

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE VIÑA DEL MAR – JOSÉ MIGUEL CARRERA

**PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE ENCAPSULACIÓN
PARA FUELLE DE ALIMENTACIÓN DE HARNERO VIBRATORIO EN
PLANTA CEMENTERA**

Trabajo de Titulación para optar al
Título de Técnico Universitario en
Mantenimiento Industrial

Alumnos:

Sr. Luciano Matías Escobar Reyes

Sr. Sergio Ignacio Vicencio Ibáñez

Profesor Guía:

Mg. Ing. Ricardo Ciudad Cartagena

RESUMEN

KEYWORDS: HARNERO-FUELLE-ENCAPSULAMIENTO-EXTENSIÓN

El objetivo principal de este trabajo de título es mejorar el sistema de encapsulación actual del harnero vibratorio “HAVER & BOECKER” de la empresa de cementos Transex.

Para llevar a cabo la propuesta en el primer capítulo se realiza la contextualización, en donde se nombraron los antecedentes generales de la empresa (misión, visión y ubicación), para luego dar paso a comprender como es el funcionamiento de esta, identificando en este punto las áreas clave del proceso de producción del cemento y el equipo en donde está enfocada nuestra propuesta de mejora. Terminando el capítulo se enfatiza en la problemática del trabajo, demostrando que este no solo afecta al equipo y a la producción, sino que también afecta directamente a la salud de los trabajadores del área. Es por esto por lo que se nombran los distintos decretos que abarcan los límites permisibles de contaminación.

El segundo capítulo define y detalla características del harnero vibratorio, mencionando también el impacto que tiene en la producción y el cómo afecta la no presencia de este junto con el fuelle, dando paso a las actividades de mantenimiento que se le puede aplicar según catálogo.

Finalizando, el tercer capítulo consta de la mejora que se le hará al sistema de encapsulación, con conocimientos adquiridos en la carrera, conectando el mantenimiento con la gestión de activos para lograr definir el valor del activo, así mismo una vez comprendido él porque es importante realizar la mejora se procede a realizar un diagrama de ISHIKAWA, que muestra las causas de un evento específico. A partir de este análisis es que se logró identificar los problemas y fallas, para las cuales se presenta la propuesta de mejora. Esta indica que mediante una extensión de la boca de descarga del chute se mitigara el desgaste que sufre el fuelle y posteriormente será encapsulado con un nuevo fuelle de tela de kevlar recubierta con caucho, de manera que este tenga más resistencia.

ÍNDICE

OBJETIVOS_____7

OBJETIVO GENERAL_____7

OBJETIVOS ESPECÍFICOS _____7

Capítulo 1 _____8

Antecedentes generales y planteamiento del problema_____8

1. Antecedentes generales y planteamiento del problema _____9

1.1. EMPRESA _____9

 1.1.1. Misión _____10

 1.1.2. Visión _____10

 1.1.3. Ubicación _____10

1.2. Funcionamiento de planta cementera _____11

 1.2.1. Área 100-200. _____11

 1.2.2. Área 300 _____13

 1.2.3. Área 500 _____14

 1.2.4. Diagrama de flujo _____15

1.3. Planteamiento del problema_____16

 1.3.1. Problemática de la polución _____18

 1.3.2. Diagrama de flujo _____20

 1.3.3. Protocolo de vigilancia del ambiente de trabajo y de la salud de los
trabajadores expuestos a sílice (PLANESI) _____20

Capítulo 2 _____23

harnero vibratorio según catalogo y su impacto en la produccion _____23

2. Harnero vibratorio según catalogo y su impacto en la producción _____24

2.1. Harnero vibratorio _____24

2.2. Características de la máquina estudiada _____24

 2.2.1. Datos de la máquina _____25

2.3. Placa característica _____25

2.4. Modo de funcionamiento de la máquina. _____26

2.5. Impacto del harnero en la producción _____27

 2.5.1. Disponibilidad del harnero _____28

 2.5.2. Check-list del área 500 _____29

2.6. Mantenimiento_____31

- 2.6.1. Tipos de mantenimiento según catalogo 31
 - 2.6.2. Stock tareas de mantenimiento 31
- CAPÍTULO 3 32
- 3. Desarrollo de mejora del sistema de encapsulamiento 33
 - 3.1. Gestión de activos 33
 - 3.1.1. Norma ISO 55000 33
 - 3.1.2. Norma ISO 55001 35
 - 3.1.3. Beneficios 38
 - 3.2. Análisis causa raíz (ACR) 38
 - 3.2.1. Ishikawa 39
 - 3.2.2. Análisis 40
 - 3.2.3. Análisis de las vias posibles 41
 - 3.2.4. Conclusión Ishikawa 42
 - 3.3. Propuesta de modificación 43
 - 3.3.1. Fabricación de extensión 45
 - 3.3.2. Instalación extensión 46
 - 3.3.3. Procedimiento para instalación 47
 - 3.3.4. Metodología 48
- 4. Costos 49
 - 4.1. Costo de fabricación de extensión 49
 - 4.2. Costo de fuelle kevlar 51
- 5. Beneficios y recomendaciones 52
- 6. Conclusión 53
- 7. Bibliografía 53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Logo de empresa	10
Figura 1-2 Ubicación de la planta	11
Figura 1-3 Correas transportadoras N° 12-21	12
Figura 1-4 Correa transportadora con bascula	12
Figura 1-5 Molino vertical de rodillos LOESCHE	13
Figura1-6 Silos de la planta.....	14
Figura1-7 Pallet de cementos listo para embalar con sistema Stretch Hood	15
Figura1-8 Diagrama de flujo.....	15
Figura1-9 Identificación de ubicación de chute y fuelle	16
Figura1-10 Condición fuelle	18
Figura1-11 Diagrama de flujo.....	20
Figura1-12 Gráfico Límites Permisibles para sílice cristalina (valores para la jornada 45 horas semanales)	21
Figura 2-1 Harnero vibratorio	24
Figura 2-2 Placa Harnero Vibratorio.....	26
Figura 2-3 Esquema de funcionamiento	27
Figura 2-4 Check-List	30
Figura 3-1 Ciclo radial de los factores de gestión.....	35
Figura 3-2 Diagrama de flujo de gestión de activos	36
Figura 3-3 Diagrama de elementos de requisitos.....	37
Figura 3-4 Ciclo de ACR	40
Figura 3-5 Diagrama de Ishikawa para pérdida de material desde el chute hacia el harnero vibratorio.....	41
Figura 3-6 Medidas de reducción de la boca de toma.....	45
Figura 3-7 Plano de extensión de reducción	46
Figura 3-8 Modelación en INVENTOR de extensión.....	47
Figura 3-9 Modelación en INVENTOR de extensión.....	47
Figura 3-10 Ensamble de extensión en la reducción.....	48
Figura 3-11 Planilla de trabajo para instalación de extensión.....	50
Figura 3-12 Figura 3-12 Presupuesto fabricación extensión	51
Figura 3-13 Presupuesto fuelle (presupuesto no incluye IVA).....	52
Figura 3-14 Disponibilidad sin propuesta.....	53
Figura 3-15 Disponibilidad con propuesta.....	53

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1 Tabla de producción/perdida 17

Tabla 1-2 Perdida monetaria 17

Tabla 1-3 Niveles de riesgo..... 21

Tabla 2-1 Datos de la máquina..... 25

SIGLAS

- SGC: Sistema de gestión de calidad
- ISO: Organización internacional de normalización
- (t): Toneladas
- (m): Metros
- (kg): Kilogramos
- °C: Celsius
- (l): Litros
- (h): Horas
- RCA: Resolución de calificación ambiental
- MP: Material particulado
- EPA: Agencia protección del ambiente
- ART: Artículo
- LP: Límites permisibles
- LPP: Límites permisibles ponderados
- D.S: Decreto supremo
- PLANESI: Plan nacional de erradicación de sílice
- OAL: Organización administrativa de la salud
- (mm): Milímetros
- KPI: Indicadores clave del negocio
- MTBF: Mantenimiento medio entre fallas
- MTTR: Mantenimiento medio entre reparaciones
- A: Disponibilidad
- PAS 55: Especificaciones disponibles al publico
- ACR: Análisis causa raíz

INTRODUCCIÓN

Respirar un aire limpio y puro es un derecho que tienen todos los seres vivos a nivel mundial, el cual con el pasar del tiempo se ha visto contaminando por los sectores industriales, sin embargo, es deber de cada empresa sin importar su rubro, disminuir estos niveles para ser amigables con el medio ambiente y responsables con la salud de sus trabajadores. Todo esto debido a los peligros que conlleva estar sometido a ese tipo de ambientes, tales como es padecer enfermedades respiratorias, como la tuberculosis, el cáncer de pulmón; y sin ir más lejos llegar a enfermarse de silicosis, la cual es causada por la larga exposición a ambientes con sílice en suspensión. En las plantas cementeras se genera una gran cantidad de polvo de sílice que está presente desde los acopios de materias primas hasta el proceso de ensacado y paletización, este mismo es mitigado en gran parte por filtros a lo largo de todo el proceso.

El foco de estudio se centra en eliminar la fuga de material y la polución que existe en el nivel donde se encuentra el harnero vibratorio HAVER & BOECKER, ubicado en el edificio de ensacado de la planta cementera “Transex”, siendo más específico en la propuesta de mejoramiento del sistema de encapsulado del fuelle de alimentación que une el chute de descarga con dicho harnero. Contribuyendo a disminuir la emisión ambiental de polución del área. También se evaluará la prevención de riesgos y salud ocupacional para así dar a conocer las medidas de protección necesarias para el trabajador debido a la concentración de sílice que el cemento provee.

El propósito del presente trabajo de título es proponer una solución a esta problemática, y mitigar con ello el daño a la salud de los empleados.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Crear propuesta de mejora al sistema de encapsulación del fuelle de alimentación de harnero vibratorio, eliminando la polución producida por material desprendido.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Comprender el funcionamiento de la planta cementera, analizando con ello el harnero vibratorio mediante el uso de catálogo y manuales.
- Analizar el impacto operacional del harnero en la producción de cemento, considerando la falla del activo correspondiente a pérdida de material existente.
- Desarrollar mejora de encapsulado para el fuelle de alimentación del harnero vibratorio, conectando esto con la gestión de activos (norma ISO 55001).

Capítulo 1

ANTECEDENTES GENERALES Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1. ANTECEDENTES GENERALES Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. EMPRESA

“Empresas Transex” es una empresa nacional que cuenta con más de 40 años de trayectoria, y se ha consolidado como uno de los proveedores más importantes de hormigones, cementos y áridos a nivel nacional.

Hoy cuenta con distintas plantas productivas a lo largo del país, las cuales le permiten ofrecer un servicio flexible y un producto de calidad.

- i) Hormigones Transex: Formada en 1981 es una empresa dedicada a elaborar y distribuir hormigón premezclado, para ello tiene un fuerte compromiso con un SGC (sistema de gestión de calidad) basado en la norma ISO 9001. Orientado a:
 - Ser líder en la presentación de servicios y productos de hormigones premezclados.
 - Obtener una relación beneficiosa entre todas las partes interesadas.
 - Obtener una mejora continua en todos sus procesos.
 - Garantizar condiciones de trabajo seguro y de respeto por el Medio Ambiente, cumpliendo con los requisitos aplicables.
- ii) Cementos Transex: En el año 2013 se incorpora al grupo de Empresas Transex, cuya finalidad es la fabricación y comercialización de cemento en saco y granel. Cementos Transex es una planta modelo, pues es una de las más modernas de Latinoamérica y se emplaza sobre 10 hectáreas de áreas verdes en donde se resguarda el cuidado del medio ambiente, se ubica en la comuna de puente alto en donde opera con tecnología de punta y cuenta con una capacidad de producción anual de 450.000(t). Además, ofrece soluciones cementeras en función de los requerimientos asociados al desarrollo de cada proyecto.
- iii) Minera Rosario: Está orientada principalmente a satisfacer las necesidades de empresas Transex, a través de la extracción, procesamiento y distribución de áridos, cuenta con 2 plantas para la producción ubicadas estratégicamente en las comunas de puente alto y san bernardo. Su compromiso de servicio está orientado a ser la organización más confiable y reconocida del mercado de extracción, procesamiento y distribución. La política de calidad está orientada a:
 - Planificar eficaz y eficientemente todos los procesos.
 - Mantener y fomentar una actitud cordial con el medio ambiente.
 - Fomentar condiciones de trabajo seguro.
 - Garantizar el suministro continuo y de calidad a nuestros clientes.

- Mantener las competencias laborales mediante un adecuado programa de capacitación.



Fuente: <https://www.empresastransex.cl/>

Figura 1-1 Logo de empresa

1.1.1. Misión

Ofrecer la mejor calidad de productos con tecnología de punta y capacitando de manera constante a nuestros empleados, a su vez trabajando de manera amigable al medio ambiente.

1.1.2. Visión

Convertirse en los proveedores preferentes y ser percibidos como la empresa más flexible y confiable en la entrega de productos y servicios de América Latina.

1.1.3. Ubicación

Cementos Transex está ubicado en Av. El rodeo 01855, Bajos de mena, Puente Alto.



Fuente: Google Maps

Figura 1-2 Ubicación de la planta

1.2. **FUNCIONAMIENTO DE PLANTA CEMENTERA**

La planta de cementos Transex se divide en áreas de trabajo, las cuales son:

- 100-200: Correas transportadoras y dosificación.
- 300: Molienda.
- 400: Silos.
- 500: Ensacado-paletizadora-Stretch Hood.

Cemento Transex trabaja con 3 materias primas, las que son yeso – puzolana – Clinker. El Clinker no es producido en la planta, ya que se cuentan con proveedores a los cuales se les compra, entre ellos cemento Melón y Polpaico, siendo transportado a la planta por medio de camiones y apilado en la cancha de Clinker (galpón cerrado para no permitir la polución al exterior).

1.2.1. **Área 100-200.**

El proceso inicia desde el galpón de Clinker, en donde se carga un buzón por medio de cargador frontal para que este sea llevado por medio de correas transportadora (N.º 10-11-12) hasta el edificio de dosificación. El mismo proceso se repite con el yeso y puzolana la cuales comparten el mismo buzón y las correas (N.º 20-21) que las llevan al mencionado edificio.



Fuente: Elaboración propia en terreno de la planta

Figura 1-2 Correas transportadoras N.º 12-21

Cuando las materias primas son llevadas al edificio de dosificación estas son acopiadas en silos de unos 5 (m) de alto, de los que luego se van depositando en tolvas con pines (lanzas) los que dejan pasar el material a una correa que “dosifica” ya que posee una báscula que regula su velocidad de avance desde la sala de control. Se cuenta con una correa de yeso, dos correas de puzolana y una correa de Clinker.



Fuente: Elaboración propia en terreno correa transportadora

Figura 1-3 Correa transportadora con bascula

1.2.2. Área 300

Una vez dosificado el material de estas correas es depositado a otra correa (N.º 150) la que transporta todo el material dosificado al edificio molienda.

En el edificio de molienda el material es transportado por la correa transportadora N.º 150 donde se inicia un siguiente proceso, el material se deposita directamente en un clasificador, el cual clasifica el material fino del grueso antes de entrar en el molino vertical de rodillo que posee la planta, siendo parte fundamental del proceso. Aquí se genera la molienda del producto siendo elevado el cemento producido, por corrientes de aire a alta temperatura generadas por un quemador gases. Cabe mencionar que al molino no puede ingresar ningún material ferroso ya que sería perjudicial para su funcionamiento, es por esto por lo que todas correas transportadoras poseen detectores de metales e imanes para ir sacándolos del proceso.



Fuente: Elaboración propia sacada en terreno, molino vertical

Figura 1-4 Molino vertical de rodillo LOESCHE

Ya el cemento elaborado en la molienda es elevado y posteriormente captado por un sistema de filtros mangas con jet pulse, el cual tiene por finalidad acumular el cemento para ser transportado por medio de aerodeslizadores hacia un elevador de cangilones para ser acopiado en silos, dentro de la planta existen dos silos, un silo de cemento plus y especial.



Fuente: <https://twitter.com/empresastransex/status/537997020838232064>

Figura 1-5 Silos de la planta

Desde estos silos se distribuye el cemento a camiones graneleros se trasporta el producto final hacia los proveedores, a su vez se realiza la alimentación al edificio de ensacado para la generación de sacos de cemento que son despachados a distintos lugares del país.

1.2.3. Área 500

Una vez en el edificio de ensacado este es transportado por un elevador de cangilones para ser depositado en un harnero vibratorio que cumple la función de harnear el material como lo dice su nombre y no dejar pasar restos de papeles que suben por él descarta saco que se mencionara más adelante.

Luego del harnero el cemento es acopiado en una tolva, la cual alimenta la ensacadora rotativa, este equipo llena los sacos de cemento según los datos ingresados en la operación del equipo, posteriormente el saco es depositado en una correa bascula en donde no debe pesar +/- de 25 kg con una tolerancia menor o mayor a 0.5 kilos, de lo contrario este saco es descartado del proceso cayendo a un sistema de cuchillas giratorias que rompen el saco, este saco de cemento descartado es reingresado al proceso siendo enviado al elevador de cangilones por medio de un tornillo sin fin.

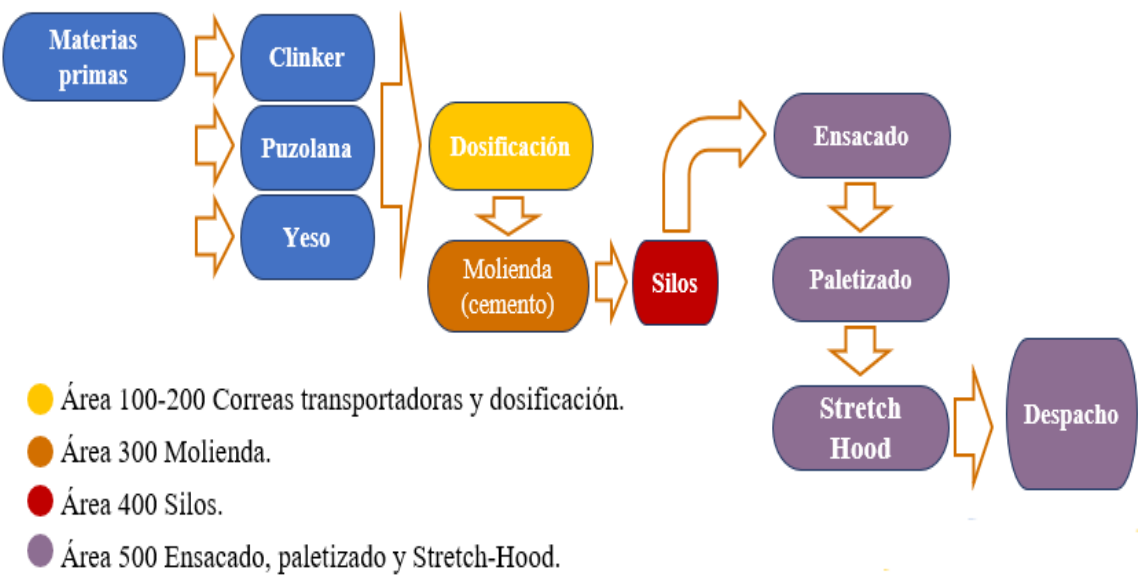
Para finalizar, el cemento ensacado es paletizado automáticamente con 72 sacos cada pallet y ser recubierto con nylon con el sistema Stretch Hood así el saco de cemento está listo para ser distribuido a su cliente.



Fuente: Elaboración propia, imagen de pallet terminados

Figura 1-6 Pallet de cementos listo para embalar con sistema Stretch Hood

1.2.4. Diagrama de flujo

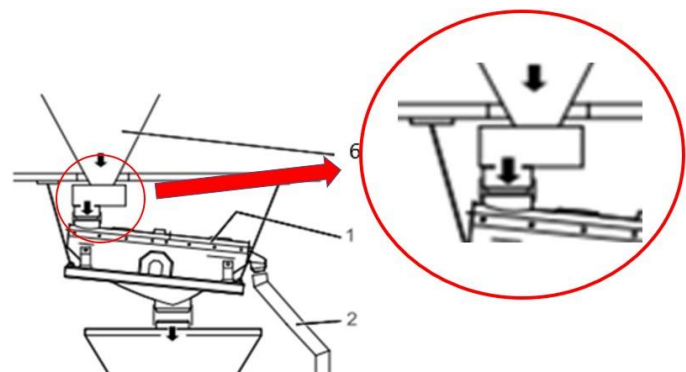


Fuente: Elaboración propia del proceso de la planta cementera

Figura 1-7 Diagrama de flujo

1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El estudio será realizado en la empresa cementos Transex, en el edificio de ensacado (área 500), que cuenta con una etapa del proceso en el cual el cemento que viene desde los silos es transportado por un elevador hasta un harnero vibratorio antes de acopiarse en la tolva de la ensacadora rotativa. En la parte superior del elevador se cuenta con un chute el cual está unido por medio de un fuelle al harnero vibratorio, dicho fuelle producto del tiempo junto con la erosión causada por el roce del cemento comenzó a presentar roturas, lo que ocasiono filtraciones de material y polución. En temporada alta la planta trabaja en 3 turnos de 8 h en donde en un turno normal se producen aproximadamente 15 mil sacos lo que es igual a 375(t) de cemento siendo un rango promedio de producción, y en temporada baja se trabajan a 2 turnos de 10 h en donde se producen 18 mil sacos en un turno normal lo que es igual a 450 (t) de cemento y este circula a una temperatura que varía entre 32 y 50° C.



Fuente: Elaboración propia a partir del catálogo del equipo

Figura 1-8 Identificación de ubicación de chute y fuelle

En estos turnos parte de la producción de cemento se pierde en el proceso, el cual en cada cambio de turno se retira por medio del personal de limpieza ya que todo este material cae al suelo, este es acopiado en bines reutilizados de los aditivos del molino (1000 l), estos son llenados aproximadamente cada 4 turnos. Lo cual dice que de una producción diaria se pierden 250 kg de cemento. **(este cemento no vuelve al proceso, es desechado)**

Tabla 1-1 Tabla de producción/perdida

Turno h (horas)	Producción toneladas (t)	Perdida kilos (kg)
8	375	250
10	450	312

Fuente: Elaboración propia, perdida de material

Con datos recopilados se hace un estimado de la perdida monetaria que se obtiene a 6 meses con 250 kg de perdida por turno de 8 horas.

Tabla 1-2 Perdida monetaria

Tiempo (turnos)	Perdida (kg)	Perdida monetaria (\$)
6 meses	108.000	16.286.400

Fuente: Elaboración propia, perdida monetaria

*Valor referencial del saco cemento especial 25 kg \$3.770 (construmart).

Por consecuencia de estas filtraciones se aplicó la instalación constante de film (plástico) en el fuelle para controlar la polución y así prolongar más su vida útil, no obstante, no solucionaban en un 100% los problemas de la filtración de material, la cual producía polución en demasía en el área.

Este trabajo busca la forma de evitar la problemática en un prolongado tiempo, analizando la manera alargar la reducción de la boca de descarga del chute, de manera que este quede al ras de la boca del harnero, evidentemente se expulsaría polución, es por esto, por lo que adicionalmente se propone encapsular por medio de un fuelle de una forma que soporte las vibraciones del harnero y que sea de fácil instalación.



Fuente: Elaboración propia, imagen fuelle en mal estado

Figura 1-9 Condición fuelle

1.3.1. Problemática de la polución

Para contextualizar esta problemática, se harán referencias de los distintos decretos y normas chilenas por las que se rige la empresa, cementos Transex cuenta con la resolución de calificación ambiental favorable (RCA) N.º 600/2010 aprobada por la comisión regional del medio ambiente de la región metropolitana de Santiago, la cual consiste en operar una planta destinada a la producción de cemento a partir de Clinker importado, con una capacidad de producción de 400.000 (t) al año, segmentada en 280.000 (t) de cemento especial y 120.000 (t) de cemento extra. Así mismo la empresa se rige por el decreto N.º 31, que establece el plan de prevención y descontaminación atmosférica para la región metropolitana, la cual estipula distintos criterios dependiendo de la fuente (fijas o móviles), este decreto tiene como objetivo dar cumplimiento a las normas primarias de calidad ambiental de aire vigentes, asociados a los contaminantes de material particulado (MP) respirable en zonas saturadas o latentes, este estudio se centra en una fuente fija que es una instalación o actividad establecida en un solo lugar o área, que desarrolle operaciones o procesos industriales que emitan o puedan emitir contaminantes a la atmósfera, cabe destacar que la fuente fija de este trabajo es un harnero vibratorio y que el conjunto de fuentes fijas no deben superar las 2.5 (t) anuales de MP, si se supera esta cantidad hay que reducir o minimizar las emisiones a través de una compensación o

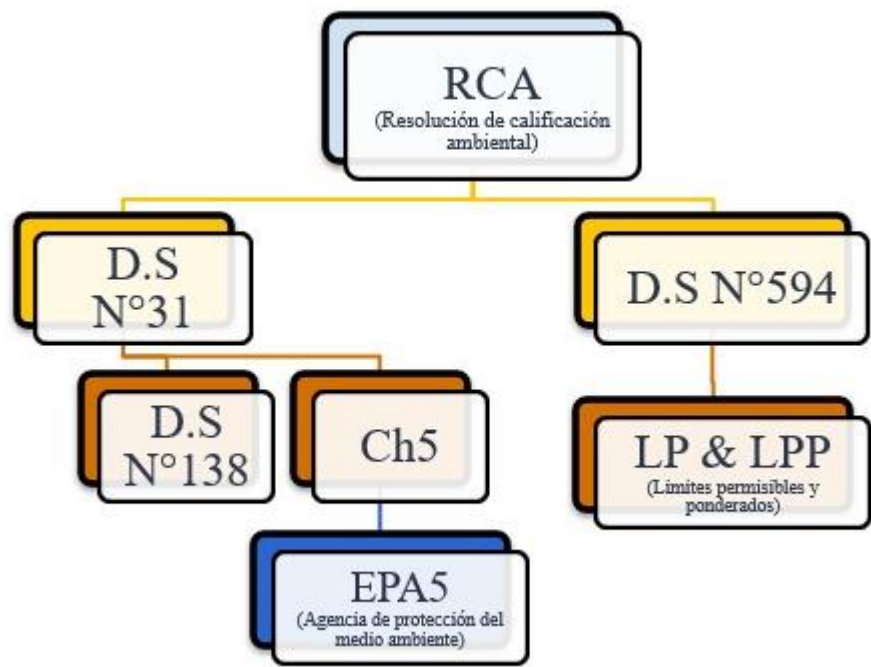
del mismo proceso, la medición anual se estipula por el decreto N.º 138 que aplica para la región metropolitana que consiste en realizar un diagnóstico de los contaminantes emitidos a la atmósfera por las fuentes fijas con el objetivo de contar con antecedentes confiables que permitan adoptar las medidas más adecuadas y eficaces para controlar los riesgos a la salud de las personas, esta medición se hace a través de un método llamado Ch 5, este muestreo nace por la necesidad de controlar y cuantificar las emisiones de material particulado en la región metropolitana, este método está basado por protocolos de medición de la Agencia de protección del medio ambiente EPA 5. El método CH5 permite determinar la densidad, velocidades y concentración del MP en el ambiente.

A continuación, se hará mención del decreto N.º 594, en donde se encuentran importantes materias destinadas a controlar los lugares de trabajo para que existan condiciones de seguridad, sanitarias y ambientales que resguarden la salud y bienestar de las personas que allí desempeñan su labor. Nos enfocaremos en el título IV del decreto, el cual habla sobre la contaminación ambiental, en el art. 55 del decreto: Los límites permisibles de aquellos agentes químicos y físicos capaces de provocar efectos adversos en el trabajador serán, en todo lugar de trabajo, los que resulten de la aplicación de los artículos siguientes. Los límites permisibles (LP) para agentes químicos y físicos deberán ser revisados cada 5 años, art. 56 los LP son índices de referencia de la salud ocupacional, art 57 en caso en que una medición o exposición a agentes físicos y/o químicos demuestren que han sido sobrepasados los valores de LP, el empleador deberá iniciar de inmediato las acciones necesarias para controlar el riesgo en su origen, si no es posible controlar el riesgo en su totalidad deberán proteger al trabajador entregándole la protección personal de acuerdo a lo establecido (EPP). Artículo 53 “El empleador deberá proporcionar a sus trabajadores, libres de costo, los elementos de protección personal adecuados al riesgo a cubrir y el adiestramiento necesario para su correcto empleo, debiendo, además, mantenerlos en perfecto estado de funcionamiento. Por su parte, el trabajador deberá usarlos en forma permanente mientras se encuentre expuesto al riesgo.”

Para efecto de este estudio se entenderá por límite permisible ponderado, al valor máximo permitido para el promedio ponderado de las concentraciones ambientales de contaminantes químicos existentes en lugares de trabajo durante la jornada normal de 8 horas diarias, con un total de 45 horas semanales. En el mismo reglamento, en Artículo 33º, en lo relativo a ventilación se señala: “Cuando existan agentes definidos de contaminación ambiental que pudieran ser perjudiciales para la salud del trabajador, tales como aerosoles, humos, gases, vapores u otras emanaciones nocivas, se deberá captar los contaminantes desprendidos en su origen e impedir su dispersión por el local de trabajo. Con todo, cualquiera sea el procedimiento de ventilación empleado se deberá evitar que

la concentración ambiental de tales contaminantes dentro del recinto de trabajo exceda los límites permisibles vigentes”.

1.3.2. Diagrama de flujo



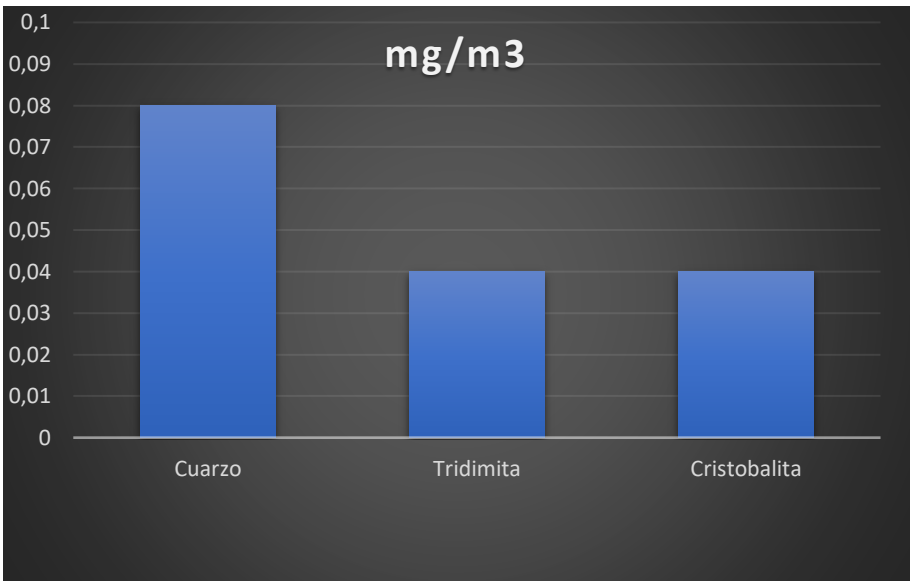
Fuente: Elaboración propia a partir de distintos decretos supremos.

Figura 1-10 Diagrama de flujo

1.3.3. Protocolo de vigilancia del ambiente de trabajo y de la salud de los trabajadores expuestos a sílice (PLANESI)

Este protocolo entrega criterios y directrices a los Organismos Administrador de la Ley 16.744 (OAL), las empresas y establecimientos de salud en general, para elaborar, aplicar y controlar los programas de vigilancia del ambiente y de la salud de los trabajadores con exposición a sílice.

Artículo 66 del decreto N.º 594, establece los LPP para los siguientes tipos de sílice:



Fuente: www.achs.cl/portal/Empresas/DocumentosMinsal/

Figura 1-11 Gráfico Límites Permisibles para sílice cristalina (valores para la jornada 45 horas semanales)

Se debe verificar el cumplimiento de estos LPP establecidos por el D.S N.º 594, mediante muestras personales que deben cubrir a lo menos el 70% de la jornada de trabajo. Según los resultados obtenidos en las muestras personales, se determina el nivel de riesgo del puesto de trabajo y la periodicidad de las evaluaciones ambientales, según tabla:

Tabla 1-3 Niveles de riesgo

Nivel riesgo	Concentración medida respecto a LPP	Periodicidad de muestreos ambientales
1	Menor al 25% de LPP	Cada 5 años
2	Mayor o igual al 25% y menor al 50 % del LPP	Cada 3 años
3	Mayor o igual al 50% y hasta el valor del LPP	Cada 2 años
4	Supera el valor del LPP	Ver sección siguiente (*)

Fuente: www.achs.cl/portal/Empresas/DocumentosMinsal/

*Nivel de riesgo 4:

- a) Si la concentración promedio ponderada es superior a 5 veces el límite permisible, el OAL deberá, prescribir a la empresa las medidas necesarias inmediatas e informar a la autoridad sanitaria regional, vía electrónica, dentro de los 5 días hábiles, a contar de la recepción de los resultados.

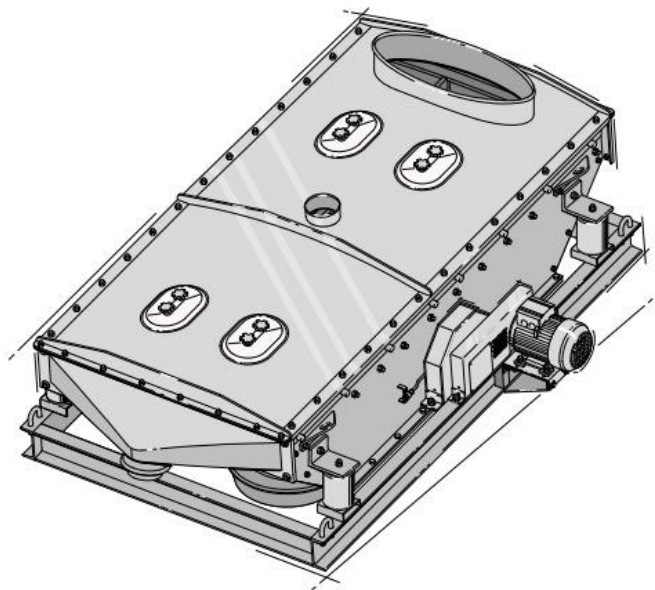
- b) Si la concentración promedio ponderada es mayor al límite permisible pero menor a 5 veces el límite, el OAL deberá prescribir a la empresa medidas de control que esta deberá implementar e informar a la autoridad sanitaria regional
- c) correspondiente, dentro de los primeros 10 días hábiles del mes siguiente al que se recibió los resultados.
- d) El informe técnico correspondiente a nivel de riesgo 4, deberá ser remitido a la autoridad sanitaria regional y a la empresa respectiva.
- e) Implementadas las correcciones por parte de la empresa, OAL deberá realizar una nueva evaluación, dentro de los plazos que determine la autoridad sanitaria respectiva.

Capítulo 2
HARNERO VIBRATORIO SEGÚN CATÁLOGO Y SU IMPACTO EN LA
PRODUCCIÓN

2. HARNERO VIBRATORIO SEGÚN CATÁLOGO Y SU IMPACTO EN LA PRODUCCIÓN

2.1. Harnero vibratorio

Un harnero o criba vibratoria es un equipo utilizado en la industria minera, agrónoma, cementera y entre otras, este está encargado de clasificar material a través de una maya o tamiz según sea su granulometría. Existen diversos modelos, pero básicamente son estáticos y vibratorios. En este caso se trata de un harnero vibratorio que además de clasificar el material por su granulometría tiene como finalidad filtrar papeles provenientes de los sacos rotos del descarta saco, con el fin de evitar dichos papeles dentro de la producción y que estos puedan causar atollas en el proceso.



Fuente: Catálogo del equipo

Figura 2-1 Harnero vibratorio

2.2. Características de la máquina estudiada

- Fabricante: HAVER & BOECKER OHG
- Sistema de la máquina: Criba vibrante HAVER-NIAGARA
- Año de fabricación: 2012
- País de fabricación: Alemania

La máquina se utiliza para separar los cuerpos extraños y acumulaciones de material del polvo o materiales en polvo como cemento, cal o yeso.

HAVER & BOECKER ocupa la principal posición en el mercado internacional para pesado, ensacado y procesamiento de materiales a granel.

2.2.1. Datos de la máquina

Tabla 2-1 Datos de la máquina

Longitud	2500 mm
Altura	1400 mm
Ancho	1000 mm
Peso	990 kg
Material adecuado	Material que sea fino, como polvo, seco y de flujo libre
Temperatura	0 + - 80°C

Fuente: Catálogo del equipo, características.

2.3. Placa característica

- Fabricante de la máquina.
- Número de máquina.
- Tipo de máquina.
- Año de construcción de la máquina.
- Información para la conservación.

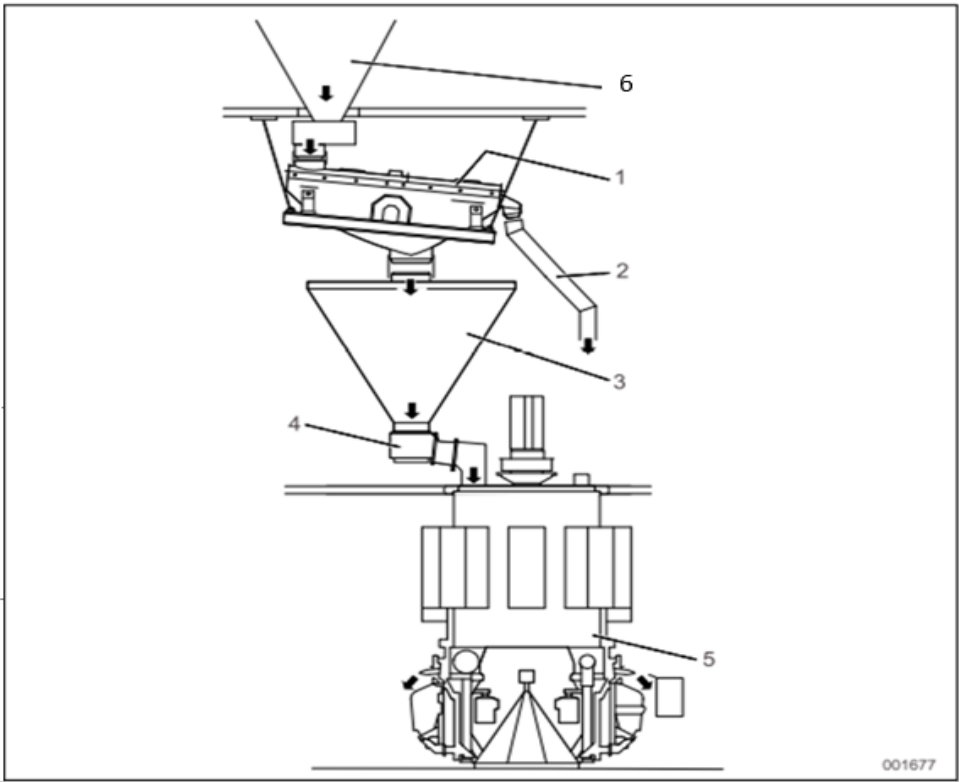


Fuente: Elaboración propia, imagen tomada del harnero vibratorio

Figura 2-2 Placa Harnero Vibratorio

2.4. Modo de funcionamiento de la máquina.

El funcionamiento de la máquina va desde la entrega del material hasta la descarga del este, como se describe a continuación.



Fuente: Catálogo del equipo

Figura 2-3 Esquema de funcionamiento

1. Criba vibrante
2. Descarga de cuerpos extraños
3. Tolva principal
4. Dosificador
5. Máquina ensacadora
6. Silo principal.

El material es envasado en sacos o es cargado a granel en camiones cisterna desde los silos.

La criba vibrante es quien ayuda con la eliminación de cuerpos extraños del material para así evitar fallas de operación en el sistema de carga. La extracción de los cuerpos extraños también sirve para proteger la máquina ensacadora cuando el saco se está llenando. Dicha extracción tiene lugar después del almacenamiento de los silos principales.

La potencia de carga del sistema de carga en su mayoría está sujeta a grandes fluctuaciones. Por esta razón, se dispone un silo previo a la máquina ensacadora o el sistema de carga a granel.

Al llenar el saco los cuerpos extraños no separados y especialmente los componentes metálicos pueden llevar a la destrucción de las estaciones de llenado de la máquina ensacadora. Además, el sistema de llenado está sujeto a un mayor desgaste.

Los cuerpos extraños y las acumulaciones en el material afectan negativamente el control del flujo fino de la máquina ensacadora, conllevando a desviaciones de las tolerancias en los pesos de los sacos, motivo por el cual son descartados.

2.5. Impacto del harnero en la producción

Este harnero como bien se dijo en los capítulos anteriores está ubicado en el área 500, la cual involucra gran cantidad de activos después del proceso de harneado. Es por esto por lo que se convierte en un equipo crítico dentro del área, de esta manera el impacto que genera es alto tanto en la producción como monetariamente.

Para la realización de este análisis se entrevistó al encargado del área 500, “*Danilo Alejandro Sánchez Pérez*” El cual comento acerca del impacto que produce el harnero vibratorio en el área:

“El harnero vibratorio presente en la planta de cementos Transex es fundamental en el proceso del ensacado, ya que este cumple la función de separar las partículas no deseadas del material, lo cual es realmente necesario para tener una eficiencia positiva

en cuanto al funcionamiento de la ensacadora rotativa. Este harnero elimina principalmente residuos de papel de sacos y grumos de cemento húmedo. También ayuda con la polución que se genera en el proceso, pues está conectado directamente con uno de los filtros principales del edificio. Gracias a su buen funcionamiento se le brinda un mayor enfoque a la hora de la mantención, debido a que se necesita que tenga una alta disponibilidad.

Sin este proceso trabajando de manera óptima, se vería severamente afectado el ámbito de la producción, puesto que si no se eliminan los residuos se podrían atollar los ductos y tapar la línea que lleva el cemento a la tolva principal, posteriormente en la ensacadora rotativa se generarían retrasos y pérdidas millonarias en cuanto a números en la producción...”

Teniendo en cuenta lo que comento Danilo respecto al impacto que produce el harnero vibratorio en la producción se concluye que:

El harnero es un equipo indispensable para la producción, lo que hace directamente que el fuelle tenga la misma importancia, ya que, si este no estuviera para realizar la conexión entre chute de descarga y harnero vibratorio, la descarga provocaría derrame de material generando retrasos en la producción y elevados niveles de contaminación en el área que se encuentra. Dicho esto, se afirma que el fuelle es indispensable a la hora de hablar de producción.

2.5.1. Disponibilidad del harnero

Al hablar de disponibilidad se hace referencia a la gestión de mantenimiento, debido a que este mismo es un indicador clave dentro de la gestión. Uno de los puntos claves de los objetivos del mantenimiento es aumentar esta disponibilidad, y esta misma es la relación de funcionamiento con el tiempo de parada debido a una falla y/o mantenimiento. El harnero por ser un equipo de alta criticidad por ser único, este debe tener un alto nivel de disponibilidad a la hora de producir.

Donde:

- Disponibilidad: Es toda pérdida de tiempo que ocurre en horas laborales que detienen de forma inesperada o programada el funcionamiento óptimo del equipo.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo en que el equipo estuvo disponible}}{\text{Tiempo total}}$$

Cálculos de KPI (Indicadores clave del negocio) en dos temporadas:

MTBF: Tiempo medio de funcionamiento entre fallos

MTTR: Tiempo medio hasta la recuperación

Disponibilidad (A)

$$\text{Ecuación temporada alta: } A = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR}$$

$$A = \frac{72h}{(72+8)h} = 90\%$$

$$\text{Ecuación temporada baja: } A = \frac{90h}{(90+8)h} = 91.8\%$$

Estos datos se obtuvieron gracias al encargado del área 500, al preguntarle sobre el tiempo de trabajo del harnero vibratorio y las horas que le dedican a la mantención sobre alguna falla que este hubiese presentado, menciono que desde que está en operación en la planta nunca ha tenido alguna falla inesperada, debido a que en el plan de mantenimiento presente en la empresa se indica que debe realizarse cada diez turnos de operación, uno debe ser de mantenimiento general al harnero vibratorio, el tiempo promedio de MTTR es de 8 horas, y cada turno varía las horas de operación, esto debido a la restricción energética de la temporada de invierno.

Analizando los resultados se puede concluir que el equipo en cuestión cuenta con una buena disponibilidad (90-100%), pero que se puede aumentar bajando el tiempo de reparación y/o mantenimiento, el fuelle presente en el equipo se encuentra en un tiempo promedio de reparación y mantenimiento de unos 25 a 30 minutos, este tiempo es justificable al tiempo que se le da en sacar y poner nuevos parches (film). Al tener estos datos en cuenta y viendo la necesidad de optimizar los tiempos de reparación del fuelle, es necesario la modificación del sistema de encapsulamiento para minimizar el desgaste y a su vez las horas dedicadas al mantenimiento del fuelle.

2.5.2. Check-list del área 500

 CEMENTOS TRANSEX CONSOLIDANDO FUTURO	CHECK LIST ÁREA 500	000307
--	---	--------

Realizado por: Cargo: Fecha: Firma:	Revisado Por: Cargo: Fecha: Firma:
--	---

Nº	Elementos a Inspeccionar	Condición Bueno (B) Malo (M)	Nº	Acción sugerida	Condición Bueno (B) Malo (M)
1	Radimat		7	Alimentador vibratorio	
	Control de aspiradores de levante			Lubricación/visión de correa	
	Estado de correas dentadas radimat			Inspección y limpieza de Amero	
	Estado de correas transmisión/trapezoidal		8	Filtro	
	Estado de poleas y piñones			Cámara limpia (polvo?)	
	Limpieza del equipo			Golpear tolva para desatollar	
2	Banda de descarga sacos			Válvula rotativa (Si corresponde)	
	Inspección visual			Ventilador/Ruidos/Limpieza	
	Interruptor parada emergencia			Estado de ductos (desgaste?)	
	Desvíos/tensión/engrase		9	Elevador de capachos	
3	Tolva ensacadora			Inspección de lubricadores automáticos	
	Revisión de sensores de nivel			Estado de la descarga	
	Revisión de fluidificación			Ductos de despolvamiento/sellos	
	Revisión sellos de tapas			Inspección de contrapeso	
	Revisión de cuchilla manual de descarga			Marcas en la banda	
	Revisión de mangueras aire comprimido		10	Paletizadora	
4	Tornillo sin fin			Ruidos/Desgastes	
	Inspección visual de la máquina			Limpieza de motorreductores	
	Verificar derrames de material			Limpieza de sensores fotoelectricos	
	Verificar funcionamiento de sensores			Lubricación de cadenas	
	Ruidos			Desgaste en mesa/Empujador	
	Lubricación motoredutor			Tensión y alineación de cintas	
5	Ensacadora rotativa			Estado/desgaste polines	
	Limpieza del material adherido		11	Limpieza general del área	
	Funcionamiento/ruidos en turbina			Limpieza en niveles de edificios	
	Desgaste de boquillas			Retiro de material derramado	
	Lubricación de reductores de turbina			Retiro de sacos rotos	
6	Descarta sacos		12	Impresora Domino	
	Funcionamiento			Funcionamiento de impresora	
	Ruidos			Aditivos de limpieza/solventes	
	Estado de las cuchillas		13	Strech Hood	
	Subir y bajar manga			Limpieza/engrase de cilindros/fugas aire	
7	Balanza			Estado de cadenas y polines	
	Limpieza/fallas/estado de la banda			Dispositivos de seguridad	

Observaciones:

Antonio M. Diaz Vergara - Rut.: 7.106.215-5 - CEL. 987741025

Fuente: Elaboración propia, imagen del check-list

Figura 2-4 Check-List

En la presente imagen se puede observar el check-list del área 500 el cual se realiza semanalmente para chequear el buen funcionamiento de los equipos, o por otro lado poder detectar fallas a tiempo.

Más detalladamente el N.º 7 corresponde al equipo estudiado, apreciando que los puntos críticos que se atacan es la correa y la lubricación del motor, además de la inspección visual del área. Sin embargo, varios componentes de gran importancia quedan fuera del check-list, tales como: amortiguadores - tablero de control local – malla – fuelle - ductos del filtro. Si bien pueden ser una simple inspección visual es recomendable tener estos elementos más detallados dentro del check-list para así llevar un control de las condiciones en las que se puedan encontrar cada uno de estos.

2.6. Mantenimiento

Combinación de todas las acciones técnicas, administrativas y de gestión realizadas durante el ciclo de vida de un elemento, destinadas a conservarlo o a devolverlo a un estado en el que pueda desempeñar la función requerida.

2.6.1. Tipos de mantenimiento según catalogo

El concepto de tareas de mantenimiento abarca los siguientes trabajos:

- Reajuste de componentes
- Lubricación de las piezas móviles
- Limpieza de la máquina y de las piezas
- Rellenado y reemplazo de sustancias auxiliares (por ejemplo: aceites, grasas)
- Cambio de las piezas de desgaste (por ejemplo: juntas)
- Cambio de piezas defectuosas
- Verificación de las funciones de la máquina y de las piezas
- Reparación de la máquina y de las piezas

2.6.2. Stock tareas de mantenimiento

Se recomienda mantener un stock de piezas de repuesto que el personal debe cambiar regularmente para evitar retardos en el desarrollo del servicio de la máquina. El usuario debería mantener en stock las siguientes piezas y piezas de repuesto:

- Correa trapezoidal
- Resortes de presión
- Manguitos (fuelles)

Según catálogo se debería tener un stock de fuelles, pero se vio en el capítulo anterior y en el mismo estudio queda demostrado que no se cuenta con piezas de repuestos de fuelle para la máquina, ya que este es reparado constantemente con film.

Al contar con un repuesto se evitaría el reparar constantemente, pero no se evitaría el roce continuo de material en el fuelle, por lo cual se desgastaría de la misma manera.

CAPÍTULO 3

DESARROLLO DE MEJORA DEL SISTEMA DE ENCAPSULADO

3. Desarrollo de mejora del sistema de encapsulamiento

Antes de comenzar a hablar de la mejora, se explicará cómo se relaciona el mantenimiento con nuestra propuesta de trabajo.

3.1. Gestión de activos

Crear una propuesta de una modificación en un sistema de encapsulado, conlleva puntos importantes a la hora de manejar el trabajo, dicho esto, principalmente se debe tener conciencia sobre el propósito de la gestión, en donde se puede encontrar la norma ISO 55000, cuya definición plantea que los activos son una parte muy importante de la organización, existiendo variedad en tipos de activos que deben ser gestionados para asegurar el valor de la empresa en el tiempo. Esto se hace aplicable en la gestión de mantenimiento y planes de mantenimiento, siendo así en el caso de los activos físicos. La totalidad de los activos deben ser evaluados por las características que pueden ofrecer a la empresa. Por lo tanto, la misión que posee la empresa es mantener el valor del activo y mantener lo que hace el activo.

3.1.1. Norma ISO 55000

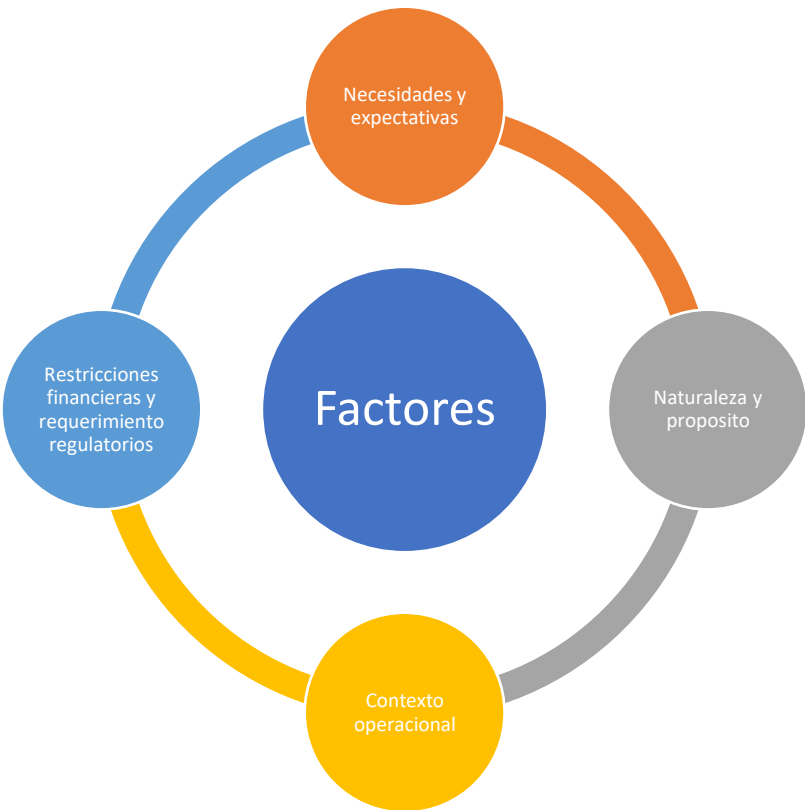
Esta norma fue publicada en enero del 2014, siendo la primera norma en integrar el anexo de alto nivel, esta norma de la gestión de activos nace por la necesidad de tener un elemento de estabilidad, siendo desarrollada por el estándar PAS 55, esta se obtuvo unificando prácticas comunes realizadas en el ámbito de gestión de activos, este estándar fue elaborado para ser aplicado a la gestión de todos los tipos de activos, por organizaciones de todos los tipos y tamaños. Siendo un activo un “ítem”, objeto o entidad que tiene valor real o potencial para una organización, es decir, una máquina tiene un valor real, pero una idea no cuenta con un valor real, pero es un valor que tiene un potencial en el futuro, debido a que es una solución a un problema que se haya presentado. Para tener en cuenta el valor, este variará según sea la empresa, pudiendo involucrar una mezcla de beneficios y riesgos tangibles y/o intangibles.

Un grupo de activos dentro de un sistema de activos también es considerado un activo. Viendo esto reflejado en el esquema de funcionamiento del harnero (2.4), debido a que por separado no se le ve como un valor real, y que sumándose cada una de ellas encuentran el valor, sino que este sistema de activos tiene un valor diferente debido a la función que desarrolla.

3.1.1.1. Tipos de activos

Dentro de la gestión, encontramos activos intangibles, financieros, información, humanos y físicos. Nos centraremos en los activos físicos, en los cuales se pueden encontrar plantas, maquinarias e infraestructuras, pudiendo identificar claramente cada uno de ellos, para establecer un tipo de mantenimiento.

Hay varios factores que influyen en los tipos de activos, requiriendo una organización para lograr los objetivos:



Fuente: Elaboración propia, factores de gestión

Figura 3-1 Ciclo radial de los factores de gestión

Entonces la gestión de activos se resume en actividades coordinadas, que realiza una organización (empresa), para obtener valor en sus activos.

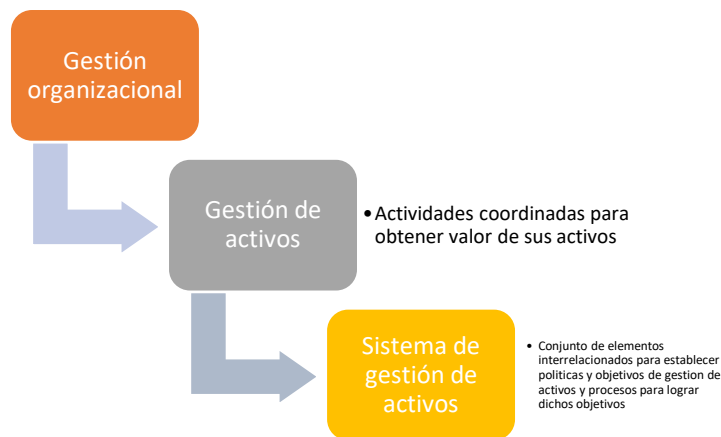
La gestión de activos traduce los objetivos organizacionales en decisiones, planes y actividades, relacionadas con los activos, usando un planteamiento basado en riesgo.

Una buena gestión de activos tiene como finalidad optimizar, viendo costos, riesgos, oportunidades y desempeño. Estos criterios se pueden aplicar para decidir y planificar actividades relacionadas a activos para cumplir los objetivos organizacionales, a su vez los criterios pueden variar dependiendo de la organización.

3.1.1.2. Sistema de gestión de activos

Un sistema de gestión de activos es utilizado por la organización para dirigir, coordinar y controlar actividades de gestión de activos, este sistema provee un mejor control del riesgo y asegura que los objetivos de la gestión de activos serán logrados de manera consistente. Cabe mencionar que el liderazgo, cultura y motivación por ejemplo no pueden ser formalizados a través de este sistema, sino que estos son gestionados usando mecanismos fuera de este.

En el siguiente diagrama de flujo se muestra la relación entre los términos de la gestión de activos:



Fuente: Elaboración propia a partir del flujo de gestión de activos

Figura 3-2 Diagrama de flujo de gestión de activos

3.1.2. Norma ISO 55001

Cuando uno se refiere a la gestión de activos se debe tener un lineamiento, esta norma tiene 3 partes, ISO 55000, ISO 55001 e ISO 55002; anteriormente mencionamos la ISO 55000, la cual estipula elementos del lenguaje, vocabulario, del contexto y elementos de lineamientos generales.

En la ISO 55001 especifica los requerimientos para él, como la implementación, mantenimiento, y mejora de un sistema de gestión de activo, pero no especifica el diseño del sistema, el estándar ISO 55002 provee la guía para el diseño y operación de un sistema de gestión de activos, la norma ISO 55001 es utilizada principalmente por los siguientes grupos:

- Involucrados en la entrega de actividades de gestión de activos y los proveedores de servicio

- Partes internas y externas que evalúan la capacidad de la organización para cumplir los requisitos legales.

Esta norma es aplicable a todos los tipos de activos y organizaciones de los tipos y tamaños, cabe mencionar que esta norma está destinada a ser utilizada para la gestión de activos físicos, pero se puede utilizar en otros tipos de activos, esta norma a su vez no especifica requisitos financieros, contables o técnicos para gestionar tipos de activos específicos.

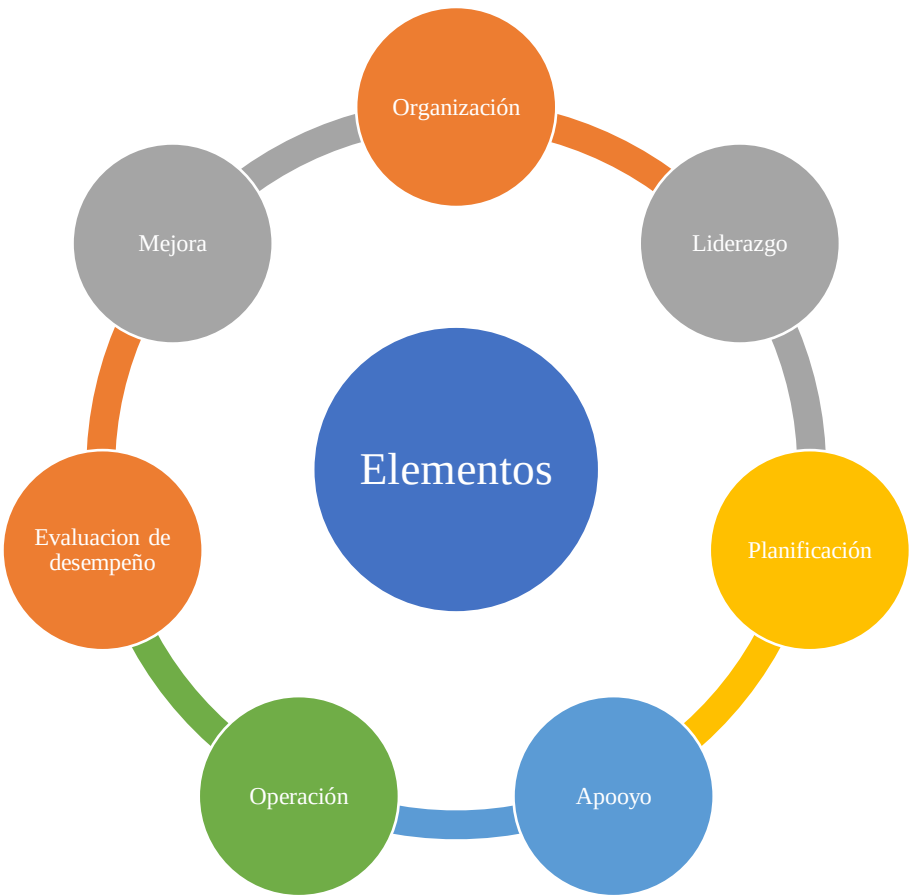
3.1.2.1. Estructura de requisitos

Las palabras clave para tener la estructura de requisitos de esta norma es la siguiente:

- **Organización**, en donde las partes no deben ser solo accionistas, sino que además debe contemplar un contexto interno y externo, en el interno se refiere a la cultura y ambiente organizacional, así como la misión, visión y valores de la organización, en tanto en el externo se encuentran los ambientes sociales, culturales, económicos y físicos, además de las preocupaciones de las partes interesadas que terminan siendo claves a la hora de tomar las decisiones consistentes.
- **Liderazgo**, aquí es un tema de la participación de la alta dirección, la cual es responsable de llevar la política de la gestión y objetivos de la gestión de activos, también deben fomentar la mejora continua, deben alinear el plan estratégico de la organización, para finalizar el líder o líderes deben resolver los conflictos entre la cultura interna de la organización y el desempeño de su sistema de gestión de activos.
- **Planificación**, se deben establecer un plan de gestión de activos con cumplimiento a los objetivos, estos objetivos deben ser mensurables y con un plazo que se extienda durante todo el ciclo de vida del activo, es decir los planes deben definir las actividades a realizar sobre los activos y tener objetivos medibles en plazos, insumos y recurso.
- **Apoyo**, se deben tener en cuenta los recursos necesarios y la colaboración entre los Sistemas de organización y elementos, así como tener el requisito de información el cual es una función crítica del sistema de gestión, coordinar estos recursos y aplicar, verificar y mejorar su uso deberían ser objetivos del sistema de gestión, así mismo debe especificar los requisitos de competencia para el personal involucrado en la gestión de activos.

- **Operación**, deben ser controlados los procesos, a su vez deben ser flexible, pues en alguna circunstancia pueden requerir cambios planificados en los procedimientos o procesos, a esto se le denomina la “gestión del cambio”.
- **Evaluación de desempeño**, el activo debe ser monitoreado y evaluado de manera continua, el análisis y evaluación del desempeño se deben realizar para los activos gestionados directamente por la organización, los resultados de las evaluaciones deben ser revisados por la dirección.
- **Mejora**, el concepto de mejora continua es aplicable a todos los activos, a las actividades de gestión y sistemas de gestión, por otra parte, la importancia de incidentes o situaciones de emergencia relacionada con los activos, el sistema de gestión de activos deberá afrontar tales situaciones, a través de una respuesta ante emergencias. Estos incidentes (incluyendo eventos no previstos) deberían ser investigados y revisados para prevenir su recurrencia y mitigar sus efectos, determinando si se necesita cualquier mejora para el sistema de gestión de activos.

3.1.2.2. Diagrama elementos de requisitos



Fuente: Elaboración propia, elementos de requisitos de la norma ISO 55.001

Figura 3-1 Diagrama de elementos de requisitos

Para concluir, la ISO 55001 establece la implementación, mantenimiento y mejora de un sistema de gestión, y las otras normas se estipulan los requisitos técnicos para un sector, activo o actividad. Además, entrega las directrices acerca de cómo deber ser interpretada y aplicada.

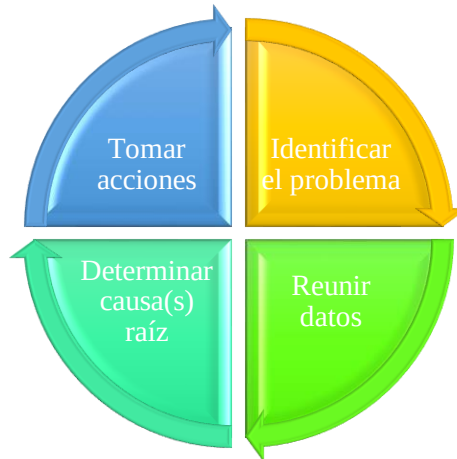
3.1.3. Beneficios

Los beneficios de estas normas permiten alcanzar los objetivos de la organización, a través de la gestión eficaz y eficiente de sus activos.

Algunos de estos beneficios incluyen el mejor desempeño financiero, mejorando el entorno de las inversiones y la reducción de costos, preservando el valor de los activos, cumpliendo también con los objetivos, así mismo, hay información de decisiones sobre inversión de activos, permitiendo a la organización mejorar su proceso de toma de decisiones, equilibrando así los costos, riesgos, oportunidades y desempeño, otro beneficio es el riesgo gestionado que es la mejora de la salud y seguridad, la buena voluntad y reputación, la reducción de impactos ambientales y sociales, pueden resultar en la disminución de obligaciones tales como las primas de seguros, multas y sanciones, por otro lado, se mejora los servicios y resultados, esto se debe a que al asegurar el desempeño de los activos puede conducir a la mejora de los servicios o productos que, de forma consistente cumplen o exceden las expectativas de los clientes y partes interesadas, y por último, beneficios de demostración de cumplimiento y responsabilidad social, al cumplir de manera transparente con todos los requisitos, adhesión a normas etc. Permiten demostrar cumplimiento, y con la mejora de la organización para reducir emisiones, conservar recursos, entre otras cosas, permite demostrar prácticas de negocio y administración aceptables socialmente.

3.2. Análisis causa raíz (ACR)

El análisis causa raíz es una metodología utilizada para identificar las causas raíz que puedan originar fallos dentro de los procesos de producción. Siguiendo esta lógica todo efecto contiene problemas que los generan y estos problemas tienen causas que las generan.



Fuente: Elaboración propia, ciclo análisis causa raíz

Figura 3-4 Ciclo de ACR

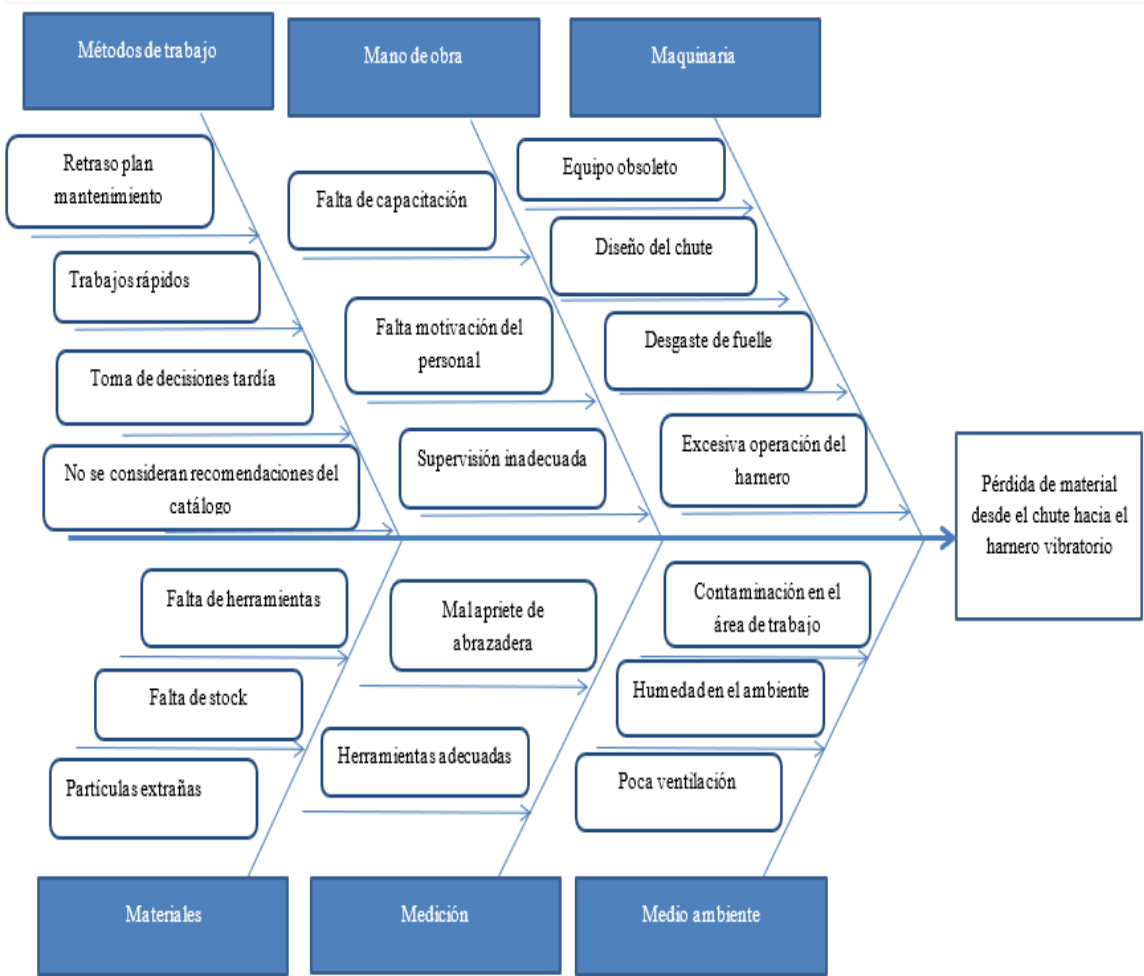
3.2.1. Ishikawa

El diagrama de causa – efecto de Ishikawa que se muestra en la fig. 16 es una herramienta que en primera instancia determina un efecto de falla, el cual se debe colocar en la cabeza del esquema y posteriormente en las espigas se coloca la información para determinar las causas raíz que pueden incidir en la ocurrencia de las averías. Este diagrama no entrega soluciones a la problemática, sino que explica a qué se debe. Siendo el paso previo para analizar y posteriormente corregirlos. Para empezar con el diagrama se debe identificar el problema principal, que como se mencionó anteriormente es el constante desprendimiento de material del fuelle de alimentación y del cual se busca encontrar las posibles razones que inciden en la ocurrencia de fallas. Después se procede a dar las posibles causas mediante una lluvia de ideas, colocando cada una de las posibles causas en sus respectivas espigas. El método utilizado es de las “6 M”, la cual se definen los siguientes grupos: métodos, mano de obra, maquinaria, medio ambiente, materiales y medición.

6 M:

- **Métodos:** Este grupo determina como se están realizando las distintas tareas y actividades en el equipo.
- **Mano de obra:** Se evaluará las posibles causas debido a la operación o instalación de los equipos. Los aspectos para considerar son conocimientos, entrenamiento, habilidad y capacidades de los trabajadores.
- **Maquinaria:** Se evaluará los equipos y herramientas que se ocupan en instalación, mantención y operación del equipo.

- **Medio ambiente:** Se determina a través del lugar en que se trabaja, el tipo de zona geográfica.
- **Materiales:** Se evaluará los materiales usados en las actividades programadas en el equipo.
- **Medición:** Determinará la disponibilidad de instrumentos de medición y la calibración de estos.



Fuente: Elaboración propia de Diagrama de Ishikawa

Figura 3-5 Diagrama de Ishikawa para pérdida de material desde el chute hacia el harnero vibratorio

3.2.2. Análisis

El problema base de este Ishikawa es la pérdida de material desde el chute hacia el harnero vibratorio, teniendo en cuenta ese problema es que se procederá en realizar el análisis de cada causa probable para así dar solución a cada una de ellas.

a) Método de trabajos

- Trabajos rápidos: Es una causa probable, ya que los trabajos de mantenimientos son apurados para que la producción continúe.
- Decisiones tardías: El supervisor daba solamente soluciones rápidas a los constantes avisos de roturas presentes. Se recomienda dar capacitación.
- No consideraciones del catálogo: Los trabajos de mantenimiento no eran consideradas las recomendaciones del catálogo. Se recomienda seguir consideraciones del catálogo.

b) Mano de obra

- Supervisión inadecuada: El supervisor no contaba con la capacitación adecuada para dar una solución de manera duradera. Se recomienda dar capacitación.

c) Maquinaria

- Excesiva operación: Es una causa debido a la alta demanda en la producción diaria.
- Desgaste del fuelle: Al haber excesivo flujo de material (cemento), el contacto con el fuelle aumenta generando roce constante, esto provoca que el fuelle se desgaste en un corto plazo disminuyendo así su vida útil, generando roturas en varios puntos del mismo, desprendiendo así material y contaminación en el área.

d) Materiales

- Falta de stock: Por recomendación del catálogo del equipo es necesario un stock del fuelle por posibles problemas, pero la empresa no cuenta con uno. Se recomienda tener stock de repuesto en taller.

3.2.3. Análisis de las vías posibles

A esto nos cuestionamos con las siguientes preguntas:

¿Por qué no hacer menos horas de operación?

R: Porque al disminuir horas de operación significa una baja en la disponibilidad del equipo, y por otro lado, afecta directamente a la producción de la empresa, ya que se tiene una producción promedio de cemento.

¿Por qué considerar el catálogo en el plan de mantenimiento?

R: Porque al haber seguido las recomendaciones del catálogo, en temas de mantenimiento y stock de materiales, hubiésemos prevenido desprendimiento de material, pero no así el contacto excesivo, causa principal de las roturas.

¿Por qué no contratar más supervisores?

R: Contratar más supervisores constaría de un gasto innecesario. Debido a que se puede mandar a capacitar al supervisor para dar una respuesta y/o solución a las constantes avisos de roturas del fuelle.

¿Por qué no cambiar el chute por uno nuevo?

R: Porque eso afectaría a la producción, pues el desmontaje y la colocación de un equipo nuevo conllevaría a que el proceso este detenido por varios días, debido a que este es el encargado de traspasarle material por medio de un fuelle al harnero vibratorio, que es un equipo único en la planta y su criticidad es alta debido a que este es el encargado de clasificar el material para la ensacadora rotativa, esta detención no pasaría con una modificación en la boca de descarga del chute, pues está misma se haría en las horas programadas de mantención.

¿Por qué implementar una mejora del diseño y no mantener el equipo a la falla?

R: Porque mantener el equipo a la falla conllevo a que se generara un desgaste cada vez mayor en el fuelle existente produciendo desprendimiento de material, lo que hacía que se reparara constantemente con film. Cabe destacar que una falla no controlada puede demorar su reparación por falta de disponibilidad de repuestos, por lo tanto la implementación de la mejora haría que estas demoras ya no existieran volviéndolo una solución viable.

3.2.4. Conclusión Ishikawa

Una vez llegado a la conclusión con los respectivos **modos de fallo** se deduce que la causa raíz que conllevo a la problemática fue efecto del desgaste del fuelle y diseño del chute, los otros modos de fallos propuestos nacen de esta **causa de fallo** (diseño). Es importante señalar que cada causa raíz está conformada por 3 niveles que se explican a continuación.

- Raíces físicas: En este nivel se reúnen todas aquellas situaciones o manifestaciones de origen físico que afectan directamente la continuidad operativa de los equipos o plantas, por ejemplo: flujo mínimo por bloqueo de una tubería, malas conexiones, repuestos defectuosos, etc. Generalmente en este nivel no se encontrará la causa raíz del fallo, sino un punto de partida para localizarla.
- Raíces humanas: Aquí encontraremos todos aquellos errores cometidos por el factor humano y que inciden directa o indirectamente en la ocurrencia del fallo, instalación impropia, errores en diseño, no aplicar correctamente los procedimientos pertinentes, etc., esta es una de las categorías en las que se podría encontrar la causa raíz de un fallo.

- Raíces latentes: Todos aquellos problemas que, aunque nunca hayan ocurrido, son factibles su ocurrencia. Entre ellos: falta de procedimientos para arranque o puesta fuera de servicio, personal que realice trabajos de reparación sin adiestramiento, inapropiados procedimientos de operación, entre otros.

Luego de aplicar el análisis se deduce que la **causa raíz física** de la pérdida de material desde el chute hacia el harnero vibratorio es el desgaste del fuelle, y **como raíz humana** la rápida ejecución de las actividades de mantenimiento, y errores en el diseño, a su vez **como raíz latente** fue la mala gestión operacional del supervisor al no tener procedimientos adecuados en el mantenimiento del fuelle. Estos antecedentes reafirman que el problema es el sistema de encapsulamiento del fuelle actual, pero también se vio reflejado que no solo era el sistema de encapsulado, sino que también hubo una causa humana al no atacar el problema como correspondía.

Por último, se llegó a la conclusión, de que al realizar una modificación en la estructura del chute de descarga se solucionaría la problemática presentada.

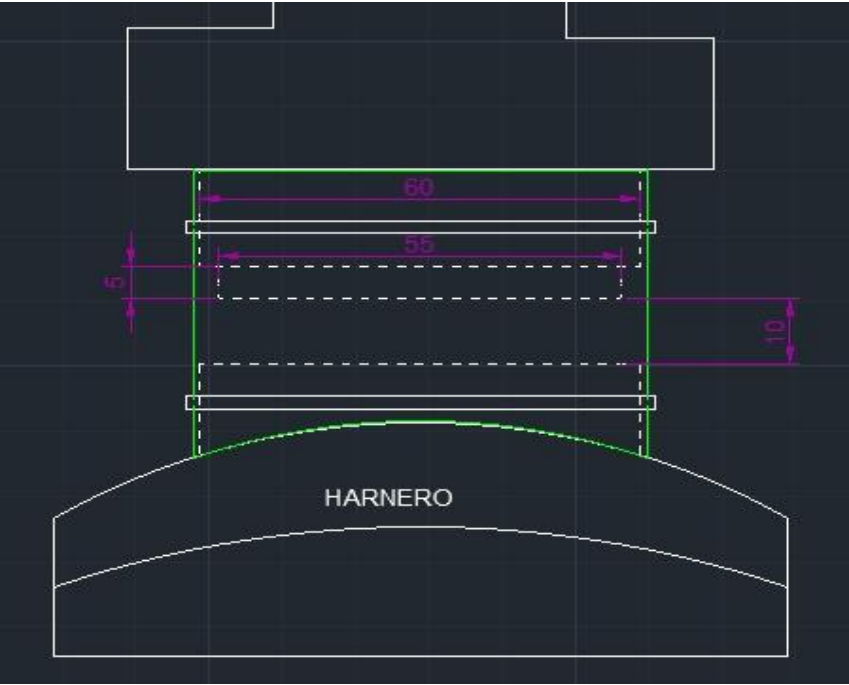
3.3. Propuesta de Modificación

La durabilidad del fuelle está comprometida directamente con la calidad del fuelle instalado, respecto a esto se deduce que el material del fuelle no es el adecuado para la cantidad de horas de producción al que está sometido. Por esto mismo se propone el cambio de material del fuelle.

El material de fuelle que está instalado en el harnero es de caucho el cual con el tiempo que estuvo, se vio afectado por el roce constante del material y además de la temperatura, no por eso deja de ser un material bueno para el desgaste en otras circunstancias. Sin embargo, proponemos el cambio del fuelle por uno de tela kevlar reforzado con capas de caucho el cual tiene altos niveles de resistencia a altas temperaturas, y además posee gran tenacidad y elasticidad, propiedades que hacen que sea óptimo para el fuelle.

El diseño que posee la estructura previa al harnero tiene una reducción en forma de elipse por la cual se deposita el material, dicha reducción es de un radio menor de 125 (mm) y un radio mayor de 275 (mm) el cual permite que parte del material cauce roce en el fuelle que encapsula este sistema al no estar conectado en su totalidad con el harnero

Por lo tanto si existe esta reducción debe tener una explicación. Se plantea la teoría que el motivo de esta, es direccionar la caída del cemento en el harnero para así prevenir la libre caída del cemento en el fuelle.



Fuente: Elaboración propia mediante AutoCAD

Figura 3-6 Medidas de reducción de la boca de toma

Representación:

- Líneas verdes: Fuelle
- Líneas segmentadas: Boca de descarga y reducción.

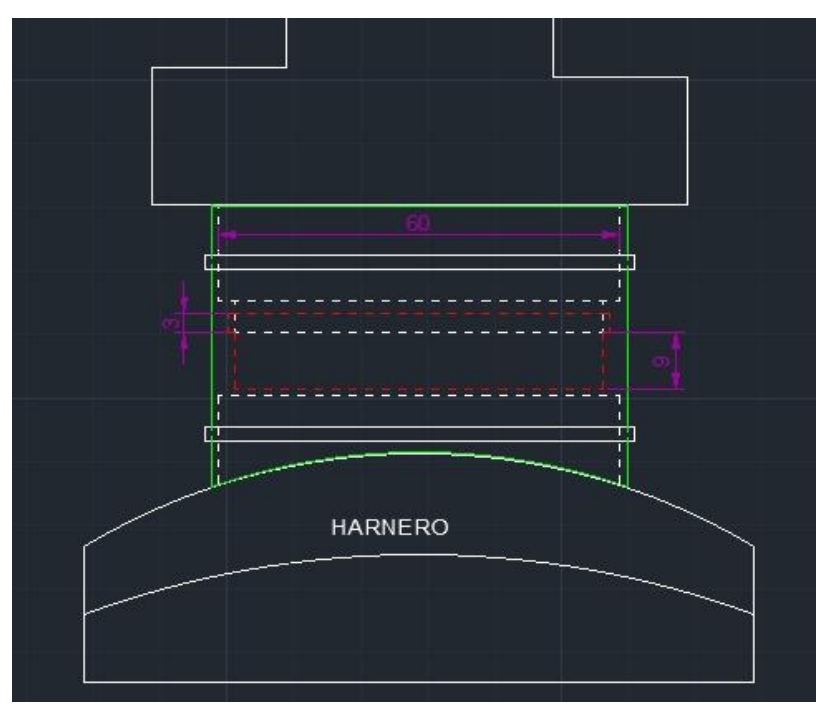
A continuación, se procederá a explicar el modelo de propuesta pensada como la solución de la problemática en el sistema de encapsulado del fuelle de alimentación del harnero vibratorio.

Como punto de partida realizamos la búsqueda del mejor material a utilizar como fuelle, teniendo en cuenta que este debe tener movilidad debido a la vibración del harnero, eligiendo así un fuelle de tela de kevlar reforzado con caucho.

El chute de descarga tiene una reducción en la boca de descarga como se mencionó anteriormente la cual no llega a estar introducida dentro del harnero, soltando el material y dejándolo en contacto también con el fuelle, lo cual producía un contacto directo del cemento con él, provocando un desgaste abrasivo, hasta la rotura del fuelle lo que genera desprendimiento de material y con ello la elevación de niveles de polución en el área. Debido esto presentamos la propuesta de extender esta boca de descarga dejándola al ras del harnero para así disminuir el cemento en contacto con el fuelle. El motivo por el cual se pensó dejarla al ras la extensión es porque si está se dejaba introducida dentro del harnero, hacía que la instalación de la extensión fuera de mayor complejidad pues se

debería hacer desmontable (instalación con pernos), teniendo en cuenta que el harnero pudiese ser movido en caso de que se necesitase. Por esto se tomó la decisión de proponer que la extensión quedase al ras y fija. Modelando así el diseño con las mismas medidas de la elipse de la reducción, y con 90 (mm) de largo, y para hacer su instalación con mayor facilidad se pensó en que tuviera un empalme para que así pudiéramos mantener el mismo diámetro de la reducción y no realizar mayor cambio, de manera que esta abrazase con un diámetro mayor y ahí instalar por medio de soldadura.

A continuación, se demuestra mediante AutoCAD el plano de cómo se ensamblaría la extensión:



Fuente: Elaboración propia mediante AutoCAD

Figura 3-7 Plano de extensión de reducción

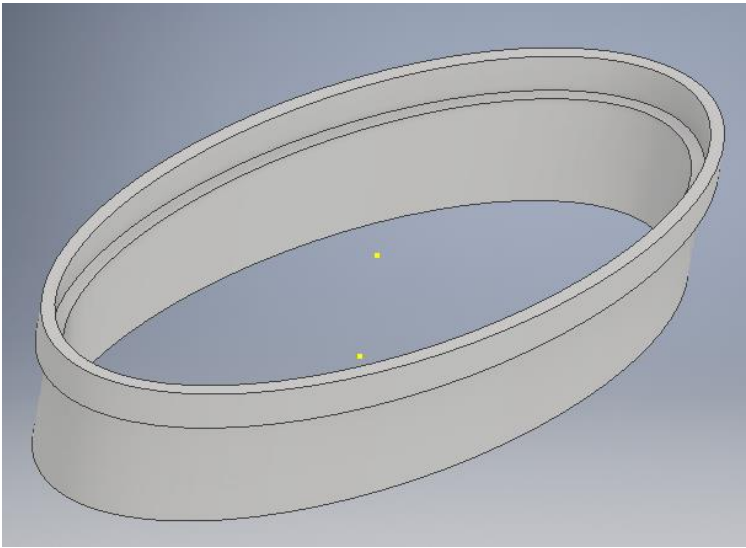
3.3.1. Fabricación de extensión

Para la fabricación de este modelo de extensión, se llevará a cabo gracias a una maestranza debido a que esta requiere ser de acero (mismo material de chute) para así no sufrir desgastes mayores a los que recibía el fuelle.

3.3.1.1. Medidas para fabricación

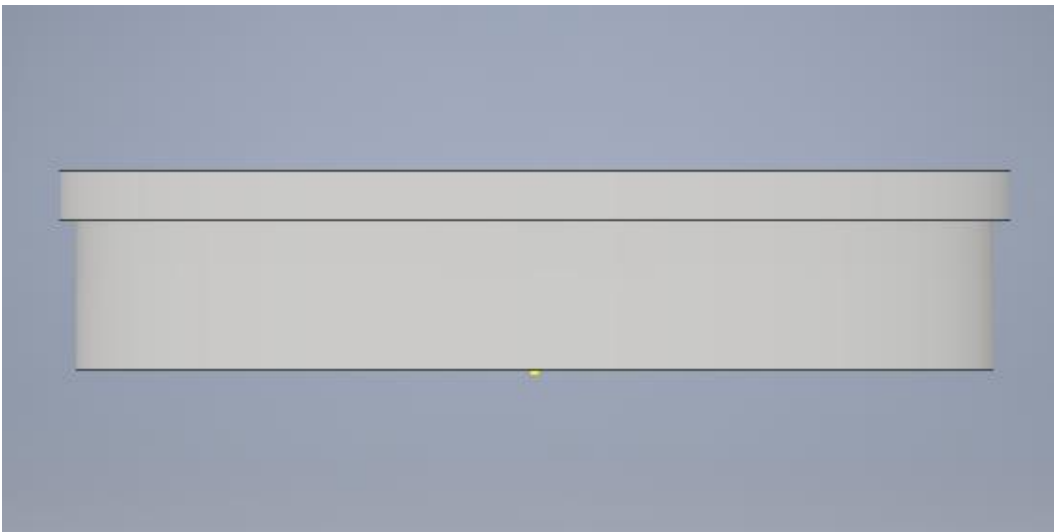
- Largo: 90 (mm)
- Radio menor: 125 (mm)
- Radio mayor: 275 (mm)
- Ancho empalme: 10 (mm)

- Largo empalme: 30 (mm)



Fuente: Elaboración propia mediante INVENTOR

Figura 3-8 Modelación en INVENTOR de extensión

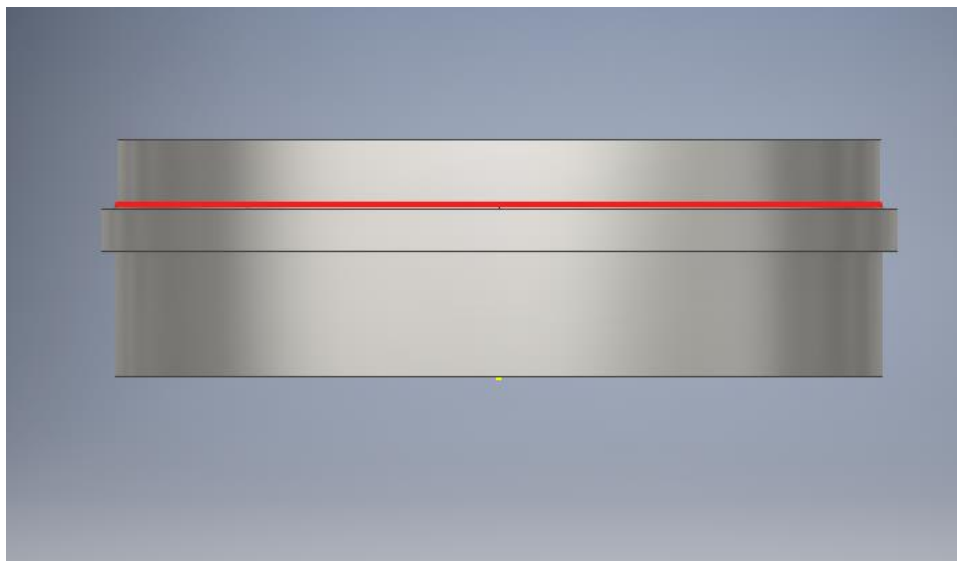


Fuente: elaboración propia mediante INVENTOR

Figura 3-9 Modelación en INVENTOR de extensión

3.3.2. Instalación extensión

Una vez fabricada la extensión gracias a la maestranza, se procede a montar la pieza.



Fuente: Elaboración propia mediante INVENTOR

Figura 3-10 Ensamble de extensión en la reducción

Representación:

- Línea roja: soldadura aplicada

Esta instalación requerirá de 2 mecánicos y de un soldador calificado a 6 G, estos trabajadores son parte la empresa, por lo tanto, no es requerido de un soldador externo.

3.3.3. Procedimiento para instalación

Elementos de protección personal (EPP) necesarios para la instalación:

- Caso de seguridad
- Calzado de seguridad
- Geólogo reflectante
- Protección facial (careta y mascara para soldar)
- Protección visual (lentes)
- Guantes de soldador
- Ropa de cuero para soldador
- Tapones auditivos
- Máscara medio rostro con filtro P-100
- Manta ignífuga

3.3.4. Metodología

Antes de realizar el trabajo se debe pegar el fuelle nuevo, ya que este tiene un tiempo de secado de 30 min para orear el pegamento y luego 3 h de secado una vez unidas los extremos.

Para comenzar el trabajo se debe realizar una ART (análisis de riesgo de trabajo) para así identificar los riesgos a los que se puede estar sometido y saber las medidas preventivas de control, dicho documento requiere firma de los involucrados más la del supervisor del trabajo.

Una vez teniendo la ART y todos los elementos de protección personal para comenzar a trabajar, se coordina con la sala de control que el equipo este bloqueado además del bloqueo personal con candado, eliminando todas las energías involucradas en la tarea.

Se procede a retirar el fuelle en mal estado, y realizar limpieza del área a trabajar, posteriormente se colocará la manta ignífuga sobre el harnero vibratorio. Para el alzamiento de la extensión se realiza con 2 mecánicos (uno en cada extremo de la pieza), una vez en posición se acoplará la extensión con la reducción de la boca de descarga. Ya montada la pieza el soldador procede a pinchar de manera uniforme para que esta pueda quedar sostenida. Finalizando con una buena terminación en las juntas.

Para la instalación del nuevo fuelle se necesita aflojar las cadenas de sujeción del harnero. Para así poder introducir el fuelle en la boca de descarga y luego en la boca de conexión del harnero, se procede a poner en su posición el harnero vibratorio, asegurándose que este esté a nivel que solicita. Para finalizar el fuelle es sujetado con abrazaderas metálicas de sujeción en cada extremo.

Planilla de trabajo			
Instalación de extensión del chute de alimentación			
Área	Mantenimiento	Fecha	XXXX
Sector	500	Tiempo	2.5 h
Equipo	Harnero vibratorio	Frecuencia	XXXX
Responsable	XXXX	Autorizado	XXXX
EPP	Casco de seguridad Calzado de seguridad Geólogo reflectante Protección facial/visual Guantes de soldador Ropa de cuero para soldar Tapones auditivos Máscara medio rostro con filtros P-100 Manta Ignífuga	Firma	
Herramientas	Máquina de soldar Electrodos (E6011-E7018) Set de destornilladores Paños Abrazaderas metálicas Alicate		
Precauciones	Manipular pieza con precaución (caída) Evitar contacto visual cuando se esté soldando		
Actividades	1- Cortar la energía eléctrica y bloquear equipo 2- Retirar abrazaderas metálicas 3- Retirar fuelle en mal estado 4- Realizar limpieza del área de trabajo 5- Instalar manta ignífuga sobre el harnero vibratorio 6- Alzar pieza para su instalación 7- Pinchar y soldar pieza 8- Instalar fuelle nuevo 9- Poner a nivel el harnero vibratorio 10- Sujetar el fuelle con las abrazaderas metálicas		

Fuente: Elaboración propia a partir de la metodología de instalación

Figura 3-11 Planilla de trabajo para instalación de extensión

4. Costos

4.1. Costo de fabricación de extensión

Una vez teniendo claro el diseño de la extensión, se procederá a evaluar el costo que conlleva fabricar la pieza, y si es factible o no su implementación en la empresa.

Se realizó un presupuesto con la empresa SOCIEDAD ROCK DRILL LTDA. Perteneciente a la industria manufacturera.

En donde nos contactamos con el representante legal Mauricio Contreras E. el cual accedió en realizarnos el costo de fabricación, dándonos la siguiente información:

PRESUPUESTO DE FABRICACIÓN					
INDUSTRIA MANUFACTURERA: SOCIEDAD ROCK DRILL LTDA.					
Email mcontreras@rockdrill.cl					
Fono: +56 9 88471XXX					
FABRICACIÓN PIEZA ACERO					
ITEM	DESCRIPCIÓN	UN.	CANT.	P.U.	TOTAL
1	Fabricación pieza de acero ovalada para acoplamiento	hh	5	\$ 25.000	\$ 125.000
2	Acero	kg	72	\$ 2.100	\$ 151.200
	SUB TOTAL				\$ 276.200
	GASTOS GENERALES		15%		\$ 41.430
	UTILIDADES		15%		\$ 41.430
	TOTAL NETO				\$ 359.060
	I.V.A.		19%		\$ 68.221
	TOTAL				\$ 427.281
OBSERVACIONES:					
TIEMPO DE EJECUCIÓN ESTIMADO: 10 días hábiles una vez aceptada la orden de compra.					
		MAURICIO CONTRERAS E. REPRESENTANTE LEGAL INDUSTRIA MANUFACTURERA SOCIEDAD ROCK DRILL LTDA			

Figura 3-12 Presupuesto fabricación extensión

Analizando el presupuesto que se nos entregó, se hace más viable el realizar dicha propuesta, ya que no es un costo elevado para la empresa cementos Transex, además al ser una mejor que se plantea de forma que sea definitiva, hace que se vuelva un gasto que se realice solo una vez, y así no realizar más gastos en cambiar y reparar constantemente el fuelle.

Por otro lado, el gasto de fabricación de la pieza comparado con la pérdida que se generaría por una mantención de emergencia ocasionada por una rotura severa del fuelle es relativamente más bajo por el siguiente motivo:

Una parada de emergencia significa no producción por el tiempo en que estará en mantenimiento el fuelle, el tiempo promedio varía entre 40 y 50 minutos por la búsqueda de insumos en el taller y el tiempo de reparación, en ese tiempo el valor monetario perdido asciende a \$6.008.437, porque como anteriormente se mencionó, en un turno normal de 8 horas hay una producción de 375 t, que al verse afectada por esta parada de emergencia la producción estipulada pérdida por esta detención del proceso es de 39.840 kg, se sabe que un saco de cemento tiene un peso de 25 kg y al dividir con los kilos perdidos da un total de 1.593 sacos y cada uno de esos sacos tiene un valor \$3.770 dando el valor monetario perdido de \$6.008.437.

4.2. Costo de fuelle kevlar

Como se mencionó anteriormente se tiene el propósito de cambiar el fuelle por uno nuevo y además que sea de un material de más resistencia, es por eso por lo que escogimos el kevlar, debido a una investigación previamente realizada se obtuvo que existen 2 tipos de kevlar el 29 y 49, diferenciándose en sus usos:

Kevlar 29: Su uso está destinado para aplicaciones de balística, cuerdas y cables debido a su baja densidad y alta resistencia. Siendo la fibra tal y como se obtiene de su fabricación.

Kevlar 49: Sus propiedades son similares a las del kevlar 29, a diferencia que sus fibras al embeber con una resina formar un material compuesto, fibra utilizada para reforzar como el plástico y/o la goma en nuestro caso. Se destina su uso para la automoción, marina e industrias, por su alta resistencia y alto módulo de elasticidad.

Luego de esto se tomó la decisión de cotizar un fuelle con kevlar 49. Junto con la ayuda de la jefa de planta se tuvo accesos a los valores de la cotización del fuelle recomendado, kevlar recubierto en caucho más el pegamento vulcanizado en frío SC-2000+ catalizador lo cual como valor estimativo son:

CANT.	UNID.	DESCRIPCIÓN	Neto	Totales
2	m	Kevlar recauchado Red Rubber 6,4 mm esp. X 1300mm x 1000 Shore 45+/- 5	\$ 262.000	\$ 524.000
2		Pegamento Vulcanizado en Frio SC-2000 + Catalizador	\$ 78.460	\$ 156.920
Total				\$ 680.920

Fuente: Jefa de planta, empresas Transex

Figura 3-13 Presupuesto fuelle (presupuesto no incluye IVA)

Con IVA agregado tiene un valor de \$129.374 Monto total del presupuesto \$810.295. Este presupuesto obtenido de la jefa de planta nos ayudará con nuestra propuesta, teniendo en cuenta las recomendaciones del catálogo, es que esta cotización se hizo con una cantidad de 2 fuelles, esto en caso de que se tenga que cambiar por alguna fatiga presente con el transcurrir del tiempo.

Entonces el presupuesto final para su ejecución tiene un valor aproximado sujeto a modificaciones es de \$1.237.576 contemplando la suma de la fabricación de la pieza de extensión más el fuelle con su respectivo repuesto. Como se mencionó en el costo de fabricación de la pieza, este valor de la modificación planteada, si se compara con la

perdida que estimamos con las detenciones de una rotura severa, resulta ser más bajo por lo que hace viable esta propuesta pensando en aquellas pérdidas generadas por paradas de emergencia.

5. **Beneficios y recomendaciones**

Si la propuesta es tomada por parte de la empresa, se espera que la disponibilidad del equipo suba, pues se eliminaría el tiempo de reparación del fuelle en mal estado, aumentando así la disponibilidad de 90% a 90.6%.

Disponibilidad (A)

Ecuación temporada alta: $A = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR}$

$$A = \frac{72h}{(72+8)h} = 90\%$$

Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos

Figura 3-14 Disponibilidad sin propuesta

Ecuación temporada alta: $A = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR}$

$$A = \frac{72h}{(72+7.5)h} = 90.6\%$$

Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos

Figura 3-15 Disponibilidad con propuesta

Además, se lograría prevenir el contacto directo que existe por parte del cemento hacia el fuelle, lo que ocasionaba desgaste hasta la rotura y de la mano de esto se reduce la polución que este equipo producía en el área.

Como recomendación se espera que al check-list del equipo se agregue el estado del fuelle para así mantener a raya lo que suceda con este. Junto con mantener un stock de este fuelle en caso de las fallas, tal como el catálogo lo indica.

6. Conclusión

A continuación se demostrará como se llevaron a cabo el cumplimiento del conjunto de los objetivos específicos para así lograr de la manera correcta nuestro objetivo general, que como mencionamos al inicio del trabajo es crear una propuesta de mejora al sistema de encapsulación del fuelle de alimentación del harnero vibratorio, eliminando la polución producida por el material desprendido, en primera instancia se especificó cual sería la empresa en la que se iba a efectuar dicho cambio, para así lograr la contextualización del tema, para luego identificar como es el proceso de producción del cemento a lo largo de la planta, el cual permitió que se comprendiera hacia dónde va dirigido la elaboración de este trabajo, dicho estudio como bien se planteó enfatiza en la mejora del sistema de encapsulación, en donde se logró identificar gracias a un análisis causa raíz utilizando el método del diagrama de Ishikawa (espina de pescado), esté arrojo que la principal falla se encontraba dentro de los siguientes síntomas: calidad del fuelle presente, diseño de la estructura y excesivo roce de material, por medio de esto se pudo formular la teoría de que dicho roce era producto del diseño, siendo nuestro punto fuerte a atacar y así mismo proceder con la idea de mejora de este sistema para alargar la vida útil del fuelle que por consecuencia de esto sería cambiado por uno de mejor calidad (tela de kevlar reforzado con caucho).

Anteriormente se destacó que el foco de estudio está basado en la solución de este problema, no obstante, cabe mencionar que la importancia de trasfondo es la salud de los trabajadores, pues al estar constantemente en un área con alta concentración de material particulado (sílice) este afectaría de manera negativa al cuerpo, debido a que es bastante nocivo.

Por otro lado, la propuesta de extensión cumpliría la función de direccionar el material al harnero exitosamente, permitiendo que el polvo elevado por el impacto en el tamiz del harnero, sea lo único que esté en contacto con nuestro fuelle (así cumpliendo con anular el excesivo contacto al que estaba sometido), así mismo queremos que la propuesta de esta mejora sea un gasto de una sola vez, ya que es una modificación definitiva, y que esto motive a que futuras fallas de este tipo (como la rotura en un fuelle, que desprenda material) sea atacado con urgencia y no que sea reparada con una solución provisoria, al menos no en un prolongado tiempo.

7. Bibliografía

- <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=167766&idParte=8643150&idVersion=>
- <https://snifa.sma.gob.cl/>

- <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1111283>
- <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=244118>
- <https://aeeg.cl/servicios/servicio-medicion-ch5-y-metodos/>
- <https://infofirma.sea.gob.cl/DocumentosSEA/MostrarDocumento?docId=68/f7/e1c3b5e3288a32af7bbf3e7388d4a584570d>
- [https://www.achs.cl/portal/Empresas/DocumentosMinsal/4-%20Silice%20\(Planesi\)/4-%20Herramientas/Ficha%20Resumen%20Protocolo%20de%20Silice.pdf](https://www.achs.cl/portal/Empresas/DocumentosMinsal/4-%20Silice%20(Planesi)/4-%20Herramientas/Ficha%20Resumen%20Protocolo%20de%20Silice.pdf)
- <http://www.ist.cl/wp-content/uploads/2016/08/DECRETO-SUPREMO-594-ACTUALIZADO-2019.pdf>
- <https://www.mutual.cl/portal/wcm/connect/33b19edc-1d62-441a-8574-88a6167b7da3/Gui%CC%81a+Tec.+Prevencio%CC%81n+de+la+Silicosis+%28MINSAL%29.pdf?MOD=AJPERES&CVID=mlYZWb>
- toaz.info-iso-55001-2014pdf-pr_619c771919ca8e14094819da09b1d5b2.pdf
- <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:55000:ed-1:v2:es>
- <https://www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/6151/06CAPITOL3.pdf?sequence=6&isAllowed=y>