerar la plataforma como parte del equipo.

**¿Por qué no se evaluó el Riesgo?**

- Porque trabajadores QUANT fueron guiados por Planificador, sin objetar la decisión de pasar por la mesa de agrupamiento.

**¿Por qué trabajadores QUANT fueron guiados por Planificador, sin objetarse la decisión de pasar por la mesa de agrupamiento?**

- Porque como QUANT en el Contrato CAP ACC, no se ha logrado empoderamiento visible de los trabajadores para exigir que todas las actividades deben ser evaluadas y analizado su riesgo, independiente del origen de la instrucción.

**¿Porque como QUANT en el Contrato CAP ACC, no se ha logrado empoderamiento visible de los trabajadores?**

- Porque existe una clara posición dominante de CAP, arraigada en los trabajadores de QUANT. Lo que se traduce en creencias y prácticas erróneas. Relaciones deficientes entre trabajadores y mandante, alta rotación de personal.



Figura 2.3. Altura asociada al accidente, caída de trabajador. Fuente propia.



Figura 2.4. Análisis de accidente, estructura que cede. Fuente propia.

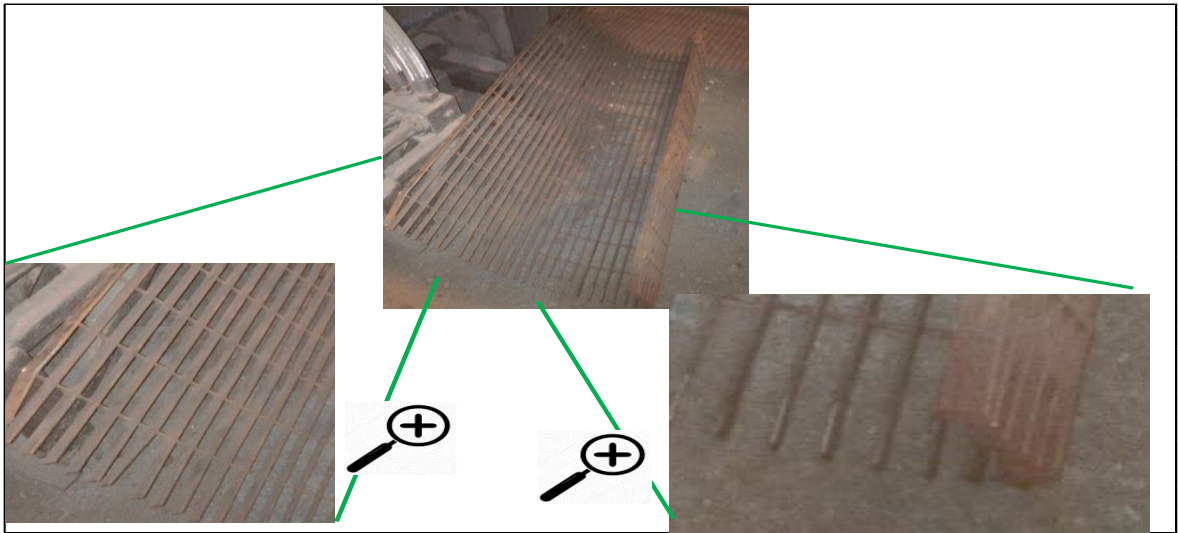


Figura 2.5. Desgaste de Grating que cedió. Fuente propia.



Figura 2.6. Colapso y deformación de perfil de sujeción. Fuente propia.

### 2.8 Posibles causas del problema

Para diagnosticar los problemas actuales, se empleará un diagrama de Ishikawa o causa efecto, en el que se utilizan las causas relevantes por cada trabajador que haya participado del proceso. Después de recopilar información a través de operadores de turno y personal encargado de mantenimiento, se descubrieron estas causas y se creó el diagrama siguiente.

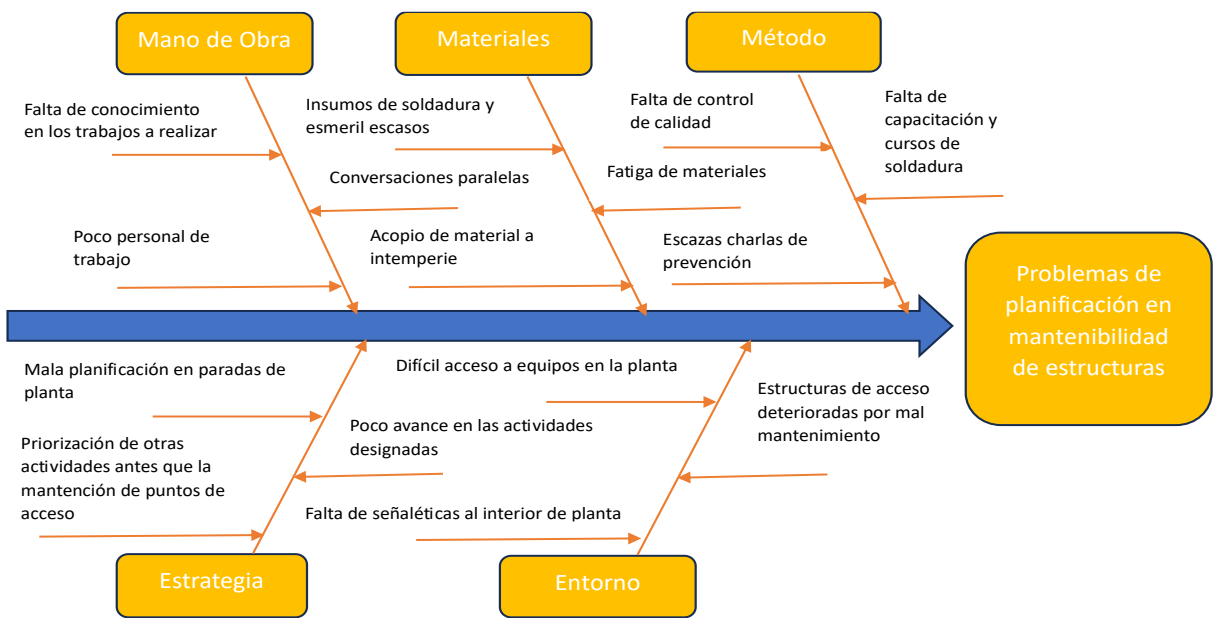


Figura 2.7. Tabla de Ishikawa. Fuente propia.

#### Mano de Obra:

En la falta de conocimiento en los trabajos a realizar pasa por un tema de reclutamiento y selección de personal de trabajo ya que no contratan a personal adecuado para desarrollar las diversas actividades referentes a la mantenibilidad de las estructuras debido a la inexperiencia o las competencias que tiene el trabajador.

Hay deficiencias en las conversaciones paralelas debido a la poca comunicación entre personal de trabajo y línea de supervisión lo cual genera que las actividades no se desarrollen de la mejor manera, provocando retrasos en los trabajos, malas coordinaciones y creando un ambiente tenso por parte de ambos lados generando malos indicios de ánimo como la frustración y la prisa.

En cuanto al poco personal esto se debe por diversos puntos el salario del trabajador quizás no sea el más satisfactorio, los estándares de seguridad por parte de Huachipato no sean los más propicios y en otros puntos podría ser los horarios de trabajo, beneficios, trabajadores que no cumplen con ciertos requisitos relacionadas a las actividades que se desarrollaran en planta o el querer optar a un mejor cargo, esas podrían ser las posibles causas por las cuales se ha hecho complejo el contratar a personal nuevo.

### **Materiales:**

Los materiales pueden ser un punto crítico en el desarrollo de la actividad al desarrollar, ya que si no hay materiales, herramientas e insumos la probabilidad de realizar las labores sean nulas.

En cuanto a insumos de soldadura y esmeril podría ser difícil encontrarlos ya sea por la alta demanda de estos dos insumos, por el costo elevado, por la cantidad de proveedores en donde hay que tener diversas opciones para comparar precios o encontrar lo que se necesita.

La fatiga de materiales se ve reflejado en el uso que le da el trabajador, por malas decisiones y el mal uso es donde existen las perdidas ya sea en los discos de corte, desbaste, soldaduras o los mismos equipos ya sea la galletera o esmeril y la máquina de soldar.

El acopio de material en intemperie es una mala práctica ya que los materiales llegan a perder sus propiedades viéndose afectado en su mayoría a las estructuras de acero generando oxidación en estos materiales en este caso las estructuras ya sean barandas, parrillas grating, peldaños.

### **Método:**

En el ámbito de control y calidad existen deficiencias, ya que no ha existido un monitoreo en inspecciones relacionadas al ámbito estructural, quizás la falta de un documento el cual permita realizar una inspección visual a las diversas estructuras que se encuentran en planta, en donde permitan chequear puntos como la vida útil, estado de soldadura o revisión de los puntos de anclaje, entre otros.

Las faltas de cursos y capacitaciones relacionadas a la soldadura provocan que los trabajos se realicen de una mala manera, esto al no saber con que tipo de

soldadura trabajar dependiendo la estructura, el tipo de cordón, si existe alguna anomalía ya sean fisuras o porosidades dentro de esta es importante que el trabajador-soldador este calificado así tiene el conocimiento necesario para elaborar este tipo de actividades.

Existen escasas charlas de prevención relacionado con la planta en sí y su funcionamiento, donde no estas con el conocimiento idóneo para saber donde transitar, saber si los equipos están bloqueados o tener el conocimiento de las normativas de Huachipato.

### **Estrategia:**

Las malas planificaciones en las paradas de planta provocan perdidas de tiempo contemplados a ciertos trabajos los cuales se desean terminar de la mejor manera, por lo que existen ocasiones en donde quedan actividades pendientes a desarrollarse, retrasando así las fechas estipuladas para entregar los equipos.

### **Entorno:**

El mal posicionamiento de plataformas, escaleras, espacios estrechos y reducidos generan complicaciones en el día a día del trabajador llevando al difícil acceso hacia los equipos a los cuales realizan mantención, dificultando el desarrollo de la actividad y perjudicando a los trabajadores ya que realizan malas posturas ergonómicas.

La falta de señaléticas e informaciones en interior de la planta dificulta la información sobre los riesgos asociados a los que se expone el trabajador. Debido a esto, es crucial identificar y medir adecuadamente los peligros existentes para eliminarlos y/o reducirlos a niveles que no perjudiquen la salud de las personas. Sin embargo, a pesar de las acciones tomadas, en ocasiones este objetivo no se logra. Por lo tanto, se requiere un conjunto de estímulos llamados señalización de seguridad para advertir a las trabajadoras y trabajadores de esta situación.

Las estructuras que tienen un deterioro deben de monitorearse constantemente por la sencilla razón del colapso de estas, es de importancia que queden registros acerca de estas estructuras, realizar inspecciones semanales para estar al tanto de estas estructuras.



**CAPITULO N°3:**  
**ANALISIS Y SOLUCION A LA PROBLEMÁTICA.**



### **3.1 Identificación de sectores para el mantenimiento estructural.**

Dentro de cada sector de la planta existen equipos a los cuales se les debe realizar una mantención e inspección correspondiente, por lo tanto, es de suma importancia de que todos los accesos por los cuales transiten los trabajadores que desempeñan esta labor estén en óptimas condiciones para el tránsito de estos.

Los siguientes sectores serán identificados junto con su funcionalidad dentro de la planta, los equipos los cuales se tienen que intervenir, mediante esta información se realizara un análisis RCM donde identificaremos los modos de falla de cada equipo jerarquizando según la criticidad de cada uno, esto con datos recopilados tanto de personal contratista como personal de operaciones de CAP.

Tabla 3.1. Falla funcional y modos de falla en equipos. Fuente propia.

| Nombre equipo                       | Función                                                                                                                  | Falla Funcional                                                                                  | Modos de falla                                                                                                                                                                          |
|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Agitador de Molde                   | Agitar, compactar las propiedades del acero líquido y dar el moldaje de la palanquilla de acero.                         | 1-No disponible para transferir ninguna cantidad de agua.<br>2-Exceso de vibración en el equipo. | 1a-Rotura de flexibles.<br>1b-Mal apriete de flexibles.<br>2a-No se realiza ajuste de equipo.<br>2b-No se considera sensores para detectar cualquier imprevisto antes de tiempo.        |
| Conjunto de oscilación              | Este se encarga de dar el movimiento de agitación al equipo porta molde realizado a través de un motor y un reductor.    | 1-Motores trabajando a bajo rendimiento.<br>2-Oscilador no genera movimiento adecuado.           | 1a-Falta de lubricación (aceite), alineamiento del motor y ajuste de copla.<br>2a-Falta de lubricación en rodamientos, reajuste y calado de oscilador.<br>2b-Rodamientos en mal estado. |
| Rodillos superior e inferior cámara | Estos rodillos cumplen la función de traslado o desplazamiento de la palanquilla de acero hacia la extractora principal. | 1-Rodillos trabados.<br>2-Perdida de agua en los flexibles                                       | 1a-Rodamientos en mal estado.<br>1b-Desgaste céntrico mal alineamiento.                                                                                                                 |

---

|                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Extractora principal | Este cumple un rol fundamental, ya que es el que endereza las palanquillas de acero a través de un sistema de rodillos superior e inferior lo cual dejan la barra de la palanquilla recta, en donde la barra de acero ya sale de esta extractora de forma sólida y sin deformaciones. | 1-Cardanica no realiza movimiento.<br>2-Rodillos Trabados.<br>3-Fugas de grasa en puntos de lubricación.<br>4-Fugas de agua. | 1-Reductor sin sus niveles de aceite y Eje sin fin y masa porta corona de reductor con desgaste y rodamientos en mal estado.<br>2-Rodamientos en mal estado y desgaste céntrico de rodillo.<br>3-Flexibles en mal estado junto a los conectores.<br>4-Flexibles en mal estado, mal apriete y rotura en placas de refrigeración. |
| Extractora auxiliar  | Tiene la función de seguir desplazando la barra de acero hacia el carro de corte.                                                                                                                                                                                                     | 1-Cardanica no realiza movimiento.<br>2-Rodillos Trabados.<br>3-Fugas de grasa en puntos de lubricación.<br>4-Fugas de agua. | 1a-Reductor sin sus niveles de aceite.<br>1b-Eje sin fin y masa porta corona de reductor con desgaste y rodamientos en mal estado.<br>2a-Rodamientos en mal estado.<br>2b-Desgaste céntrico de rodillo.                                                                                                                         |

---

---

|                   |                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                          |
|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Carro de corte    | El carro de corte tiene como función realizar un movimiento de sur a norte y cortar con un soplete integrado las barras de acero a la medida según especificación técnica.          | 1-Perdida de gas.<br>2-No está cortando a la medida según especificación técnica.<br>3- Carro de corte no genera movimiento. | 1a-Flexible en mal estado.<br>1b-Mal apriete de flexible.<br>2a-Mal posicionamiento de soplete de corte, no está alineado.<br>3a-Mal ajuste entre las ruedas dentadas con las cremalleras, no se les hace lubricación a las cremalleras. |
| Mesa de Izamiento | Esta mesa tiene como función levantar las barras de acero y desplazarlas a través de una serie de rodillos los cuales también tiene la función de refrigerar estas barras de acero. | 1-Rodillos M-20 trabados.<br>2-Cilindro hidráulico reventado.<br>3-Perdida de agua.                                          | 1a-Rodamientos en mal estado.<br>1b-Desgaste de rodillos.<br>2a-Bastago trabado por falta de lubricación.<br>2b-Exceso de carga.<br>3a-Flexibles en mal estado.<br>3b-Junta rotatoria mal apretada o filtración por sello.               |

---

---

|                    |                                                                                                                                                                                                            |                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                 |
|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Carro Transferidor | El carro transferidor cumple la función de empujar las barras de acero de la mesa de izamiento de lado cerro a mar a través de 6 brazos abatibles, con la finalidad de ir acoplando estas barras de acero. | 1-Eje de traslación no genera movimiento.<br>2-Brazos abatibles con pérdida de fuerzas | 1a-Mal ajuste entre las ruedas dentadas con las cremalleras, no se les hace lubricación a las cremalleras.<br>1b-Desgaste de dientes.<br>2a-Desgaste de brazos abatibles.<br>2b-Mal apriete de pernos, pasador suelto, brazo tiene mucho juego. |
| Puente Grúas       | Cumplen la función de transportar las barras de acero hacia la zona de almacenamiento o al sector de laminación.                                                                                           | 1-Eje de traslación no funciona.<br>2-No genera movimiento de fuerza en gancho.        | 1a-Rueda de apoyo y tractora con desgastes.<br>1b-Revision de fusibles, cableado y tableros eléctricos.<br>2a-Motor de tambor en mal estado.<br>2b-Reductor de tambor con bajos niveles de aceite.<br>2c-Cables acerados en mal estado.         |

---

Tabla 3.2. Cuadro criterio de jerarquización. Fuente propia.

|                                                                    |    |                                                                          |   |
|--------------------------------------------------------------------|----|--------------------------------------------------------------------------|---|
| Frecuencia de fallas:                                              |    | Coste de mantenimiento:                                                  |   |
| Parámetro mayor a 8 Fallas/año                                     | 4  | Mayor igual a 30 millones                                                | 5 |
| Promedio 5 a 7 fallas Año                                          | 3  | Entre 25 y 29 millones                                                   | 4 |
| Buena 2 a 4 fallas año                                             | 2  | Entre 20 y 24 millones                                                   | 3 |
| Menor a 1 falla/ año                                               | 1  | Entre 15 y 19 millones                                                   | 2 |
|                                                                    |    | Entre <5 hasta 14 millones                                               | 1 |
| Impacto operacional:                                               |    | Impacto SAH:                                                             |   |
| Detención total de proceso                                         | 10 | Afecta a la seguridad humana tanto interna como externa                  | 8 |
| Detención parcial línea colada continua                            | 6  | Afecta al ambiente produciendo daños reversibles                         | 6 |
| Impacto en niveles de calidad                                      | 4  | Afecta las instalaciones provocando daños severos                        | 4 |
| Impacto en niveles de producción                                   | 2  | Provoca daños menores (accidenten o incidentes) de personal propio       | 2 |
| No genera ningún efecto significativo sobre operación y producción | 1  | Provoca un impacto ambiental cuyo efecto no viola las normas ambientales | 1 |
| Flexibilidad operacional:                                          |    | No provoca ningún daño a las instalaciones, ambiente y personas          |   |
| No existe opción de producción y no existe opción de repuesto      | 4  |                                                                          |   |
| Existe equipo redundante                                           | 3  |                                                                          |   |
| Hay opción de repuesto compartido                                  | 2  |                                                                          |   |
| Función de repuesto disponible                                     | 1  |                                                                          |   |

Tabla 3.3. Criterio de jerarquización. Fuente propia.

| Activo                             | Frecuencia | ímpacto operacional | Flexibilidad | Costo de mantenimiento | ímpacto SHA | consecuencia | Total |
|------------------------------------|------------|---------------------|--------------|------------------------|-------------|--------------|-------|
| Aguitador de Molde                 | 2          | 10                  | 4            | 5                      | 8           | 53           | 106   |
| Conjunto oscilación                | 2          | 10                  | 3            | 3                      | 8           | 41           | 82    |
| Rodillo superior e inferior cámara | 3          | 10                  | 2            | 3                      | 3           | 26           | 78    |
| Extractor principal                | 3          | 2                   | 2            | 2                      | 2           | 8            | 24    |
| Extractor auxiliar                 | 1          | 1                   | 1            | 2                      | 8           | 11           | 11    |
| Carro de corte                     | 2          | 1                   | 2            | 2                      | 2           | 6            | 12    |
| Mesa ART1-Mesa ART2                | 3          | 2                   | 2            | 2                      | 2           | 8            | 24    |
| Puente grúa                        | 2          | 2                   | 2            | 2                      | 2           | 8            | 16    |
| Carro Transferidor                 | 1          | 10                  | 4            | 5                      | 8           | 53           | 53    |
| Meza de izamiento                  | 3          | 10                  | 4            | 5                      | 8           | 53           | 159   |

Tabla 3.4. Matriz de criticidad. Fuente propia.



3.2 Mantenimiento optimizado

Según el criterio de jerarquización se puede corroborar que son 2 los activos que se encuentran en el 20% más crítico, en donde nos enfocaremos en la evaluación netamente de su sistema estructural, esto por que son 2 activos que recurrentemente se les realiza mantenciones y lo idóneo es ir mejorando los puntos de acceso, con la finalidad de que se encuentren en optimas condiciones para el transito del personal de trabajo.

3.3 Formatos de inspección a realizar

Para llevar a cabo las inspecciones en terreno será necesario utilizar este formato de documento el cual ayudará a reforzar la información obtenida de las estructuras y plataformas que se encuentren en terreno, con la finalidad de tener registros de estos al igual que si se encuentran indicios de desgaste en las estructuras o daños en la protección.

A continuación, se mostrará el documento el cual es de formato checklist y en donde detalla y especifica distintos puntos de la inspección de estas estructuras y plataformas.

|                        |                                      |            |                         |
|------------------------|--------------------------------------|------------|-------------------------|
| Orden de Trabajo       | Descripción de la OM (Modo de Falla) |            | Fecha                   |
| Tipo de Grating        | Ubicación de Grating                 |            | Ubicación Técnica / TAG |
| Informe Realizado por: | Empresa ejecutora                    | Supervisor | Área de la Planta       |

|                       |                                                                                                                                        |                          |                          |                          |                             |                          |                          |
|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------|--------------------------|--------------------------|
| A. Cómo es Encontrado | Describa brevemente las condiciones de cómo es encontrada la estructura Grating previo a la ejecución del mantenimiento o intervención |                          |                          |                          |                             |                          |                          |
|                       | SI NO N/A                                                                                                                              |                          |                          |                          |                             |                          |                          |
| 1                     | Soldado                                                                                                                                | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Desgaste de estructura      | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2                     | Apernado                                                                                                                               | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Presenta daño en protección | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3                     | Fijadores W                                                                                                                            | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Anticorrosiva               | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

|   |                |                          |                          |                          |                       |                          |                          |                          |
|---|----------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 4 | Tiene pomelos  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Dimensiones adecuadas | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 5 | Otra Fijación: | <input type="text"/>     |                          |                          | Otro                  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

|                |                |
|----------------|----------------|
| Fotografía N°1 | Fotografía N°2 |
|----------------|----------------|

| B. Mediciones      |                            | En el cuadro siguiente registre las mediciones que son útiles para determinar la condición actual (mediciones mecánicas) Evaluar si aplica |                              |                                  |
|--------------------|----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|----------------------------------|
| Componente / Pieza | Parámetro o característica | Valor Medición                                                                                                                             | Valor referencial o estándar | Observaciones, (Fuera de Rango). |
| Pletina            | Espesor (mm)               |                                                                                                                                            |                              |                                  |
| Barra Conectora    | Diámetro (mm)              |                                                                                                                                            |                              |                                  |

| C. Cómo es Dejado |                | Describa brevemente las condiciones de cómo es encontrada la estructura Grating posterior a la ejecución del mantenimiento o intervención |                          |                          |                             |                          |                          |                          |
|-------------------|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
|                   |                | SI      NO      N/A                                                                                                                       |                          |                          |                             |                          |                          |                          |
| 1                 | Soldado        | <input type="checkbox"/>                                                                                                                  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Desgaste de estructura      | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2                 | Apernado       | <input type="checkbox"/>                                                                                                                  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Presenta daño en protección | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3                 | Fijadores W    | <input type="checkbox"/>                                                                                                                  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Anticorrosiva               | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 4                 | Tiene pomelos  | <input type="checkbox"/>                                                                                                                  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Dimensiones adecuadas       | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 5                 | Otra Fijación: | <input type="text"/>                                                                                                                      |                          |                          | Otro                        | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

|                |                |
|----------------|----------------|
| Fotografía N°3 | Fotografía N°4 |
|----------------|----------------|

Fotografía N°3:

Fotografía N°4:

|                                               |                                                                                                                                                  |             |          |            |
|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----------|------------|
| <b>D. Comentarios / Recomendaciones</b>       | En el cuadro siguiente registre comentarios relevantes sobre la situación del grating las acciones futuras y la estimación de la vida remanente. |             |          |            |
| Vida estimada hasta la siguiente intervención | Aproximadamente en __ años.                                                                                                                      |             |          |            |
|                                               | OT                                                                                                                                               | Descripción | Cantidad | Utilizados |
|                                               |                                                                                                                                                  |             |          |            |
| Reparaciones                                  |                                                                                                                                                  |             |          |            |
| Mantenimiento / Inspecciones                  |                                                                                                                                                  |             |          |            |
| Otro:                                         |                                                                                                                                                  |             |          |            |



**CAPITULO N°4:**  
**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD.**



**4.1 Evaluación Económica de los costos asociados**

Actualmente la unidad de zona de agrupamiento de palanquillas, parte superior ubicada en la planta de colada continua se encuentra fuera de servicio, debido al cierre de la planta de forma indefinida lo que facilita el proceso de restauración estructural, sin ver afectada una detención no programada lo que provocaría pérdidas económicas asociadas a la producción, por lo que es importante el enfoque en un buen plan de mantenimiento.

Dentro de esta sección existen una gran cantidad de equipos a los cuales se les realizan mantenimientos predictivos y correctivos. Por lo que se monitorea de una forma periódica a través de inspecciones visuales, alineamientos y rutas de lubricación, es por ende que esta sección en comparación a otras tiende a ser más concurrida por personal de planta y usuarios contratistas.

Concluyendo con un análisis RCM que la zona de agrupamiento de palanquillas es un sector crítico siendo así el principal punto de restauración y el segundo dentro de Colada Continua después de 25 años, ya que el primero fue la modernización completa de toda la planta la cual tuvo un costo aproximado de 700 millones de dólares, por lo que esta nueva remodelación se basa en un sector y su precio es minoritario por lo que contribuirá a la seguridad del personal en los trabajos de mantenimiento y a los proyectos que CAP estime convenientes en un futuro.

**4.2 Análisis de costos**

Teniendo en consideración en la situación en la que se encuentra la compañía, es de saber que la unidad se encuentra en estado de detención al igual que todas las plantas de la siderúrgica, por lo que no existirían perdidas asociadas a la producción, solo existen pruebas de inspección asociados a los equipos rotatorios con la finalidad de que estos no queden obsoletos.

Por lo que no se vería afectado la mantención estructural de la mesa de izamiento ni se incurriría en mayores costos asociados.

Tabla 4.1. Análisis de costo de personal de trabajo en paro de planta.

| Personal de Trabajo                   | Cantidad | Valor Uni.  | Total        |
|---------------------------------------|----------|-------------|--------------|
| Asesor en Prevención de Riesgos       | 1        | \$2.271.803 | \$ 2.271.803 |
| Tecnico en Prevención de Riesgos      | 1        | \$1.553.142 | \$ 1.553.142 |
| Supervisor Mecánico/Montaje           | 1        | \$2.432.557 | \$ 2.432.557 |
| Experto en Maquinaria y Maniobras     | 1        | \$1.770.571 | \$ 1.770.571 |
| Rigger en Maquinaria Maniobras        | 1        | \$ 970.628  | \$ 970.628   |
| Maestro Mayor en estructura y montaje | 1        | \$1.449.550 | \$ 1.449.550 |
| Soldador                              | 2        | \$1.680.200 | \$ 3.360.400 |
| Maestro 1era en estructura y montaje  | 3        | \$1.182.450 | \$ 3.547.350 |
| Totales                               |          |             | \$17.356.001 |

Tabla 4.2. Análisis de costo de los elementos de protección personal a utilizar.

| EPP                                 | Uni/Par | Valor Uni. | Total       |
|-------------------------------------|---------|------------|-------------|
| Casco de Seguridad MSA              | 11      | \$ 14.953  | \$ 164.483  |
| Careta Facial                       | 6       | \$ 6.290   | \$ 37.740   |
| Fonos Auditivos MSA                 | 11      | \$ 19.385  | \$ 213.235  |
| Lentes de Seguridad sello hermético | 19      | \$ 3.500   | \$ 66.500   |
| Overol                              | 9       | \$ 8.990   | \$ 80.910   |
| Calzado de Seguridad                | 11      | \$ 49.990  | \$ 549.890  |
| Guantes de Cabritilla               | 56      | \$ 1.890   | \$ 105.840  |
| Chaqueta de Cuero                   | 6       | \$ 19.490  | \$ 116.940  |
| Guantes de Soldar                   | 2       | \$ 11.500  | \$ 23.000   |
| Pantalón de Cuero                   | 6       | \$ 19.990  | \$ 119.940  |
| Cubre Calzado de Cuero              | 6       | \$ 3.590   | \$ 21.540   |
| Total                               |         |            | \$1.500.018 |

Tabla 4.3. Análisis de costo de herramientas e insumos para ejecución de trabajo.

| Herramientas y Insumos                                             | Unidad | Valor Uni. | Total        |
|--------------------------------------------------------------------|--------|------------|--------------|
| Esmeril 9"                                                         | 2      | \$ 154.990 | \$ 309.980   |
| Esmeril 4 1/2"                                                     | 2      | \$ 66.100  | \$ 132.200   |
| Martillo Cincelador                                                | 2      | \$ 16.990  | \$ 33.980    |
| Cepillo de Alambre                                                 | 3      | \$ 5.450   | \$ 16.350    |
| Martillo de bola                                                   | 3      | \$ 9.333   | \$ 27.999    |
| Porta Tiza                                                         | 2      | \$ 3.990   | \$ 7.980     |
| Flexometro 5 m                                                     | 4      | \$ 8.990   | \$ 35.960    |
| Juego de Llaves 7-24 mm                                            | 2      | \$ 89.500  | \$ 179.000   |
| Llave Francesa 8"                                                  | 3      | \$ 24.900  | \$ 74.700    |
| Pack De 25 Discos De Corte Std 4 1/2" 1 Mm Metal Inoxidable        | 30     | \$ 12.990  | \$ 389.700   |
| Pack De 25 Discos De Corte 9" 2 Mm Metal Inoxidable                | 30     | \$ 30.990  | \$ 929.700   |
| Pack 10 Discos Desbaste Metal 4-1/2" 1.5 Mm Metal Inoxidable       | 30     | \$ 12.990  | \$ 389.700   |
| Pack 10 Gratas Copa De Acero 4" 100 Mm                             | 18     | \$ 32.990  | \$ 593.820   |
| Extensión Electrica 20 Metros                                      | 3      | \$ 26.990  | \$ 80.970    |
| Pinza para Tierra                                                  | 2      | \$ 11.990  | \$ 23.980    |
| Porta electrodos 500 A                                             | 2      | \$ 24.190  | \$ 48.380    |
| Electrodo 6011 1/8" Punta Azul 1 KG Indura                         | 18     | \$ 6.890   | \$ 124.020   |
| Soldadora Compactmig 200 Inversora MIG/MMA/TIG)                    | 2      | \$ 479.430 | \$ 958.860   |
| Llave De Impacto 1/2 Atomic 20v inalambrico + 2 Bateria 4ah Dewalt | 2      | \$ 369.591 | \$ 739.182   |
| Set 23 piezas de dados combinado 1/2" Dewalt                       | 3      | \$ 120.590 | \$ 361.770   |
| Set juego de puntas y accesorios makita 102 piezas                 | 3      | \$ 39.990  | \$ 119.970   |
| Taladro Percutor Inalambrico Bosch                                 | 3      | \$ 150.990 | \$ 452.970   |
| Total                                                              |        |            | \$ 6.031.171 |

Tabla 4.4. Análisis de costo de materiales a utilizar en el paro.

| Materiales                     | Unidad | Valor Uni. | Total        |
|--------------------------------|--------|------------|--------------|
| Parrilla ARS-3 970X6000 mm     | 76     | \$476.295  | \$36.198.420 |
| Fijación W con perno 1/4       | 540    | \$ 1.807   | \$ 975.780   |
| Perfil 90° Acero 50x50x5 mm 6M | 37     | \$ 34.990  | \$ 1.294.630 |
| Total                          |        |            | \$38.468.830 |

Tabla 4.5. Análisis de presupuesto total del proyecto de paro.

| Items de paro          | Total        |
|------------------------|--------------|
| Personal de Trabajo    | \$17.356.001 |
| EPP                    | \$ 1.500.018 |
| Herramientas y Insumos | \$ 6.031.171 |
| Materiales             | \$38.468.830 |
| Total Paro de Planta   | \$63.356.020 |

**4.3 Paro Programado**

En el respectivo paro de planta los costos se manejarán acorde a un contrato provisorio en donde las mantenciones de estructura y montaje serán ejecutadas por una empresa contratista, en donde los valores son de carácter fijo pactando así una licitación de contrato donde participaran empresas que cumplan con el perfil y las exigencias de CAP debido principalmente a que todos los valores son de suma confidencialidad de la empresa.

**4.4 Repuestos e Insumos**

Fueron considerados los repuestos asociados a la instalación y montaje en la zona de agrupamiento de palanquillas que es el punto o área para modernizar en base al accidente ocurrido y al análisis RCM el cual arroja que es el sector más crítico.

No hay mayor complicación con la logística de repuestos e insumos ya que se encuentran dentro del país, por lo que es de fácil el traslado hacia las instalaciones, también reforzar que el traslado al interior de la planta al igual que los trabajos de izaje serán realizados por los puentes de grúa los cuales son tres dentro de la planta por lo que su valor estimado es despreciable.

4.5 Van y TIR

Tabla 4.6. Análisis de VAN y TIR

| Año               | Flujo de Caja  | Notas             |
|-------------------|----------------|-------------------|
| 0                 | -\$63.356.020  | Inversión inicial |
| 1                 | \$15.000.000   | Beneficio Año 1   |
| 2                 | \$15.000.000   | Beneficio Año 2   |
| 3                 | \$15.000.000   | Beneficio Año 3   |
| 4                 | \$15.000.000   | Beneficio Año 4   |
| 5                 | \$15.000.000   | Beneficio Año 5   |
| Tasa de Descuento | 0,1            | (10% en decimal)  |
| VAN               | \$-6.494.218,5 |                   |
| TIR               | 5,90%          |                   |

Tabla 4.7. Descripción de resumen de métricas y valores

| Métrica     | Valor           | Descripción                                                                                  |
|-------------|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| VAN (a 10%) | -\$6.494.218,46 | Valor Actual Neto negativo, indicando que los beneficios no cubren la inversión a esta tasa. |
| TIR         | 5,90%           | Tasa Interna de Retorno, por debajo del 10%, sugiriendo baja rentabilidad.                   |

Deducciones de la Tabla:

1. VAN Negativo: Con un VAN de -\$6.494.218,46 a una tasa de descuento del 10%, el proyecto no es rentable bajo estos supuestos. Esto significa que el valor actual de los beneficios hipotéticos (\$15M anuales por ahorros en seguridad y mantenimiento) no compensa la inversión inicial de \$63M. Dado que la planta está detenida por razones económicas, esto refuerza la conclusión de que el proyecto no es viable actualmente, ya que no hay producción activa para generar beneficios reales (como evitación de pérdidas por accidentes o detenciones).
2. TIR Baja: La TIR del 5,90% es inferior a la tasa de descuento del 10% (umbral común para proyectos industriales en Chile, considerando inflación y costo de capital). Esto indica que el proyecto no genera un retorno suficiente para justificar la inversión. Si la TIR estuviera por encima del 10%, sería atractivo; aquí, sugiere que se necesitan beneficios anuales mayores (por ejemplo, al menos \$20M por año para que TIR

>10%) o una reducción de costos (como negociar materiales más baratos, ver Tabla 4.4 del documento).

3. Implicaciones para el Proyecto: Dado que la planta tiene antigüedad desde 1950 y problemas estructurales (como corrosión y grating en deterioro), el proyecto podría ser esencial para la seguridad (evitando accidentes como el descrito en Capítulo 2). Sin embargo, financieramente, no se justifica sin la reapertura de la planta. Si se reanuda operaciones, los beneficios reales (por ejemplo, reducción de accidentabilidad según ISO 45001) podrían elevar el VAN a positivo, haciendo el proyecto factible.

#### **4.6 Oferta económica**

Con los valores obtenidos en las diversas tablas

1. El costo estimado para el paro de plata será de \$63.356.020 millones de pesos.
2. Debido al VAN y TIR negativo este proyecto no sería viable de realizar, ya que el VAN es inferior a 0 y el TIR menor a la tasa de interés del 10%.
3. Se recomienda inspeccionar si existe alguna otra estructura que este en deterioro o esté por cumplir su vida útil, ya que podría ocasionar otro accidente si este no se ha detectado con anterioridad.
4. Se recomienda almacenar los despuntes y desechos en patio de chatarra, así mantener y conservar un área limpia y ordenada.
5. Es de suma importancia contar con un stock de repuestos tales como fijaciones, grating y pletinas en el caso de algún imprevisto, atacar de forma inmediata el punto que requiera mantención, acotar que estos repuestos son despreciables en su costo de almacenamiento en bodega.
6. Las fallas imprevistas nunca podrán eliminarse en su totalidad, por lo que se pide reforzar procedimientos de inspección así obtener datos más detallados y específicos con la finalidad de poder minimizar el número de fallas potenciales.

### **Conclusión.**

La razón principal por la cual se elaboró el plan de mantenimiento fue debido a un accidente ocurrido por un trabajador de empresa contratista, ocasionando el colapso de un grating y poniendo en duda las condiciones estructurales en las que se encuentra dicha planta, con este acontecimiento se estaría dando como prioridad realizar el cambio y reposición de estas plataformas estructurales, con el fin de anticiparse a eventos no deseados, de corregir las fallas estructurales y prevenir un posible accidente dentro de la planta.

En base a una evaluación exhaustiva entre los distintos sectores que componen esta planta y considerando el nivel de criticidad, el impacto operacional, los tiempos de funcionamiento de estos y los costos de mantenimiento asociados.

Reforzando lo anterior el proyecto no es rentable ni viable ya que el VAN y el TIR de este son números inferiores a 0 por lo que se concluye en el VAN que ni con los beneficios hipotéticos compensan la inversión inicial dejando \$-6.494.218 un saldo negativo y el TIR también fue inferior a la tasa de descuento de un 10% dejando un 5,90% por lo que sería recomendable necesitar beneficios anuales mayores de \$15 millones, al menos \$20 millones como para que el TIR sea más elevado que el 10% de interés que se le puso al proyecto. Por lo que se tendría que buscar una reducción de costo quizás materiales, herramientas y mano de obra más barata.

Finalmente se puede concluir que de cierto modo no es viable el plan de mantenimiento estructural por el solo hecho de que se ha cerrado la siderúrgica, por temas económicos y del funcionamiento de la planta, por lo mismo siendo objetivos no es factible para la compañía CAP. No obstante, es una buena alternativa para modernizar las condiciones estructurales de la planta para fines que estime conveniente la compañía, ya sea proyectos a largo plazo.

La dificultad principal que se encontró durante este trabajo de investigación fue la poca información que tienen como área o planta de proceso Colada Continua, basado en el sistema estructural de dicha planta, esto hace que la existencia de planos se base netamente en los equipos que existen en la unidad y no de planos ni datos asociados a lo que es la planta tanto geográficamente como también sus dimensiones en su ámbito estructural.

### **Bibliografía.**

ARS grating Chile. (s.f.). *ARS grating*. Obtenido de <https://ars-grating.cl/ars-area-tecnica/montaje-pisos-grating>

Instituto Chile del Acero. (2006). *Nch203*.

Nowlan, S., & Heap, H. (1978). *Reliability centered maintenance*. Springfield, Virginia.

Metalia Chile. (2015). *netalia.cl*. Obtenido de <https://www.metalia.cl/noticia.asp?id=797>

Met fusion. (2015). *Metfusion*. Obtenido de <https://metfusion.wordpress.com/wp-content/uploads/2013/08/23-08-2013-0-45-26.jpg?w=640>

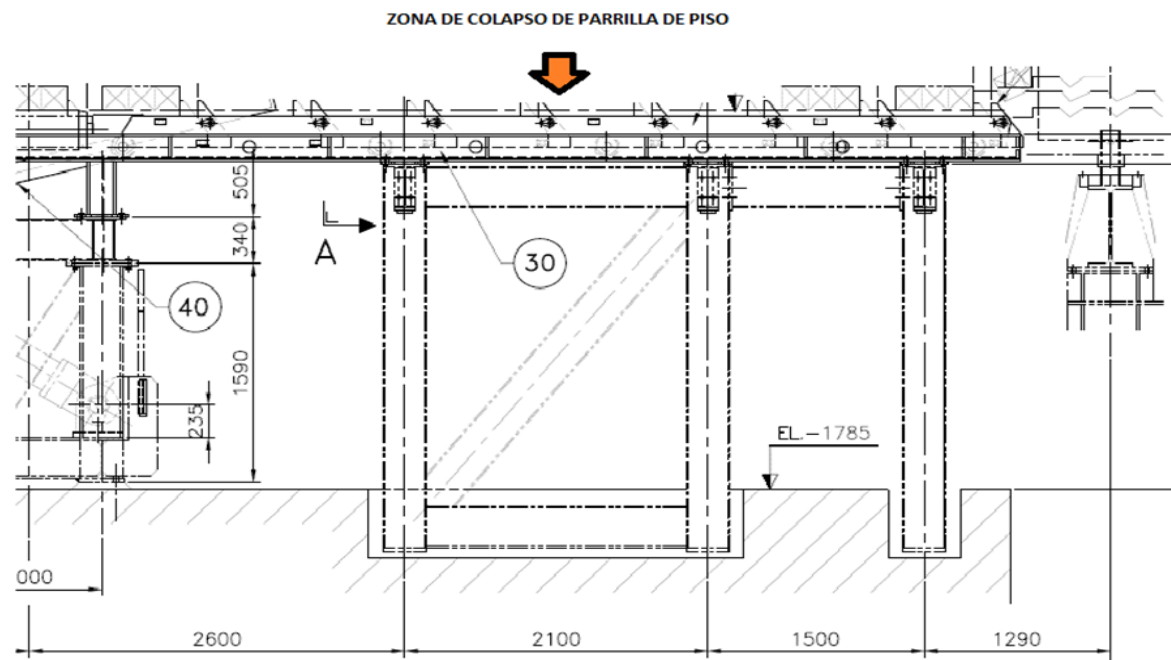
web y empresas. (s.f.). <https://www.webyempresas.com>. Obtenido de <https://www.webyempresas.com/el-valor-actual-neto-van/>

ANEXOS.

|                                                                                                                                                                                                                |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |                     |               |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------|---------------|
|                                                                                                                               |  | Informe Investigación Incidente                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  | AME-OHSEQ-T-1.1.4.2 |               |
| Tipo: Formato                                                                                                                                                                                                  |  | Disposición: Uso Interno                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |  | Revisión: 00        | Página:1 de 1 |
| Emitido por: People & Safety                                                                                                                                                                                   |  | Aprobado por: People & Safety Manager Americas                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  | Fecha: Marzo 2021   |               |
| INVESTIGACIÓN CRONOGRAMA                                                                                                                                                                                       |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |                     |               |
|                                                                                                                                                                                                                |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |                     |               |
| Título del evento                                                                                                                                                                                              |  | Caída de altura (2.37 mt.).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |  |                     |               |
| Tipo de incidente                                                                                                                                                                                              |  | Con tiempo perdido.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |  |                     |               |
| Fecha del evento                                                                                                                                                                                               |  | 19-feb-23                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |  |                     |               |
| Hora                                                                                                                                                                                                           |  | 13:40 horas.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |  |                     |               |
| Lugar                                                                                                                                                                                                          |  | Mesa Izamiento - Máquina de Colada Continua.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |  |                     |               |
| Región                                                                                                                                                                                                         |  | Chile                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |  |                     |               |
| Cliente                                                                                                                                                                                                        |  | Compañía Siderúrgica Huachipato (CSH SA)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |  |                     |               |
| Administrador de Contrato Cliente                                                                                                                                                                              |  | Ingrid Hidalgo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |                     |               |
| Site Manager                                                                                                                                                                                                   |  | Jorge Soto Vergara.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |  |                     |               |
| Jefe HSEC                                                                                                                                                                                                      |  | Kimberlly Zambrano Valdebenito.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |  |                     |               |
| Empresa                                                                                                                                                                                                        |  | Quant Chile SpA.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |  |                     |               |
| Gerente General                                                                                                                                                                                                |  | Maximiliano Aqueveque.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |  |                     |               |
| Descripción del incidente<br>(Breve descripción de lo ocurrido. Evitar el uso de los nombres de personas). Seguir la secuencia de "donde, cuando, quién, qué y potencialidad del evento", para la descripción. |  | Mientras se realizaban actividades de mantenimiento en área de Máquina de Colada Continua, tres trabajadores (Supervisor CAP, Líder y Mecánico de Quant), acceden al nivel superior, zona de izamiento, con el objetivo de verificar la alineación de mesa galopante. En circunstancias que caminaban de Sur a Norte, inesperadamente cede estructura de parrilla de piso (grating), provocando la caída a nivel inferior (2.37 m) del Sr. Sandro Castro Salgado, originando lesiones que obligaron a realizar maniobras de rescate. |  |                     |               |
| Gerente (Evaluador del reporte):                                                                                                                                                                               |  | Francisco Abarca Jofré.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |                     |               |

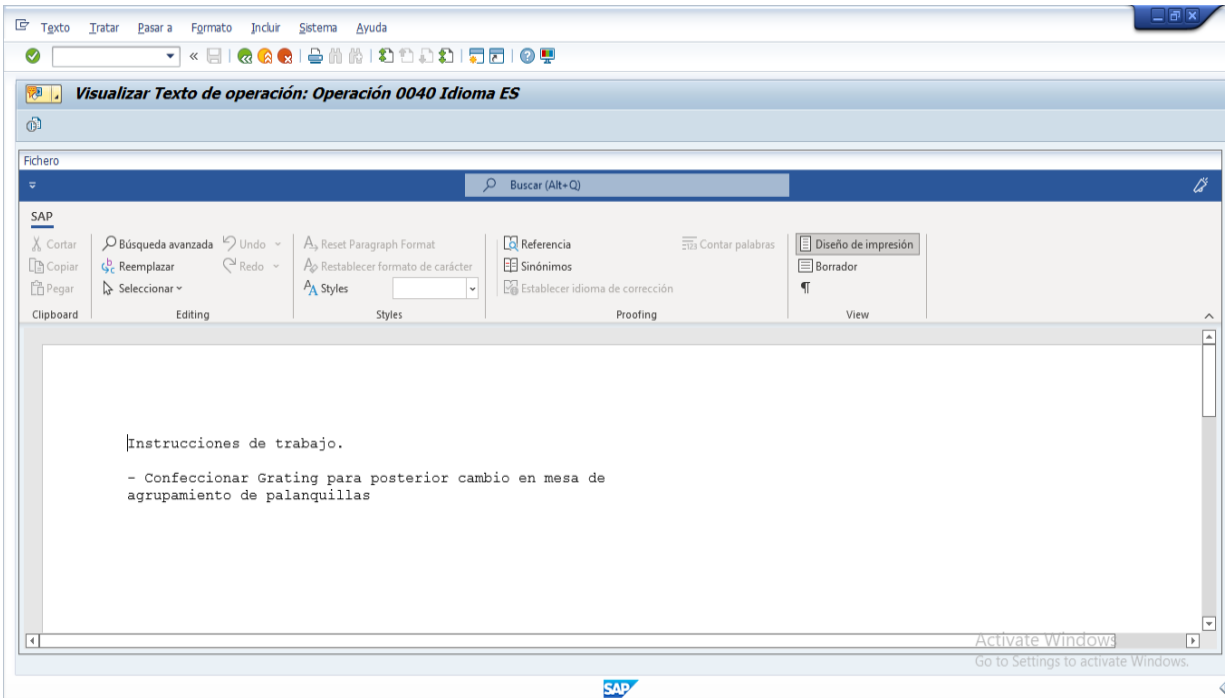
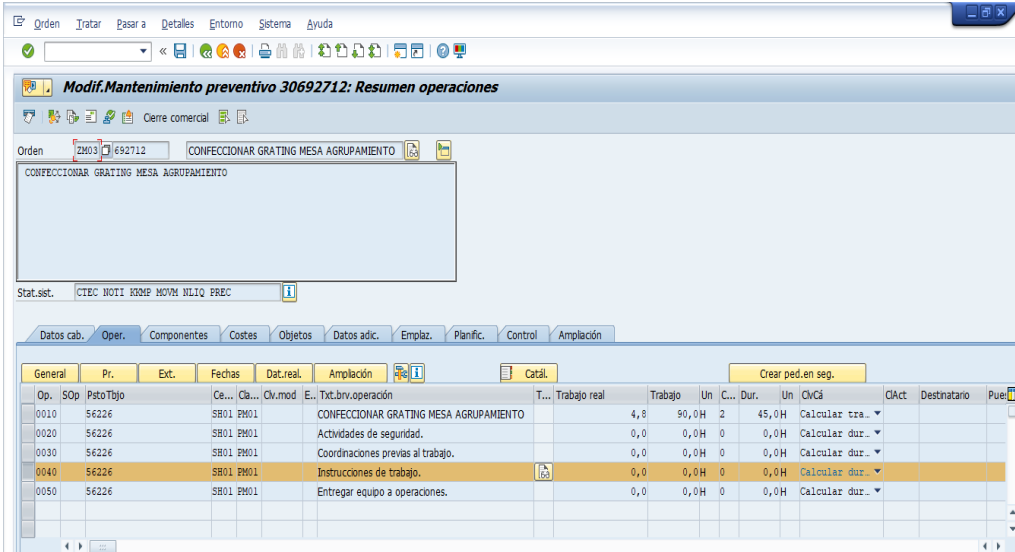
|                                |                            |                    |                         |
|--------------------------------|----------------------------|--------------------|-------------------------|
| Equipo de Investigación        |                            |                    |                         |
| Nombre                         | Cargo                      | Sitio/Operación    | Rol en la Investigación |
| Mario Quiroz Escobar           | Operations Manager         | ACC CAP Huachipato | Facilitador             |
| Jorge Soto Vergara             | Site Manager               | ACC CAP Huachipato | Líder                   |
| Kimberlly Zambrano Valdebenito | OHSEQ Advisor              | ACC CAP Huachipato | Facilitador             |
| Carlos Sáez Rivera             | Ingeniero de Confiabilidad | ACC CAP Huachipato | Facilitador             |

Anexo 1. Informe de investigación de incidente. Fuente empresa QUANT.



| Orden       | Fecha de inicio<br>extrema | Texto breve                               | Revisión | Ubicación técnica | Centro de coste | Autor       |
|-------------|----------------------------|-------------------------------------------|----------|-------------------|-----------------|-------------|
| 30804484    | 19-11-2019                 | Reparación estructural mesa de agrupamie  |          | SH01-57-06-06-70  | 301009          | E MTRONCOSO |
| 30754954    | 22-04-2019                 | Corte e instalación de pq viga refrigera  | 56-19-18 | SH01-57-06-06-70  | 301009          | E CAVINET   |
| 30692712    | 04-03-2019                 | CONFECCIONAR GRATING MESA AGRUPAMIENTO    | 56-19-10 | SH01-57-06-06-70  | 301009          | E CAVINET   |
| 30689292    | 26-02-2019                 | Cambio de grating mesa de agrupamiento s  | AC-19-11 | SH01-57-06-06-70  | 301009          | E MTRONCOSO |
| 30688985    | 11-02-2019                 | INSPECCIÓN DIMENSIONAL MESA DE AGRUPAMIE  | 56-19-07 | SH01-57-06-06-70  | 301009          | E MTRONCOSO |
| 10662269    | 29-01-2019                 | Instalar viga en mesa de arrastre palanq  |          | SH01-57-06-06-70  | 301009          | E CAVINET   |
| 10662098    | 27-01-2019                 | Instalar palanquilla guía en mesa de arr  |          | SH01-57-06-06-70  | 301009          | E MTRONCOSO |
| 30671104    | 21-11-2018                 | Cambio de viga resfrigerada mesa de agru  |          | SH01-57-06-06-70  | 301009          | E MTRONCOSO |
| RE 30657718 | 09-10-2018                 | PQ. Mesa agrup instalar viga redonda      |          | SH01-57-06-06-70  | 301009          | RARMELLA    |
| 30633273    | 26-06-2018                 | Cambio viga circular mesa agrupamiento    |          | SH01-57-06-06-70  | 301009          | E CAVINET   |
| 30624477    | 29-05-2018                 | Mantenición mecánica y estructural de mes |          | SH01-57-06-06-70  | 301009          | E MTRONCOSO |
| 30625617    | 24-05-2018                 | SOLDAR SOPORTACION N 9 MESA DE ARRASTRES  |          | SH01-57-06-06-70  | 301009          | E MTRONCOSO |
| 30602046    | 09-02-2018                 | mantención de carros porta trinquetes     |          | SH01-57-06-06-70  | 301009          | E AMARTINEZ |
| 30593214    | 29-12-2017                 | Mesa de pq fria Reparacion viga refrirad  |          | SH01-57-06-06-70  | 301009          | E MTRONCOSO |
| 30580006    | 02-11-2017                 | PQ. Vigas refrigeradas cambio guías desli | CC-17-44 | SH01-57-06-06-70  | 301009          | RARMELLA    |
| 30576176    | 05-10-2017                 | PQ. Montaje de 2 carros porta trinquetes  |          | SH01-57-06-06-70  | 301009          | RARMELLA    |
| 30572623    | 21-09-2017                 | PQ. Vigas refrigeradas cambio guías desli | CC-17-38 | SH01-57-06-06-70  | 301009          | RARMELLA    |

Anexo 2. Zona colapso de parrilla y descripción. Elaboración propia.



Anexo 3. Instrucción de trabajo en SAP. Fuente propia.

|                                                                             |                                               |                      |
|-----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------|
| Lista   Iratrar   Pasar a   Detalles   Entorno   Opciones   Sistema   Ayuda |                                               |                      |
| Repr.estructura ubicación técnica: Lista de estructura                      |                                               |                      |
| Nivel hacia arriba   Detalles completos   Clases de material                |                                               |                      |
| Ubicación técnica                                                           | SH01-57                                       | Válido de 01.03.2022 |
| Denominación                                                                | Colada Continua                               |                      |
| SH01-57-06-06-60                                                            | Tope Retráctil RS2                            |                      |
| SH01-57-06-06-62                                                            | Camino Rodillos Palanq.Caliente Sec.N°4       |                      |
| SH01-57-06-06-64                                                            | Separador Palanquillas Caliente               |                      |
| SH01-57-06-06-66                                                            | Mesa Arrastre Palanquillas Caliente           |                      |
| SH01-57-06-06-68                                                            | Mesa Galopante                                |                      |
| SH01-57-06-06-70                                                            | Mesa Agrup. Palanq. l°y2° Secc. Sal.M. Galop. |                      |
| MM5700057                                                                   | Mesa Agrupamiento de Palanquillas             |                      |
| MM5700788                                                                   | Cilindros mesa agrupamiento pq frias          |                      |
| SH01-57-06-06-72                                                            | Camino Rodillos Palanq.Frias Sec.N°1          |                      |
| SH01-57-06-06-74                                                            | Tope Retráctil. RS-3.                         |                      |
| SH01-57-06-06-76                                                            | Camino Rodillos Palanq.Frias Sec.N°3          |                      |
| SH01-57-06-06-78                                                            | Camino Rodillos Palanq.Frias Sec.N°4          |                      |
| SH01-57-06-06-80                                                            | Tope Final Sección N°4.                       |                      |
| SH01-57-06-06-82                                                            | Mesa Recogida Final Palanq. Frias Norte       |                      |
| SH01-57-06-06-84                                                            | Mesa Recogida Final Palanq. Frias Sur         |                      |
| SH01-57-06-06-86                                                            | Termofosos                                    |                      |
| SH01-57-06-20                                                               | Púlpitos                                      |                      |
| SH01-57-06-40                                                               | Sala Control                                  |                      |
| SH01-57-06-90                                                               | Sistemas                                      |                      |
| SH01-57-08                                                                  | Estación Reparación Artesa                    |                      |
| SH01-57-50                                                                  | Grúas Puente- Colada Cont.                    |                      |
| SH01-57-55                                                                  | Ascensores y Montacargas                      |                      |
| SH01-57-60                                                                  | Accesorios Levante                            |                      |
| SH01-57-70                                                                  | Equipos Rodantes y Traslado Carga             |                      |
| SH01-57-80                                                                  | Oficinas y Edificios Departamentales          |                      |
| SH01-57-90                                                                  | Redes y Suministros                           |                      |

Anexo 4. Lista de estructura. Fuente propia.

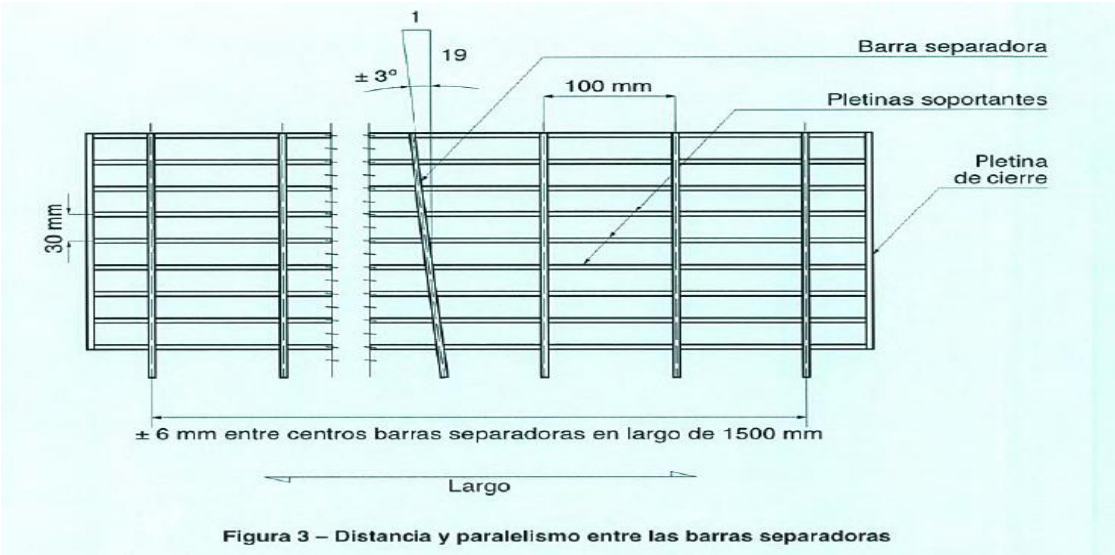
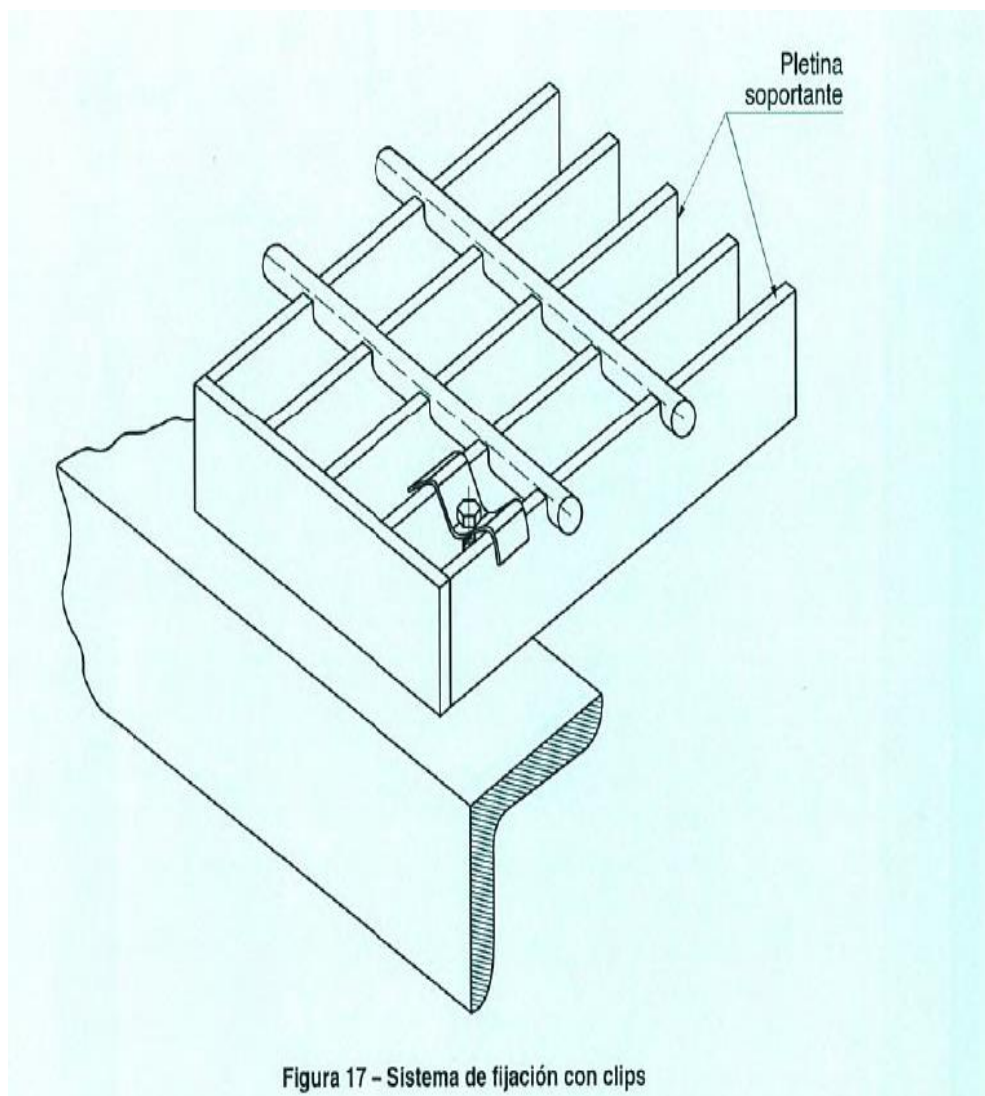
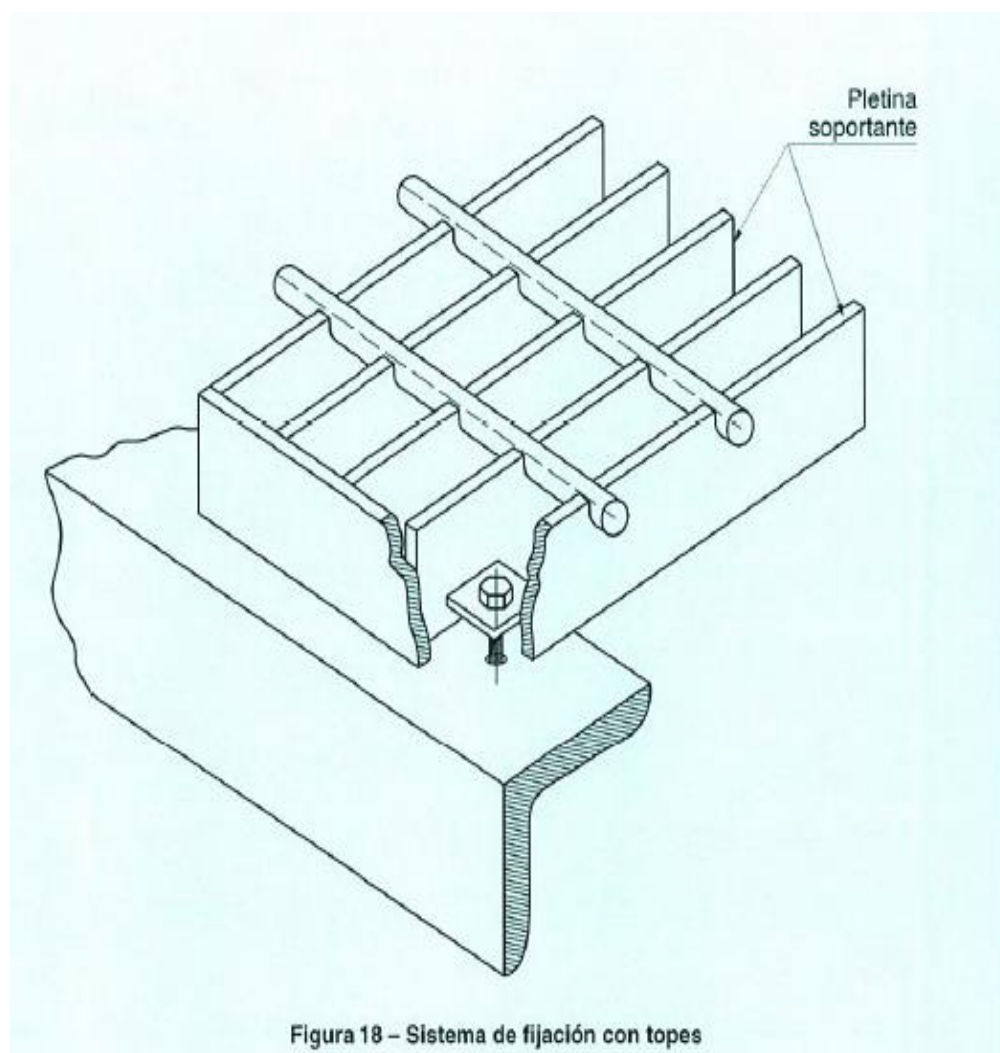


Figura 3 – Distancia y paralelismo entre las barras separadoras

Anexo 5. Distancia entre barras separadoras. Fuente propia.



Anexo 6. Sistema de fijación con clips. Fuente propia.



Anexo 7. Sistema de fijación con topes. Fuente propia.