Instituto Tecnológico de Apizaco

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO

REDUCCIÓN DE AVERÍAS EN HORNOS DE RECUBRIMIENTO DE LÍNEA 4.

TITULACIÓN INTEGRAL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE: INGENIERÍA MECATRÓNICA

PRESENTA:
ALFONSO ALVARADO LÓPEZ

NOMBRE DEL ASESOR:
JUAN CARLOS CASTAÑEDA GUTIÉRREZ

Instituto Tecnológico de Apizaco

APIZACO, TLAX., JUNIO 2024

EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Apizaco
Metal-Mecánica

Apizaco, Tlaxcala, 04/junio/2024.

Oficio No. MM/517/2024.

ASUNTO: **Liberación de Proyecto para Titulación Integral.**

MARTÍN ROJAS RAMÍREZ
JEFE DEL DEPTO. DE DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES
P R E S E N T E

Por este medio informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para Titulación integral:

Alumno (a):	ALFONSO ALVARADO LÓPEZ
Carrera:	INGENIERÍA MECATRÓNICA
No. De Control:	12370567
Nombre del Proyecto:	"REDUCCIÓN DE AVERÍAS EN HORNOS DE RECUBRIMIENTO DE LÍNEA 4".
Producto:	TITULACIÓN INTEGRAL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados.

A T E N T A M E N T E
Excelencia en Educación Tecnológica
Pensar para Servir, Servir para Triunfar

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO
DEPARTAMENTO DE METAL MECÁNICA

ENRIQUE ACOLTZI BAUTISTA
JEFE DEL DEPTO. METAL MECÁNICA

JUAN CARLOS CASTAÑEDA GUTIÉRREZ
ASESOR

BENJAMÍN DARÍO RAMÍREZ ANGULO
REVISOR

EFRÉN SÁNCHEZ FLORES
REVISOR

c.p.- Expediente
Archivo.

EAB*petry.

EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Apizaco
División de Estudios Profesionales

Apizaco, Tlax., 10/junio/2024
No. OFICIO: DEP-CT/647/2024

ASUNTO: AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

ALFONSO ALVARADO LOPEZ
EGRESADO DE LA CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA
CON NÚMERO DE CONTROL: 12370567
P R E S E N T E

Por este medio, me permito informar a usted que por aprobación de la comisión revisora asignada para valorar el trabajo que mediante la opción **TITULACIÓN INTEGRAL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN** cuyo tema es: **"REDUCCIÓN DE AVERÍAS EN HORNOS DE RECUBRIMIENTO DE LÍNEA 4"**, conforme a lo establecido en el procedimiento para la obtención del Título Profesional en el Instituto Tecnológico, la División de Estudios Profesionales a mi cargo le otorga:

AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Debiendo entregar **3** empastados del mismo, apropiadamente encuadernados, a la brevedad, para presentar su acto de recepción profesional.

Sin otro particular por el momento, le envió un cordial saludo.

A T E N T A M E N T E
Excelencia en Educación Tecnológica®
Pensar para Servir, Servir para Triunfar®

MARTÍN ROJAS RAMÍREZ
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO
DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES

c.p. archivo

AGRADECIMIENTOS

A mis padres:

Quiero agradecerles profundamente el gran esfuerzo y sacrificio que hicieron para llegar hasta aquí, nadie más que ustedes saben el sacrificio que han tenido que hacer.

Gracias por que a pesar de nuestros problemas han estado apoyándome y motivándome a salir adelante y nunca voy a terminar de agradecerles el gran apoyo que me han dado.

A mi hermana Marisol quiero decirte que agradezco todo tu apoyo y motivación que me diste para salir adelante, cuenta conmigo siempre te quiero mucho.

Ing. Javier Rivera Cruz

Usted fue una persona que confió en mí y por facilitarme este proyecto para titularme gracias por todo el trabajo que medio durante mi etapa en Adfors y confiar en mi durante esta travesía.

Ing. Ing. Juan Carlos Castañeda Gutiérrez

A usted tengo que agradecerle los buenos consejos y apoyo que me ha dado, decirle que lo aprecio y la paciencia que tuvo conmigo.

A todos los de más profesores que si los mencionara no terminara agradezco que me apoyaron en mi camino de la educación y en especial al Ing. Desiderio Cuatecontzi Xochitiotzi y al Ing. Francisco Hernández Corona que también estuvieron en mi camino de formación durante la carrera les agradezco todos sus conocimientos hasta donde estén.

Por último, a mis jefes y compañeros de trabajo que me apoyan en el camino laboral gracias por todo

INDICE

RESUMEN 1

CAPÍTULO I GENERALIDADES DEL PROYECTO 2

1.1 INTRODUCCIÓN 2

1.2 JUSTIFICACIÓN 3

1.3 OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS 4

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO 5

2.1 MANTENIMIENTO INDUSTRIAL 5

2.1.1 Contexto histórico 5

2.1.2 El mantenimiento industrial 5

2.1.3 Objetivos del mantenimiento industrial 6

2.1.4 Tipos de mantenimiento industrial 7

2.1.4.1Mantenimiento correctivo 7

2.1.4.2Mantenimiento preventivo 7

2.1.4.3 Mantenimiento predictivo 7

2.1.5 Beneficios del mantenimiento industrial 7

2.2 INDICADORES DE MANTENIMIENTO: KPIS PARA UNA GESTIÓN EFICAZ 8

2.2.1Los principales indicadores de mantenimiento 9

2.2.1.1 Downtime 9

2.2.1.2Backlog de mantenimiento 10

2.2.1.3 MTBF – Mean Time Between Failures 10

2.2.1.4 MTTR – Mean Time To Repair 11

2.2.1.5 OEE – Overall Equipment Effectiveness 11

2.2.1.6 PMP – Planned Maintenance Percentage/Porcentaje de Mantenimiento Planificado 12

2.2.1.7 Tasa de Cumplimiento del Mantenimiento Preventivo 13

2.2.2 Indicadores de Mantenimiento para la toma de decisiones 13

2.3 MANUFACTURA DE CLASE MUNDIAL 14

2.3.1 Antecedentes 14
2.3.2 Manufactura de Clase Mundial 15
2.4 DIAGRAMA DE PARETO 15
2.4.1 Características de un Diagrama de Pareto 16
2.4.2 Ventajas del Diagrama de Pareto 16
2.4.3 Para qué se utiliza un Diagrama de Pareto 17
2.4.4 Usos del diagrama de Pareto en una organización 17
2.4.5 Elaboración un Diagrama de Pareto 18
2.4.6 Elementos que conforman el Diagrama de Pareto 18
2.5 DIAGRAMA DE CAUSA Y EFECTO "ISHIKAWA" 19
2.5.1 Diagrama de Causa y Efecto donde se utiliza 19
2.6 CINCO PORQUÉS 20
2.6.1 Para qué sirven los 5 porqués 20
2.6.2 Cómo hacer los 5 porqués 20
2.6.2.1 Establece qué está pasando. 21
2.6.2.2 Define «por qué» está pasando una situación en particular 22
2.6.2.3 Determina las posibles razones de la causa de una situación en particular. 22
2.6.2.4 Continúa el planteamiento de preguntas 22
2.6.2.5 Plantea las soluciones más adecuadas 23
2.7 CINCO W Y DOS H 23
2.7.1 Elementos principales del 5w2h 24
2.7.2 Ventajas de usar este método 26
CAPÍTULO III METODOLOGÍA 27
3.1 PROCEDIMIENTO Y DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS. 27
3.2 DEFINICIÓN EL PROBLEMA 27
3.2.1 Evaluación de riesgos del área de SK 27
3.2.2 Integrantes del equipo y reuniones 27
3.2.3 Foto del equipo. 28

3.2.4 Diagnóstico 28
3.2.5 Definición el problema 5W+2H 32
3.2.6 Descripción del problema y fotos 32
3.2.7 Perdida (T,m2,€…) 35
3.2.8 Acciones de contención 35
3.2.9 Definición del indicador operacional de desempeño 35
3.2.10 Plan maestro 36
3.3 RESTAURACIÓN DE CONDICIONES BÁSICAS 37
3.3.1 Diagrama de Ishikawa 6M 37
3.3.2 Verificación del estándar vs realidad 38
3.3.3 Plan de acción 40
3.4 ANÁLISIS DE PORQUE 42
3.5 CONTRAMEDIDAS Y PLAN DE ACCIÓN 43
3.6 DCS &ESTANDARIZACIÓN 46
3.6.1 Sistema de control diario 46
3.6.2 Plan de acción correcciones finales 47
3.6.3 Estándares OPLS y SOPS 48
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIONES 49
4.1 RESULTADOS OBTENIDOS EN FÍSICO (EVIDENCIAS). 50
CAPÍTULO V CONCLUSIONES 55
CAPÍTULO VI RECOMENDACIONES 56
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 57
ANEXOS 58

Índice de cuadros, gráficas y figuras

Tabla 2.3.2.1 Objetivos de la Manufactura de Clase Mundial..... 15
Figura. 2.6.2.1.1 Diagrama causa-efecto ……21
Tabla. 2.6.2.1.1 Formato 5 por qué. ……21
Tabla. 3.2.2.1 Reuniones del equipo……27
Figura. 3.2.3.1 Foto del equipo……..……28
Figura. 3.2.4.1 Pareto de MTTR por área…..……..……28
Figura. 3.2.4.2 Pareto de MTTR del área de recubrimiento…..……29
Figura. 3.2.4.3 Pareto por categoría de falla..……..……29
Figura. 3.2.4.4 Pareto por categoría de componente horas de avería...……..……30
Figura. 3.2.4.5 Pareto por categoría de componente número de averías....……..……..…30
Figura. 3.2.4.6 MTBF por áreas……...…….....……..…31
Figura. 3.2.4.7 MTBF del área de recubrimiento. ……...……31
Figura. 3.2.5.1 Definición del problema con la herramienta 5W+2H……...……32
Figura. 3.2.6.1 Falla de barra transportadora ocasionando ruptura de cadena.....…33
Figura. 3.2.6.2 Falla cadena fuera de catarina y desajuste...……...……..33
Figura. 3.2.6.3 Falla barra trasportadora se desprende de cadena...……...……..……..34
Figura. 3.2.6.4 Falla de barra transportadora doblada y entre los ejes. ……...……..……..34
Tabla. 3.2.8.1 Acciones de contención……...……...……...……..35
Figura. 3.2.9.1 Indicador de desempeño ……...……...……..35
Tabla. 3.2.10.1 Plan maestro……...……...……..36
Figura. 3.3.1.1 Diagrama Ishikawa ..…...……...……...……..37
Figura. 3.3.2.1 Tarjetas utilizadas para tarjeteo ..……...……...……...……..38
Figura. 3.3.2.2 Orden de trabajo para mantenimiento preventivo de línea 4……...……..38
Figura. 3.3.2.3 Lista de actividades de mantenimiento preventivo. ……...……...……..39
Figura. 3.3.3.1 Plan de acción para restaurar condiciones básicas……...……...…40

Figura. 3.3.3.2 Realización de tarjeteo y hallazgos……..……..……..….40
Figura. 3.3.3.3 Hallazgos reparados según plan de acción ……..……..….41
Figura. 3.4.1 Análisis 5 porques…...……..……..….42
Figura. 3.5.1 Plan de acción de las contra medidas. ……...…...……..….43
Figura. 3.5.2 Acciones correctivas y preventivas en línea 4 según plan de acción.……..….44
Figura. 3.5.3 Requisición para pintura en los hornos……..……..….44
Figura. 3.5.4 Seguimiento de Refacciones obsoletas con supervisores ……..……...….45
Figura. 3.5.5 Seguimiento de Refacciones obsoletas con almacén……...….45
Tabla. 3.6.1.1 Plan maestro……..……...….46
Figura. 3.6.1.1 Indicador diario de horas-número de averías….……....……...….46
Tabla. 3.6.2.1 Plan de acción correcciones finales…….……..……...….47
Figura. 3.6.2.1 Hornos sin mejoras finales……..……...…….……..……...….47
Figura. 3.6.2.2 Hornos con mejoras realizadas. ……..…….……..…….….48
Tabla. 4.1.1 Cuadro de resultados……..…….……..…….….50
Figura. 4.1.1. Manual del variador en su respectiva carpeta…...……..…….….51
Figura. 4.1.2. Colocación y programación de variador……..……..…….….51
Figura. 4.1.3. Medición de barras en hornos……..……..…….….52
Figura. 4.1.4. Difusión de OPLS y SOPS a personal de mantenimiento…….……..…….….53
Figura. 4.1.5. Difusión de OPLS y SOPS operadores de producción….…….……..…….….54

Resumen

El presente proyecto da cuenta de la estrategia desarrollada por parte del prestador en la empresa Adfors Saint-Gobain, con la finalidad de disminuir el exceso de averías en línea de recubrimiento 4.

Se realizó un estudio del desempeño de la línea 4 y fue momento de implementar las estrategias suficientes para obtener buenos resultados al disminuir las averías, para ello, se pidió la colaboración del ingeniero de Mantenimiento y asimismo del ingeniero de WCM.

La colaboración de los ingenieros junto con sus conocimientos fue fundamental para el desarrollo del proyecto, el objetivo fue asegurar y proporcionar ideas para el desarrollo de este y establecer mecanismos de coordinación y cooperación entre dichos actores.

Esta experiencia de trabajo ha sentado las bases de una renovada intervención entre empresa y trabajador, basada en el reconocimiento reciproco como actor y corresponsable sobre el desarrollo del trabajador. Sin duda, esta experiencia requiere ampliarse y consolidarse para alcanzar mejores resultados con los objetivos del proyecto.

Capítulo I Generalidades del proyecto

1.1 Introducción

El proyecto “REDUCCIÓN DE AVERÍAS EN HORNOS DE RECUBRIMIENTO DE LÍNEA 4”.

Se desarrollo en la empresa Adfors Saint-Gobain. Esta se encuentra ubicada en la Ciudad Industrial Xicohténcatl I, Tetla, Tlaxcala; Esta empresa tiene un enfoque en los mercados de construcción e industriales, ADFORS ofrece soluciones basadas en un completo abanico de tecnologías textiles de fibra de vidrio. Es el líder mundial más confiable e innovador en tejidos técnicos, que ofrece las soluciones más adaptadas para satisfacer las necesidades de sus clientes.

En primera instancia se planteó la problemática que se generaba en ciertas áreas referente a los paros de producción. Por lo que fue necesario el planteamiento de un proyecto para mejorar indicadores de Tiempo medio entre fallos (MTBF) y Tiempo medio de reparación (MTTR).

En el presente documento se detalla la metodología utilizada para desarrollar el proyecto. Se inicia con la definición de objetivos generales y específicos, el cual sirvió para medir el avance, así como las actividades realizadas para llegar a tal fin. En el capítulo I “Generalidades del proyecto” se encuentran, los objetivos (generales y específicos) donde se encuentran los planes al realizar el proyecto. En la justificación se menciona porqué fue necesario, además de mencionar la caracterización de las áreas en la que se desarrolló el proyecto. En el capítulo II, “Marco Teórico”, contiene las bases teóricas que ayudan a desarrollar el proyecto, esto es; las materias, definición de terminologías que se usaron en un aspecto contextual durante el proyecto. En el capítulo III, “Metodología”, se detalla todo el procedimiento para cumplir con el objetivo planteado, esto es, la descripción de la metodología, principalmente el análisis y el diseño. En el capítulo IV, “Resultados y discusiones”, se describen los hallazgos obtenidos durante el proyecto en el cual se explican de acuerdo con dicho proceso. En el capítulo V se definen “Conclusiones” hablan de nuestras conclusiones del proceso del proyecto. El capítulo VI “Recomendaciones” Se hablará de las recomendaciones para mantener un buen seguimiento. El capítulo V se encontrará las referencias bibliográficas.

1.2 Justificación

Los constantes paros de avería prolongados por la cadena de los hornos que afecta a la producción del hilo se presentan en línea 4 en ambos hornos. Afectando a los operadores, a las áreas de calidad, producción y mantenimiento.

El efecto que tiene es el paro de producción de bobinas de hilo con lo que conlleva falta de material en el siguiente proceso que es urdido ya que se generan bobinas no metradas las cuales se tienen que enviar a tejido para el uso de orillas con lo que conlleva sobre pasar los inventarios de hilo no metrado. El problema es aleatorio no tiene algún patrón ya que sucede en cualquier turno.

La problemática presentada se refleja en la baja producción de bobinas de línea 4 y en los indicadores del pilar de confiabilidad MTTR Y MTBF ya que el tiempo promedio de avería mensual fue de 14.25 hrs. En el último semestre del 2021

Este proyecto cuenta con el propósito de mejorar la productividad y evitar fallas de la cadena en los hornos de la línea y si resulta rentable poderlo replicar en los demás hornos de las líneas de recubrimiento.

1.3 Objetivo General y Objetivos Específicos

1.3.1 Objetivo general del Proyecto

Eliminación de averías en cadena de línea de recubrimiento 4.

1.3.2 Objetivos específicos

- Eliminación de averías en las cadenas de hornos
- Mejorar la limpieza de la maquinaria establecer mantenimiento autónomo con los operadores
- Reducir fallas por acumulación de condensados o por desgaste de componentes
- Mejorar la productividad de los empleados al minimizar los tiempos de paros por fallas en cadenas de barra trasportadora en hornos.

Capítulo II Marco teórico

2.1 Mantenimiento industrial

2.1.1 Contexto histórico

El mantenimiento industrial engloba las técnicas y sistemas que permiten prever las averías, efectuar revisiones, engrases y reparaciones eficaces. Asimismo, proporciona normas de buen funcionamiento a los operadores de las máquinas y usuarios. Además, contribuye a los beneficios de la empresa. Es un órgano de estudio que busca lo más conveniente para las máquinas, tratando de alargar su vida útil de forma rentable para el usuario.

Desde el proceso industrial vivido desde finales del siglo XIX, la función mantenimiento ha pasado diferentes etapas. Al principio, en los inicios de la revolución industrial eran los propios operarios quienes se encargaban de las reparaciones de los equipos. Luego, conforme las máquinas se fueron haciendo más complejas y la dedicación a tareas de reparación aumentaba, empezaron a crearse los primeros departamentos de mantenimiento. Estos tenían una actividad diferenciada de los operarios de producción. Cabe destacar que las tareas en estas dos épocas eran básicamente correctivas, dedicando todo su esfuerzo a solucionar las fallas que se producían en los equipos.

A partir de la primera guerra mundial y especialmente de la segunda guerra mundial, aparece el concepto de fiabilidad. Así, los departamentos de mantenimiento buscan no sólo solucionar las fallas que se producen en los equipos sino además prevenirlas. Esto supone crear una nueva figura en los departamentos de mantenimiento, cuyo personal posee la función de estudiar qué tareas de mantenimiento deben realizarse para evitar las fallas. El personal indirecto, que no está involucrado directamente en la realización de las tareas, aumenta, y con él los costes de mantenimiento.

2.1.2 El mantenimiento industrial

Por lo cual, se define el mantenimiento industrial como el conjunto de actividades encaminadas a garantizar el correcto funcionamiento de las máquinas e instalaciones. Las cuales conforman un proceso de producción, permitiendo que éste alcance su máximo rendimiento. De aquí, decimos que el objetivo general del mantenimiento industrial es planear, programar y controlar todas las actividades encaminadas a garantizar el correcto funcionamiento de los equipos utilizados en los procesos de producción.

2.1.3 Objetivos del mantenimiento industrial

Asimismo, podemos definir algunos de los objetivos principales específicos del mantenimiento industrial, los cuales son los siguientes:

- Realizar listados de los equipos que conforman el proceso de producción.
- Generar informes que permitan controlar el manejo del presupuesto para la mano de obra propia y contratada, los repuestos y los materiales empleados en el mantenimiento.
- Realizar fichas técnicas que contengan la información de las características generales, técnicas y operacionales de cada uno de los equipos codificados.
- Asignar códigos de identificación a cada uno de los equipos listados.
- Listar los repuestos, herramientas y tipo de personal requerido para la ejecución del mantenimiento.
- Crear órdenes de trabajo del mantenimiento programado sistematizado.
- Generar listados codificados con cada una de las actividades de:
  - Mantenimiento eléctrico
  - Mecánico
  - Lubricación
  - Instrumentación
  - Metrología.
- Asignar las tareas de mantenimiento requeridas con su correspondiente fecha de inicio y frecuencia de ejecución para cada uno de los equipos codificados.
- Digitar la información de las órdenes de trabajo en el correspondiente software de mantenimiento.

2.1.4 Tipos de mantenimiento industrial

Existen varios tipos de mantenimiento, cada uno se diferencia entre sí por las características y finalidades de cada uno. Entre los tipos de mantenimiento industrial tenemos:

2.1.4.1Mantenimiento correctivo

Se define como el conjunto de tareas destinadas a corregir los defectos que se van presentando en los distintos equipos. Luego, estas mal funciones son comunicadas al departamento de mantenimiento por los usuarios de estos. Posteriormente, el equipo de mantenimiento de turno repara la máquina y se retoma la producción.

2.1.4.2Mantenimiento preventivo

Es el mantenimiento cuya misión es mantener un nivel de servicio determinado en los equipos. Para lograrlo, se programan las intervenciones de sus puntos vulnerables en el momento más oportuno. Suele tener un carácter sistemático, es decir, se interviene, aunque el equipo no haya dado ningún síntoma de tener un problema.

2.1.4.3 Mantenimiento predictivo

Es el que persigue conocer e informar permanentemente del estado y operatividad de las instalaciones mediante el conocimiento de los valores de determinadas variables, representativas de tal estado y operatividad. Para aplicar este mantenimiento, es necesario identificar variables físicas, tales como: temperatura, vibración, consumo de energía, etc.

Entonces, la variación de los datos es indicativa de problemas que puedan estar apareciendo en el equipo. Con esto, podeos afirmar que es el tipo de mantenimiento más tecnológico. Pues requiere de medios técnicos avanzados, y en ocasiones, de fuertes conocimientos matemáticos, físicos y técnicos.

2.1.5 Beneficios del mantenimiento industrial

Mantener los equipos es buen estado es fundamente para mantener la buena producción de nuestra industria. Además, se garantiza la seguridad de los trabajadores, ahorrando enormes sumas de dinero. Esto, al evitar grandes gastos innecesarios. Una buena programación del mantenimiento hace que las empresas cuenten con las siguientes ventajas:

- Elaboración de productos de alta calidad y a bajo costo.
- Detección de fallas producidas por el desgaste de piezas permitiendo una adecuada programación en el cambio o reparación de estas.
- Reducción de los riesgos en accidentes de trabajo ocasionados por el mal estado de las máquinas o sus componentes.
- Disminución de costos provocados por paradas del proceso de producción cuando se presentan reparaciones imprevistas.
- Satisfacción de los clientes con respecto a la entrega del producto en el tiempo acordado.
- Facilita la elaboración del presupuesto acorde con a las necesidades de la empresa.
- Evita los daños irreparables en las máquinas.

2.2 Indicadores de mantenimiento: Kpis para una gestión eficaz

Los indicadores de rendimiento de mantenimiento o KPIs (Key Performance Indicators) son métricas que se determinan para medir el rendimiento de una acción determinada. Pueden medir tanto el tiempo ocupado con una parada (planificada o no), como la evolución de la producción.

Las métricas de mantenimiento varían según la empresa, sus objetivos, las estrategias y el plan de acción definidos. Sin embargo, hay un conjunto de métricas que son más importantes y se usan más a menudo.

Traduciendo, la estrategia debe ser: específica, dando prioridad a los indicadores clave de rendimiento (KPI) sencillos que puedan prevenir los errores que ha cometido en el pasado; mensurable, para poder contabilizar, cuantificar y comparar con los objetivos definidos en cifras; alcanzable, porque no tiene sentido establecer objetivos por encima de nuestra capacidad de ejecución; relevante, teniendo siempre en cuenta las condiciones actuales y no solo las deseables; y temporal, considerando un plazo razonable para alcanzar los objetivos.

2.2.1Los principales indicadores de mantenimiento

aunque los KPIs tienen una relación directa con los objetivos que se pretende alcanzar, no son metas. Un KPI de mantenimiento es una métrica que sirve para evaluar, de forma cuantitativa, el rendimiento de una determinada actividad, activo o departamento.

Los indicadores pueden dividirse en dos categorías:

- Los que ponen de relieve el efecto del mantenimiento en el rendimiento del negocio
- Los que se asocian con la fiabilidad y la disponibilidad de los activos.

De esta categorización, podemos destacar como principales KPIs: downtime; backlog; MTBF; MTTR; OEE; PMP (planned maintenance percentage/tasa de mantenimiento planificado) y tasa de cumplimiento de mantenimiento preventivo. A continuación, explicaremos sus respectivas funciones, beneficios y cuáles son los patrones medios globales para cada uno de los indicadores.

2.2.1.1 Downtime

Esta métrica de mantenimiento, también conocida como Tiempo de Inactividad del Equipo, puede ser usada para rastrear, monitorear y evaluar la fiabilidad de un activo.

El downtime corresponde al tiempo de inactividad no programada. Es decir, es el resultado de un acontecimiento imprevisto que requerirá algún tipo de intervención. Este KPI puede ser evaluado, independientemente de si ya existe (o no) un cronograma de mantenimiento para el equipo. También es una variación de la métrica PMP, que explicaremos más adelante.

El promedio general de este indicador de rendimiento es del 10%. Es decir, el equipo debe estar en plena actividad (uptime o disponibilidad) el 90% del tiempo, asegurando la continuidad de la producción. La falta de infraestructura, supervisión y planificación puede hacer que el resultado exceda los valores ideales.

Este indicador puede ayudar a esbozar una estrategia de mantenimiento preventivo a fin de mantener el índice por debajo de la media, así como a reducir al mínimo las paradas no programadas. Recuerda que mientras el equipo está inactivo tampoco hay producción, generando posibles pérdidas para el negocio.

2.2.1.2Backlog de mantenimiento

El backlog es un indicador de tiempo que puede traducirse como “retraso en el mantenimiento “. Representa la acumulación de actividades pendientes o en ejecución, por cada técnico o empleado, independientemente de si ya están en marcha o todavía están solo planificadas.

En otras palabras, el Backlog es el tiempo de servicio necesario para realizar una determinada acción de Mantenimiento Correctivo, Preventivo o Predictivo; Inspecciones de Calidad; Mejoras o cualquier otra actividad inherente al buen funcionamiento de los activos. Para determinar esta métrica, es necesario considerar todo el flujo de trabajo de Planificación y Control de Mantenimiento.

El cálculo se hace a partir de la suma de los valores de hora/hombre de todas las tareas planificadas, pendientes, programadas y ejecutadas; dividido por el valor total de horas/hombres disponibles. Considere solo el tiempo productivo de cada empleado (al final, no pueden realizar tareas el 100% del tiempo).

Como se trata de una medición de tiempo, el resultado debe establecerse en horas, días, semanas o meses, por ejemplo. El promedio global del Backlog, considerando el trabajo en días laborables, es de 2 semanas. Para las empresas que trabajan sin interrupción, es de 3 a 4 semanas.

La ventaja de este indicador es la oportunidad de comprobar la productividad del equipo, así como de evaluar la causa de los retrasos, si los hubiera. A partir de este punto, recomendamos estrategias de optimización de la producción.

2.2.1.3 MTBF – Mean Time Between Failures

Otro importante indicador de rendimiento del mantenimiento es el MTBF, también conocido como el Indicador de Confiabilidad. Mide la tasa de fallos aleatorios (no previstos), incluso si son causados por fallos de software o defectos de fabricación que comprometen su vida útil. Se excluyen los fallos que no causan downtime.

También es una métrica temporal (medida en horas, días, semanas o meses) en la que se considera el intervalo entre un fallo y el siguiente. Cuanto más alto sea el MTBF, más fiable es el equipo – a diferencia del MTTR, que tiene que ser menor.

La fórmula para calcular el MTBF es restar del Tiempo Total Disponible (TTD) el Tiempo Total Perdido (TTP); dividido por el Número de Paradas. El TTD puede ser de 24 horas o

el período de tiempo que el equipo está en funcionamiento. El TTP considera el tiempo perdido hasta que el equipo vuelva a estar operativo.

$$MTBF = \frac{Tiempo\ total\ disponible - Tiempo\ de\ inactividad}{Número\ de\ paradas}$$

El promedio global en este caso varía según el tipo de equipo y negocio. Sin embargo, debe ser lo más alto posible. Vale la pena seguir el historial para ver si este promedio aumenta con el tiempo.

2.2.1.4 MTTR – Mean Time To Repair

Un indicador de mantenimiento igualmente común es el Tiempo Medio de Reparación (MTTR), que puede aplicarse a un equipo, máquina, componente o sistema. El MTTR considera el tiempo medio que tarda su equipo técnico en intervenir o resolver una avería después de que haya ocurrido.

A diferencia del MTBF, el objetivo es reducir al máximo este KPI de mantenimiento. En cierto modo, la reducción del MTTR sirve de detonante para tomar decisiones que mejoren su estrategia de mantenimiento, siempre con el objetivo de maximizar los beneficios y reducir los riesgos.

Para calcular el MTTR es necesario considerar cuánto tiempo se tardó en reparar el activo después de cada fallo; y luego dividirlo por la cantidad de fallos que se produjeron durante un período de tiempo determinado.

$$MTTR = \frac{Tiempo\ Total\ de\ Mantenimiento}{Número\ de\ reparaciones}$$

2.2.1.5 OEE – Overall Equipment Effectiveness

Este es uno de los KPI de mantenimiento más importantes ya que mide la eficacia global de la empresa. Con este cálculo se podrá establecer si los procesos son eficientes o no. El promedio global es del 77% o más.

Uno de los beneficios de calcular la OEE es saber con qué frecuencia los equipos están en funcionamiento. También nos ayuda a conocer la rapidez con que se desarrolla la

producción de la empresa y, por último, cuántos productos (o servicios) se han producido (o realizado) sin ningún tipo de fallo.

El cálculo es bastante simple. Para calcular la OEE es necesario multiplicar los valores de Disponibilidad, Rendimiento y Calidad. La disponibilidad se calcula de acuerdo con los indicadores de Downtime y Uptime, que ya hemos explicado. El rendimiento, a su vez, se calcula en función de la velocidad de producción actual en relación con la velocidad proyectada. La calidad, en cambio, debe contabilizarse con base en la producción total (de la muestra) menos la producción defectuosa (de la misma muestra).

Aunque el índice medio es del 77%, las empresas que cumplen con world class manufacturing alcanzan porcentajes entre el 85% y el 99%.

La OEE tiene una relación muy estrecha con otras dos métricas: la OOE y la TEEP. Conoce todo sobre la OOE, la OEE y el TEEP en este artículo.

2.2.1.6 PMP – Planned Maintenance Percentage/Porcentaje de Mantenimiento Planificado

El Porcentaje de Mantenimiento Planificado considera el tiempo dedicado a las actividades programadas (ya sean de mantenimiento, reparación o sustitución) con los activos definidos. Este KPI de mantenimiento está directamente asociado con el Plan de Mantenimiento Preventivo de una empresa.

Se considera la eficacia, el complace y el modo cómo ha transcurrido cada actividad, así como el tiempo necesario para completarla. El cálculo es sencillo y se realiza a partir del tiempo previsto para las tareas de mantenimiento, dividido por el tiempo total dedicado al mantenimiento. Multiplique el resultado por 100 para encontrar el porcentaje.

Este resultado indicará el grado de eficiencia de una empresa, así como su rendimiento y éxito en el sector del mercado en el que opera. Para mantenerse en los patrones de promedio global, las tasas deben ser del 85% o más.

Para estimular sus resultados, puedes usar un GMAO. Para saber más, habla con uno de nuestros expertos y programa una demostración.

2.2.1.7 Tasa de Cumplimiento del Mantenimiento Preventivo

Esta métrica no podía faltar en una lista de los principales indicadores de rendimiento del mantenimiento. Analiza la conformidad de la empresa con el cronograma establecido.

Es decir, cuál es la efectividad y el compromiso del Técnico o Gestor de Mantenimiento en relación con las tareas que fueron programadas. Esta tasa es un KPI de mantenimiento que mide el rendimiento de todo el equipo, desde los responsables hasta los empleados involucrados en las acciones del día a día.

¿Cuál es el porcentaje de actividades que se completaron respetando las normas establecidas? Generalmente, los parámetros evaluados son la fecha de ejecución, el tiempo de ejecución y la eficiencia. El rendimiento medio global, en este caso, debe ser igual o superior al 90%.

El uso de este indicador y la garantía de que se mantiene dentro de la media (o por encima), significa que la productividad es alta, con riesgos de fallo o pérdidas mínimas.

2.2.2 Indicadores de Mantenimiento para la toma de decisiones

La importancia de calcular y aplicar los Indicadores de Mantenimiento radica en el aprendizaje y el conocimiento profundo de los procesos y actividades que se realizan en la empresa. De esta manera será posible entender lo que está haciendo bien (o menos bien) y donde hay espacio para mejorar.

Establecer, cumplir y medir sus objetivos a través de métricas de mantenimiento asegura no sólo la productividad de la empresa, sino también del equipo, que está más motivado para crecer. La facturación se mantiene de modo sano y planificado, sin rupturas ni pérdidas. La empresa mejora su reputación, ya que las tasas de fiabilidad tienden a crecer con la reducción de los riesgos e interrupciones.

Finalmente, evitamos las reclamaciones de los clientes, lo que evita la sobrecarga de la atención al cliente.

2.3 Manufactura de clase mundial

2.3.1 Antecedentes

La Manufactura de Clase Mundial (WCM– por sus siglas en inglés) nació como un modelo de origen japonés para promover la mejora continua en los procesos de producción y logística, y se ha ido modernizando, consolidándose como un sistema integrado de gestión para promover la total competitividad de las empresas.

Este sistema busca minimizar las pérdidas y el desperdicio en la empresa, mejorar su eficiencia, calidad y la seguridad de los procesos de producción utilizados por los líderes mundiales.

Su idea principal es eliminar las ineficiencias tales como paradas, fallas, errores, accidentes y una parte indispensable es el compromiso de todo el personal, desde la dirección hasta los trabajadores de la empresa.

La WCM es el más alto nivel de organización de la empresa y se acopla a la fuerza de trabajo para proveer e implementar sugerencias sobre cómo mejorar el trabajo en cualquier tipo de empresa.

El cambio organizacional presenta siempre ciertas dificultades; sin embargo, involucrar a los empleados en los procesos de toma de decisión y de resolución de problemas, podría facilitar el panorama en este sentido. Mejorar no solo supone una modernización de los equipos, sino aprovechar al máximo los recursos humanos.

Las empresas de clase mundial se diferencian de las tradicionales por la forma como llevan a cabo la administración de sus recursos, con el fin de:

- Optimizar su competitividad.
- Decidir no solo si debe cambiar, sino cómo debe ser ese cambio.
- Satisfacer los requerimientos del cliente.

2.3.2 Manufactura de Clase Mundial

Objetivos de la Manufactura de Clase Mundial

El propósito de la WCM es entregar excelencia operativa en los controladores de rendimiento empresarial (confiabilidad, calidad, costo, sostenibilidad, flexibilidad e innovación).

Además, busca crear valor comercial y de negocio desde la perspectiva del cliente. Para lograr esto, las empresas deben cumplir con ciertos requerimientos operacionales que le den esa ventaja competitiva sobre sus competidores, los cuales se mencionan en la siguiente tabla.

Conductores del negocio	Requerimientos operacionales	
Brindar excelente servicio al cliente	La fiabilidad de los suministros	Derecho a existir
Obtener valor desde la perspectiva de los consumidores	Costos para el suministro	
Proteger y cuidar el medio ambiente	Calidad de los productos y servicios	
Cumplir con diversos requisitos más cortos plazos de entrega	Sostenibilidad, eliminar el desperdicio	
Crear nuevas ofertas y aumentar el entusiasmo	Sistema de producción flexible	Ventaja competitiva
	Velocidad de la innovación	

Tabla 2.3.2.1 Objetivos de la Manufactura de Clase Mundial. [Fuente: Metodología 5w2h, 2019].

2.4 DIAGRAMA DE PARETO

El diagrama de Pareto puede ser de gran utilidad para la toma de decisiones en una organización, ya que permite evaluar el nivel de prioridad de las acciones que debes tomar para llegar a los resultados que esperas.

Un diagrama de Pareto es una técnica que permite clasificar gráficamente la información de mayor a menor relevancia, con el objetivo de reconocer los problemas más importantes en los que deberías enfocarte y solucionarlos.

Esta técnica se basa en el principio de Pareto o regla 80/20, la cual establece una relación de correspondencia entre los grupos 80-20, donde el 80 % de las consecuencias provienen del 20 % de las causas.

El diagrama de Pareto, también conocido como curva de distribución ABC, consiste en una gráfica que clasifica los aspectos relacionados con una problemática y los ordena de mayor a menor frecuencia, con lo que permite visualizar de forma clara cuál es la causa principal de una consecuencia.

Entonces, la función del diagrama de Pareto es que las empresas puedan reconocer cuáles son las necesidades más importantes a las que debería dirigir sus esfuerzos y no malgasten recursos en asuntos poco relevantes, de ahí la importancia de siempre hacer un análisis de datos.

2.4.1 Características de un Diagrama de Pareto

Las características más importantes del diagrama de Pareto son:

- Es una técnica de cálculos simples.
- Analiza las características de un grupo y reconoce los puntos más importantes dentro de él para darles prioridad.
- Observa los elementos y enfoca los esfuerzos hacia un solo objetivo.
- Permite tomar decisiones objetivas que se basen en los datos y no en opiniones.
- Analiza los elementos y la frecuencia con la que sucede cada uno de los datos.

2.4.2 Ventajas del Diagrama de Pareto

El Diagrama de Pareto permite definir las prioridades y enfocarse en conocer las causas raíz para llegar a la solución de problemas de forma efectiva. Al usar esta herramienta puedes tomar decisiones objetivas que le traigan más beneficios a tu organización.

Entre las ventajas de utilizar el Diagrama de Pareto para la toma de decisiones destacan:

1. Identificación de los problemas principales: El diagrama de Pareto permite identificar rápidamente los problemas principales que afectan a un proceso, producto o servicio. De esta forma, se pueden centrar los esfuerzos de mejora en las áreas más críticas y obtener resultados significativos en un corto período de tiempo.

2. Priorización de los esfuerzos de mejora: Al identificar los problemas principales, el diagrama de Pareto ayuda a priorizar los esfuerzos de mejora. Se pueden enfocar los recursos en los problemas que tienen el mayor impacto en el desempeño del proceso o en la satisfacción del cliente.

3. Visualización de la importancia relativa: El diagrama de Pareto proporciona una representación visual de la importancia relativa de cada problema. Esto ayuda a comprender mejor la naturaleza del problema y su impacto en el desempeño general.

4. Comunicación efectiva: El diagrama de Pareto es una herramienta de comunicación efectiva que puede ayudar a involucrar a las partes interesadas y a fomentar la colaboración en el proceso de mejora continua.

5. Ahorro de tiempo y recursos: Al priorizar los esfuerzos de mejora y enfocar los recursos en las áreas más críticas, el diagrama de Pareto puede ayudar a ahorrar tiempo y recursos.

2.4.3 Para qué se utiliza un Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto puede utilizarse para:

- Analizar los diferentes productos y servicios que ofreces y mejorar su calidad.
- Observar la producción de productos en tiempo y volumen.
- Identificar qué productos generan mayores ventas y cuáles tienen más tiempo almacenados.
- Reconocer las oportunidades de mejorar tu negocio.
- Identificar cuáles son las razones por las que ocurren algunos problemas y priorizar las soluciones.

2.4.4 Usos del diagrama de Pareto en una organización

El diagrama de Pareto se puede aplicar en todas las áreas de una empresa. A continuación, te mostraremos algunas de ellas:

- Control de inventarios. El sistema de control de inventarios ABC se basa en el principio de Pareto, considerando que el 20 % de los artículos del almacén generan el 80 % de los movimientos de inventario, por lo que es en los que más atención hay que poner.
- Ventas. El 80 % de las ventas cerradas provienen del 20% de los productos, y el 20 % de los clientes más fieles son los que generan el 80 % de las ganancias totales, a partir de lo cual se pueden desarrollar estrategias comerciales y de marketing más efectivas.
- Servicio al cliente. Se considera que el 20 % de las fallas de un producto representa el 80 % de las quejas de clientes, por lo que ayuda a priorizar en la optimización precisa para la disminución de incidentes.
- Control de producción. El uso del diagrama de Pareto ayuda a estudiar cuál es el 20 % de los defectos en una producción que producen el 80% de las consecuencias negativas de los procedimientos, con lo que ayuda priorizar en el programa de mejoramiento.
- Recursos Humanos. En el área de desarrollo organizacional, la regla 80/20 se puede aplicar para identificar problemáticas como el absentismo, ya que el 80 % de las ausencias se deben principalmente al 20 % de los colaboradores.

2.4.5 Elaboración un Diagrama de Pareto

Para elaborar un Diagrama de Pareto debes realizar los siguientes pasos:

1. Investiga cuál es el problema, recolecta los datos y selecciona los que se analizarán.
2. Clasifica la información por orden de prioridad, desde la mayor hasta la menor.
3. Estructura los datos en una tabla de mayor a menor y calcular el porcentaje de cada uno.
4. Traza la gráfica. Primero los ejes verticales y horizontales, posteriormente, traza la línea vertical izquierda para la frecuencia.
5. Traza una por cada grupo de mayor a menor.
6. Traza la línea derecha que representa el porcentaje acumulado.
7. Traza una curva que una los puntos con el fin de representar el total de cada grupo.
8. Ponle al diagrama los datos correspondientes: título, fecha, período que abarca, la fuente de información, etc.
9. Analiza la gráfica y establece cuáles son los puntos vitales y que necesitan ser atendidos con prioridad.

2.4.6 Elementos que conforman el Diagrama de Pareto

Los elementos que conforman el diagrama de Pareto son:

1. Categorías o elementos: son los elementos que se están analizando y que se agrupan en categorías según su naturaleza.
2. Frecuencia o magnitud: es la cantidad de veces que se presenta cada categoría o elemento en el proceso o sistema.
3. Porcentaje acumulado: representa el porcentaje acumulado de la frecuencia de cada categoría o elemento, que va aumentando de forma progresiva.
4. Línea de Pareto: es una línea curva que representa el porcentaje acumulado de la frecuencia en relación con el eje vertical derecho. Se utiliza para comparar la contribución relativa de cada categoría o elemento en el proceso o sistema.
5. Eje vertical izquierdo: representa la frecuencia o magnitud de cada categoría o elemento.
6. Eje horizontal: representa las categorías o elementos que se están analizando.

2.5 Diagrama de Causa y Efecto “Ishikawa”

Un diagrama de Causa y Efecto es la representación de varios elementos (causas) de un sistema que pueden contribuir a un problema (efecto). Fue desarrollado en 1943 por el Profesor Kaoru Ishikawa en Tokio. Algunas veces es denominado Diagrama Ishikawa o Diagrama Espina de Pescado por su parecido con el esqueleto de un pescado. Es una herramienta efectiva para estudiar procesos y situaciones, y para desarrollar un plan de recolección de datos.

2.5.1 Diagrama de Causa y Efecto donde se utiliza

El Diagrama de Causa y Efecto es utilizado para identificar las posibles causas de un problema específico. La naturaleza gráfica del Diagrama permite que los grupos organicen grandes cantidades de información sobre el problema y determinar exactamente las posibles causas. Finalmente, aumenta la probabilidad de identificar las causas principales.

El Diagrama de Causa y Efecto se debe utilizar cuando se pueda contestar “sí” a una o a las dos preguntas siguientes:

1. ¿Es necesario identificar las causas principales de un problema?
2. ¿Existen ideas y/u opiniones sobre las causas de un problema?

Con frecuencia, las personas vinculadas de cerca al problema que es objeto de estudio se han formado opiniones sobre cuáles son las causas del problema.

Estas opiniones pueden estar en conflicto o fallar al expresar la causa principal. El uso de un Diagrama de Causa y Efecto hace posible reunir todas estas ideas para su estudio desde diferentes puntos de vista.

- El desarrollo y uso de Diagramas de Causa y Efecto son más efectivos después de que el proceso ha sido descrito y el problema esté bien definido. Para ese momento, los miembros del equipo tendrán una idea acertada de qué factores se deben incluir en el Diagrama.

- Los Diagramas de Causa y Efecto también pueden ser utilizados para otros propósitos diferentes al análisis de la causa principal. El formato de la herramienta se presta para la planeación. Por ejemplo, un grupo podría realizar una lluvia de ideas de las “causas” de un evento exitoso, tal como un seminario, una conferencia o una boda. Como resultado, producirían una lista detallada agrupada en una categoría principal de cosas para hacer y para incluir para un evento exitoso.

- El Diagrama de Causa y Efecto no ofrece una respuesta a una pregunta, como lo hacen otras herramientas. Herramientas como el Análisis de Pareto, Diagramas Scatter, e Histogramas, pueden ser utilizadas para analizar datos estadísticamente. (Nota: consultar la descripción de la Gráfica de Pareto, Diagrama Scatter, e Histograma). En el momento de generar el Diagrama de Causa y Efecto, normalmente se ignora si estas causas son o no responsables de los efectos.

2.6 Cinco porqués

La mejora de procesos en una empresa requiere diversos métodos de resolución de problemas que le brinden respuestas a diversos sucesos o problemáticas que pudieran estar causando errores o inconvenientes.

Uno de los procedimientos más utilizados es el método de los 5 porqués, el cual se utiliza dentro de Six Sigma y fue utilizado por primera vez en la fábrica de Toyota en Japón. Desde ese momento, se ha convertido en un referente para determinar la raíz de un problema y actualmente se aplica en diferentes sectores e industrias.

Los 5 porqués es un método que se basa en la realización de preguntas que buscan explorar la causa-efecto de un suceso o problema en particular. El primer «porqué» va generando otro como consecuencia y así sucesivamente.

2.6.1 Para qué sirven los 5 porqués

La técnica de los 5 porqués puede ser muy útil para la gestión de riesgos empresariales pues tiene por objetivo resolver una situación o problema a través del planteamiento de cuestionamientos en cadena: al plantear el primer «porqué», otros se van desencadenando hasta llegar a la solución, respuesta o razón.

La idea es que con estas preguntas se pueda llegar a un esclarecimiento. Por ejemplo, si una maquinaria en tu empresa se ha averiado, la primera pregunta para averiguar lo qué sucedió será: «¿por qué se averió la máquina?»; según la respuesta, el segundo «porqué» podría ser: «¿por qué tuvo una sobrecarga de trabajo?»; después de esto, la siguiente pregunta puede ser: «¿por qué tenía falta de mantenimiento?» y así sucesivamente hasta llegar a la posible resolución.

Siguiendo con el ejemplo, el proceso podría darte la siguiente conclusión: La maquinaria tuvo una sobrecarga de trabajo porque desde hace 6 meses no le han dado la revisión y mantenimiento apropiados por falta de un inventario de mantenimiento adecuado dentro de la empresa.

De esta manera, los «porqué» te han dado una razón con la que podrás intervenir y mejorar los procesos.

2.6.2 Cómo hacer los 5 porqués

1. Establece qué está pasando.
2. Define «por qué» está pasando una situación en particular.
3. Determina las posibles razones de la causa de una situación en particular.
4. Continúa el planteamiento de preguntas.
5. Plantea las soluciones más adecuadas.

2.6.2.1 Establece qué está pasando.

Lo primero y más importante es determinar qué es lo que buscas resolver. Esto puede ser cualquier falla o error dentro de tu proceso empresarial. Una vez que tú y tu equipo sepan lo que deben analizar, pueden comenzar con una lluvia de ideas para vislumbrar algunas razones o ideas.

Para desplegar mejor los planteamientos que realizarán, lo mejor es que utilices otro método llamado diagrama de causa-efecto o diagrama de Ishikawa. Este funciona para clasificar las hipótesis de una manera gráfica y organiza tus datos mostrando los nexos existentes entre los hechos y sus causas.

Figura. 2.6.2.1.1 Diagrama causa-efecto. [Fuente: Federación Latinoamericana para la Calidad, 2003].

Planteamiento del problema	Por qué 1	Por qué 2	Por qué 3	Por qué 4	Por qué 5	Resultado
¿Por qué está sucediendo esta situación?	Razón 1					Solución 1
	Razón 2					Solución 2
	Razón 3					Solución 3

Tabla. 2.6.2.1.1 Formato 5 por qué. [Fuente: Federación Latinoamericana para la Calidad, 2003].

2.6.2.2 Define «por qué» está pasando una situación en particular

Este es el paso para definir el primer «porqué» dentro de la metodología de los 5 porqués. En la misma reunión, pueden comenzar a lanzar preguntas de este tipo:

- ¿Por qué está pasando esto?
- ¿Por qué se averió la maquinaria?
- ¿Por qué está bajando nuestra retención de clientes?

Anoten las ideas que vayan surgiendo, pues cada una será esencial. Si bien algunas ideas se irán descartando conforme avancen en el análisis de causa, todas las propuestas son funcionales para ir encontrando la razón de la situación o problema.

2.6.2.3 Determina las posibles razones de la causa de una situación en particular.

Cuando ya hayan planteado el primer «porqué» y saben cuál es el problema inicial, lo siguiente es saber por qué está pasando esto. Es posible que durante la lluvia de ideas alguien de tu equipo haya llegado a la resolución de que la maquinaria está fallando por falta de mantenimiento desde hace meses.

Esto brinda una causa más específica que podría estar provocando un problema. Por lo tanto, la siguiente pregunta que debes proponer es cuestionar por qué la maquinaria no ha recibido mantenimiento desde hace meses.

Esta pregunta, si bien es más específica, supone un mayor reto para tu equipo. Sin embargo, la metodología de los 5 porqués va haciendo de las suyas al ir descartando ideas o causas, hasta plantear 3 o menos que puedan sonar más sensatas.

2.6.2.4 Continúa el planteamiento de preguntas

La siguiente pregunta debe ser para buscar la razón del porqué la maquinaria (o cualquier situación en tu negocio) no ha recibido mantenimiento durante 6 meses.

Sin duda, habrá muchas ocasiones en donde necesites más de 5 preguntas para poder llegar a la raíz de problema. Esto es completamente normal. Realicen todas las preguntas que consideren necesarias para encontrar su posible causa-efecto.

Es importante recalcar que el método de los 5 porqués no debe usarse para buscar un culpable. Por ello, la pregunta «quién» o «quiénes» no debe plantearse. Recuerda que esta técnica se concentra en los procesos y no en las personas involucradas.

2.6.2.5 Plantea las soluciones más adecuadas

Después de tu análisis y de haber logrado llegar a una causa raíz, lo siguiente será comenzar a hacer sugerencias para solucionar el problema. Esto también te servirá para evitar estas situaciones en el futuro y así lograr una mejora de procesos eficaz.

2.7 Cinco W y dos H

5W2H es una de las metodologías de gestión empresarial más utilizadas. Puede aplicarse en muchos momentos, empresas y proyectos, ayuda a responder una serie de preguntas decisivas para hacer que las acciones de un negocio sean más estratégicas y precisas.

¿Has oído hablar del método 5W2H? Esta herramienta fue desarrollada en Japón por profesionales de la industria automotriz. El objetivo era servir de ayuda en la creación de planes de acción.

En la práctica, el método permite el análisis de diferentes aspectos estratégicos para un proyecto. Cada acrónimo del término tiene un significado y representa un análisis.

Qué se hará, por qué, por quién, cuándo, dónde, cómo y cuánto costará. Todas estas preguntas se responden al aplicar el método que mostraremos en este contenido.

La mercadotecnia, las ventas, el desarrollo de productos, los proyectos e incluso las actividades diarias, son áreas que pueden explotar el método 5W2H para que la empresa defina mejor sus estrategias y tenga una efectividad más significativa.

Para comprender cuál es la metodología 5W2H, primero debemos definir el término proyecto. Se puede asignar a cualquier plan de acción que tenga pasos, responsabilidades y plazos.

Dicho esto, podemos pensar que en nuestra empresa desarrollamos varios proyectos. Una campaña publicitaria en Google Adwords, por ejemplo.

Planifica tu inversión, define los valores, los canales de comunicación, el responsable de las acciones y otras actividades. Es decir, creas un proyecto y necesitas rastrear su gestión.

En la creación de este proyecto, hay diferentes puntos que deben analizarse, como una verdadera lista de verificación.

Entonces, para estandarizar estos puntos de análisis en la gestión de proyectos, se creó el método 5W2H, que actúa como una lista de verificación para validar tu plan de acción.

2.7.1 Elementos principales del 5w2h

Cada elemento del acrónimo tiene un significado. Las 5W representan lo que sería en inglés: "Qué", "Por qué", "Quién", "Cuándo" y "Dónde", mientras que las 2H representan "Cómo" y "Cuánto".

Para aclarar todos los significados, creemos un ejemplo. Imagina que tu empresa desea aumentar las ventas y ha identificado que puede lograr esto mediante la compra de un software de automatización de marketing. Veamos cómo se podría aplicar el método 5W2H.

1. What: ¿Qué se hará?

La primera W significa "Qué", traducido al español. ¿Qué quieres o necesitas hacer?

Siguiendo nuestro ejemplo, podría llenar este campo con la siguiente redacción: ¡Quiero contratar un servicio / software para automatizar estrategias de marketing, como la creación de flujos de automatización de marketing por correo electrónico!

2. Why: ¿Por qué se hará?

La segunda W significa "Por qué" en español. Aquí debe determinar por qué quiere hacerlo, por qué es necesario y por qué es relevante.

En nuestro ejemplo, la razón para invertir en el software sería trazar un viaje de compra y encaminar a clientes potenciales hasta que se cierre el pedido.

3. Who: ¿Por quién se hará?

La tercera W se refiere a quién tomará la acción determinada. Este punto es importante para designar a las personas responsables.

Si es el caso de un plan de acción de múltiples actividades y múltiples partes interesadas, todo debe estar bien descrito para que no haya errores.

Siguiendo nuestro ejemplo, supongamos que tú mismo seas el responsable de evaluar y contratar el software, ¿verdad?

4. When: ¿Cuándo se hará?

Ahora, en el cuarto W, determinemos cuándo debe llevarse a cabo la acción. Aquí, estamos hablando de la fecha límite y esto es fundamental en cualquier proyecto. Después de todo, un plan de acción sin plazos y pasos ciertamente no ocurrirá como se esperaba. Vamos a decir que, en nuestro ejemplo, la estrategia debe aplicarse dentro de una semana, con una fecha específica para la contratación.

5. Where: ¿Dónde se hará?

La quinta y última W se refiere al lugar donde debe llevarse a cabo la acción. En algunos casos, dependiendo del proyecto, este lugar puede interpretarse como el punto en el que se tomarán medidas.

En nuestro ejemplo, podemos definir aquí qué compañía será contratada para proporcionar el software.

6. How: ¿Cómo se hará?

La primera H significa "Cómo". En la práctica, este campo se guarda para que especifique cómo se tomará el plan de acción.

Cómo es extremadamente importante ya que es más detallado. Puede incluir más información, incluso alguna que ya esté poblada en otros campos.

Siguiendo nuestro ejemplo, podemos completar este campo de la siguiente manera: se contratará un software que permita la automatización del marketing, con marketing automático por correo electrónico para clientes potenciales que se registran en un formulario o página de destino.

7. How much: ¿Cuánto costará?

La última letra, es decir, la segunda H, es relativa al costo de la acción. ¿Cuáles son los valores que involucran ese proyecto?

Para finalizar nuestro ejemplo, en este campo, debemos completar los valores relacionados con la contratación del software.

2.7.2 Ventajas de usar este método

Ahora que sabe qué es 5W2H, echemos un vistazo a los beneficios clave que este método puede aportar a tu negocio.

- Garantía de plazos y tareas

Con el método aplicado, todas las tareas, plazos y personas a cargo se describirán clara y fácilmente a todo el equipo. Esto asegura que las acciones se tomarán en el momento adecuado, agregando garantía de tiempo.

- Análisis completo del plan de acción

Usando 5W2H como lista de verificación, analizará tu plan de acción muy a fondo, con todos los puntos que deberían llamar la atención.

Los responsables, plazos, acciones, valores, ubicación, todos se describirán y completarán claramente para todos.

- Facilidad para crear planes de acción

Crear un proyecto no es una tarea sencilla, especialmente cuando este plan de acción involucra a muchas personas, actividades, plazos y un alto valor.

Imagina un edificio, por ejemplo. Muchos profesionales involucrados, suministros, maquinaria, equipos, empresas. Todo esto debe ser mapeado para que la planificación y la ejecución vayan juntas.

Para facilitar la administración y la descripción de todos los puntos requeridos en el plan, el método 5W2H agrega más facilidad ya que hay campos específicos para cada definición.

- Simplificación del análisis de problemas

La metodología también puede agregar previsibilidad de defectos y errores. Esta futura revisión de tu plan de acción puede corregir los errores antes de que se cometan.

- Optimización interna de procesos

Finalmente, nuestro método en estudio también optimiza los procesos internos de una empresa. Al describir cada punto, podemos gestionar mejor los recursos internos, dirigirnos a las personas adecuadas y optimizar todas las acciones.

Capítulo III Metodología

3.1 Procedimiento y descripción de las actividades realizadas.

El presente trabajo se realizó mediante la aplicación sistemática del formato standard kaizen siguiendo la metodología WCM con ciertos pasos aplicados en el área de recubrimiento en L004 de la empresa Adfors Saint-Gobain, las cuales tienen relación constante con el manejo de la materia prima.

Donde se propician mayores horas de tiempo de reparación, en hornos y mayor número de empleados que hacen necesario alcanzar los objetivos de la empresa. En este apartado se irán mencionando detalladamente las actividades conforme se fueron realizando.

3.2 Definición el problema

3.2.1 Evaluación de riesgos del área de SK

Área de riesgo total: Sin riesgos declarados

Peligros principales: Atrapamientos, agentes químicos, riesgo de corte, riesgo de quemadura y posturas inadecuadas

EPP requerido: Cofia, gafas de seguridad, cubrebocas, Botas de seguridad, Tapones

Nivel de 5S´s: 74%

3.2.2 Integrantes del equipo y reuniones

en la siguiente tabla se representan la asistencia del personal para las reuniones

N°	Nombre	Puesto	Función	16/03/2022	30/03/2022	06/04/2022	13/04/2022	20/04/2022	27/04/2022	06/05/2022	17/05/2022	26/05/2022	02/06/2022	16/06/2022	17/06/2022	23/06/2022
1	Alfonso Alvarado	Óp.. Mantto	Líder													
2	Armando Vázquez	Sup. Mantto	Implementación													
3	Aldo de Jesús Guzmán	Óp.. Mantto	Implementación													
4	Carlos Alberto Badillo	Óp.. Mantto	Implementación													
5	María Yudbania Carro	Óp.. Recubrimiento	Reporte de anomalías													

Tabla. 3.2.2.1 Reuniones del equipo. [Fuente: Adfors colaboración Alfonso Alvarado, 2022.].

3.2.3 Foto del equipo.

En esta imagen se presenta el equipo que estuvo colaborando con el proyecto

Figura. 3.2.3.1 Foto del equipo. [Fuente: Elaboración propia, 2022.].

3.2.4 Diagnóstico

A continuación, se muestra el diagnostico de los indicadores antes de implementar el proyecto ya que así se encuentra el área.

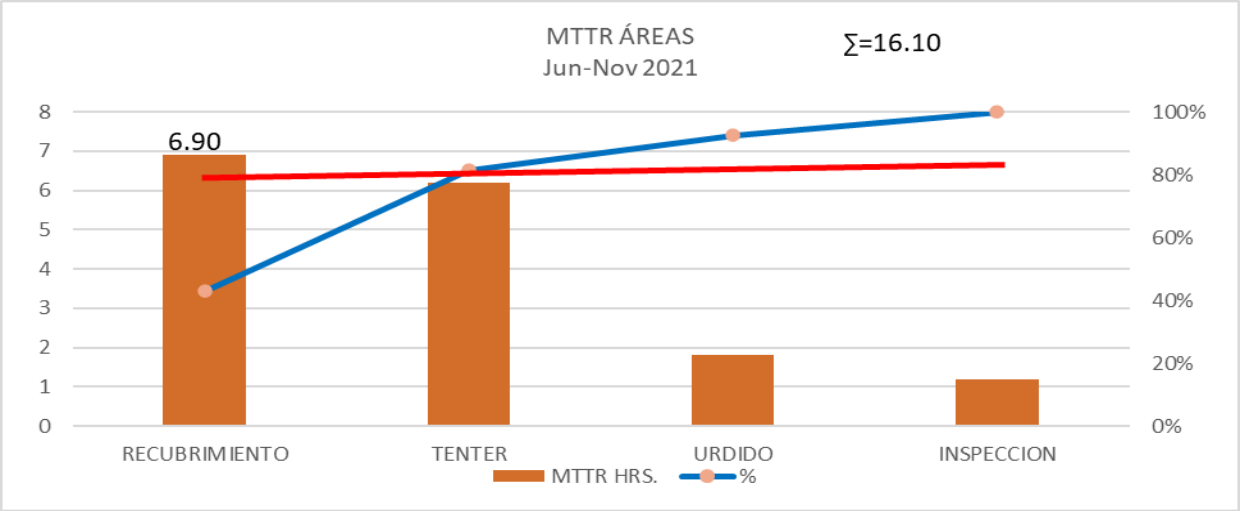


Figura. 3.2.4.1 Pareto de MTTR por área. [Fuente: Adfors colaboración Alfonso Alvarado, 2022.].

Se identifica que en el área de recubrimiento tenemos un MTTR elevado con 6.90 hrs en la figura 3.2.4.1

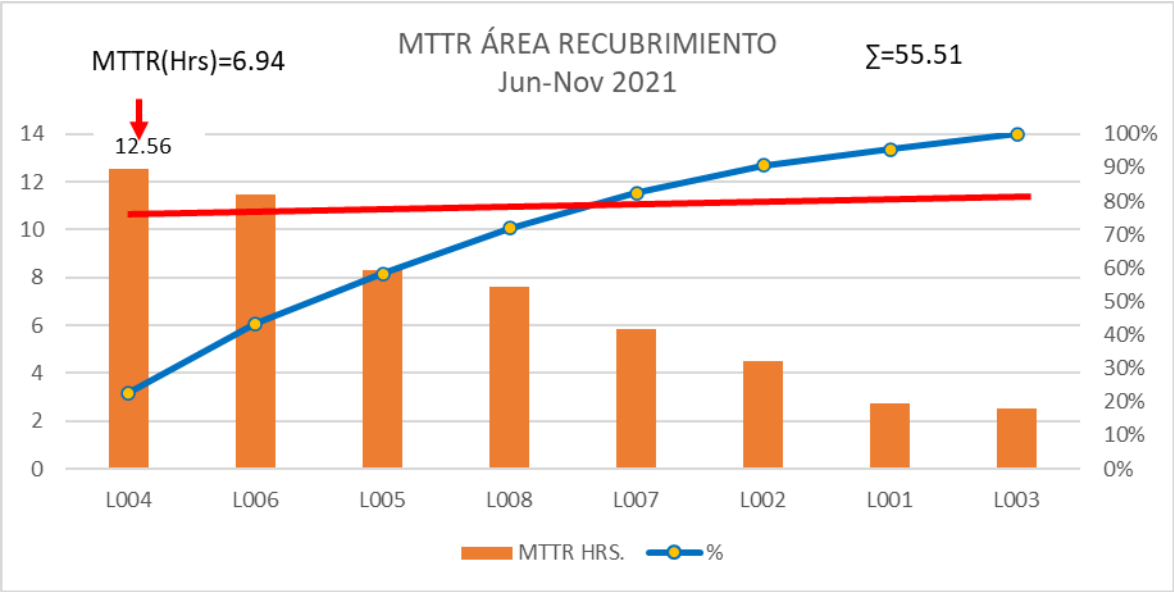


Figura. 3.2.4.2 Pareto de MTTR del área de recubrimiento. [Fuente: Adfors colaboración Alfonso Alvarado, 2022.].

Siguiendo el análisis de los datos identificamos en que línea de recubrimiento tenemos el MTTR elevado en la figura 3.2.4.2 se identifica que línea 4 tiene 12.56 hrs

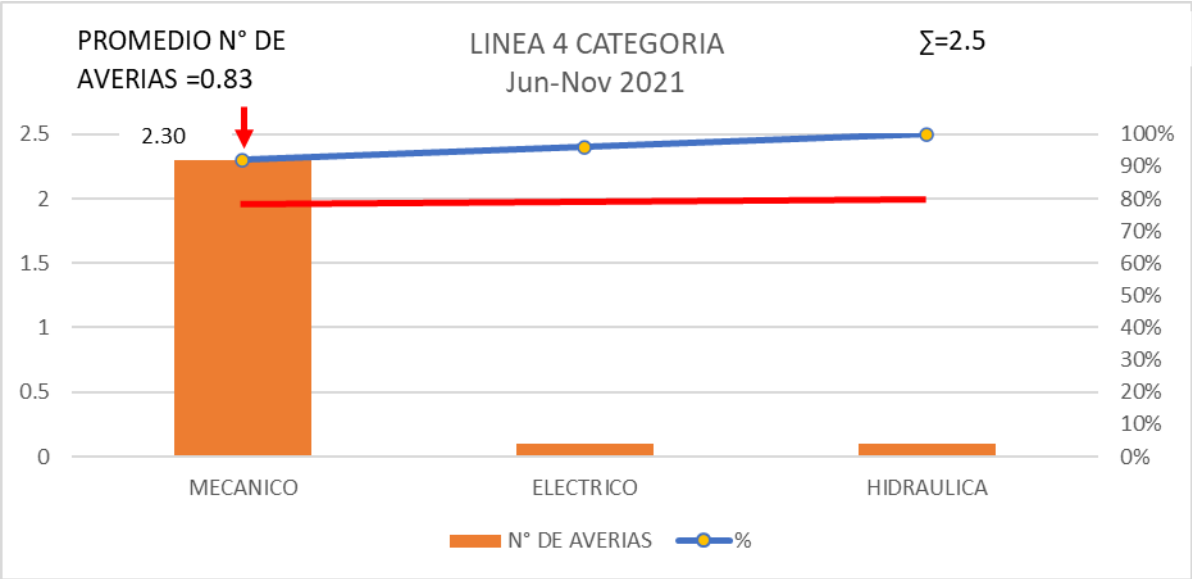


Figura. 3.2.4.3 Pareto por categoría de falla. [Fuente: Adfors colaboración Alfonso Alvarado, 2022.].

En la figura 3.2.4.3 se identifica que el promedio más alto de numero de averías es la categoría de mecánico.

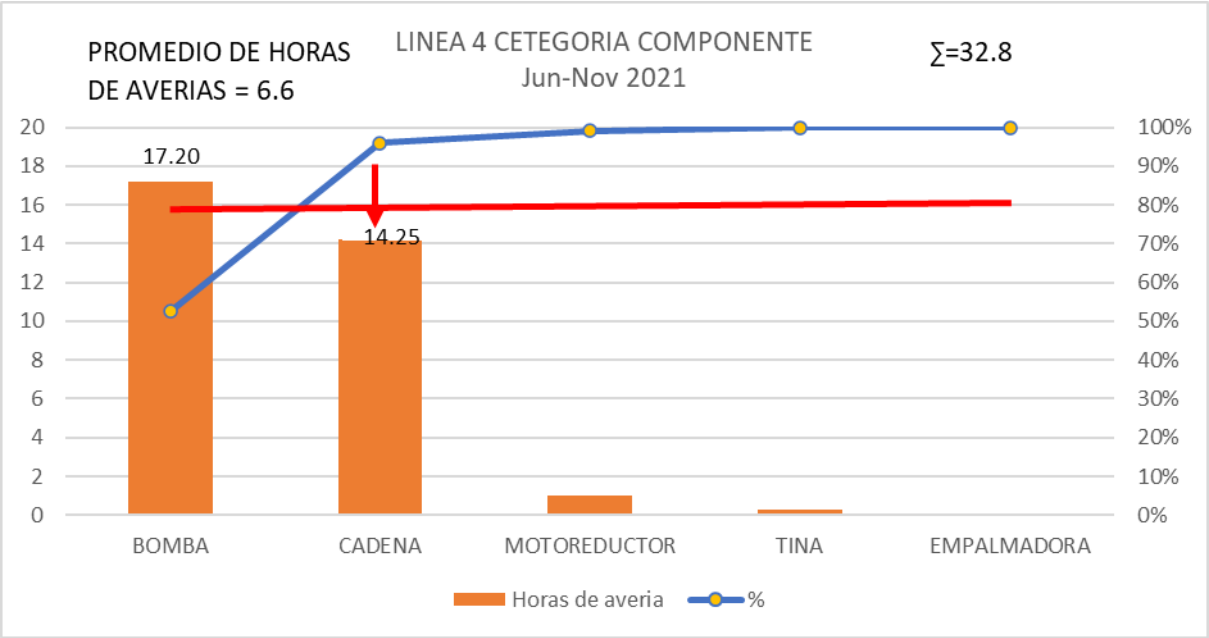


Figura. 3.2.4.4 Pareto por categoría de componente horas de avería. [Fuente: Adfors colaboración Alfonso Alvarado, 2022.].

En la figura 3.2.4.4 se determina que la bomba tiene un mayor promedio de horas de avería, pero en la figura 3.2.4.5 nos encontramos la cadena tiene un mayor promedio de número de averías por lo cual nos está afectando más nuestro indicador MTTR.

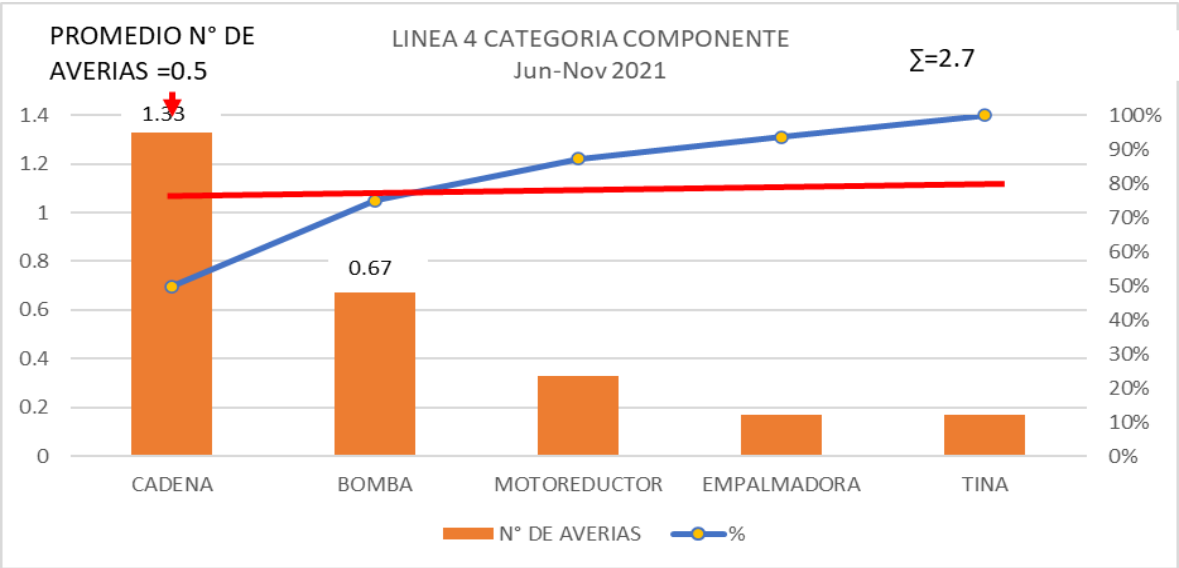


Figura. 3.2.4.5 Pareto por categoría de componente número de averías. [Fuente: Adfors colaboración Alfonso Alvarado, 2022.].

Se visualiza que en el indicador MTBF tenemos un problema y se está dando también recubrimiento en línea 4 la cual no es una buena combinación ya que tenemos tiempos cortos dentro de avería a avería y nos estamos tardando mucho tiempo en reparar.

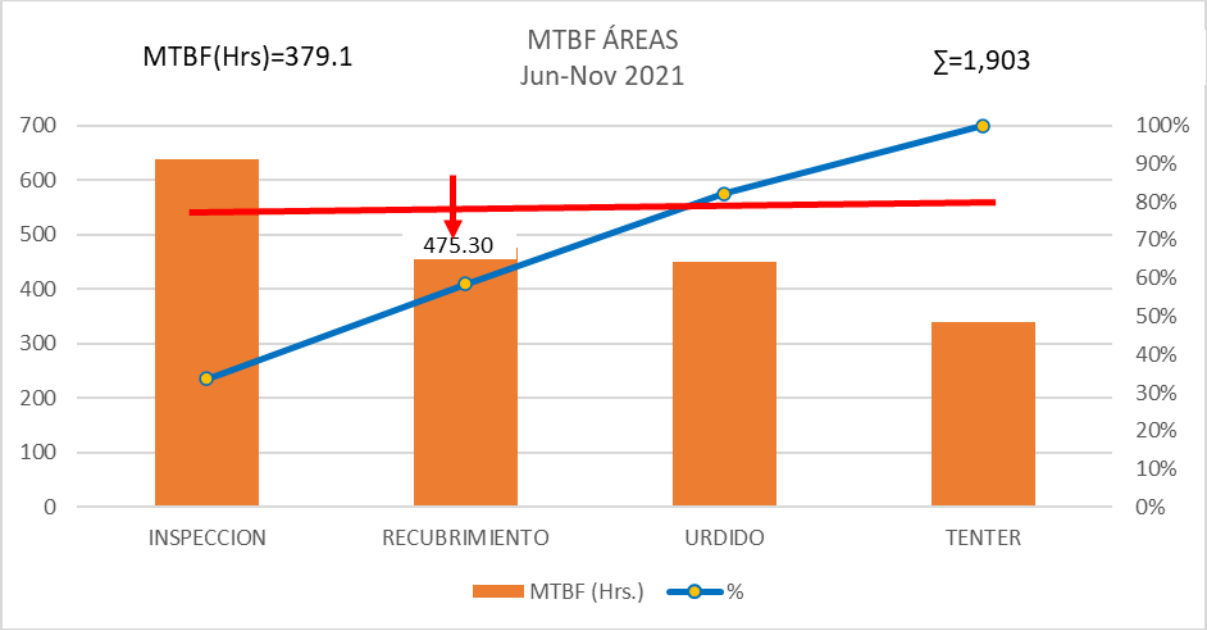


Figura. 3.2.4.6 MTBF por áreas. [Fuente: Adfors colaboración Alfonso Alvarado, 2022.].

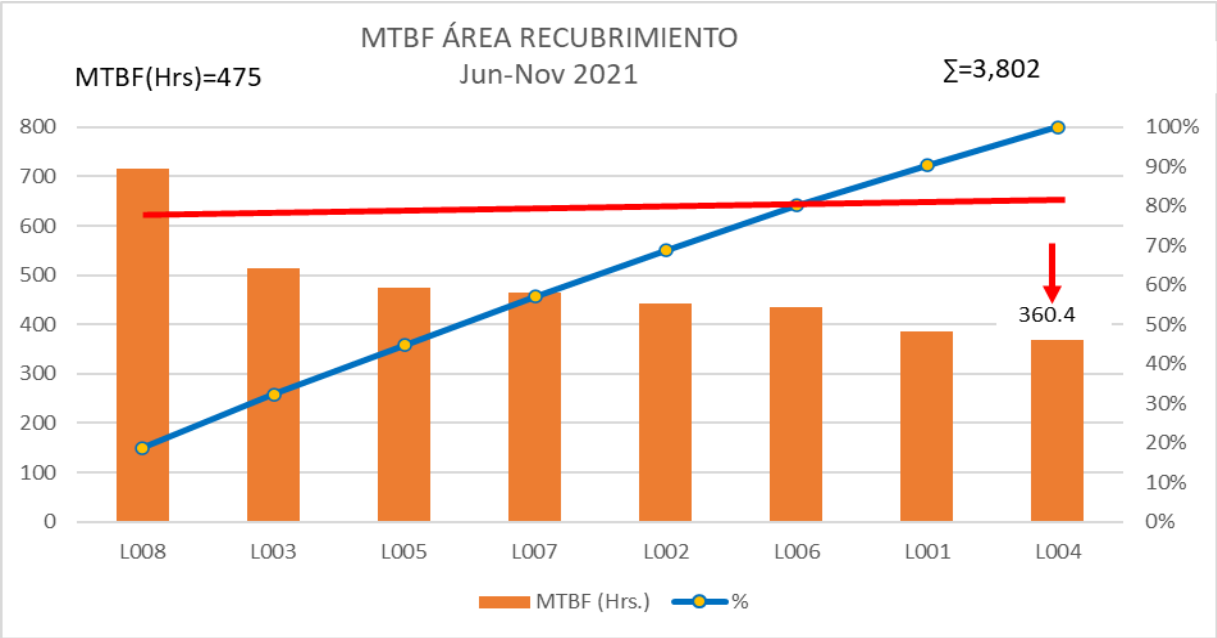


Figura. 3.2.4.7 MTBF del área de recubrimiento. [Fuente: Adfors colaboración Alfonso Alvarado, 2022.].

3.2.5 Definición el problema 5W+2H

A partir del diagnóstico con los paretos utilizamos la siguiente herramienta para identificar el correctamente el problema.

5W+2H

situación /problema	Paros prolongados por avería de cadena					Realizo	Alfonso Alvarado
Whath?	Where?	Who?	Which?	When?	How?	How much?	
¿Qué sucedió? ¿Por qué decimos que es un problema?	¿ En donde sucede el problema? ¿Producto/ Proceso/Etapa/Línea ?	¿A quien le sucede, a todos ?/¿A quien afecto o a que afecto?	¿ Cual es el efecto?	¿Cuándo sucede, en que momento del día, en que momento del proceso, en que turno?	Como sabemos/Como nos dimos cuenta que era un problema/¿es aleatorio o sigue un patrón? ¿Cómo se diferencia del estado normal?	Cuanto afecto(cantidad de material)/Tiempo de maquina/¿Cuánto cuesta? ¿Cuánto es la perdida? ¿Cantidad?	
Tenemos constantes paros de avería prolongados por la cadena de los hornos lo que afecta la producción del hilo	Sucede en línea 4 en ambos hornos	Afecta a operadores , calidad, producción y mantenimiento	Paro de producción de bobinad de hilo. Falta de material en el área de urdido. Generación de bobinas no metradas	Aleatorio en cualquier momento de los turnos	Se ve reflejado en la baja producción de bobinas en línea 4 y por los paros prologados	El tiempo promedio de avería mensual fue de 14.25hrs. En el ultimo semestre del 2021	

FT-WCM-20(0)

Figura. 3.2.5.1 Definición del problema con la herramienta 5W+2H. [Fuente: Adfors colaboración Alfonso Alvarado, 2022.].

3.2.6 Descripción del problema y fotos

Descripción del fenómeno:

Se visualizan constante paros de avería prolongados por la cadena de los hornos lo que afecta la producción de hilo, sucediendo en la línea 4 en ambos hornos afectando a operadores, al área de cálida, Producción y Mantenimiento.

Parando la producción de hilo generando falta de material de hilo en urdido, generando sobre inventarios de bobina no metrada, el problema es aleatorio en cualquier momento de los turnos donde y se ve reflejado en la baja producción de bobinas en línea 4 ya que el tiempo de avería promedio mensual fue de 14.25hrs. en el último semestre del 2021.

La siguiente imagen se observa la ruptura de la cadena

Figura. 3.2.6.1 Falla de barra transportadora ocasionando ruptura de cadena. [Fuente: Elaboración propia, 2022.].

En esta imagen la cadena se sale de la Catarina ocasionado un problema

Figura. 3.2.6.2 Falla cadena fuera de catarina y desajuste. [Fuente: Elaboración propia, 2022.].

En la sucesiva imagen se muestra como la barra transportadora de la imagen se cae

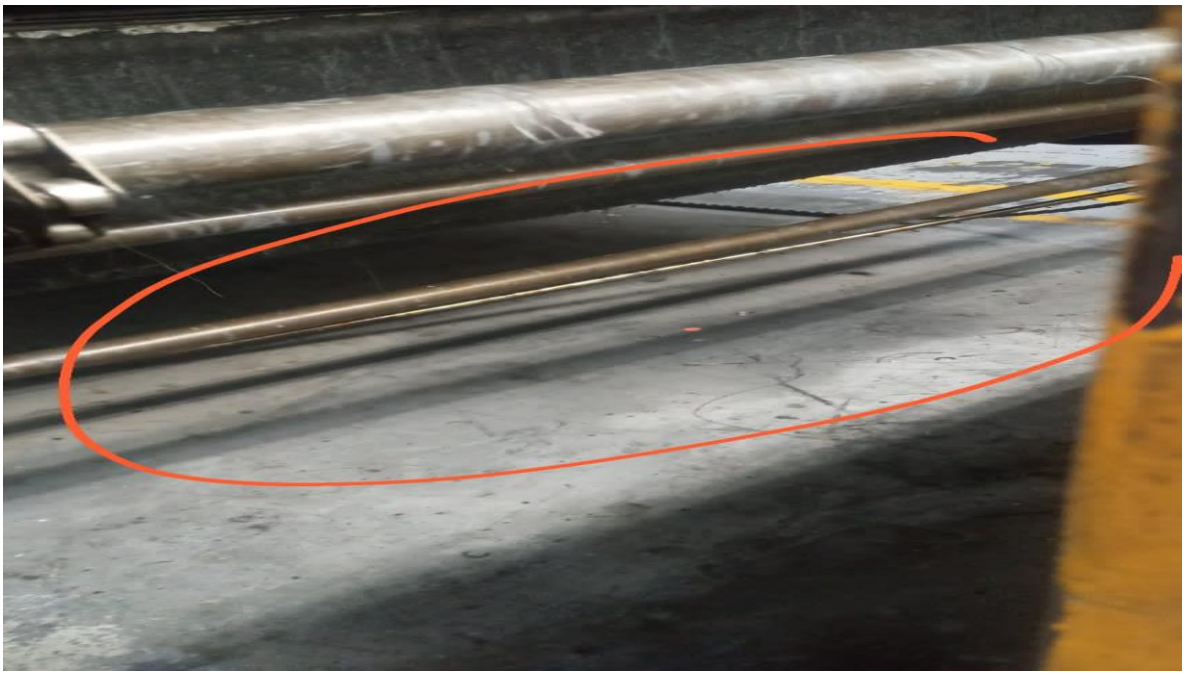


Figura. 3.2.6.3 Falla barra trasportadora se desprende de cadena. [Fuente: Operario de recubrimiento, 2022.].

Y al final está la siguiente falla de que la barra se dobla por caer entre los ejes de las catarinas

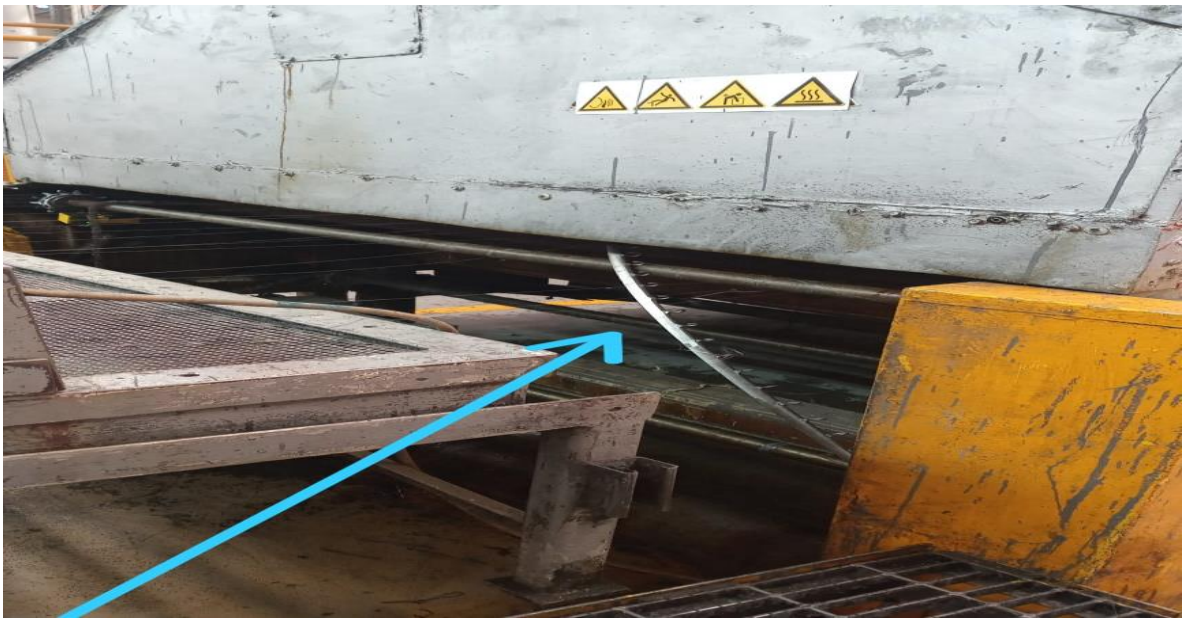


Figura. 3.2.6.4 Falla de barra transportadora doblada y entre los ejes. [Fuente: Operario de recubrimiento, 2022.].

3.2.7 Perdida (T,m^2,€…)

Presupuestado: $21,000 KMXN.

Validado por costos: $356,502.41 ahorro anual

3.2.8 Acciones de contención

Esta tabla representa las primeras acciones para contener el problema

Descripción	¿Quién?	¿Cuándo?	Hecho
*** Se cambia cadena con desgaste por nueva**	**Óp. Mantto**	**06/12/2021**	**Si**
***Se endereza barra**	**Óp. Mantto**	**06/12/2021**	**Si**
***Se lubrica cadena**	**Óp. Mantto**	**06/12/2021**	**Si**
***Se rotan catarinas**	**Óp. Mantto**	**06/12/2021**	**Si**

Tabla. 3.2.8.1 Acciones de contención. [Fuente: Adfors colaboración Alfonso Alvarado, 2022.].

3.2.9 Definición del indicador operacional de desempeño

Esta figura representa como al implementar el proyecto baja el número de averías en cadena y al finalizar la semana 8 se mantuvo en 0 y se ve reflejado que en los meses anteriores si se tuvieron averías por cadena.

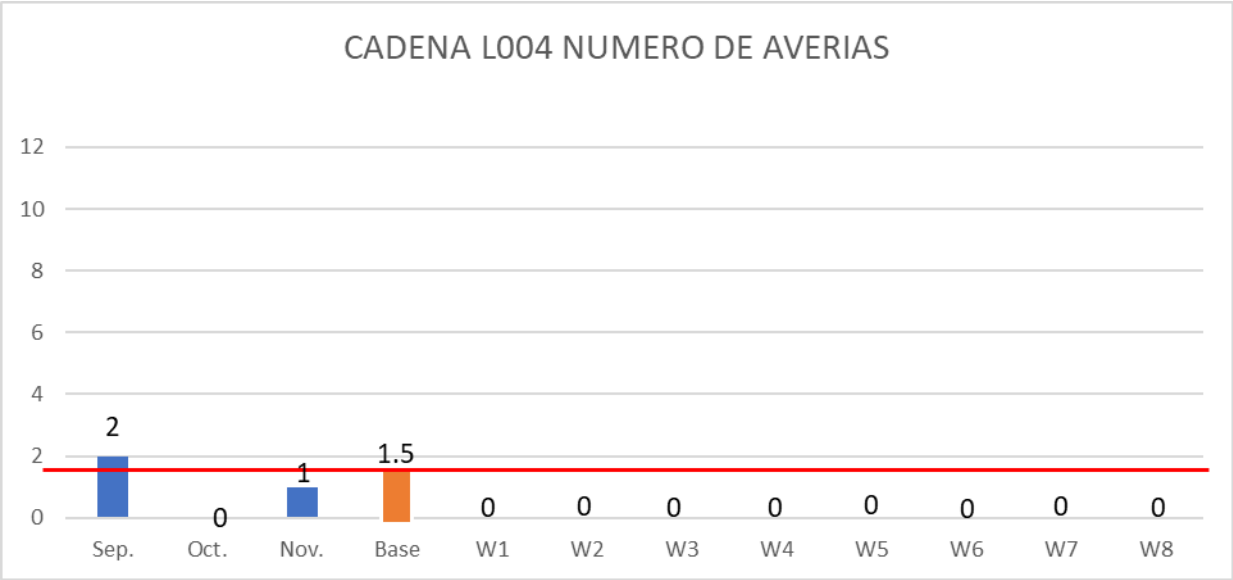


Figura. 3.2.9.1 Indicador de desempeño. [Fuente: Adfors colaboración Alfonso Alvarado, 2022.].

3.2.10 Plan maestro

Nuestro plan maestro es nuestro cronograma de actividades y si se implementaron a tiempo

	Pasos del Kaizen	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	Resultados de auditorias			
											A1	A2	A3
1	Definición del problema									P1			
										P2			
2	Restauración de condiciones básicas									P3			
										P4			
3	Análisis de 5 por que									P5			
										P6			
4	Contramedidas									P7			
										P8			
5	DCS &estandarización									P9			
										P10			
6	Cierre									Resultado total			
											100%		

Tabla. 3.2.10.1 Plan maestro. [Fuente: Adfors colaboración Alfonso Alvarado, 2022.].

3.3 Restauración de condiciones básicas

3.3.1 Diagrama de Ishikawa 6M

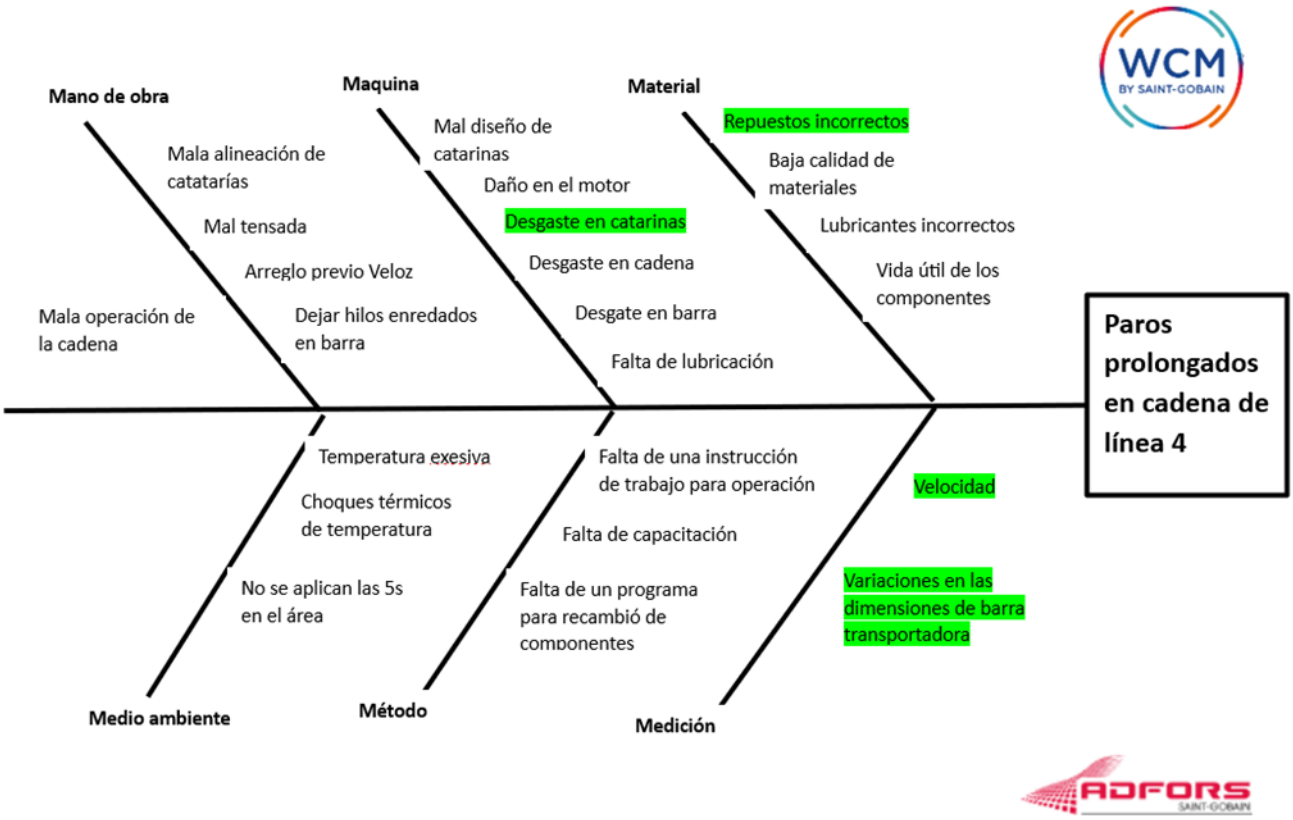


Figura. 3.3.1.1 Diagrama Ishikawa. [Fuente: Adfors colaboración Alfonso Alvarado, 2022.].

En este caso la lluvia de ideas nos marca 4 causas por las cuales tenemos paros prolongados en línea 4.

3.3.2 Verificación del estándar vs realidad

En este punto se realizó el tarjeteo con las tarjetas de mantenimiento y tarjetas 5s para la identificación de anomalías o que no se está respetando el estándar.

Figura. 3.3.2.1 Tarjetas utilizadas para tarjeteo. [Fuente: Elaboración propia, 2022.].

También se revisó las actividades realizadas en mantenimiento preventivo.

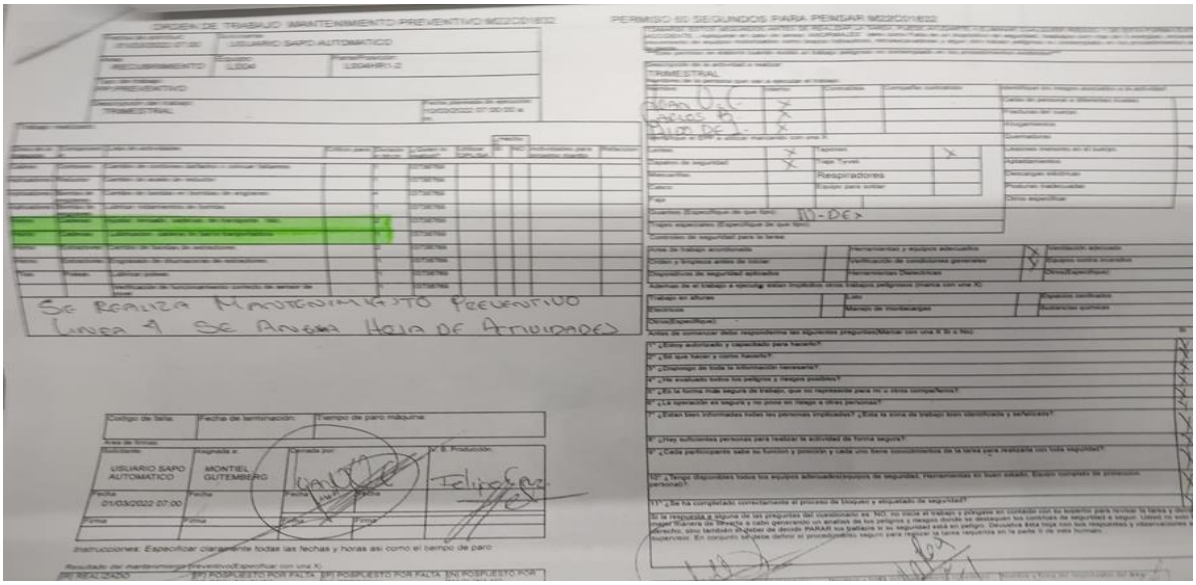


Figura. 3.3.2.2 Orden de trabajo para mantenimiento preventivo de línea 4. [Fuente: Elaboración propia, 2022.].

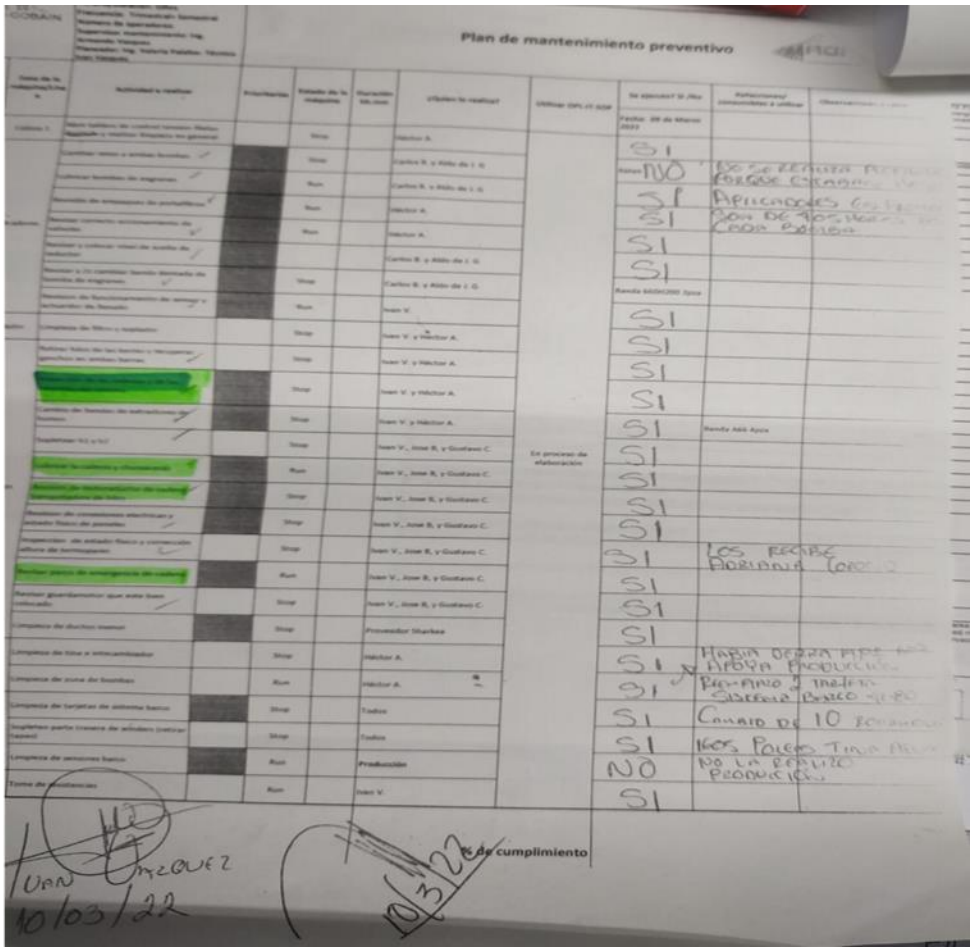


Figura. 3.3.2.3 Lista de actividades de mantenimiento preventivo. [Fuente: Elaboración propia, 2022.].

Como consecuente se identificaron las actividades que implican mantenimiento a los hornos y en específico a las cadenas de la barra transportadora donde se realizó un plan de acción para mejorar todos los puntos mencionados.

3.3.3 Plan de acción

En este plan de acción son las actividades que se realizaron para solucionar las desviaciones.

PLAN DE ACCIÓN

Hallazgo/Incumplimiento	Estatus	Solución	¿Quién lo realiza?	Fecha y Firma	
Vriador de velocidad mal acomodado	ok	Acomodar variador en lugar correcto	Carlos Badillo	27/05/2022 R	firma
tubo absoleto en horno 1	ok	quiotar tuvo del area	Alfonso Alvarado	27/05/2022 R	firma
Cable amarrado con trapo	ok	colocar sujetacables	Aldo Guzman	27/05/2022 R	firma
Aplicador 2 maguera sin sujetacables posible derrame	ok	colocar sujetables y seguros a manguera	Alfonso Alvarado	27/05/2022 R	firma
tubo de aplicador 1 sin tapon riesgo de derrame	ok	Colocar tapon a plicador 1	Alfonso Alvarado	27/05/2022 R	firma
Soporte de manguera flojo	ok	Se ajusta y reaprieta soporte	Aldo Guzman	27/05/2022 R	firma
Sin seguros manguera de aplicador 1 riesgo de derrame	ok	Colocar seguros a manguera	Alfonso Alvarado	27/05/2022 R	firma
Chimenea con fisura donde sale humo	ok	Reparar chimenea	Carlos Badillo y Aldo Guzman	02/06/2022 R	firma

Figura. 3.3.3.1 Plan de acción para restaurar condiciones básicas. [Fuente: Adfors colaboración Alfonso Alvarado, 2022.].

Se identifican hallazgos gracias al tarjeteo

Figura. 3.3.3.2 Realización de tarjeteo y hallazgos. [Fuente: Elaboración propia, 2022.].

Se corrigen hallazgos identificados con el tarjeteo

Figura. 3.3.3.3 Hallazgos reparados según plan de acción. [Fuente: Elaboración propia, 2022.].

3.4 Análisis de porque

5 porques

Problema	1°¿Por qué?	2°¿Por qué?	3°¿Por qué?	4°¿Por qué?	5°¿Por qué?	Categoría respecto a las 6m	Solución inmediata	Solución permanente
Paros prolongados por avería de cadena	velocidad de la cadena	revienta los candados	Baja calidad en los materiales	Se cambio de proveedor		Medición	Colocar Variador de Frecuencia	Generar carpeta de manual de Variador puesto
			No esta diseñado para ese esfuerzo	Gera mayor fuerza	Por la relación de aceleracion y fuerza			
				Tengo deformación por tención				
	Variaciones en las dimensiones de la barra	Falta de estandarización en la barra	Diferentes dimensiones en los hornos	Lineas diferentes proveedores		Medición Método Mano de obra	Colocar de barra de acuerdo a las dimensiones	Realizar OPL para identificar las dimensiones de barra
				alineación de catrinas				
			Falta de medición para barra de hornos	Falta de interés por parte de operadores de Mantto.	Desconocimiento de la longitud de la barra			
	Repuestos incorrectos	Cadenas y catarinas diferente paso	Requisiciones de refacciones incorrectas	Desconocimiento del código		Mano de obra	Dar de baja cadenas obsoletas o catarinas	Notificar tanto almacén y Mantto sobre materiales obsoletos
			Materiales obsoletos en almacén	No se a dado de baja del inventario	Sup. No a dado la lista para dar de baja material			
	Desgate de catarinas	Falta de lubricación	Falta de un plan de lubricación	Desconocimiento de la tarea	Falta de capacitación	Método Mano de obra	Lubricación de cadenas	Realizar una SOP sobre la lubricación de cadenas
				Falta de interés				
		Golpeteo de barra en Catarina	La barra es mas larga	Falta de medición				
				Se coloca barra incorrecta				

Figura. 3.4.1 Análisis 5 porques. [Fuente: Adfors colaboración Alfonso Alvarado, 2022.].

En este paso se identificaron las causas raíz del problema y se atendieron con soluciones inmediatas y soluciones permanentes.

3.5 Contramedidas y plan de acción

Se realiza otro plan de acción para solucionar la causa raíz del problema

PLAN DE ACCIÓN

Hallazgo/Incumplimiento	Estatus	Solución	¿Quién lo realiza?	Fecha y Firma	
Relacion de aceleracion y fuerza	ok	Colocar variador de frecuencia	Carlos Badillo y Aldo Guzman	02/06/2022 R	firma
Desconosimiento de la longitud de la barra	ok	Medicion correcta de la barra, cortar y colocar	Carlos Badillo y Aldo Guzman	02/06/2022 R	firma
Sup. No manda la lista de material obsoleto	ok	Checar son supervisor si mando la lista de material obsoleto	Alfonso Alvarado	16/06/2022 R	firma
Almacen no a dado de baja material obsoleto	ok	Checar con almacen si se dio de baja material obsoleto	Alfonso Alvarado	16/06/2022 R	firma
Falta de capacitacion a operadores de mantto	ok	Ralisasion de SOP y OPL Difucion de las SOS Y OPLS con operadores	Alfonso Alvarado	17/06/2022 R	firma

Figura. 3.5.1 Plan de acción de las contra medidas. [Fuente: Adfors colaboración Alfonso Alvarado, 2022.].

En esta imagen se engloban todas las actividades realizadas en el plan de acción para eliminar la causa raíz

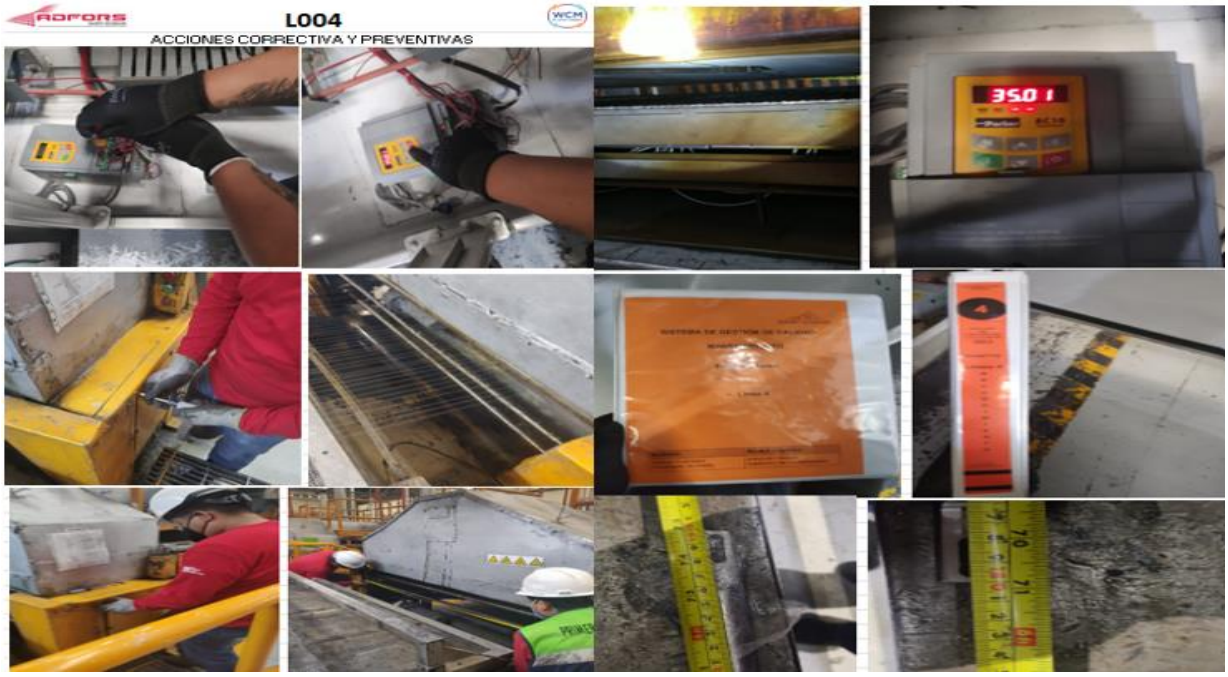
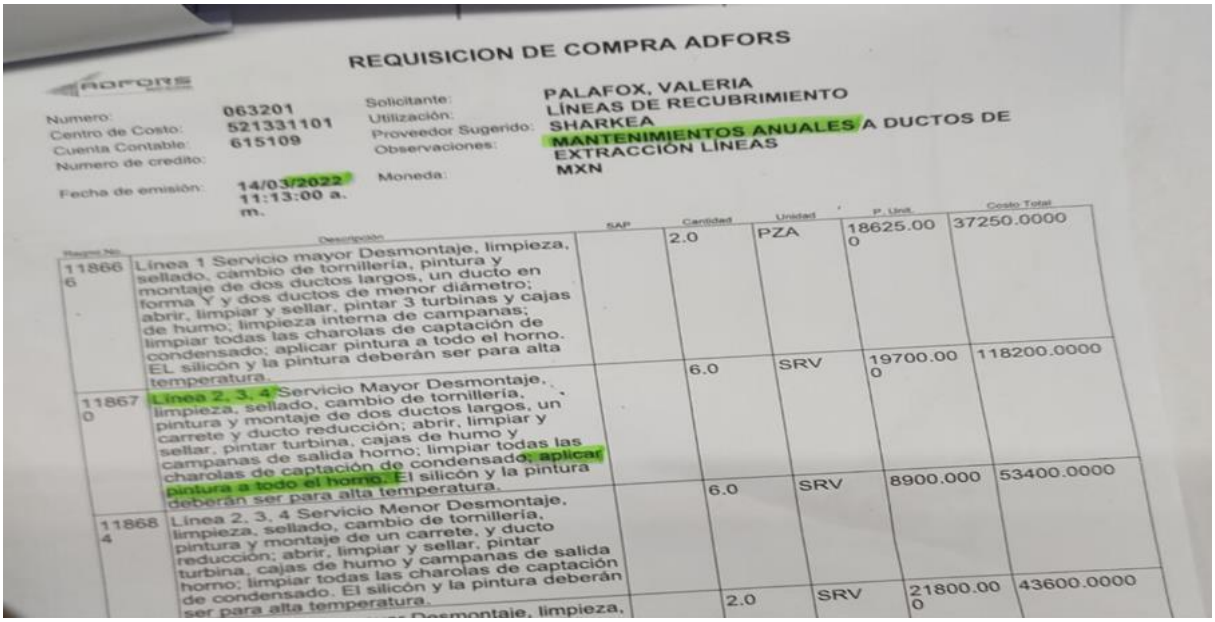


Figura. 3.5.2 Acciones correctivas y preventivas en línea 4 según plan de acción. [Fuente: Elaboración propia, 2022.].

Se realizo una requisición para la pintura de los ambos hornos en L004



REQUISICION DE COMPRA ADFORS

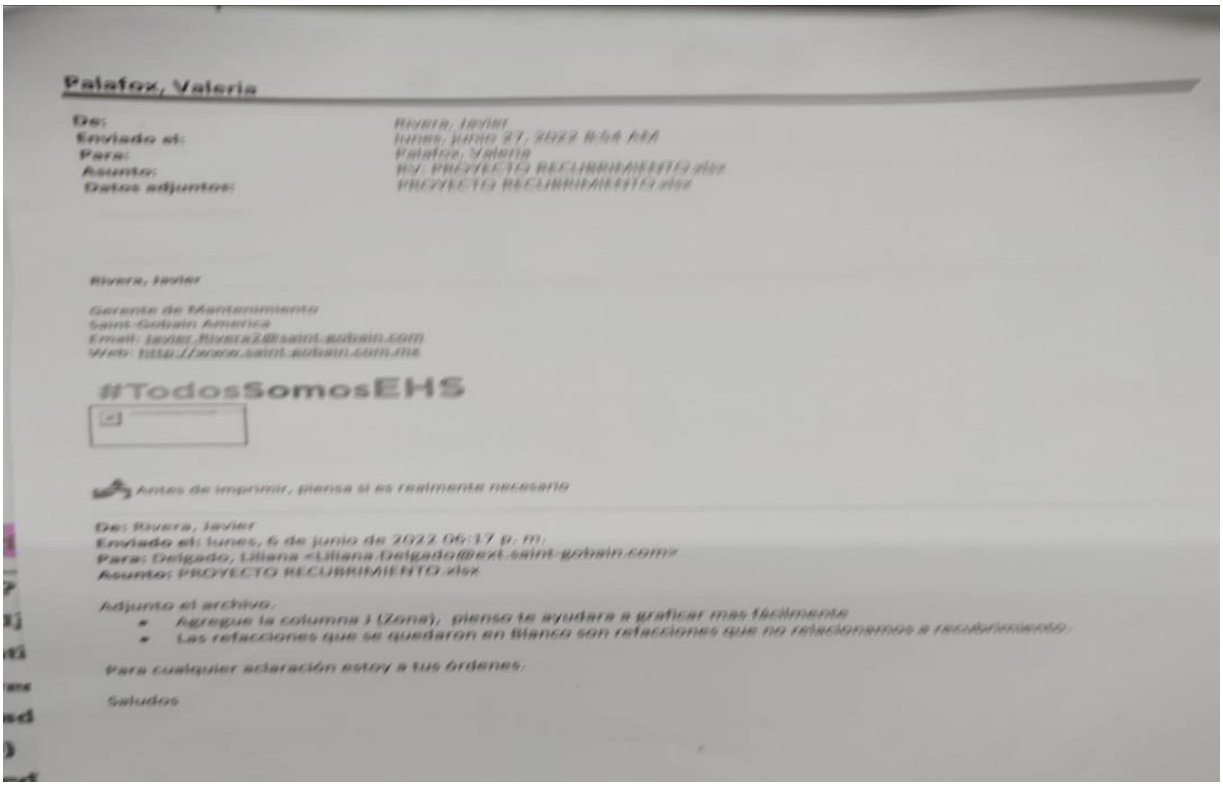
Numero: 063201
Centro de Costo: 521331101
Cuenta Contable: 615109
Numero de credito:
Fecha de emisión: 14/03/2022 11:13:00 a. m.

Solicitante: PALAFOX, VALERIA
Utilización: LÍNEAS DE RECUBRIMIENTO
Proveedor Sugerido: SHARKEA
Observaciones: MANTENIMIENTOS ANUALES A DUCTOS DE EXTRACCIÓN LÍNEAS
Moneda: MXN

Renglon No.	Descripción	SAP	Cantidad	Unidad	P. Unit.	Costo Total
118666	Línea 1 Servicio mayor Desmontaje, limpieza, sellado, cambio de tornillería, pintura y montaje de dos ductos largos, un ducto en forma Y y dos ductos de menor diámetro; abrir, limpiar y sellar, pintar 3 turbinas y cajas de humo; limpieza interna de campanas; limpiar todas las charolas de captación de condensado; aplicar pintura a todo el horno. EL silicón y la pintura deberán ser para alta temperatura.		2.0	PZA	18625.000	37250.0000
118670	Línea 2, 3, 4 Servicio Mayor Desmontaje, limpieza, sellado, cambio de tornillería, pintura y montaje de dos ductos largos, un carrete y ducto reducción; abrir, limpiar y sellar, pintar turbina, cajas de humo y campanas de salida horno; limpiar todas las charolas de captación de condensado; aplicar pintura a todo el horno. El silicón y la pintura deberán ser para alta temperatura.		6.0	SRV	19700.000	118200.0000
118684	Línea 2, 3, 4 Servicio Menor Desmontaje, limpieza, sellado, cambio de tornillería, pintura y montaje de un carrete, y ducto reducción; abrir, limpiar y sellar, pintar turbina, cajas de humo y campanas de salida horno; limpiar todas las charolas de captación de condensado. El silicón y la pintura deberán ser para alta temperatura.		6.0	SRV	8900.000	53400.0000
	Desmontaje, limpieza,		2.0	SRV	21800.000	43600.0000

Figura. 3.5.3 Requisición para pintura en los hornos. [Fuente: Elaboración propia, 2022.].

Se dio seguimiento a las refacciones obsoletas con supervisores



Palafox, Valeria

De: Rivera, Javier
Enviado el: lunes, junio 27, 2022 8:54 AM
Para: Palafox, Valeria
Asunto: RV: PROYECTO RECUBRIMIENTO.xlsx
Datos adjuntos: PROYECTO RECUBRIMIENTO.xlsx

Rivera, Javier

Gerente de Mantenimiento
Saint-Gobain America
Email: Javier.Rivera2@saint-gobain.com
Web: http://www.saint-gobain.com.mx

#TodosSomosEHS

Antes de imprimir, piensa si es realmente necesario

De: Rivera, Javier
Enviado el: lunes, 6 de junio de 2022 06:17 p. m.
Para: Delgado, Liliana <Liliana.Delgado@ext.saint-gobain.com>
Asunto: PROYECTO RECUBRIMIENTO.xlsx

Adjunto el archivo.

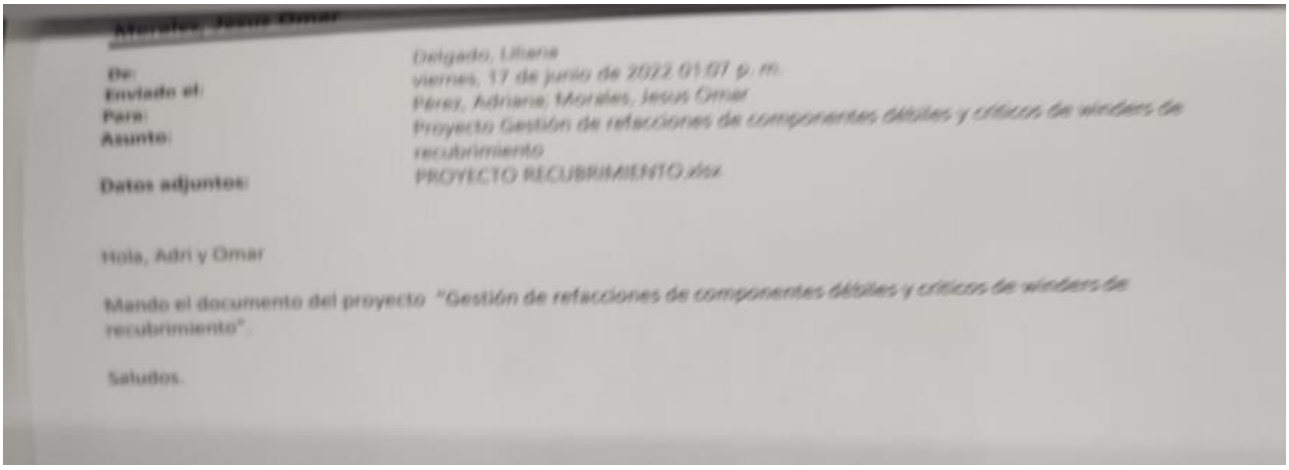
- Agregue la columna J (Zona), pienso te ayudara a graficar mas fácilmente
- Las refacciones que se quedaron en Blanco son refacciones que no relacionamos a recubrimiento.

Para cualquier aclaración estoy a tus órdenes.

Saludos

Figura. 3.5.4 Seguimiento de Refacciones obsoletas con supervisores. [Fuente: Elaboración propia, 2022.].

Almacén se involucró y dio como fruto un proyecto nuevo de seguimiento de refacciones obsoletas



Morales, Jesus Omar

De: Delgado, Liliana
Enviado el: viernes, 17 de junio de 2022 01:07 p. m.
Para: Pérez, Adriana; Morales, Jesus Omar
Asunto: Proyecto Gestión de refacciones de componentes débiles y críticos de winders de recubrimiento
Datos adjuntos: PROYECTO RECUBRIMIENTO.xlsx

Hola, Adri y Omar

Mando el documento del proyecto "Gestión de refacciones de componentes débiles y críticos de winders de recubrimiento".

Saludos.

Figura. 3.5.5 Seguimiento de Refacciones obsoletas con almacén. [Fuente: Elaboración propia, 2022.].

3.6 DCS &estandarización

3.6.1 Sistema de control diario

En la siguiente tabla el objetivo fue 0 paros por averías en cadena de L004

Parámetros de control de perdidas	Valores			
	Unidad	Objetivo	Límite superior	Límite inferior
Paros por avería en cadena L004	Numero	0		

Tabla. 3.6.1.1 Plan maestro. [Fuente: Adfors colaboración Alfonso Alvarado, 2022.].

Y nuestro indicador se mantuvo en 0 tanto como horas de averías y numero de averías

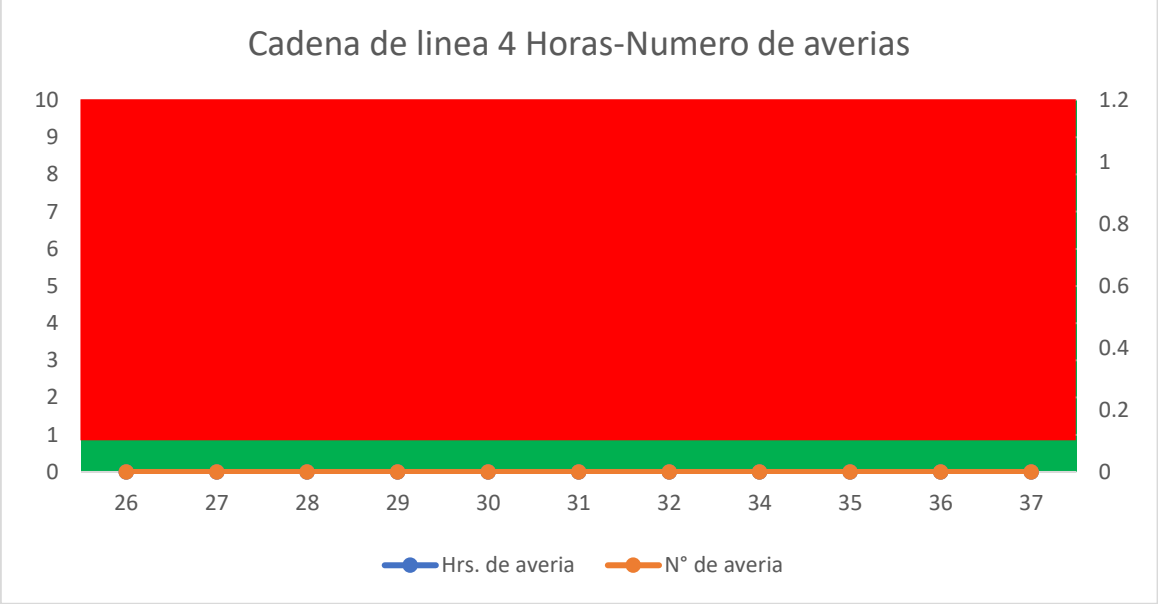


Figura. 3.6.1.1 Indicador diario de horas-número de averías. [Fuente Adfors colaboración Alfonso Alvarado, 2022.].

3.6.2 Plan de acción correcciones finales

Al final se realizo el último plan de acción para corregir las ultimas observaciones por parte del auditor.

PLAN DE ACCIÓN

Hallazgo/Incumplimiento	Estatus	Solución	¿Quién lo realiza?	Fecha y Firma	
Falta de colocaccion o indicadores como etiquetas de que se realizo mejora	ok	Colocar etiquetas de mejora y realizar etiquetas	Valeria Palafox y Alfonso Alvarado	07/07/2022 R	firma
Falta Indicador de Area de segunda expacion	ok	Colocar etiqueta en entrada de linea	Valeria Palafox y Alfonso Alvarado	07/07/2022 R	firma
Falta de pintura en hornos	ok	Pintura en hornos y guardas	Alfonso Alvarado Aldo Guzman Carlos Badillo	11/07/2022 R	firma
Guardas en su lugar con tornilleria	ok	Colocacion de tornilleria en guardas	Alfonso Alvarado Aldo Guzman Carlos Badillo	11/07/2022 R	firma
Falta de tablero de indicador	ok	Pedir tablero a WCM	Valeria Palafox	07/07/2022 R	firma
Falta de indicadores	ok	Colocar indicadores en tablero	Nohemi Sanchez	11/07/2022 R	firma
Verificar actividades para mantenimiento autonomo	ok	Checar con mantenimiento y produccion actividades	Valeria Palafox Alfonso Alvarado Nohemi Sanchez	11/07/2022 R	firma
Limpíeza de catarinas y barras de ambos hornos	ok	Limpieza de catarinas y barras de ambos hornos	Alfonso Alvarado Aldo Guzman Carlos Badillo	11/07/2022 R	firma
OPL y SOP para mantenimiento autonomo	ok	Realizar OPL y SOPS	Alfonso Alvarado	11/07/2022 R	firma
Faltantes de pintura gris y amarillo	ok	Pedir pinturas faltantes	Valeria Palafox	07/07/2022 R	firma

Tabla. 3.6.2.1 Plan de acción correcciones finales. [Fuente: Adfors colaboración Alfonso Alvarado, 2022.].

Esta imagen representa los hornos sin realizar las acciones del plan de acción

Figura. 3.6.2.1 Hornos sin mejoras finales. [Fuente Alfonso Alvarado, 2022.].

La subsecuente imagen representa las acciones realizadas propuestas en el plan de acción

Figura. 3.6.2.2 Hornos con mejoras realizadas. [Fuente Alfonso Alvarado, 2022.].

3.6.3 Estándares OPLS y SOPS

Los siguientes formatos de los estándares OPLS y SOPS se encontrarán en los anexos de este proyecto.

Capítulo IV Resultados y discusiones

La maquinaria no proporciona a la empresa una seguridad y confianza en la generación de hilo recubierto para la generación de la malla mosquetera en la planta Adfors donde se implementaron proyectos para realizar mejoras a los equipos por cuestiones económicas de la empresa ya que si no se genera el suficiente hilo no podremos abastecer a nuestros clientes. Ahora en la mente de los directivos y como sabemos siempre es cultivar esta metodología de mejora continua a sus trabajadores se tiene la idea que empleando la metodología WCM puede mejorar la calidad de las áreas afectadas.

Por otra parte, se realizó un plan de mantenimiento autónomo para el sistema actual de barra trasportadora y cadena mejorando nuestros indicadores MTTR y MTBF. Toda la organización tiene un mayor dominio y conocimiento de las medidas sobre tomadas en el periodo de realización del proyecto, lo cual beneficia los resultados de la empresa a partir de la aplicación de los estándares dejados en el área tanto para producción y mantenimiento, de forma sistemática y rigurosa ya que en la figura. 3.1.5.1.1 se muestra el comportamiento de numero de averías y hora de avería en cadena y la tendencia fue de 0.

La tabla de abajo nos da una mejor idea de los logros alcanzados en este proyecto

CUADRO DE RESULTADOS		
Situación Inicial	**Logros Alcanzados**	**Actividades Realizadas**
-Tener mayor aceleración con lo que teníamos también fuerza que implicaba la rotura de la cadena trasportadora	-Se coloca un variador de frecuencia para que motor no este con tención plena	-Análisis del equipo -Realización SOP para variador de frecuencia -Colocación del manual en físico en la biblioteca de manuales de Mantto
- Desconocimiento de la longitud de la barra trasportadora	-Estandarizar barras para los Hornos de las líneas	-Toma de mediciones para pedir barras correctas a proveedores -Realización OPL de la medida correcta de barra
-Material obsoleto en almacén de líneas de recubrimiento	-Se implemento un proyecto para dar de baja material obsoleto en almacén de refacciones	-Se encomendó la tarea para almacén y mantenimiento para dar de baja materiales obsoletos

-Sin capacitación de personal de Mantenimiento	-Tener continuamente a personal de mantenimiento capacitado	-Realización de OPLS y SOPS -Difusión de las OPLS y SOPS
-Bajo interés del personal de producción	-Se realiza plan de mantenimiento autónomo	-Verificación de las mejoras -Realización de OPLS y SOPS

Tabla. 4.1.1 Cuadro de resultados. [Fuente: Alfonso Alvarado, 2022.].

4.1 Resultados obtenidos en físico (evidencias).

Situación Inicial	Metas Alcanzadas	Actividades Realizadas
-Tener mayor aceleración con lo que teníamos también fuerza que implicaba la rotura de la cadena trasportadora	-Se coloca un variador de frecuencia para que motor no este con tención plena	-Análisis del equipo -Realización SOP para variador de frecuencia que se encuentra en la Figura 37 -Colocación del manual en físico en la biblioteca de manuales de Mantto

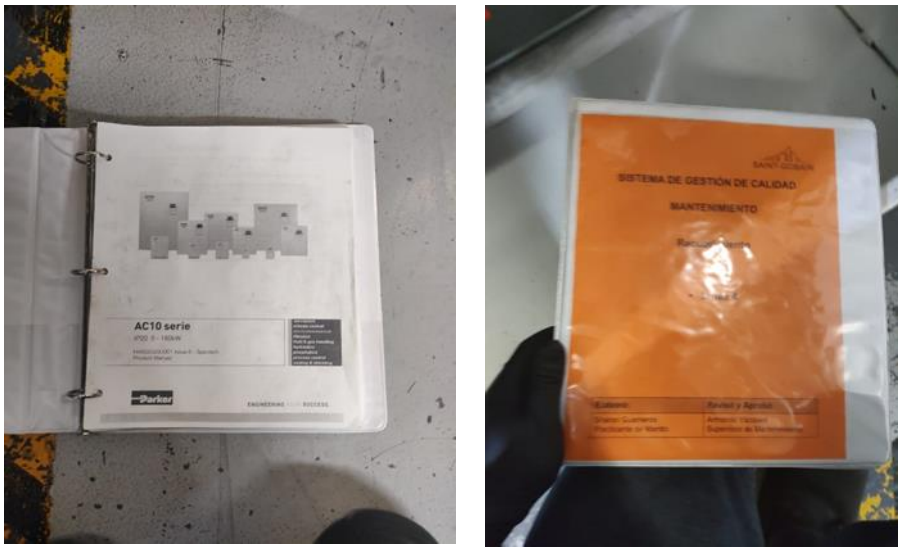


Figura. 4.1.1. Manual del variador en su respectiva carpeta. [Fuente Alfonso Alvarado, 2022.].

Figura. 4.1.2. Colocación y programación de variador. [Fuente Alfonso Alvarado, 2022.].

Situación Inicial	Metas Alcanzadas	Actividades Realizadas
- Desconocimiento de la longitud de la barra trasportadora	-Estandarizar barras para los Hornos de las líneas	-Toma de mediciones para pedir barras correctas a proveedores -Realización OPL de la medida correcta de barra que se encuentra en la figura 39

Figura. 4.1.3. Medición de barras en hornos. [Fuente Alfonso Alvarado, 2022.].

Situación Inicial	Metas Alcanzadas	Actividades Realizadas
-Material obsoleto en almacén de líneas de recubrimiento	-Se implemento un proyecto para dar de baja material obsoleto en almacén de refacciones	-Se encomendó la tarea para almacén y mantenimiento para dar de baja materiales obsoletos se encuentran correos en imágenes 33 y 34

En este caso ya se comenzó un proyecto en el área de logística con colaboración de mantenimiento.

Situación Inicial	Metas Alcanzadas	Actividades Realizadas
-Sin capacitación de personal de Mantenimiento	-Tener continuamente a personal de mantenimiento capacitado	-Realización de OPLS y SOPS se encuentran en las imágenes 39, 41 y 42 -Difusión de las OPLS y SOPS

Figura. 4.1.4. Difusión de OPLS y SOPS a personal de mantenimiento. [Fuente Alfonso Alvarado, 2022.].

Situación Inicial	Metas Alcanzadas	Actividades Realizadas
-Bajo interés del personal de producción	-Se realiza plan de mantenimiento autónomo	-Verificación de las mejoras -Realización de OPLS y SOPS imágenes 43, 44 y 45 -Difusión de las OPLS y SOPS

Figura. 4.1.5. Difusión de OPLS y SOPS operadores de producción. [Fuente Alfonso Alvarado, 2022.].

Capítulo V Conclusiones

Después de haber efectuado el proceso de análisis de los resultados y una vez cumplido de manera sistemática con todos los aspectos relacionados a este proyecto efectuado en Adfors Saint-Gobain se procede al establecimiento de conclusiones las cuales se presentan a continuación.

Con respecto al objetivo general del proyecto se cumplió de acuerdo con los indicadores.

Por otra parte, al realizarse las mejoras se demostró que, se eliminaron las averías por la cadena, la producción de hilo aumento y mejoro la calidad al cumplirse los siguientes objetivos:

- Eliminación de averías en cadenas

-Mejorar la limpieza de la maquinaria

-Reducir fallas por falta de mantenimiento autónomo

- Mejorar la productividad de los empleados

Y donde se vio que en mis indicadores permanecieron en 0 horas de avería y 0 averías ayudando a nuestros indicadores MTTR y MTBF.

Capítulo VI Recomendaciones

Con base en los resultados obtenidos en este proyecto, se propone a la empresa Adfors Saint-Gobain las siguientes recomendaciones.

1. Mantener el mantenimiento autónomo ya que si podremos identificar alguna anormalidad antes de que pare la máquina.
2. Mantener los estándares actualizados con los operadores y supervisores del área para que se identifique correctamente algún desperfecto.
3. Capacitar a personal que nuevo para que sepa e identifique algún problema en la maquinaria.
4. Realizar la rutina de mantenimiento autónomo y corregir la que se pueda en caso de no realizar lo que se indica en la sop.
5. Realizar el control diario programado para identificar fallas

Referencias bibliográficas

Federación Latinoamericana para la Calidad. (2003). Diagrama de Causa y Efecto [en línea]. Disponible en

http://www.cyta.com.ar/biblioteca/bddoc/bdlibros/herramientas_calidad/causaefecto.htm [2023, 31 agosto].

Indicadores de mantenimiento: 7 KPIs para una gestión eficaz. (2023, marzo 23). Infraspeak Blog. RELI [en línea], Disponible en

https://blog.infraspeak.com/es/indicadores-de-mantenimiento/ [2023, 17 marzo].

Metodología 5w2h: qué es y cómo te ayudará a tomar las acciones correctas para tu empresa. (2019, junio 20). Rock Content - ES. RELI [en línea], Disponible en https://rockcontent.com/es/blog/metodologia-5w2h/ [2023, 1 septiembre].

Revete, B. (2021, septiembre 23). Mantenimiento industrial RELI [en línea], Disponible en https://predictiva21.com/mantenimiento-industrial/ [2023, 17 marzo].

Rodríguez, J. (2021, julio 21). 5 porqués: definición, aplicación y ejemplos. RELI [en línea], Disponible en https://blog.hubspot.es/sales/5-porques [2023, 1 septiembre].

Urieta, C. S., y Córdoba, E. (s/f). Vista de Sostenibilidad empresarial a través de la manufactura de clase mundial. RELI [en línea], No.598. Disponible en: https://revistas.utp.ac.pa/index.php/ric/article/view/598/html [2023, 17 marzo].

Velázquez, A. (2018, diciembre 12). Diagrama de Pareto: Qué es, usos y cómo elaborarlo. RELI [en línea],

Disponible en: https://www.questionpro.com/blog/es/diagrama-de-pareto/ [2023, 1 septiembre].

Anexos

Anexo 1. SOP variador de frecuencia. [Fuente Adfors colaboración Alfonso Alvarado, 2022.].

ADFORS	Programación de variador de frecuencia				WCM
SOP: Instrucción de Operación	Hecho por :	Alfonso Alvarado Lopez	SOP :	Revisión:	1
Área/Taller/Maq: Recubrimiento/Línea 4	Departamento :	Mantenimiento	Fecha :	23/06/2022	
			Proxima Revisión:	23/06/2023	

Colocarse epp adecuado para la revisic

colocación de loto según manual P-EHS-03

Solicitar variador de frecuencia al encargado de almacén

revisar manual del variador de frecuencia AC10 series

Realizar conexiones de acuerdo al manual

retirar loto y energiza para poder programar de acuerdo al manual

Verificar funcionamiento

REVISO:	Ing. Héctor Fernández	AUTORIZO:	Ing. Javier Rivera
COLABORA A REALIZAR:			

Anexo 2. SOP Lubricación de cadena. [Fuente Adfors colaboración Alfonso Alvarado, 2022.].

ADFORS	Lubricacion de cadena				WCM
SOP: Instrucción de Operación	Hecho por :	Alfonso Alvarado Lopez	SOP :	Revisión:	1
Área/Taller/Maq: Recubrimiento/Linea 4	Departamento :	Mantenimiento	Fecha :	23/06/2022	
			Proxima Revisión:	23/06/2023	

Colocarse epp adecuado para lubricac

Seleccionar el correcto lubricante Look-cease 20/20

activar cadena con ayuda de otro compañero

lubricar cuando este pasano la cadena por la catarina

Verificar que este completamente lubricada la cadena

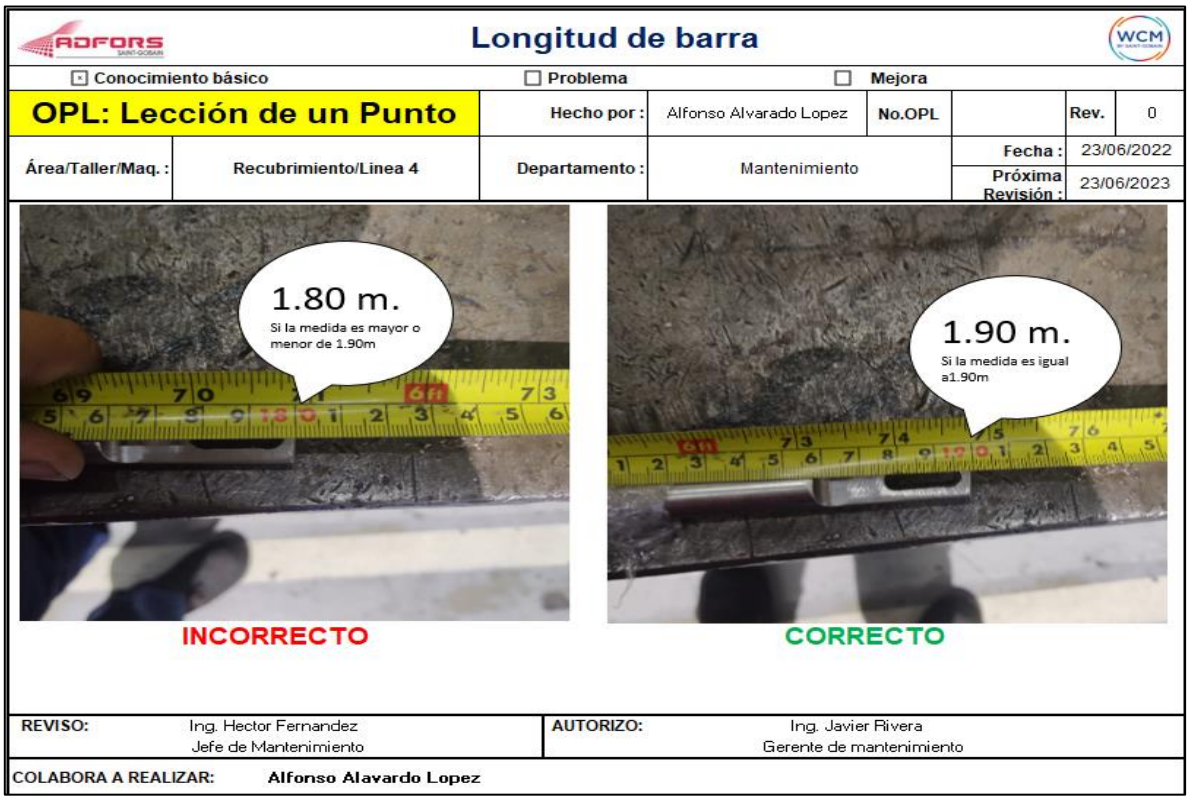
Limpiar el sobrante o exceso de lubricante

Verificar funcionamiento

Marcar actividad de realizado en lista de actividades

REVISO:	Ing. Hector Fernández	AUTORIZO:	Ing. Javier Rivera
COLABORA A REALIZAR:			

Anexo 3. OPL longitud de barra. [Fuente Adfors colaboración Alfonso Alvarado, 2022.].



ADFORS	Longitud de barra					WCM
☐ Conocimiento básico		☐ Problema		☐ Mejora		
OPL: Lección de un Punto		Hecho por :	Alfonso Alvarado Lopez	No.OPL	Rev.	0
Área/Taller/Maq. :	Recubrimiento/Linea 4	Departamento :	Mantenimiento		Fecha :	23/06/2022
					Próxima Revisión :	23/06/2023

REVISO:	Ing. Hector Fernandez Jefe de Mantenimiento	AUTORIZO:	Ing. Javier Rivera Gerente de mantenimiento
COLABORA A REALIZAR:	Alfonso Alavardo Lopez		

Anexo 4. SOP Revisión de catarinas. [Fuente Adfors colaboración Alfonso Alvarado, 2022.].

ADFORS	Revision de catarinas						WCM
SOP: Instrucción de Operación		Hecho por :	Alfonso Alvarado Lopez	SOP :		Revisión:	1
Área/Taller/Maq:	Recubrimiento/Linea 4	Departamento :	Mantenimiento	Fecha :		23/06/2022	
				Próxima Revisión:		23/06/2023	

REVISO:	Ing. Hector Fernández	AUTORIZO:	Ing. Javier Rivera
COLABORA A REALIZAR:			

Anexo 5. OPL Desgate de catarinas. [Fuente Adfors colaboración Alfonso Alvarado, 2022.].

ADFORS	Desgaste de catarinas					WCM
☐ Conocimiento básico		☒ Problema		☐ Mejora		
OPL: Lección de un Punto		Hecho por :	Alfonso Alvarado Lopez	No.OPL	Rev.	0
Área/Taller/Maq. :	Recubrimiento/Linea 4	Departamento :	Mantenimiento	Fecha :	23/06/2022	
				Próxima Revisión :	23/06/2023	

INCORRECTO

CORRECTO

REVISO:	Ing. Hector Fernandez Jefe de Mantenimiento	AUTORIZO:	Ing. Javier Rivera Gerente de mantenimiento
COLABORA A REALIZAR:	Alfonso Alavardo Lopez		

Anexo 6. SOP Lubricación de catarinas mantenimiento autónomo. [Fuente Adfors colaboración Alfonso Alvarado, 2022.].

ADFORS	SOP: Procedimiento Estándar de Operación Lubricacion de catarinas y cadena linea 4						WCM
Consciente Mejora		Problema		Mejora			
Departamento que ejecuta la	Producción	Hecha por :	Alfonso Alvarado	No. SOP:	SOP-TE-87	Revisión:	0
Máquina:	Linea 4	Área:	Recubrimiento	Fecha de emisión:	23/06/2022		
				Próxima Revisión :	23/06/2023		

ANTES DE INICIAR

RESPONSABLE	EPP	ESTADO DE LA MÁQUINA	TIEMPO ESTÁNDAR	BENEFICIO / IMPACTO A PLANTA	RIESGO / PELIGRO ASOCIADO
Operador: Linea 4	Tapones auditivos, Lentes, Botas, Adicional: Guantes de Pro	ALTO Máquina parada	20 min Frecuencia: 15 días	Evitar paros correctivos en linea por falla de cadena	PELIGRO: Agarrar un minas 15 Irritación cutánea por contacto con aceite y/o grasas

PROCEDIMIENTO

1

Colocarse epp adecuado para lubricacion

2

lubricar cadena y catarina

3

Identifica que este totalmete lubricada , con un trapo limpiar el exceso de lubricante .

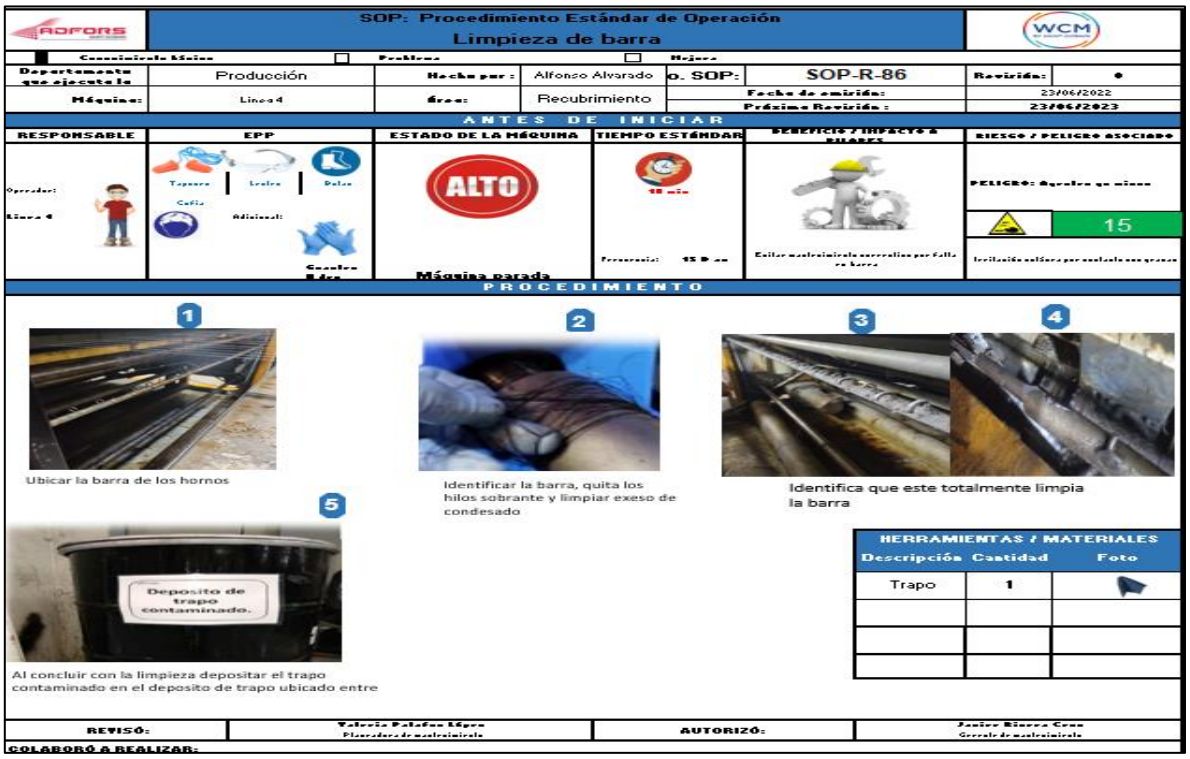
4

Al concluir depositar el trapo contaminado en el deposito de trapo ubicado entre linea 7 y linea 8

HERRAMIENTAS / MATERIALES		
Descripción	Cantidad	Foto
Trapo	1	
Look-cease 20/20	1	

REVISÓ:	Valeria Peláez López Planeadora de mantenimiento	AUTORIZÓ:	Javier Rivera Cova Gerente de mantenimiento
COLABORÓ A REALIZAR:			

Anexo 7. SOP Limpieza de barra mantenimiento autónomo. [Fuente Adfors colaboración Alfonso Alvarado, 2022.].



SOP: Procedimiento Estándar de Operación
Limpieza de barra

Departamento que ejecuta la	Producción	Hecho por :	Alfonso Alvarado	No. SOP:	SOP-R-86
Máquina:	Linea 4	Área:	Recubrimiento	Fecha de emisión:	23/06/2022
				Próxima Revisión :	23/06/2023

ANTES DE INICIAR

RESPONSABLE	EPP	ESTADO DE LA MÁQUINA	TIEMPO ESTÁNDAR	BENEFICIO / IMPACTO A PILARES	RIESGO / PELIGRO ASOCIADO
Operador: Linea 4	Tapones, Lentes, Botas, Cofia, Adicional: Guantes Rojos	ALTO Máquina parada	15 min. Frecuencia: 15 D an	Evitar mantenimiento correctivo por falla en barra	PELIGRO: Apretar en minas 15 Incitación enfóra por contacto con grasas

PROCEDIMIENTO

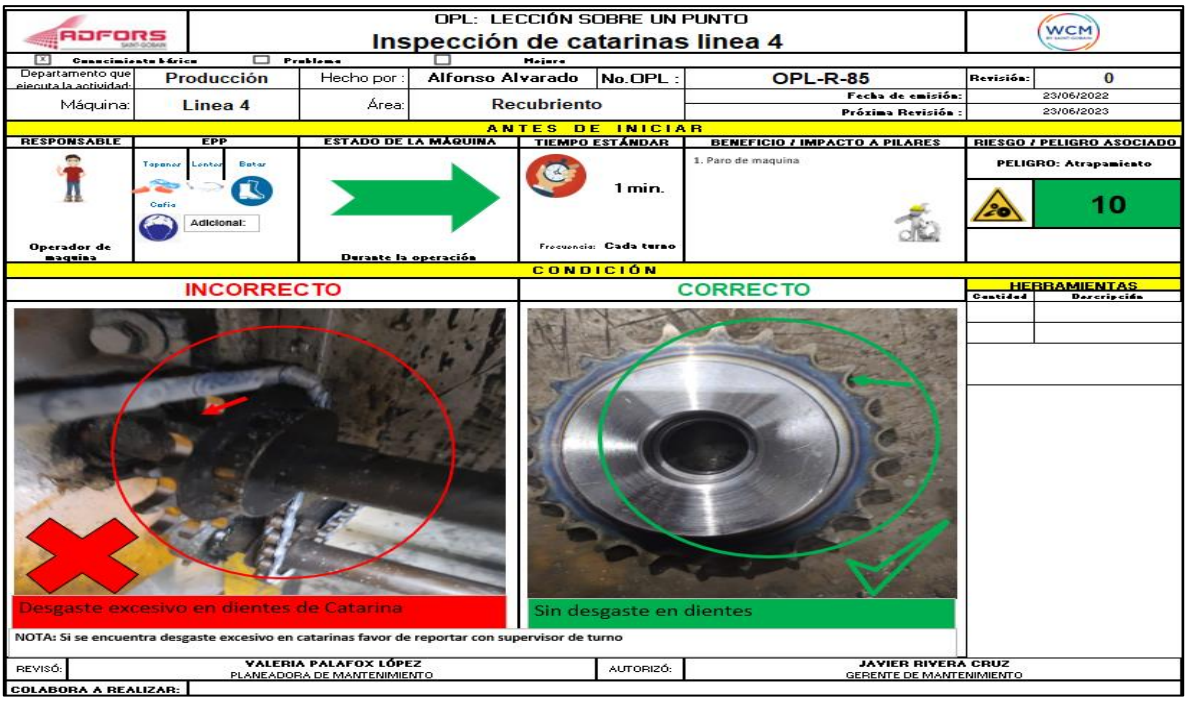
1. Ubicar la barra de los hornos
2. Identificar la barra, quita los hilos sobrante y limpiar exeso de condesado
3. Identifica que este totalmente limpia la barra
4.
5. Al concluir con la limpieza depositar el trapo contaminado en el deposito de trapo ubicado entre

HERRAMIENTAS / MATERIALES

Descripción	Cantidad	Foto
Trapo	1	

REVISÓ:	Valeria Palafox López, Planeadora de mantenimiento	AUTORIZÓ:	Javier Rivera Cruz, Gerente de mantenimiento
COLABORÓ A REALIZAR:			

Anexo 8. *OPL Inspección de catarinas línea 4 mantenimiento autónomo. [Fuente Adfors colaboración Alfonso Alvarado, 2022.].*



OPL: LECCIÓN SOBRE UN PUNTO
Inspección de catarinas linea 4

Departamento que ejecuta la actividad:	Producción	Hecho por :	Alfonso Alvarado	No.OPL :	OPL-R-85
Máquina:	Linea 4	Área:	Recubriento	Fecha de emisión:	23/06/2022
				Próxima Revisión :	23/06/2023

ANTES DE INICIAR

RESPONSABLE	EPP	ESTADO DE LA MÁQUINA	TIEMPO ESTÁNDAR	BENEFICIO / IMPACTO A PILARES	RIESGO / PELIGRO ASOCIADO
Operador de maquina	Tapones, Lentes, Botas, Cofia, Adicional:	Durante la operación	1 min. Frecuencia: Cada turno	1. Paro de maquina	PELIGRO: Atrapamiento 10

CONDICIÓN

INCORRECTO	CORRECTO
Desgaste excesivo en dientes de Catarina	Sin desgaste en dientes

NOTA: Si se encuentra desgaste excesivo en catarinas favor de reportar con supervisor de turno

HERRAMIENTAS

Cantidad	Descripción

REVISÓ:	VALERIA PALAFOX LÓPEZ, PLANEADORA DE MANTENIMIENTO	AUTORIZÓ:	JAVIER RIVERA CRUZ, GERENTE DE MANTENIMIENTO
COLABORA A REALIZAR:			