



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE ÁLAMO TEMAPACHE

TITULACIÓN

TESIS PROFESIONAL

“Evaluación de los procesos de mantenimiento mediante la aplicación de análisis de riesgos, en el área de Taller de maquinaria, de la empresa Triturados Santa Clara S.A DE C.V.”

PARA OBTENER EL TITULO DE:
Ingeniero Industrial

PRESENTA
Paola Lizeth Gómez Pacheco

DIRECTOR DE TESIS
M.I.I Fernando Reyes Juarez

XOYOTITLA, ÁLAMO TEMAPACHE, VER.

FEBRERO 2023

AGRADECIMIENTOS

Primeramente doy gracias a Dios por darme la sabiduría y comprensión para realizar este trabajo, por permitirme tener tan buena experiencia dentro de la universidad y durante mi estancia en la empresa en la cual realice mis prácticas profesionales. Por los medios económicos que suplieron toda mi educación profesional y sobre todo por su amor y bondad infinita.

A mis padres, Pablo Gómez y Yolanda Pacheco por confiar y creer en mí siempre. Por el amor, la dedicación, el apoyo incondicional y la paciencia con la que cada día se preocupaban por mi educación. Por su arduo trabajo para sacarme adelante siempre, gracias. A mi madre quien por las noches cuando me desvelaba por estudiar, llegaba con un café para hacerme sentir mejor. A mi padre por sus buenos consejos y cada una de sus palabras que me han guiado hasta ahora.

A mi angelito que está en el cielo, por estar toda la carrera a mi lado, alegrándome los días y las madrugadas de estudio, en las cuales me acompañaba y hasta que terminaba, nos íbamos a dormir. Gracias mi Bombis por tu amor incondicional hasta el último día.

Al Instituto Tecnológico Superior de Álamo Temapache y a cada maestro que hizo parte de mi desarrollo profesional, por sus conocimientos y aportaciones sobre la ingeniería industrial.

A mi asesor interno, el Ing. Fernando Reyes por el conocimiento que compartió conmigo para la realización de este trabajo y los consejos que me brindo para mi formación profesional.

A mi asesor externo, el Ing. Fernando García, quien me dio la oportunidad de realizar mis residencias profesionales en el taller de la empresa Triturados Santa Clara S.A DE C.V. Juntamente con la Ing. Verónica Garcés, quienes me enseñaron a desenvolverme y a tener una bonita experiencia en el ámbito laboral.

Gracias a la vida por este triunfo, gracias a las personas que me apoyaron, a mi familia y amigos.

A mí misma, por la perseverancia y el esfuerzo.

RESUMEN

Este proyecto radica en la evaluación del proceso de mantenimiento en el área de taller de la empresa Triturados Santa Clara S.A DE C.V. Consiste principalmente en la aplicación de un análisis de riesgos, el cual esta segmentado por cinco etapas.

La primera etapa para el diseño del análisis de riesgos es la de “Definir el proceso”, la cual se pretende realizar por medio de un diagrama de operaciones, donde se muestre de manera representativa las actividades del proceso, con el objetivo de profundizar en este tema. La segunda etapa es la “Identificación de riesgos” esta se llevará a cabo por medio de la metodología AMEF, la cual nos brindará y dará a conocer los posibles riesgos. La tercera etapa es un “Análisis cualitativo” en el cual se pretende analizar una norma que con lleve la manipulación de equipos de maquinaria en un taller. La cuarta etapa es un “Análisis Cuantitativo” donde se desea realizar una simulación por medio del software RISK con el fin de conocer la representación de los posibles riesgos. La quinta y última etapa es la “Propuesta de mejora” en donde el objetivo principal es prolongar la vida útil de los equipos para poder cumplir y/o maximizar el proceso de producción.

Este proyecto se centra principalmente en el análisis de los tipos de mantenimiento que brinda el taller de maquinaria, para así poder elaborar un análisis de riesgos y con este, evaluar el índice de probabilidad y nivel de riesgo a los que están expuestos los equipos de Maquinaria al no cumplir con el mantenimiento adecuado, como parte final y con los resultados de los análisis obtenidos, poder implementar medidas de control y acciones de mejora enfocadas a los estándares, tal como se mencionó anteriormente.

INDICE

AGRADECIMIENTOS	i
RESUMEN	ii
CAPITULO I. GENERALIDADES DEL PROYECTO	1
1.1 Introducción	1
1.2 Descripción de la empresa	2
1.2.1 Organigrama General de la Empresa	4
1.2.2 Organigrama del Departamento de Maquinaria	5
1.3 Problemática	6
1.4 Pregunta de Investigación	7
1.5 Objetivos	7
1.5.1 Objetivo general	7
1.5.2 Objetivos específicos	7
1.6 Justificación	8
1.7 Alcances y Limitaciones	8
1.8 Hipótesis	9
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO	10
2.1 Conceptos y Definiciones	10
2.1.1 Antecedentes del Mantenimiento	11
2.1.2 Mantenimiento Correctivo	12
2.1.3 Ventajas y Desventajas del Mantenimiento Correctivo	13
2.1.4 Mantenimiento Preventivo	14
2.1.5 Ventajas del mantenimiento preventivo	15
2.1.6 Importancia del Mantenimiento Preventivo	16
2.2 Gestión de Equipos	17
2.2.1 Gestión de Fallas	19
2.3 Indicadores de Gestión (KPIs)	20
2.4 Análisis de Riesgos	23
2.4.1 Importancia del análisis de riesgos	24
2.5 Diagrama de operaciones	25
2.6 Análisis del modo y efecto de fallas	27
2.6.1 Pasos para la implementación de un AMEF	28
2.7 Análisis del Árbol de fallas	29

CAPITULO III. ESTADO DEL ARTE	31
CAPITULO IV. DESARROLLO	33
4.1 Metodología	33
4.2 Herramientas a utilizar en la metodología	33
4.2.1 Definir el proceso	33
4.2.2 Identificar riesgos	34
4.2.3 Análisis cualitativo	36
4.2.4 Análisis Cuantitativo	37
4.2.5 Propuesta de mejora	38
CAPITULO V. RESULTADOS	39
5.1 Diagrama de operaciones de los procesos de mantenimiento correctivo y preventivo	39
5.2 Identificación de riesgos mediante la metodología AMEF	41
5.3 Evaluación y análisis cualitativo de los riesgos aplicando la metodología AMEF	45
5.4 Análisis Cuantitativo de los riesgos aplicando la metodología Árbol de fallas ...	47
5.4.1 Resultados de la metodología Árbol de fallas	48
5.5 Propuesta de mejora en los procesos de mantenimiento del Taller	50
CONCLUSIONES	53
COMPETENCIAS DESARROLLADAS	54
FUENTES DE INFORMACIÓN:	55

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Organigrama General de la Empresa TSC	4
Figura 2. Organigrama del Depto. de Maquinaria TSC.....	5
Figura 3. Curva F-P	19
Figura 4. Conceptos de la metodología SMART.....	22
Figura 5. Ejemplo de la Tabla Resumen.....	27
Figura 6. Símbolos que se utilizan en el árbol de fallas	29
Figura 7. Ejemplo de un árbol de fallas	30
Figura 8. Metodología del proyecto.....	33
Figura 9. Simbología del diagrama de operaciones	34
Figura 10. Ejemplo de los modos de fallo	35
Figura 11. Ejemplo de los efectos del modo fallo	35
Figura 12. Ejemplo del cálculo de Severidad	36
Figura 13. Simbología del árbol de fallas	37
Figura 14. Estructura fundamental de un árbol de fallas	38
Figura 15. Diagrama de operaciones de los procesos de Mantenimiento en el Taller de TSC	40
Figura 16. Árbol de fallas de la Falta de Mantenimiento a equipo en el taller de TSC.....	49
Figura 17. Nuevo Árbol de Fallas.....	51

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Funciones del Personal del Depto. de Maquinaria	5
Tabla 2. Sección 1 “Resultados de la aplicación del AMEF”	41
Tabla 3. Sección 2 “Resultados de la aplicación del AMEF”	43
Tabla 4. Sección 3 "Resultados de la aplicación del AMEF"	45
Tabla 5. Datos de porcentajes de probabilidad	48
Tabla 6. Calculo del porcentaje de probabilidad	48
Tabla 7. Datos del porcentaje de probabilidad	50
Tabla 8. Calculo de los porcentajes de probabilidad	51

CAPITULO I. GENERALIDADES DEL PROYECTO

1.1 Introducción

En los inicios de la revolución industrial, los propios operarios se encargaban de las reparaciones de los equipos. Las tareas en esa época 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 sobre todo de la Segunda, los departamentos de mantenimiento buscan no sólo solucionar las fallas que se producen en los equipos, sino, sobre todo, prevenirlas, actuar para que no se produzcan. Aparece el Mantenimiento Preventivo, el Mantenimiento Predictivo, el Mantenimiento Proactivo, la Gestión de Mantenimiento Asistida por Ordenador, y el Mantenimiento Basado en Fiabilidad (RCM). (García, 2003)

Actualmente la mayoría de las empresas consideran que para obtener un buen producto u ofrecer un buen servicio, es suficiente que las maquinas trabajen adecuadamente. El gran problema aquí es que no hemos captado el cambio que la historia nos marca y seguimos llamando equivocadamente Mantenimiento a algo que solo tiene que ver con la mecánica, armar y desarmar, sin embargo, “El Mantenimiento es una labor que consta principalmente de dos facetas: la de preservar la maquinaria y la de mantener la calidad del producto que este proporciona”. (Integra Markets, 2018)

El Consorcio Santa Clara dedicado a la producción de materiales de trituración, concretos, servicios de transporte y obra civil, está compuesto por cuatro empresas: Fletes y Acarreos LAHE S.A DE C.V, Concretos LAR, DELARS Construcciones y Triturados Santa Clara S.A DE C.V. En este caso el proyecto está enfocado a la empresa Triturados Santa Clara S.A DE C.V. La cual cuenta con Maquinaria de todo tipo, desde maquinaria menor hasta maquinaria pesada. Así también cuenta con su propio Taller de Mantenimiento en donde se realizan 2 tipos de Mantenimiento: Correctivo y Preventivo. De acuerdo con la información de la empresa, los mantenimientos que adquieren las maquinas mayormente son de tipo Correctivo, es ahí cuando el personal mecánico entra en su rol, de realizar el mantenimiento para que la maquina vuelva a su lugar de trabajo y pueda reanudar sus actividades.

Por otro lado, está el Mantenimiento Preventivo, el cual se realiza en los equipos cada 6 meses en su fecha correspondiente, de acuerdo con el calendario de actividades de cada máquina.

Es por eso, que este proyecto pretende como objetivo principal evaluar el proceso de mantenimiento mediante la aplicación de Análisis de Riesgos, en el área de taller. El proyecto se divide en 5 etapas, las cuales se elaboraran por medio de herramientas analíticas y representativas para obtener los resultados deseados y así proponer la mejora más adecuada.

1.2 Descripción de la empresa

Triturados Santa Clara S.A de C.V. es una organización constructora respetada y valorada en el marco nacional, reconocida por la capacidad de proporcionar productos y servicios para la construcción a los clientes con eficiencia y calidad, profesionalismo, respeto a la sociedad y al medio que los rodea.

Nace el 30 de mayo del 2000, a partir de una sociedad formada por los hermanos Lara Hernández, ubicada en el km. 55 de la Carretera Álamo-Alazán, en la localidad de Horcones, Municipio de Álamo Temapache; teniendo como meta consolidarse en la construcción de obras de infraestructura y proyectos de gran magnitud en la región, y a su vez, ser parte del crecimiento económico en la zona a través de la generación de empleos y ayuda a las comunidades.

El Consorcio Santa Clara está formado por las empresas Triturados Santa Clara, Delars Construcciones, Concretos Lar, Fletes y Acarreos LAHE. Lo más importante para las empresas que conforman el Consorcio Santa Clara, es la satisfacción total de los clientes. Por tal motivo se esfuerza diariamente por proporcionar productos y servicios de alta calidad que superen las expectativas de sus clientes y les ayuden a alcanzar sus metas planeadas y el éxito de sus proyectos.

La organización se consolida como la única en su tipo en la Zona Norte de Veracruz, que genera materiales para la industria de la construcción que van de agregados pétreos, concretos asfálticos e hidráulicos, servicio de construcción de obra civil y servicio de transporte de carga de materiales y equipo asociados al sector de la construcción, a las organizaciones constructoras y a las diferentes dependencias que requieran de estos servicios y productos.

En los últimos 10 años, la organización ha tenido mayor crecimiento en el ámbito de la construcción de obra civil, vías terrestres e infraestructura, obras nacionales con reconocimiento internacional. La organización ha adquirido infraestructura encaminada a

mejorar sus procesos de producción, constructivos y de transportación, teniendo como meta ser una organización competitiva y vanguardista dentro del ramo de la Construcción.

Misión

En el Consorcio Santa Clara nuestra principal tarea es satisfacer las necesidades de nuestros clientes a través de suministrar productos y servicios de alta calidad para la industria de la construcción, trabajando en equipo, brindando confianza en el desarrollo de proyectos y garantizando la seguridad operacional en nuestros centros de trabajo para todo el personal. Siempre buscando la mejora continua de nuestros procesos.

Visión

“Ser líder en el sector de la Construcción en la región, a través de la innovación constante en nuestros productos y servicios para satisfacer las necesidades de nuestros clientes con apoyo del Sistema de Gestión de Calidad y la convicción de ser una organización que promueve estabilidad laboral, Calidad en el desarrollo de proyectos y seguridad de los trabajadores en los centros de trabajo. Logrando consolidar nuestra presencia a nivel regional e incursionar en el mercado a nivel nacional”.

Valores

- Honestidad: Decir la verdad en las situaciones más simples y bajo cualquier circunstancia.
- Responsabilidad: Compromiso en el trabajo de cada persona el cual se traduce en una alta calidad en el control de todas las operaciones y en el servicio al cliente, responsabilidad es actuar y no permitir que un ambiente inadecuado se presente en la organización.
- Trabajo en equipo: Fomentar en la familia del Consorcio Santa Clara el trabajo en equipo, creando un sentido de pertenencia y confianza, promoviendo el desarrollo personal y profesional.
- Puntualidad: Estar a tiempo para cumplir nuestros compromisos adquiridos deliberadamente.

- Excelencia: Alcanzar los resultados derivados del compromiso de las partes interesadas internas, añadiendo valor para el cliente.
- Lealtad: Compromiso de defender lo que creemos.

Política de calidad

“En el Consorcio Santa Clara, suministramos productos de trituración, concretos, servicios de transporte y desarrollamos obra civil y construcción en general. Estamos comprometidos en cumplir con la satisfacción del cliente y con los requisitos aplicables. Con base en objetivos, mejoramos continuamente nuestros procesos del Sistema de Gestión de Calidad, siempre a la vanguardia, trabajando con profesionalismo y respeto a la sociedad, cuidando la seguridad y salud de los trabajadores”.

1.2.1 Organigrama General de la Empresa



Figura 1. Organigrama General de la Empresa TSC

Fuente: Portal SGC (Sistema de Gestión de Calidad) de T.S.C

1.2.2 Organigrama del Departamento de Maquinaria

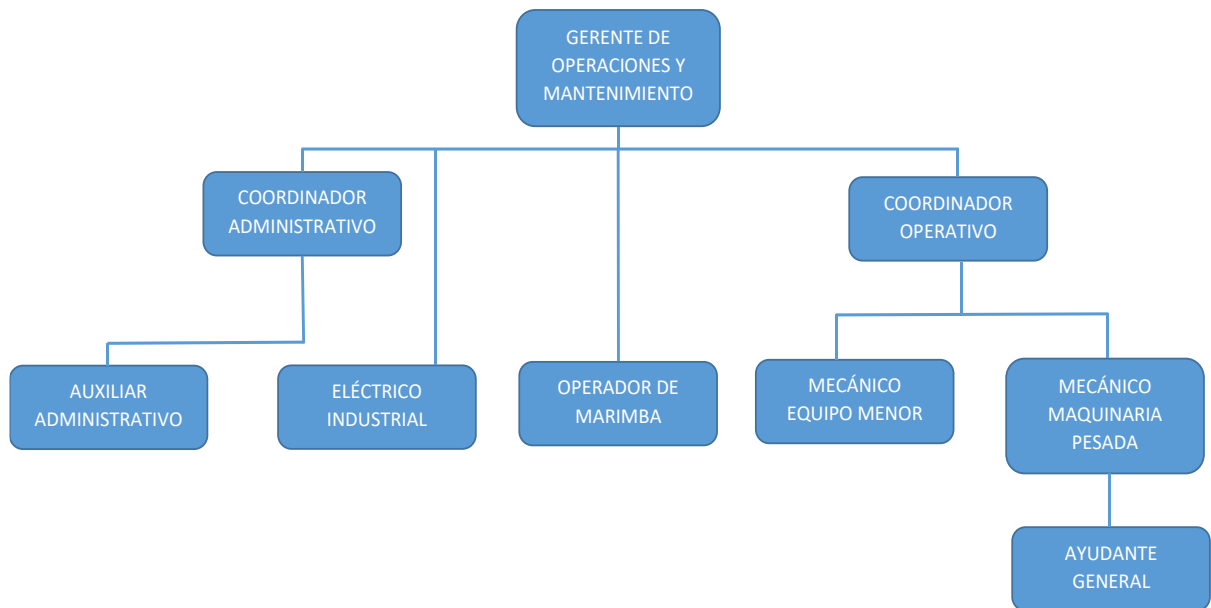


Figura 2. Organigrama del Depto. de Maquinaria TSC

Fuente: Portal SGC (Sistema de Gestión de Calidad) de T.S.C

A continuación, se presenta una tabla de los puestos y las principales funciones de cada uno de los colaboradores del Depto. de Maquinaria.

Tabla 1. Funciones del Personal del Depto. de Maquinaria

FUNCIONES DEL PESONAL DEL DEPTO. DE MAQUINARIA	
Gerente de Operaciones y Mantenimiento	Se encarga de verificar que el área mantenga los equipos en condiciones óptimas de trabajo, mediante el correcto uso de los recursos asignados a la misma.
Coordinador Operativo	Se encarga de coordinar la atención a fallas de la Maquinaria de obra y plantas, así como del Equipo Menor con motor a gasolina de 2 y 4 tiempos.
Coordinador Administrativo	Su principal función es auxiliar al gerente de Operaciones y Mantenimiento, llevando el control administrativo del departamento.

Auxiliar Administrativo	Se encarga de auxiliar en la captura de documentos generados en el área para la óptima gestión y logística de la maquinaria y equipo menor con motor a gasolina de 2 y 4 tiempos.
Mecánico Maquinaria Pesada	Atender a tiempo y forma las solicitudes de mantenimiento preventivo y correctivo de Maquinaria.
Mecánico Equipo Menor	Atender en tiempo y forma las solicitudes de mantenimientos preventivos y correctivos al equipo menor con motor a gasolina de 2 y 4 tiempos.
Eléctrico Industrial	Mantener los equipos e instalaciones eléctricas en óptimas condiciones y llevar a cabo los mantenimientos que sean necesarios para asegurar el correcto funcionamiento de estos.
Ayudante General	Apoyar en las actividades que se realizan en su área de trabajo.
Operador de Marimba	Suministrar en tiempo y forma diésel, aceites, anticongelante y grasa a la maquinaria que se encuentra en las diversas obras.

Fuente: Departamento de Aseguramiento de Calidad TSC

1.3 Problemática

La empresa Triturados Santa Clara S.A de C.V dedicada a la generación de materiales para la industria de la construcción y servicio de transporte, cuenta con su propia maquinaria para laborar en las diferentes obras que se le presentan. Así también cuenta con su propio taller mecánico, el cual se encarga de realizar diagnósticos de los problemas que las máquinas presentan y aplicar el debido mantenimiento, con el objetivo de encontrar soluciones y repararlo de manera exitosa.

En los últimos meses el área de Taller ha presentado la problemática referente a la demora excesiva en la salida de equipos sobre mantenimiento correctivo, esto quiere decir que las máquinas no están recibiendo un mantenimiento en el tiempo correcto por lo que este

problema ha traído diferentes causas, como, por ejemplo, el atraso en la producción, puesto que las maquinas que se están solicitando para alguna obra, no están del todo listas. La problemática no solo se limita a ese tipo de mantenimiento, si no que en el caso del mantenimiento preventivo las maquinas a veces rebasan el límite de horas para recibir su respectivo mantenimiento. Esto no se debe a que no se lleva un control adecuado de horas por mantenimiento si no que al tener más mantenimientos correctivos se deja a un lado el preventivo. Lo que puede ocasionar riesgos o fallas en los equipos como vibraciones, calentamiento, fuentes de falla (de agua, aceite, olores, sonidos anormales etc.) perdida en su vida útil, así como también puede provocar riesgos laborales con el personal mecánico y operativo.

1.4 Pregunta de Investigación

¿Cuáles son los principales Riesgos Operacionales que se deben controlar para mejorar los Procesos de Mantenimiento en el taller de la empresa Triturados Santa Clara S.A. DE C.V.?

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

Evaluar el proceso de mantenimiento mediante la aplicación de Análisis de Riesgos, en el área de taller de la empresa Triturados Santa Clara S.A de C.V.

1.5.2 Objetivos específicos

- Definir el proceso de mantenimiento a través de un diagrama de operaciones para poseer un conocimiento general.
- Identificar los riesgos por medio de la metodología AMEF
- Realizar un análisis cuantitativo aplicando árbol de fallas
- Desarrollar una propuesta de mejora en los procesos de mantenimiento del Taller

1.6 Justificación

El análisis de riesgos es una herramienta eficiente dentro de cualquier empresa para comprender la gestión de riesgos, así mismo para estimar de qué manera se pueden afectar los procesos y sobre todo para cómo prevenirlos. El interés de llevar a cabo la realización de este proyecto es por lo anteriormente expuesto.

Se pretende que el estudio del proceso de mantenimiento de las maquinas del Taller, sirva como referencia para profundizar en el análisis de Riesgos. Con la aplicación de un análisis de riesgo en el área de taller de la empresa Triturados Santa Clara S.A. DE C.V., se espera prolongar la vida útil de los equipos para poder cumplir y/o maximizar el proceso de producción.

En resumen, el desarrollo de este estudio quiere dar respuesta a la problemática planteada y de esta forma brindar una mejora en los procesos operativos de mantenimiento en el área de Taller.

1.7 Alcances y Limitaciones

Alcances

- El proyecto se desarrollará en la ciudad de Tuxpan, Veracruz en la empresa Triturados Santa Clara S.A DE C.V., específicamente en el departamento de Maquinaria abarcando las áreas de mecánica, electricidad, hojalatería y pintura, llevándose a cabo desde el mes de junio hasta el mes de noviembre del año 2022.
- Se entrevistarán únicamente a trabajadores que laboren dentro del departamento de Maquinaria.
- El proyecto aplica únicamente para las Maquinas Industriales de Triturados Santa Clara.
- El proyecto está dirigido a todo el personal que es parte del departamento de Maquinaria.

Limitaciones

- Los estudios de alcance exploratorio a las maquinas no pueden ser en toda la empresa solo en el Taller de TSC.

- Los estudios de alcance explicativo solo pueden ser con el personal del departamento de Maquinaria, no se puede contemplar personal de otros departamentos.
- Limitación en información financiera y económica.

1.8 Hipótesis

Por medio de la elaboración de un análisis de riesgo se permite mejorar los Procesos de Mantenimiento en el taller de la empresa Triturados Santa Clara S.A. DE C.V.

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 Conceptos y Definiciones

Mantenimiento: El mantenimiento industrial se define como el conjunto de procedimientos realizados a fin de conservar en óptimas condiciones de servicio a los equipos, maquinaria, e instalaciones de una planta (fábrica), garantizando el correcto funcionamiento del proceso de producción industrial. (Integra Markets, 2018)

Mantenimiento Correctivo: Correspondiente al conjunto de actividades destinadas a corregir defectos y solucionar fallas, en este caso se espera a que ocurra el problema para brindar la solución adecuada. (Integra Markets, 2018)

Mantenimiento Preventivo: Conformado por el conjunto de actividades que buscan anticiparse a la ocurrencia de un problema avería o falla, estas actividades son planificadas en el tiempo y espacio, buscando fortalecer puntos frecuentes de falla, localizando vulnerabilidades, reemplazando componentes antiguos o desgastados. (Integra Markets, 2018)

Falla: Ocurrencia en un ítem que impide su funcionamiento.

Riesgo: Un riesgo es la probabilidad de que ocurra un evento negativo y el efecto o impacto de tal evento, cuya existencia represente una amenaza (fuente de peligro) y vulnerabilidad de la organización a sus efectos. Es decir: riesgo = probabilidad por impacto. (Cámara Internacional de Comercio ICC, 2019)

Análisis de Riesgos: El análisis de riesgo (también conocido como evaluación de riesgo o PHA por sus siglas en inglés Process Hazards Analysis), es el estudio de las causas de las posibles amenazas, daños y consecuencias que estas puedan producir. (Torres, 2018)

Maquinaria: Conjunto de bienes tangibles que se dedican a la producción, a una actividad o utilidad en concreto. (Llamas, 2020)

Equipo: Conjunto de Componentes interconectados con que se realiza materialmente una actividad de una instalación.

Defecto: Ocurrencia en un ítem que no impide su funcionamiento, sin embargo, puede a corto o largo plazo, acarrear su indisponibilidad.

Orden de Trabajo: La fuente de datos relativos a las actividades desarrolladas por el personal de ejecución de mantenimiento, debe incluir el tipo de actividad, su prioridad, falla o el defecto encontrado y cómo fue reparado, duración, los recursos humanos y materiales utilizados, y otros datos que permitan evaluar la eficiencia de la actuación del mantenimiento y sus implicaciones con costos y programación. (Tavares Lourival)

2.1.1 Antecedentes del Mantenimiento

Definimos habitualmente mantenimiento como el conjunto de técnicas destinado a conservar equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible (buscando la más alta disponibilidad) y con el máximo rendimiento.

A lo largo del proceso industrial vivido desde finales del siglo XIX, la función mantenimiento ha pasado diferentes etapas. En los inicios de la revolución industrial, los propios operarios se encargaban de las reparaciones de los equipos. Cuando las máquinas se fueron haciendo más complejas y la dedicación a tareas de reparación aumentaba, empezaron a crearse los primeros departamentos de mantenimiento, con una actividad diferenciada de los operarios de producción. 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 sobre todo, de la Segunda, aparece el concepto de fiabilidad, y los departamentos de mantenimiento buscan no sólo solucionar las fallas que se producen en los equipos, sino, sobre todo, prevenirlas, actuar para que no se produzcan. Esto supone crear una nueva figura en los departamentos de mantenimiento: personal cuya función es estudiar qué tareas de mantenimiento deben realizarse para evitar las fallas.

El personal indirecto, que no está involucrado en directamente en la realización de las tareas, aumenta, y con él los costes de mantenimiento. Pero se busca aumentar y fiabilizar la producción, evitar las pérdidas por averías y sus costes asociados.

2.1.2 Mantenimiento Correctivo

Hoy en día es posible emplear numerosas técnicas de inspección para conocer la condición en la que se encuentra la maquinaria, lo que engloba cuestiones relacionadas con saber cuál es su temperatura en todos sus estados de funcionamiento, niveles de ruido y vibraciones, niveles de líquidos, estado de filtros y del motor, etc. (RECANPRI, S.L., 2021)

El mantenimiento correctivo es la acción de manutención de equipos efectuada debido a una falla o deficiencias encontradas. Luego, se repara el equipo, pieza o estructura para devolverlo a su estado operativo óptimo. Generalmente, las acciones de mantenimiento correctivo son no planeadas y requieren una atención inmediata para atender la mal función. Entonces, podemos decir que esta estrategia de mantenimiento es un elemento sumamente importante para la manutención de cualquier empresa. (PREDICTIVA 21, 2020)

En la industria, el mantenimiento correctivo es conocido como mantenimiento reactivo. El mantenimiento correctivo industrial es el mantenimiento que se realiza una vez que ya ha ocurrido un error en el sistema. Entonces, si no se ha producido un fallo, no habrá mantenimiento hasta que se produzca una avería que nos lleve a tomar medidas para corregir los errores. Es tan importante que, si no se lleva a cabo de forma planificada, es muy probable terminar sufriendo pérdidas innecesarias. Tales como:

- Pérdida de grandes cantidades de dinero
- Peligro grave para la salud de los usuarios
- Detención de operaciones por largos períodos de tiempo.

Gestionar con eficacia el mantenimiento correctivo significa:

- Realizar intervenciones con rapidez, que permitan la puesta en marcha del equipo en el menor tiempo posible (MTTR, tiempo medio de reparación, bajo)

- Realizar intervenciones fiables, y adoptar medidas para que no se vuelvan a producir estas en un periodo de tiempo suficientemente largo (MTBF, tiempo medio entre fallos, grande)
- Consumir la menor cantidad posible de recursos (tanto mano de obra como materiales).

2.1.3 Ventajas y Desventajas del Mantenimiento Correctivo

Como toda estrategia de mantenimiento a implementar, debemos tener en cuenta cuáles son sus ventajas y desventajas para saber si no conviene o no. Además, teniendo en cuenta las capacidades de nuestra empresa, esto es capital inicial, personal calificado, etc., podemos combinar más de una estrategia de mantenimiento para cubrir los puntos débiles de cada uno y sacar el mayor provecho en pro de nuestros objetivos.

Ventajas:

- Mayor duración de los equipos e instalaciones: se pueden realizar varias reparaciones y al sustituir las partes el equipo puede quedar como nuevo. Esto se conoce como Overhaul.
- Menor costo de las reparaciones.
- Uniformidad en la carga de trabajo del personal de mantenimiento debido a un programa de actividades.
- Fiabilidad: los equipos operan en mejores condiciones de seguridad, ya que se conoce su estado y sus condiciones de operación.

Desventajas:

- Es muy probable que algunas fallas se produzcan en el momento de la ejecución de la máquina. Esto provocaría retrasos en la cadena de producción.
- El precio puede ser muy caro: lo que podría afectar la compra de piezas de repuesto en el momento en que se necesitan.
- No podemos garantizar cuánto tiempo tomará reparar tales fallas ni cuál será la gravedad de las averías.

Una máquina con síntomas de fallas se vuelve impredecible. Por tanto, puede ser un riesgo para la salud de los operarios. (PREDICTIVA 21, 2020)

2.1.4 Mantenimiento Preventivo

El mantenimiento preventivo se cataloga como una revisión de los aparatos para su buen funcionamiento, y evita los fallos del equipo previniendo las incidencias antes de que ocurran. (Vidal, 2021)

Llevar a cabo un mantenimiento periódico en la maquinaria pesada es fundamental para conservar su adecuado funcionamiento y durabilidad, y apostar por la seguridad de los trabajadores. (RECANPRI, S.L., 2021)

Se define como mantenimiento preventivo a la acción de revisar de manera sistemática y bajo ciertos criterios a los equipos o aparatos de cualquier tipo (mecánicos, eléctricos, informáticos, etc...) para evitar averías ocasionadas por uso, desgaste o paso del tiempo. El mantenimiento preventivo se adelanta a las averías antes de que ocurran o hace que sean menos graves, por lo que disminuye el gasto en reparaciones y el tiempo en el que los equipos dejan de estar operativos debido a las mismas. (Vidal, 2021)

Existen tres tipos de mantenimientos preventivos y el conjunto de todos ellos forma un plan de mantenimiento; el cuál es indispensable para realizar una labor de mantenimiento de calidad y profesional. Estos son los tres tipos principales de mantenimiento preventivo:

- Mantenimiento programado: Se realizan por tiempo, kilómetros u horas de funcionamiento.
- Mantenimiento predictivo: Es realizado al final del período estimado máximo de utilización.
- Mantenimiento de oportunidad: Se aprovecha el período en el que no se está utilizando el equipo para realizar el mantenimiento y evitar cortes de producción.

La suma de todos estos tipos de mantenimiento da lugar al plan de mantenimiento, que es base para poder ofrecer un servicio de mantenimiento puntual, de calidad y rentable tanto para la empresa receptora como para la empresa que ofrece el servicio. (Vidal, 2021)

El mantenimiento preventivo se lleva a cabo según un calendario, independientemente de que el equipo muestre o no problemas de funcionamiento. Al integrar una inspección regular en el programa de reparación y mantenimiento de su empresa, se asegurará de que la maquinaria no tenga que dejar de funcionar antes de recibir atención. El resultado será un aumento del tiempo de funcionamiento y de la productividad. Con muchos factores que pueden causar pérdida de tiempo en proyectos de construcción que están fuera de su control, como las inclemencias del tiempo, el mantenimiento de su flota es algo valioso que debe recordar si quiere evitar la pérdida de tiempo.

La programación del mantenimiento regular también incluye la realización de limpiezas frecuentes. De hecho, la noción de "limpiar para inspeccionar" es una idea crítica en el mantenimiento preventivo. Toda tarea de limpieza de equipo pesado debe incluir también una inspección visual para comprobar los posibles problemas que puedan estar en desarrollo.

Si bien el equipo de mantenimiento preventivo no impedirá que se produzcan todas las averías, puede reducir su número, lo cual es una parte de la importancia del mantenimiento preventivo. Para llevar este tipo de servicio al siguiente nivel, puede considerar el mantenimiento predictivo. Aunque están relacionados, ambos tienen factores distintos que lo harán mejor para las necesidades de su flota.

2.1.5 Ventajas del mantenimiento preventivo

Sí, el mantenimiento preventivo puede tomar tiempo de las operaciones. Sin embargo, las razones que hay detrás del cuidado de los vehículos de la flota harán que la inversión de tiempo valga la pena. Mantenerse al día con el cuidado de una flota ayudará a que los equipos sean más seguros, a ahorrar dinero, a reducir el tiempo de inactividad y más. Con tantos beneficios de mantenimiento preventivo, esta inversión de tiempo es algo a lo que no se puede renunciar. Algunos de los beneficios del mantenimiento preventivo incluyen:

- **Ahorrar dinero:** El mantenimiento puede ahorrar hasta un 40% del exceso de costos en los proyectos de construcción al mejorar las operaciones y la productividad de la maquinaria. Además, los motores mal cuidados podrían ver una disminución en la eficiencia del combustible, aumentando la cantidad que se gasta en combustible para completar un proyecto. Mantener el sistema en su punto máximo mediante el reemplazo de filtros y el mantenimiento de la maquinaria evitará esta situación.
- **Mejorar la seguridad:** Con un mantenimiento regular, los trabajadores conservan el funcionamiento de los mecanismos de seguridad en el equipo, protegiéndolos de los daños en el trabajo. Una máquina que deja de funcionar repentinamente con un operario a bordo podría poner al empleado en riesgo de lesión por el cambio repentino.
- **Asegurar la eficiencia:** Detener el trabajo para hacer reparaciones utiliza preciosas horas de trabajo, aumentando el tiempo total para completar el trabajo y reduciendo la eficiencia. El equipo de construcción bien mantenido funcionará durante todo el proyecto, reduciendo el tiempo de inactividad.
- **Preservar la efectividad de la garantía:** Para algunas garantías, descuidar las tareas de servicio básicas podría anular la protección de la póliza.
- **Proteger la cobertura del seguro:** Dependiendo de los detalles del seguro de la flota, los daños causados por la negligencia en el mantenimiento pueden no tener cobertura.
- **Evitar las averías:** Las averías hacen perder el tiempo a los trabajadores. El mantenimiento regular previene que ocurran tales eventos al mantenerse al día con el cuidado de su equipo pesado.

2.1.6 Importancia del Mantenimiento Preventivo

Ya sea que se elija el mantenimiento preventivo o predictivo, se debe permitir el mantenimiento regular del equipo pesado. Sin ello, se verá que la vida útil de la maquinaria disminuye, la eficiencia disminuye, la productividad disminuye y los proyectos pasan las

fechas de vencimiento. El mantenimiento del equipo asegura que los trabajadores tengan las herramientas y la maquinaria que necesitan para hacer el trabajo de manera rápida y eficiente.

El mantenimiento del equipo es crítico para evitar el tiempo de inactividad, especialmente porque las averías son muy impredecibles. Sí, usted esperará ver fallos cuando se rompa una nueva máquina, así como cuando llegue al final de su utilidad. Sin embargo, el 80% de las fallas ocurren al azar, fuera de las porciones de fin de vida y de equipo nuevo del tiempo de la máquina. La incorporación de tareas de servicio preventivo en las operaciones de la flota puede minimizar los impactos de estas averías.

Las listas de control ayudarán a los trabajadores a saber qué evaluar y cuándo. Siguiendo una lista de control, los trabajadores serán menos propensos a olvidarse de evaluar los componentes importantes del sistema. Independientemente de su experiencia, todo el personal de mantenimiento debe utilizar las listas de comprobación para asegurarse de que siguen los procedimientos correctos para inspeccionar, limpiar y arreglar su equipo pesado. (PRIME SOURCE , 2022)

2.2 Gestión de Equipos

El primer paso de la gestión de equipos corresponde a conocer la base instalada (equipos, máquinas, instrumentos, herramientas, etc.), por lo cual se requiere contar con una lista ordenada o inventario de dicha base instalada. Además a fin de contar con información útil, se requiere complementar la información inventariada con datos que indiquen la relación existente entre los distintos elementos y su función dentro del proceso productivo.

Los equipos pueden ordenarse según su ubicación (locación física), según el área operativa a la que pertenecen, según su membresía a determinado sistema o sub proceso, según su utilización, según su importancia, según su costo, entre otros.

Una empresa puede contar con una o varias plantas productivas, cada una de las cuales puede contar con diversas zonas o áreas funcionales, así mismo cada área puede tener un responsable de la infraestructura y elementos que se ubican en el lugar, por cuanto cada

responsable de área o de departamento sería el encargado de llevar la actualización del inventario de sus equipos. (Integra Markets, 2018)

La gestión también implica conocer la vida de cada equipo desde que ingresa a la planta, hasta que se le da de baja, conociendo todas las tareas y cambios que se han ejercido sobre cada equipo; cabe mencionar que cada equipo debe contar con un código de identificación que lo haga único, y que a la vez lo enlace a familias de equipos con características similares. Los equipos se pueden IDENTIFICAR mediante un formulario estandarizado, que contenga información de estos, a más detallado sea permitirá contar con más información para tomar decisiones. Es recomendable completar una HOJA DE REGISTRO para cada equipo. A continuación los principales campos de registro que debería tenerse sobre cada equipo. (Integra Markets, 2018)

- Nombre y código del equipo.
- Datos generales y especificaciones técnicas.
- Descripción de su uso o función dentro del proceso.
- Instructivo de funcionamiento.
- Parámetros y valores referenciales, en los cuales su funcionamiento es correcto.
- Análisis de criticidad del equipo.
- Modelo de mantenimiento recomendado.
- Lista de repuestos críticos y repuestos no críticos.
- Lista de consumibles.

Adicionalmente se recomienda llevar una base de datos con el registro del historial de mantenimiento de los principales equipos (más críticos).

Los equipos pueden tener varios tipos o períodos de utilización, a los que se les denomina lapsos de vida. Así tenemos:

- Vida Física: Es el lapso de tiempo en que el equipo puede utilizarse en la planta como componentes de esta, desarrollando sus funciones con total normalidad siempre que reciba el mantenimiento adecuado.
- Vida en el Mercado: Esta dado por el tiempo que pasa el equipo como un producto disponible en el mercado, a ofrecimiento de los fabricantes. Cuando los modelos se

vuelven obsoletos y ya no se fabrican más, se considera que su vida en el mercado ha terminado.

- Vida Tecnológica: Se denomina de esta forma al tiempo que pasa antes de que aparezca una tecnología mejor que exija el recambio de un equipo.
- Vida Económica: Es el lapso de tiempo durante el cual el equipo es considerado un bien sujeto a depreciación.

2.2.1 Gestión de Fallas

Es necesario gestionar las fallas mediante una metodología que permita aprender de las experiencias pasadas, mediante el registro y el posterior análisis de las fallas. Una metodología de trabajo es la creación de listas de ayuda al diagnóstico, en las cuales se detalla los síntomas de la falla, las causas (probables), las soluciones aplicadas. Existe un costo económico asociado a las fallas, el cual también debe ser parte del registro de información. (Integra Markets, 2018)

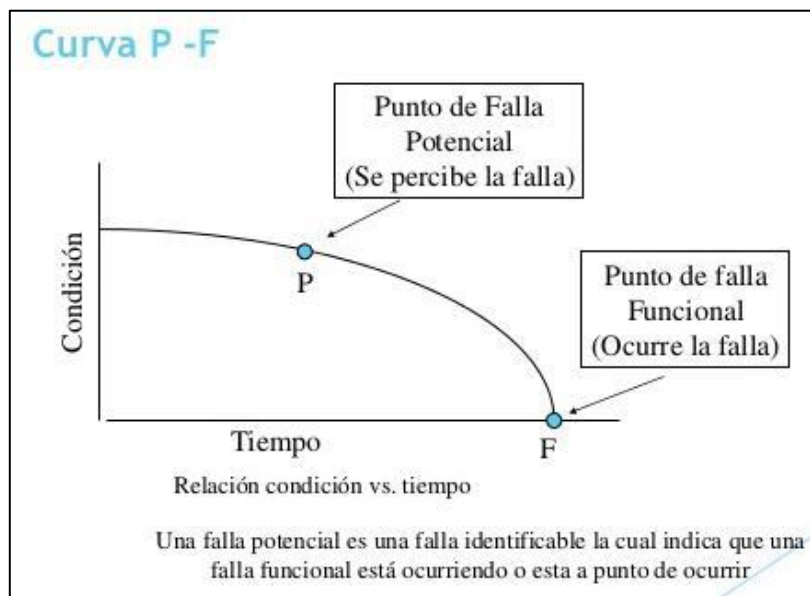


Figura 3. Curva F-P
Fuente: (Integra Markets, 2018)

Mediante el ANÁLISIS DE FALLAS, se puede encontrar las causas que provocan fallas en los equipos, para luego evaluar la forma adecuada de evitar que se vuelvan a presentar. Este análisis se ve enriquecido con información adicional tal como por ejemplo:

- Medición de condiciones ambientales.
- Registro de últimos mantenimientos efectuados.
- Condiciones de trabajo recomendadas por el proveedor.
- Historial de fallas del equipo.
- Forma de hacer el mantenimiento.
- Personal que estuvo involucrado.

Algunas de las principales CAUSAS DE LAS FALLAS son:

- Por problemas causados por desgaste, rotura, fatiga, repuestos defectuosos.
- Manejo inadecuado de los equipos (por descuido, falta de capacitación, malas decisiones, cansancio, etc.).
- Errores en la verificación del funcionamiento de los equipos, y falta de atención a alarmas.
- Reparaciones mal hechas, que vuelven a provocar el mismo tipo de falla.
- Condiciones ambientales (frío o calor extremo, humedad, exceso de polvo, corrosión, etc.).
- Uso de suministros no adecuados (Ej. nivel equivocado de voltaje).

2.3 Indicadores de Gestión (KPIs)

Los Indicadores de Gestión, también llamados KPIs (Key Performance Indicators) permiten medir el nivel del desempeño de un proceso, a fin de establecer el grado en que un objetivo fijado, se pueda alcanzar.

Solo se puede analizar, gestionar, y mejorar algo que se puede medir. El desarrollo de indicadores es un proceso que parte por tomar mediciones de la situación actual para luego contrastarlo con un patrón de referencia, que pueden ser mediciones de períodos anteriores o datos correspondientes al punto que se quiere alcanzar. Sin embargo el desafío consiste en saber qué medir, cómo, cuándo, donde, o con qué herramientas.

Dependiendo de cada empresa y cada realidad, se definirán las condiciones para la medición y análisis de datos, por ejemplo se podrán utilizar indicadores asociados a la utilización de

recursos, al tiempo de funcionamiento de la maquinaria, a las horas hombre, al uso de repuestos, a cronogramas de actividades, a ejecución de presupuestos, número de problemas atendidos, cantidad de accidentes, etc.

La norma UNE-EN 15341:2008, "Mantenimiento. Indicadores clave de rendimiento del mantenimiento", es un estándar europeo desarrollado por los Comités Técnicos de Normalización de España, el cual brinda lineamientos para el desarrollo y utilización de indicadores de rendimiento en la gestión del mantenimiento industrial, que bien podrían ser tomados como referencia en la industria local. (Integra Markets, 2018)

CARACTERÍSTICAS que deben tener los Indicadores de Gestión del Mantenimiento:

- Deben permitir conocer el grado de cumplimiento de los objetivos del departamento.
- Deben ser fáciles de medir, entender y de interpretar.
- Deben ser representativos de las actividades realizadas.
- Deben permitir establecer una relación entre trabajo solicitado y trabajo entregado.
- Deben permitir la medición y evaluación de tiempos asociados a actividades.
- Deben replicar las buenas prácticas de gestión de otros procesos y/o empresas.
- Deben motivar la competitividad y el deseo de mejorar.
- Deben ser solo unos cuantos (los más significativos o representativos).
- Deben ser concebidos partiendo del punto de vista del parámetro a ser medido.
- Deben responder a la realidad actual, por cuanto deben ser adaptables al cambio.
- Deben permitir medir parámetros que sean dinámicos (no se puede medir algo que no cambia).
- Deben ser usados para permitir crear estrategias de trabajo orientado a la mejora continua.

Una técnica utilizada para la definición de Indicadores (KPIs) es la técnica conocida como "SMART", la cual recomienda que los Indicadores cumplan con el siguiente criterio:

- Específicos (Specific)
- Medibles (Measurable)
- Alcanzables (Attainable)

- Relevantes (Relevant)
- A Tiempo (Time based)

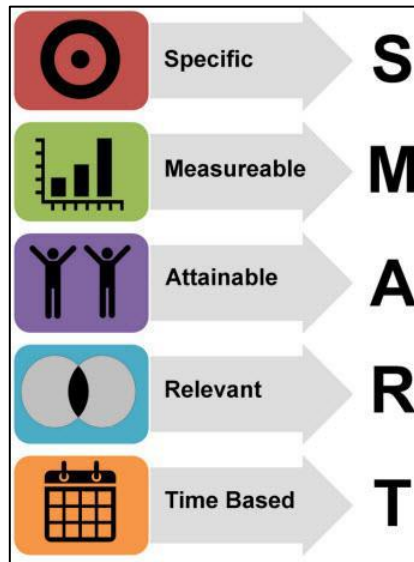


Figura 4. Conceptos de la metodología SMART

Fuente: (Integra Markets, 2018)

Existe infinidad de parámetros que pueden ser considerados como indicadores, a continuación algunos ejemplos de los principales elementos a ser medidos y supervisados por los Indicadores de Gestión:

- Cumplimiento de objetivos.
- Eficiencia en el uso de recursos económicos.
- Productividad basada en capacidad de trabajo bien hecho.
- Administración de recursos del departamento.
- Gestión del talento humano (recursos humanos).
- Desempeño de servicios externos (proveedores).
- Costos asociados a las actividades del departamento.
- Calidad del trabajo realizado.
- Resultados técnicos.
- Ahorro de recursos.
- Tiempo de respuesta.
- Tiempo de utilización.

- Calidad y seguridad.
- Grado de satisfacción.
- Avances de obra.
- Rentabilidad de un proyecto, entre otros.

2.4 Análisis de Riesgos

Una de las mejores prácticas que pueden existir en la gestión de cualquier empresa es el análisis de riesgos. Pero este no se lleva a cabo únicamente cuando hay dinero de por medio: el análisis de riesgos es una herramienta muy útil para cualquier proyecto o proceso que pueda tener un gran impacto en la organización, independientemente de su repercusión económica. (Sordo, 2021)

El análisis de riesgo es una herramienta de prevención con la que se puede pronosticar las amenazas con potencial de afectar el desempeño de algún proceso (cambio, escalada, proyecto o incursión). La idea es que se tenga un plan por adelantado para gestionar lo que podría impactar de manera negativa en el trabajo.

Aunque un análisis de riesgos no impedirá que algo salga mal, sí será útil para que se tenga un panorama realista que considere tanto lo positivo como lo negativo y, por lo tanto, para que fomente mayor confianza entre los involucrados frente a la certeza de que las decisiones que van a tomarse están bien sustentadas.

El análisis cualitativo de riesgos.

Esta vertiente es ideal cuando no se cuenta con muchos recursos para un análisis robusto. Por eso este tipo de análisis el más utilizado para la toma de decisiones en empresas que todavía no son muy grandes para las que el nivel de riesgo también es bajo. También es el análisis idóneo cuando no se tiene acceso a muchos datos para considerar un puntaje por riesgo, sino que se opta por una valoración un poco más subjetiva, ya que se toma en cuenta el juicio propio y la experiencia que se tiene hasta ese momento para considerar las amenazas al proyecto. Se pueden considerar como análisis cualitativos el brainstorming, cuestionarios, entrevistas, evaluación a grupos, opiniones de expertos y especialistas.

El análisis cuantitativo de riesgos

Por otro lado, el análisis cuantitativo utiliza métodos más certeros y matemáticos, pero que también necesitan tiempo, personal y, en algunas ocasiones, inversión financiera para llevarse a cabo.

En su desarrollo, es posible que asignes un valor numérico a las probabilidades de que algo suceda, sea bueno o malo. En ocasiones se sugiere que se realice después de un análisis cuantitativo, o de manera simultánea, aunque puedes hacerlo de forma independiente.

Siempre que haya oportunidad, se recomienda que implementes un análisis cuantitativo de riesgos, pues es un complemento que permite que se tenga una apreciación más certera de lo que puede amenazar a algún proyecto, ya que se basa en datos medibles. Dentro de este análisis, se consideran herramientas las listas de chequeo, matriz de control y software para la gestión de riesgos. (Sordo, 2021)

2.4.1 Importancia del análisis de riesgos

El objetivo de la evaluación de riesgo es identificar y ponderar los riesgos a los cuales los sistemas de información, sus activos o servicios están expuestos, con la finalidad de identificar y seleccionar los controles apropiados.

La gestión de los riesgos tecnológicos es importante dado que las organizaciones al usar tecnología en su actividad diaria y como parte de sus procesos de negocio se encuentran expuestas a este tipo de riesgos; por ello pueden afectar la actividad propia de las mismas y ser fuentes de pérdidas y daños considerables.

Los planes de seguridad deben contemplar crear conciencia a todos los involucrados en las empresas para prevenir los riesgos y buscar una estrategia con el fin de obtener el apoyo de la alta gerencia para poder cumplir con los objetivos estratégicos de la empresa, evitar en gran medida la generación de incidentes. Por todo esto las empresas deben robustecer su protección físicamente, lógicamente y el factor humano, en estos aspectos se observa la presencia de la tecnología y por esto la información se encuentra expuesta y los activos se

deben proteger en gran medida realizando los respectivos análisis de riesgos para poder mitigar la fuga de información.

Para muchas organizaciones la toma de medidas preventivas, que es el principal punto de la gestión de riesgos, y la continuidad de negocios puede pasar como irrelevante, pero su debido cuidado radica la disminución de pérdidas y perjuicios. (Torres, 2018)

2.5 Diagrama de operaciones

Un Proceso se define como un conjunto de actividades enlazadas entre sí, que partiendo de uno o más inputs (entradas), los transforma, generando uno o más output (resultado). Los procesos para poder ser gestionados deben ser medidos con indicadores de productividad y calidad. (CTE, 2019)

Para analizar un proceso es necesario descomponerlos en sus diferentes fases de trabajo, a fin de estudiar y averiguar su eficiencia. Este es el punto de partida para mejorar los procesos. Existen distintos tipos de diagramas que permiten realizar este análisis uno de ellos es el diagrama de operaciones.

El Diagrama de Operaciones del Proceso DOP es la representación gráfica y simbólica del acto de elaborar un producto o servicio. Este diagrama muestra las operaciones e inspecciones por efectuar, las relaciones sucesivas cronológicas y los materiales utilizados. En este diagrama DOP solo se registrara las principales operaciones e inspecciones para comprobar su eficiencia, sin tener en cuenta quien las efectúa ni donde se lleva a cabo.

El DOP es importante porque ayuda a:

- Clarificar el proceso: El DOP brinda una imagen clara de toda la secuencia de los acontecimientos del proceso.
- Facilitar el estudio: El DOP ayuda a estudiar las fases del proceso en forma sistemática.
- Optimizar el manejo de materiales: El DOP disminuye las demoras, comparará dos métodos, estudia las operaciones para eliminar el tiempo improductivo.
- Identificar la materia prima primaria y la secundaria de cada proceso.

Para el realizar un Diagrama de Operaciones del Proceso es necesario utilizar 3 símbolos, entre ellas tenemos:



OPERACIÓN: Se usa cuando se modifican intencionalmente las características físicas o químicas de un objeto. Se produce también una operación cuando el operario proporciona o recibe información y cuando planea o calcula.

Es decir, ocurre cuando un objeto está siendo modificado en sus características, se está creando o agregando algo o se está preparando para otra operación, transporte, inspección o almacenaje. Una operación también ocurre cuando se está dando o recibiendo información o se está planeando algo. Ejemplos: Tornear una pieza, tiempo de secado de una pintura, un cambio en un proceso, apretar una tuerca, barrenar una placa, dibujar un plano, etc.



INSPECCIÓN: Se usa cuando se examina un objeto para identificarlo o cuando se verifica la calidad o cantidad de cualquier de sus características. Es decir, ocurre cuando un objeto o grupo de ellos son examinados para su identificación o para comprobar y verificar la calidad o cantidad de cualesquiera de sus características. Ejemplos: Revisar las botellas que están saliendo de un horno, contar un cierto número de piezas, leer instrumentos medidores de presión, temperatura, etc.



ACTIVIDAD COMBINADA: Se usa cuando se desea indicar actividades conjuntas por el mismo operario en el mismo punto de trabajo, los símbolos empleados para dichas actividades (operación e inspección) se combinan con el círculo inscrito en el cuadro.

Además de un elemento que resumen numéricamente el proceso denominado: Tabla resumen, es una tabla donde se muestra de forma resumida todas actividades del proceso, mostrando la cantidad total de las operaciones, actividades y su respectivo tiempo. (CTE, 2019)

TABLA RESUMEN		
ACTIVIDAD	CANTIDAD	TIEMPO
OPERACIÓN	25	120 min
INSPECCIÓN	6	30 min
COMBINADO	2	15 min
TOTAL	33	165 min

Figura 5. Ejemplo de la Tabla Resumen

Fuente: (CTE, 2019)

2.6 Análisis del modo y efecto de fallas

AMEF O FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) por sus siglas en inglés, es un procedimiento estructurado para identificar y prevenir tanto como sea posible los modos de falla (fallamodo). El AMEF se utiliza para identificar las fuentes y las causas de los problemas de calidad. Un modo de falla es lo que se incluye en el defecto / falla en el diseño, condiciones más allá de los límites establecidos. Especificaciones, o cambios en el producto que causan la interrupción de la función del producto. (Salazar, Mosquera, Suarez, & Mendoza, 2020)

Un AMEF nos sirve para:

- Identificar el modo de fallo y la severidad del efecto.
- Identificar características críticas y características significativas.
- Para ordenar el diseño potencial y el proceso de deficiencia.
- Para ayudar al ingeniero de enfoque a reducir la atención a los productos y procesos,
- Ayudar a prevenir problemas

Básicamente, se utilizan dos tipos de AMEF en las industrias manufactureras: Uno es EL DISEÑO AMEF y el segundo es EL PROCESO AMEF.

EL DISEÑO AMEF se utiliza para analizar los productos antes de su lanzamiento a producción y se enfoca en los modos de falla potencial de los productos, causados por deficiencias de diseño. Los AMEF de diseño se realizan normalmente en tres niveles: niveles de sistema, subsistema y componentes. El PROCESO AMEF se usa normalmente para analizar los procesos de fabricación y ensamblaje a nivel de sistema, subsistema o

componente. Este tipo de AMEF se centra en los modos de falla potencial del proceso que son causados por deficiencias en el proceso de fabricación o ensamblaje. Se puede obtener un análisis de la robustez a partir de matrices de interfaz, diagramas de límites y diagramas de parámetros. Muchas fallas se deben a factores de ruido e interfaces compartidas con otras partes y / o sistemas. Para empezar, es necesario describir el sistema y su función. Una buena comprensión de AMEF simplifica el análisis adicional. (Salazar, Mosquera, Suarez, & Mendoza, 2020)

2.6.1 Pasos para la implementación de un AMEF

Los pasos básicos en el proceso de Modo de Falla y Análisis de Efecto (AMEF) son:

1. Identificar las funciones del proceso de negocio en estudio.
2. Identificar los modos de falla potencial en el proceso de negocio que se está estudiando.
3. Identificar los posibles efectos del fracaso en el proceso de negocio que se estudia.
4. Identifique las causas de la falla del proceso de negocio que se está estudiando.
5. Identificar modos de detección en el proceso de negocio en estudio.
6. Determine la clasificación de gravedad, ocurrencia, detección y número de prioridad de riesgo (RPN) en procesos de negocio que se están estudiando.
7. Mejoras propuestas

El AMEF tiene un campo de acción bastante amplio, se puede casi asegurar que esta herramienta puede ser utilizada en cualquier industria que lo requiera para obtener cambios de mejora en su proceso para obtener satisfacción en sus clientes o una comunidad en general.

Las técnicas de análisis de riesgo como el AMEF, ayudan a identificar las amenazas, problemas y anomalías de los procesos que puedan afectar la salud y seguridad de los empleados, el medio ambiente y la calidad del producto. (Salazar, Mosquera, Suarez, & Mendoza, 2020)

2.7 Análisis del Árbol de fallas

Otro método para examinar las secuencias de accidentes o fallas del sistema se basa en el uso del análisis del árbol de fallas. Este enfoque consiste en un proceso deductivo probabilístico que utiliza un modelo gráfico de combinaciones de eventos en paralelo y secuenciales, o fallas, que llevan al evento no deseado general, por ejemplo, un accidente. Fue desarrollado por los Laboratorios Bell a principios de los años sesenta para ayudar a la Fuerza Aérea de Estados Unidos a analizar las fallas en los misiles y después lo utilizó la NASA para garantizar la seguridad total del sistema del programa espacial tripulado. Dichos eventos pueden ser de varios tipos e identificados mediante diferentes símbolos (vea la figura 6). (Niebel, 2009)

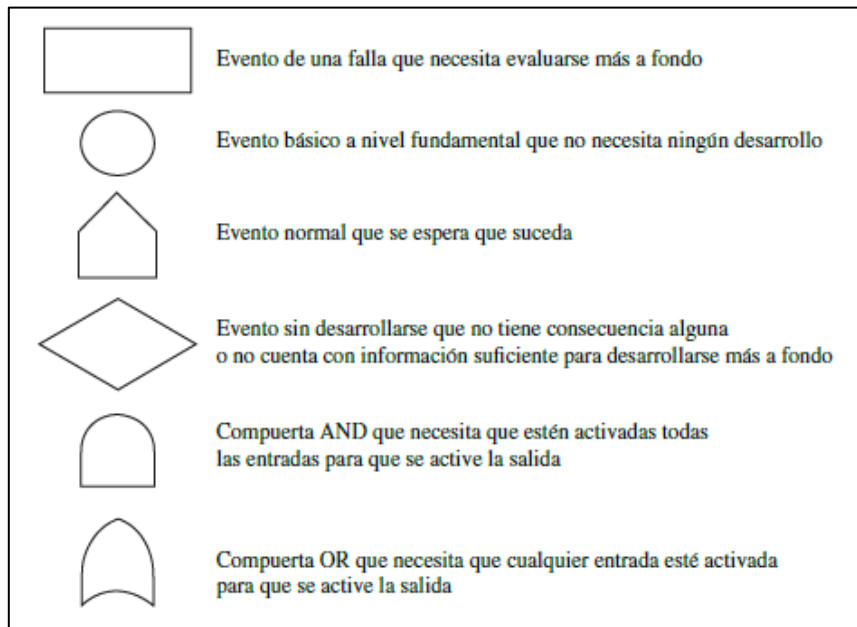


Figura 6. Símbolos que se utilizan en el árbol de fallas

Fuente: (Niebel, 2009)

En general, existen dos categorías principales: eventos de fallas, que se representan mediante rectángulos, que se pueden expandir más, comenzando por el evento que está en la parte superior; y eventos básicos, que se identifican mediante círculos, en la parte inferior del árbol de fallas que no pueden desarrollarse más.

Una compuerta AND requiere que todas las entradas estén habilitadas para que la salida lo esté. Una compuerta OR necesita que al menos una de las entradas esté habilitada para que

la salida lo esté. Evidentemente, esto implica que varias o todas las entradas también pueden estar habilitadas, pero sólo es necesario que una de ellas lo esté. Asimismo, es útil definir los eventos de entrada a la compuerta OR para que se abarquen todas las formas posibles en las que el evento de salida pueda ocurrir.

También podrían presentarse algunas situaciones en las que puede ser necesario modificar las compuertas mediante etiquetas que indiquen ciertas situaciones tales como un AND condicional: el evento A debe ocurrir antes de que ocurra el evento B o una OR exclusiva: cualquier evento, el A o el B, debe ocurrir para que se habilite la salida, pero no ambos al mismo tiempo. El primer caso puede resolverse definiendo la compuerta AND de tal manera que el segundo evento esté condicionado a que suceda el primero, y un tercer evento está condicionado a que los dos primeros sucedan. El segundo caso representa un caso especial de eventos mutuamente excluyentes y se deben manejar como tales. El desarrollo de un árbol de fallas comienza con la identificación de todos los eventos que se consideren indeseables para la operación normal. Dichos eventos deben separarse en grupos mutuamente excluyentes de acuerdo a la similitud de las causas con un evento a la cabeza de cada grupo. (Niebel, 2009)

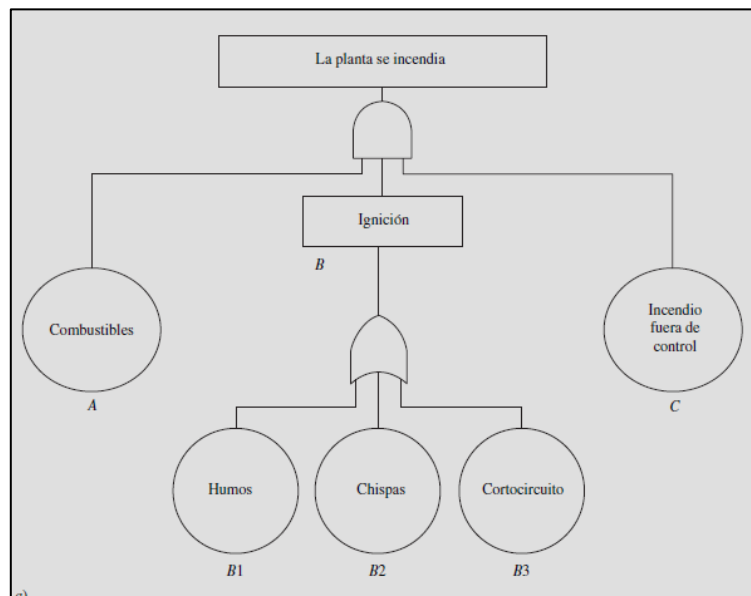


Figura 7. Ejemplo de un árbol de fallas

Fuente: (Niebel, 2009)

CAPITULO III. ESTADO DEL ARTE

“Calidad significa hacer lo correcto cuando nadie está mirando” (Ford) es lo que mencionaba Henry Ford, un empresario y emprendedor estadounidense, fundador de la compañía Ford Motor Company y padre de las cadenas de producción modernas utilizadas para la producción en masa. Siendo uno de los principales personajes en desenvolverse dentro del tema principal de este proyecto que es el mantenimiento a la maquinaria industrial, especialmente a equipos móviles.

Tras el paso del tiempo surgieron diferentes maneras de aplicar un mantenimiento a la maquinaria. En la actualidad, las empresas que utilizan maquinas o equipos móviles etc., para la generación de bienes y servicios, tienen la necesidad de que estos activos se encuentren con la mayor disponibilidad posible al mínimo costo y planteando una mayor durabilidad de dichos activos. (Salinas, 2019)

La importancia de las técnicas de mantenimiento ha crecido constantemente en los últimos años, ya que el mundo empresarial es consciente de que para ser competitivos es necesario no solo introducir mejoras e innovaciones en sus productos, servicios y procesos productivos, sino que también la disponibilidad de los equipos ha de ser optima y esto solo se consigue mediante un mantenimiento adecuado, según nos menciona el ingeniero Javier Cárcel Carrasco en su libro planteamiento de un modelo de mantenimiento industrial. (Cárcel, 2018)

Por otro lado hay expertos que han estudiado la gestión de riesgos dentro del mantenimiento a los equipos o maquinas, quienes mantienen una idea similar a la que se propone en este trabajo, la aplicación de un análisis de riesgo en las máquinas de una empresa, en este caso la empresa Triturados Santa Clara. El mantenimiento industrial se ha utilizado en todos los sectores académicos e industriales dentro de un plan de mantenimiento en conjunto con el Análisis de Modo y Efecto de Fallas (AMFE), cuyo propósito radica en mejorar los rangos de tiempo en el mantenimiento a través de situaciones críticas de un producto o sistema, justificando las mejoras e involucrando a la mayor cantidad de personas que interactúan dentro de un área industrial, mencionan un grupo de investigadores de la universidad del BÍO-BÍO. (González, Loy, López, Perez, & Cruz, 2019)

Por su parte (Walter, 2018) nos menciona que el análisis de riesgos es una herramienta que en los procesos de manufactura se considera limitado, por lo que es importante resaltar que, para los procesos mencionados, la metodología de AMEF es la más conocida en ese campo de aplicación, aportando ventajas sustanciales en su desarrollo. Además, este método se establece como una herramienta válida para generar rendimientos sustanciales con respecto a fallas y averías, optimizándolas para mejorar resultados en la aplicación de ello.

Finalmente podemos encontrar una gran aportación por el ingeniero Walter, el cual expone que las técnicas o métodos para el análisis de riesgos van desde los métodos comparativos hasta los métodos fundamentales; el primero se basa principalmente en el conocimiento adquirido con base en la experiencia, listas de verificación, análisis histórico de accidentes y el segundo son formas estructuradas que ayudan a estimular el conocimiento en conjunto, algunos de los métodos son: estudios de riesgo y operatividad, análisis de tareas y análisis preliminar de riesgos. La importancia de esto, es que las consideraciones que se mencionan, dan pauta a realizar un análisis con las características de manifestar la mejora en la gestión y desarrollo del mantenimiento industrial, prolongando la vida útil de los equipos, reduciendo costos y por supuesto maximizando el proceso de producción. (Alexander, 2020)

CAPITULO IV. DESARROLLO

En el presente capítulo se describirá la metodología a utilizar para poder llevar de manera eficiente el análisis de riesgos en el área del Taller de mantenimiento de la empresa Triturados Santa Clara.

4.1 Metodología

Para el desarrollo de este análisis en el área de Taller de Maquinaria del Patio Cobos en la empresa Triturados Santa Clara se utilizara la siguiente metodología:

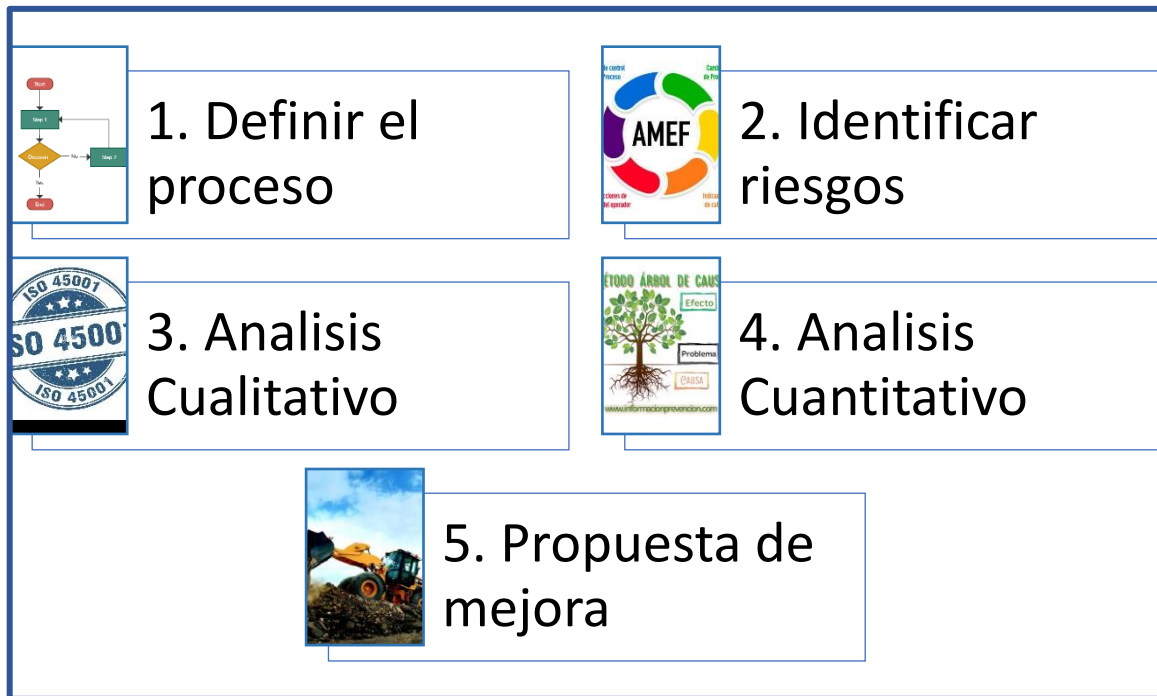


Figura 8. Metodología del proyecto

Fuente: Elaboración propia

4.2 Herramientas a utilizar en la metodología

A continuación se describe cada una de las herramientas que se desarrollaran en cada una de las etapas del proyecto (Representadas anteriormente en la Fig. 8), con la finalidad de comprender de mejor manera el desarrollo de este proyecto.

4.2.1 Definir el proceso

En la primera etapa del proyecto se definirá el proceso mediante un diagrama de operaciones el cual es una representación gráfica de los acontecimientos que se producen durante una

serie de acciones u operaciones y de la información concerniente a los mismos. En este caso las actividades que se realizan dentro del proceso del mantenimiento correctivo y preventivo en el taller de Triturados Santa Clara.

El diagrama de operaciones se realizara de acuerdo con la información brindada por la empresa a través del portal SGC (Sistema de Gestión de Calidad) el cual es un portal hecho por la misma empresa donde se habilita toda la información de esta, desde la misión y la visión hasta información de cada una de las áreas con las que cuenta la empresa.

Como se sabe un diagrama de operaciones se realiza a base de una simbología, misma que a continuación se presenta:

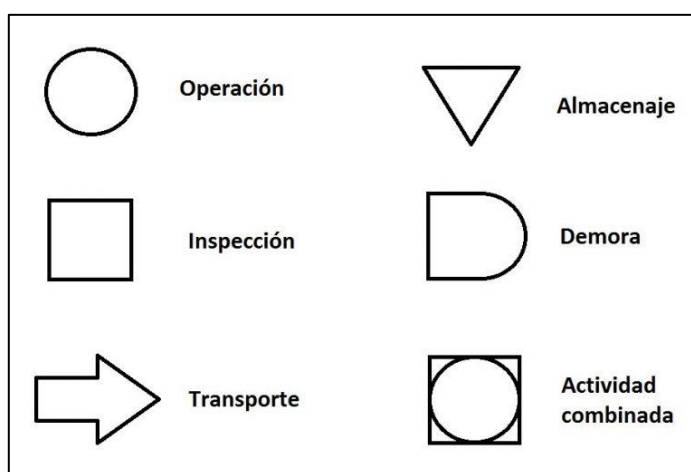


Figura 9. Simbología del diagrama de operaciones

Fuente: Elaboración propia

A través de esta simbología podremos realizar el diagrama de operaciones sobre el mantenimiento correctivo y preventivo de Triturados Santa Clara. Y por medio de esta herramienta podremos definir el proceso de los mantenimientos, que es la primera etapa de este proyecto.

4.2.2 Identificar riesgos

La segunda etapa del proyecto es identificar los riesgos que existen en las máquinas de la empresa. Para identificar estos riesgos se realizara un Análisis de Modo y Efecto de Falla

(AMEF) el cual nos permitirá definir, priorizar y limitar los riesgos o fallas que se encuentren en la Maquinaria.

Para realizar el AMEF se tiene una serie de pasos pero en este caso el AMEF no se va a concluir ya que nuestro objetivo en esta fase solo es identificar los riesgos y no brindar acciones preventivas aún, puesto que la última fase se basa solo en esa actividad.

Para desarrollar esta herramienta lo primero que se tiene que hacer es analizar el proceso el cual en la fase 1 ya se tiene que haber definido mediante un diagrama de operaciones. Después se debe determinar los modos de fallo de cada actividad de proceso, a continuación se muestra un ejemplo. (Ingenio Empresa, 2019)

Actividad	Modos de fallo
Programar información del libro en máquina litográfica	La información que llega al trabajador es incorrecta Error en la digitación
Insertar papel e imprimir en máquina litográfica	Atascamiento del papel
Colocar papel impreso del libro en máquina generadora de hojas	Atrapamiento de extremidades del trabajador Atascamiento del papel
Colocar papel impreso del libro en máquina articuladora y accionar	Atrapamiento de extremidades del trabajador
Programar información del folleto en máquina litográfica	La información que llega al operario es incorrecta Error en la digitación
Insertar papel de folletos e imprimir en máquina litográfica	Atascamiento del papel

Figura 10. Ejemplo de los modos de fallo

Fuente: (Ingenio Empresa, 2019)

Como tercer paso se tienen que determinar los efectos de los modos de fallo. Para cada uno de los modos de fallo identificados (los potenciales y los ya ocurridos) debemos determinar los efectos que genera. Con efectos se refiere a la consecuencia en el cliente o procesos posteriores. Un ejemplo de los efectos de los modos de fallo es el siguiente:

Actividad	Modos de fallo	Efecto
Programar información del libro en máquina litográfica	La información que llega al trabajador es incorrecta	El libro queda con páginas incompletas Aumenta el tiempo de espera del cliente El número de páginas es incorrecto
	Error en la digitación	El libro puede quedar con páginas incompletas El número de páginas o tipo de libro puede ser incorrecto
Insertar papel e imprimir en máquina litográfica	Atascamiento del papel	Pérdida de tiempo mientras se retira el papel atascado Sobrecostos por papel desechado

Figura 11. Ejemplo de los efectos del modo fallo

Fuente: (Ingenio Empresa, 2019)

Como cuarto paso se tiene que calcular el valor de la severidad también conocida como gravedad, la severidad usualmente se clasifica en una escala de 1 a 10, siendo 1 insignificante y 10 catastrófico. Es posible que un modo de falla tenga más de un efecto, por lo tanto considera el efecto que mayor severidad genera.

La siguiente tabla de severidad puede orientar para asignar una calificación:

Gravedad	Criterio	Valor
Muy Baja	No es razonable esperar que este fallo de pequeña importancia origine efecto real alguno sobre el rendimiento del sistema. Probablemente, el cliente ni se daría cuenta del fallo.	1
Baja	El tipo de fallo originaria un ligero inconveniente al cliente. Probablemente, éste observara un pequeño deterioro del rendimiento del sistema sin importancia. Es fácilmente subsanable	2-3
Moderada	El fallo produce cierto disgusto e insatisfacción en el cliente. El cliente observará deterioro en el rendimiento del sistema	4-6
Alta	El fallo puede ser crítico y verse inutilizado el sistema. Produce un grado de insatisfacción elevado	7-8

Figura 12. Ejemplo del cálculo de Severidad

Fuente: (Ingenio Empresa, 2019)

Después se deberán determinar las causas. Para cada una los modos de fallo, debemos determinar las causas que la generan. Algunas herramientas de análisis de causas como Diagrama de Ishikawa, Pareto o 5 Por Qué pueden ser muy útiles para este caso.

Este paso es muy importante porque, al encontrar la causa por la cual se presentan los riesgos potenciales, será más probable que la actividad genere buenos resultados.

Seguido se tiene que calcular el grado de ocurrencia, el índice de ocurrencia o frecuencia, que no es más que la estimación probabilidad de que ocurra un fallo por la causa anotada. Al igual que la severidad, la ocurrencia se suele clasificar en una escala del 1 al 10, siendo 1 muy improbable y 10 inevitable.

4.2.3 Análisis cualitativo

Para la tercera fase se desarrollara un análisis cualitativo el cual se basara principalmente en la Norma ISO 45001 la cual gestiona la seguridad y Salud en el trabajo (SG-SST). Se trata de una herramienta útil para ayudar a las organizaciones y empresas en la gestión de los riesgos y oportunidades así como en la prevención de las lesiones y los problemas de salud en el trabajo.

4.2.4 Análisis Cuantitativo

Para la cuarta fase que es realizar el análisis cuantitativo se pretende utilizar la herramienta de árbol de fallas, la cual es un análisis sistemático que permite identificar la causa raíz de un fallo a través de un diagrama.

El árbol de fallas nos permitirá diagnosticar la causa raíz de un fallo, entender cómo el sistema puede fallar, determinar los riesgos asociados con el sistema, identificar medidas para reducir el riesgo y estimar la frecuencia de los accidentes de seguridad.

Para desarrollar esta herramienta nos tenemos que basar principalmente en la simbología que ya está determinada, la cual se muestra en la siguiente imagen.

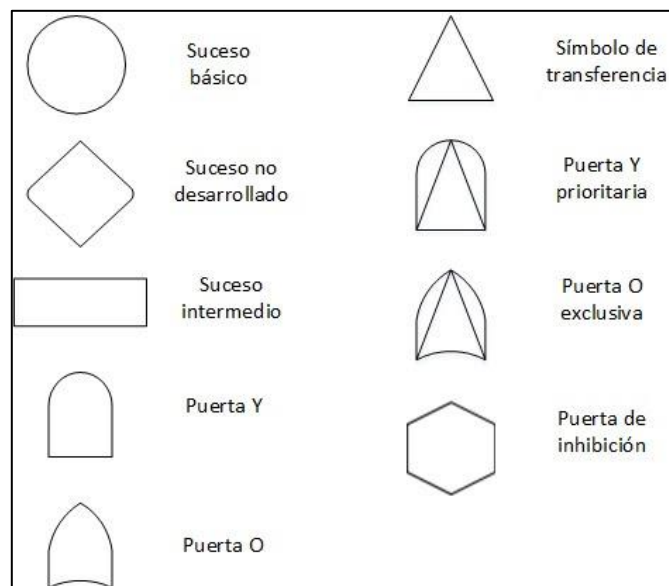


Figura 13. Simbología del árbol de fallas

Fuente: (Seguridad Industrial, 2020)

Después tenemos que definir el evento o conocer la falla que existe para que se pueda ir construyendo el árbol. El árbol se construirá al usar los símbolos de eventos nombrados arriba. Será sencillo, con un formato lógico, uniforme y consistente de nivel a nivel. Utilizando títulos claros y precisos al escribir dentro de los símbolos de eventos. Las puertas de lógica se limitaran a “la puerta y” y “la puerta o” y se debe usar símbolos de restricción solamente cuando sea necesario. (Seguridad Industrial, 2020)

Un ejemplo sería el uso del símbolo óvalo de restricción para ilustrar una secuencia necesaria de eventos que tienen que suceder para que ocurra un evento.

A continuación se presenta la estructura fundamental de un árbol de fallas:

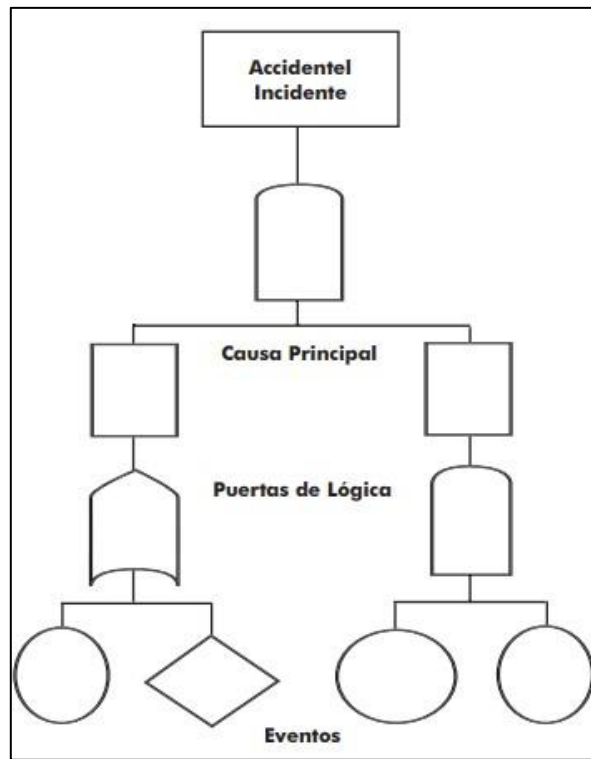


Figura 14. Estructura fundamental de un árbol de fallas

Fuente: (Seguridad Industrial, 2020)

Además es importante validar el árbol, esto requiere a una persona que sabe mucho del proceso para verificar que el árbol esté completo y exacto. Para esto se tendrá el apoyo tanto del asesor interno como del externo, quienes ayudaran a corregir errores o mejorar la realización de esta herramienta.

4.2.5 Propuesta de mejora

En esta última fase se pretende brindar una mejora en los procesos de mantenimiento en las máquinas de la empresa. De acuerdo con los resultados que se obtengan de las 4 fases anteriores se propondrá la mejora más óptima para este proyecto.

CAPITULO V. RESULTADOS

En el siguiente capítulo se describen los resultados del cumplimiento de los objetivos específicos, los cuales se enlistan a continuación:

- Definir el proceso de mantenimiento a través de un diagrama de operaciones para poseer un conocimiento general.
- Identificar los riesgos por medio de la metodología AMEF
- Realizar un análisis cuantitativo aplicando árbol de fallas
- Desarrollar una propuesta de mejora en los procesos de mantenimiento del Taller.

5.1 Diagrama de operaciones de los procesos de mantenimiento correctivo y preventivo

A continuación se presenta el diagrama de operaciones del proceso de mantenimiento correctivo y preventivo con el objetivo de poseer un conocimiento general así como, identificar las actividades y operaciones principales en cada proceso.

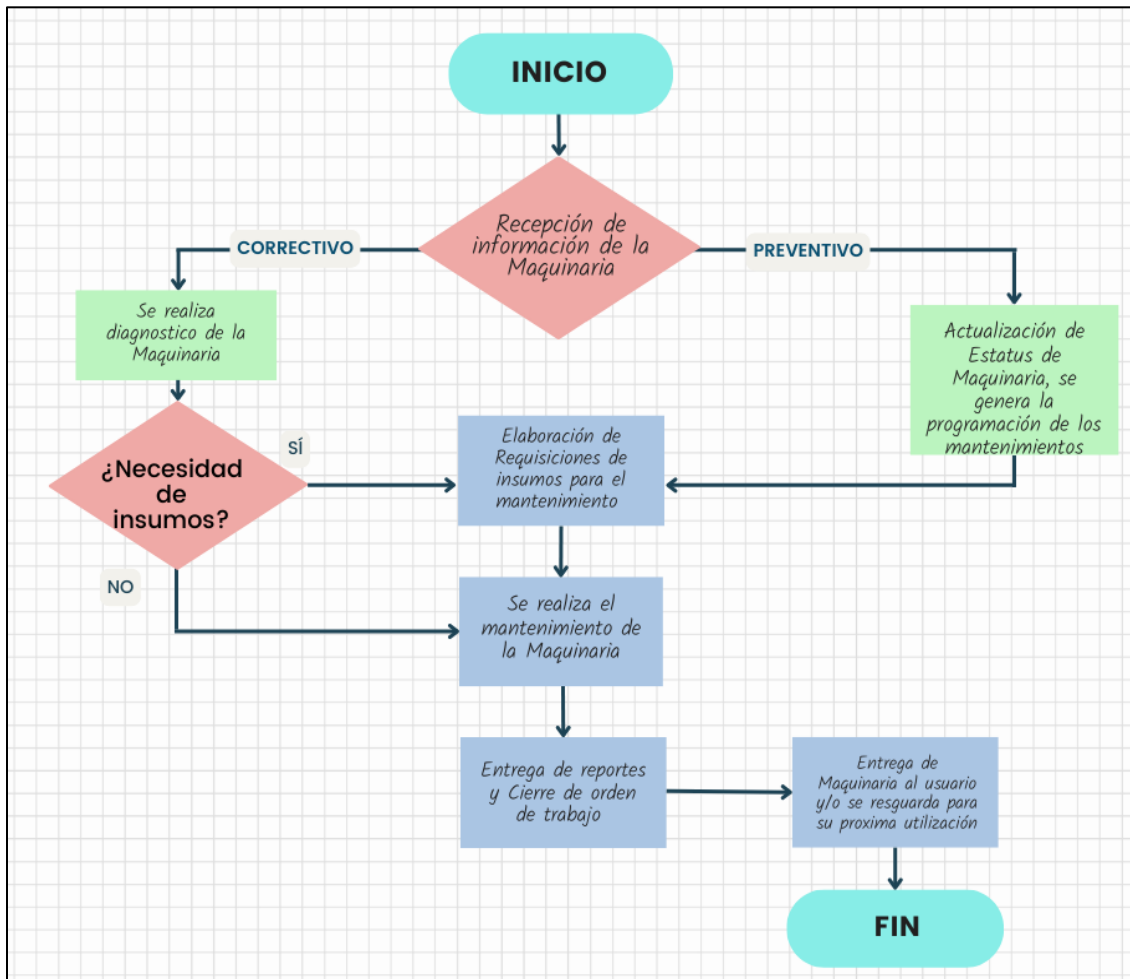


Figura 15. Diagrama de operaciones de los procesos de Mantenimiento en el Taller de TSC

Fuente: Elaboración propia

El diagrama presentado en la Fig. 15, comienza con la recepción de información de la maquinaria, es decir se abre una orden de trabajo la cual consta de un reporte acerca de los datos e información del equipo que necesita mantenimiento, datos como el nombre de la máquina, (en este caso se le denomina N° económico), horómetro de la máquina, kilometraje de la máquina, cantidad de combustible o diésel en la máquina, falla que presenta la máquina, nombre del mecánico encargado de realizar el mantenimiento, etc. En esta actividad se debe tomar una decisión basada en la necesidad de mantenimiento de la máquina, ya sea mantenimiento correctivo o preventivo.

Según el diagrama después de la recepción de información de la máquina para un mantenimiento correctivo, existe una inspección, la cual es realizar un diagnóstico al equipo. Es aquí cuando los mecánicos y ayudantes entran en su rol. Ellos se encargan de revisar la máquina y analizar la falla que presenta. Para esto se debe tomar otra decisión en el proceso la cual es ¿Se necesitan insumos (Refacciones, partes, filtros etc.) para realizar mantenimiento correctivo al equipo?

Si la respuesta es “Si” se elabora una requisición de insumos. En esta operación el coordinador administrativo se encarga de elaborar una requisición de insumos, si bien los insumos se encuentran en el almacén, el mecánico encargado procede a llevar la requisición para que le den salida y así se pueda comenzar a realizar el mantenimiento correctivo. Pero si los insumos no se encuentran en stock en el almacén, el coordinador administrativo manda la requisición al área de compras (Donde entra otro proceso el cual en ocasiones es demorado).

Pero si la respuesta es “No”, se procede a realizar el mantenimiento correctivo a la máquina.

Cuando el mantenimiento correctivo se haya llevado a cabo se procede a entregar los reportes de los mecánicos (reportes de los datos principales de la máquina que se está trabajando y en los cuales se redactan las actividades que se realizaron durante todo el mantenimiento, los cuales deberán ir autorizados por el gerente de operaciones y mantenimiento) y se cierra la orden de trabajo correspondiente a la máquina. Por último se realiza la entrega del equipo al

usuario u operador para llevarla a la obra correspondiente, pero si no se le dará uso, el equipo se resguarda para su próxima utilización.

En el caso del mantenimiento preventivo, después de la recepción de información de la máquina, se realiza una actualización de estatus de maquinaria y se genera la programación de los mantenimientos. Esto quiere decir que para este tipo de mantenimiento ya se tiene una fecha establecida para trabajar en la máquina. A comparación del mantenimiento correctivo que se tiene que realizar en cuanto la falla se presenta, el mantenimiento preventivo se realiza antes de que surja una falla. La similitud entre estos dos procesos es que de aquí en adelante se realizan las mismas operaciones. Des pues de la programación para el mantenimiento preventivo, se elabora igualmente una requisición de insumos para después ejecutar el debido mantenimiento, se entregan los reportes por los mecánicos, se cierra la orden de trabajo, se entrega el equipo a su operador para llevarla a obra y si no se resguarda para su próxima utilización.

Es así como se describiría detalladamente el diagrama de operaciones de los procesos de mantenimiento correctivo y preventivo.

5.2 Identificación de riesgos mediante la metodología AMEF

Una vez identificadas las actividades que se realizan en los procesos de mantenimiento correctivo y preventivo del taller de maquinaria de la empresa Triturados Santa Clara S.A De C.V. Se procede a efectuar la metodología AMEF, la cual se presenta dividida en secciones. A continuación en la tabla 2, se describen los resultados de la sección 1.

Observamos que las operaciones de los mantenimientos son analizadas y evaluadas identificando el modo y efecto potencial que origina la falla, de igual manera se cuantifica el grado de severidad de cada una de las actividades del proceso.

Tabla 2. Sección 1 “Resultados de la aplicación del AMEF”

N°	ACTIVIDAD DEL PROCESO	MODO POTENCIAL DE FALLA	TIPO DE RIESGO	EFFECTO POTENCIAL DE LA FALLA	SEVERIDAD
1	Recepción de información de la maquinaria	Falta de datos del equipo en la orden de trabajo	Riesgo Legal	Problemas en auditorías	6

2	Diagnostico de la maquinaria	Falta de una adecuada inspección a los equipos	Riesgo Operativo	El equipo sigue teniendo fallas al final del mantenimiento	8
3	Elaboración de requisiciones de insumos para el mantenimiento	Demora en el proceso de realizar una requisición	Riesgo Administrativo	No tener a tiempo las refacciones de las máquinas	6
		Los insumos no están en stock en el área de almacén	Riesgo de Suministro	No se puede realizar el mantenimiento	7
		El área de compras demora en adquirir los insumos	Riesgo de Suministro	No se puede realizar el mantenimiento	8
4	Realización de mantenimientos a la Maquinaria	No ejecutar en los tiempos establecidos los mantenimientos preventivos por falta de una programación adecuada en el área	Riesgo Psicosocial	Los equipos no salen a tiempo y retrasan la obra del cliente	7
		No realizar los mantenimientos en los tiempos establecidos por falta de insumos o refacciones y aun así mantenerlos en obra	Riesgo Mecánico	El equipo puede tener fallas mayores principalmente, ruido, vibraciones, temperatura y rotura de las propias máquinas	10
		No realizar los mantenimientos en los tiempos establecidos por	Riesgo Operativo	Perdida de producción para la empresa	10
		Atrasos en los diferentes procesos al recurrir en fallas imprevistas	Riesgo Mecánico / Financiero	Perdida de producción para la empresa	10
		Demora excesiva en la salida de equipos del taller por priorización a	Riesgo Reputacional	La maquinaria no esta lista a tiempo para trasladarla a la obra	7
		Riesgos laborales y ambientales	Riesgo laboral / Ambiental	Daños físicos a las máquinas y al personal del Taller, lo que produce daños económicos para la	8
5	Entrega de reportes y cierre de orden de trabajo	No cerrar la orden de trabajo en el sistema Vs Control	Riesgo Sistemático	Llamada de atención por parte de contraloría	7

6	Resguardo de la maquina	Resguardar los equipos bajo condiciones no tan agradables por mucho tiempo	Riesgo Físico	Daños físicos, como el desgaste, roturas o degradación en la vida útil de las máquinas	9
---	-------------------------	--	---------------	--	---

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la tabla 3 de la sección 2 del AMEF se llevó a cabo en análisis del proceso de los mantenimientos, en esta sección se analizaron las posibles causas que originan el modo potencial de la falla cuantificando el grado de ocurrencia y de igual forma los controles previos con los que cuenta el proceso actualmente. En conclusión se observa que la causa potencial con mayor número prioritario es la de “No realizar los mantenimientos en los tiempos establecidos por falta de insumos o refacciones y aun así mantenerlos en obra”.

Tabla 3. Sección 2 “Resultados de la aplicación del AMEF”

CAUSA POTENCIAL DE LA FALLA	OCURRENCIA	CONTROLES DE PREVENCIÓN	DETECCIÓN	NPR
El trabajador no llena todos los campos de la OT por que no sabe responder	3	Dirigirse con el coordinador administrativo para realizar todo el llenado	3	54
Falta de conocimientos por parte de los mecánicos	3	Llamada de atención al personal para que no existan fallas en los proximos mantenimientos	5	120
Sobrecarga de trabajo para el coordinador administrativo	6	Priorizar las actividades más importantes como las requisiciones u ordenes de trabajo	5	180
No existe una gestión de stock en el almacén	6	El área deberá plicar metodología ABC	4	168

No se encuentran los insumos que se necesitan / Demora en la autorización por parte de la dirección	4	No existe	9	288
Sobrecarga de trabajo para el coordinador administrativo y existe falta de organización por parte del equipo de trabajo	3	Llamada de atención al personal	5	105
Falta de recursos financieros para comprar refacciones a los equipos / No se encuentran los insumos con el proveedor	5	No existe	10	500
Los trabajadores están ocupados en otras máquinas y no se da abasto el trabajo	5	Contratar más personal	7	350
Realización de mantenimientos poco efectivos debido a que las refacciones no son de calidad	4	Comunicarlo al proveedor para realizar cambios en las refacciones	9	360
Los mantenimientos se empalman y no hay suficiente personal para cada máquina	3	Contratar más personal	7	147
Sobrecargas, derrames de combustible o aceites	3	Aplicar un programa de Seguridad e higiene	5	120
Sobrecarga de trabajo para el coordinador administrativo	2	No existe	5	70

El patio no es el adecuado para resguardar las máquinas, los cambios climatológicos afectan a los equipos ya que se encuentran al aire libre	6	No existe	5	270
--	---	-----------	---	-----

Fuente: Elaboración propia

5.3 Evaluación y análisis cualitativo de los riesgos aplicando la metodología AMEF

Una vez determinado el primer NPR, se procede a realizar la propuesta de acciones recomendadas que permiten reducir el riesgo de falla de los procesos de mantenimiento y se asignan responsabilidades.

Como se puede observar en la tabla 4 de la Sección 3, al calcular el nuevo NPR se refleja un considerable decremento en los indicadores, permitiendo un nivel óptimo de riesgo bajo.

Tabla 4. Sección 3 "Resultados de la aplicación del AMEF"

ACCIONES RECOMENDADAS	RESPONSABLE / FECHA	RESULTADOS DE LAS ACCIONES				NPR
		ACCIONES TOMADAS	SEVERIDAD	OCURRENCIA	DETECCIÓN	
Uso de calcomanías visibles en los equipos	Gerente de Operaciones y Mantenimiento / Ing. Fernando García Solís	Uso de calcomanías visibles en los equipos	5	2	1	10
Brindar cursos al personal del Taller cada que sea necesario para conocimientos más a fondo sobre los mantenimientos	Gerente de Operaciones y Mantenimiento / Ing. Fernando García Solís	Poporcionarles manuales sobre Mantenimientos para ampliar su conocimiento	5	2	3	30
Gestionar la organización de sus actividades / Asignar un auxiliar para el apoyo de las tareas	Coordinador Administrativo de Maquinaria / Ing. Veronica Garces	Asignar un auxiliar para el apoyo de las tareas	5	2	5	50
Asignar una persona especialmente para automatizar la gestión de stock en el almacén por medio de métodos como FIFO-LIFO Y ABC	Área de almacén	Asignar una persona especialmente para automatizar la gestión de stock en el almacén por medio del ABC	7	5	4	140

Buscar los insumos con otros proveedores	Área de almacén	Buscar los insumos con otros proveedores	6	2	6	72
Gestionar la organización de sus actividades y la comunicación laboral	Gerente de Operaciones y Mantenimiento / Ing. Fernando García Solís	Optimizar la comunicación laboral por medio de llamadas, mensajes de texto	4	3	3	36
Parar la máquina en cuanto presente una falla y esperar a su reparación para no ocasionar problemas mayores en el equipo	Dirección general de la empresa / Ing. Ricardo Lara	Parar la máquina en cuanto presente una falla y esperar a su reparación para no ocasionar problemas mayores en el equipo	7	4	6	168
Contratar personal capacitado	Depto. Recursos Humanos	Contratar personal capacitado	8	4	4	128
Mejorar la calidad de los insumos cambiando de proveedores	Área de aseguramiento de Calidad / Área de almacén	Comprar insumos de mejor calidad aun que el precio este más elevado	6	3	6	108
Contratar personal capacitado	Depto. Recursos Humanos	Contratar personal capacitado	5	3	5	75
Implementar la norma sobre la seguridad y salud en el trabajo en Maquinaria ISO	Área de SISMA	Implementar la norma sobre la seguridad y salud en el trabajo en	7	2	3	42
Asignar un auxiliar para el apoyo de tareas	Depto. Recursos Humanos	Asignar un auxiliar para el apoyo de tareas	5	1	2	10
Rediseñar el área (Patio) cumpliendo con las condiciones optimas para resguardar la maquinaria / Si las máquinas no estarán en uso por mucho tiempo venderlas e invertir en otras mejoras	Área de aseguramiento de Calidad / Dirección general de la empresa	Las máquinas que no esten en uso por mucho tiempo y no se pretenden ocupar para futuras obras, venderlas e invertir en otras mejoras	8	5	4	160

Fuente: Elaboración propia

Finalmente con la realización de este análisis podemos observar en los resultados de la sección 3 que el nivel prioritario de riesgo más alto lo tiene la actividad número 4 del proceso llamada “Realización del mantenimiento” la cual indica un riesgo mecánico ya que el equipo puede tener fallas mayores principalmente, ruido, vibraciones y rotura de las propias máquinas puesto que no se realizan los mantenimientos en los tiempos establecidos por falta de insumos o refacciones y aun así se mantienen trabajando en obra, por motivo de falta de recursos financieros para comprar refacciones o que no se encuentran los insumos con el proveedor. Para esto se toma la acción de parar la máquina en cuanto presente una falla y

esperar a su reparación para no ocasionar problemas mayores en el equipo. Aunque esto quiera decir que se tiene que parar la producción, lo más conveniente es apagar el equipo y no esperar a que ocurra un riesgo físico más grave que atente con la maquina o hasta con el propio operador. Con esta acción se logra un considerable decremento puesto que el primer NPR tenía un alto riesgo de falla con un nivel de 500 mientras el nuevo NPR considera un riesgo de falla medio con un nivel de 168.

El segundo nivel prioritario de riesgo más alto lo tiene la actividad número 6 del proceso de los mantenimientos llamada “Resguardo de la maquinaria” donde el riesgo son daños físicos, como el desgaste, roturas o degradación en la vida útil de las máquinas debido a que el patio no es el adecuado para resguardar las máquinas y los cambios climatológicos afectan a los equipos ya que se encuentran al aire libre. Por lo cual se toma una acción que indica que las máquinas que no estén en uso por mucho tiempo y no se pretenden ocupar para futuras obras, venderlas e invertir en otras mejoras, además de rediseñar el patio con óptimas condiciones: Teniendo un nivel de riesgo medio de 270 y dando como resultado final un NPR de 160.

5.4 Análisis Cuantitativo de los riesgos aplicando la metodología Árbol de fallas

Una vez realizado el análisis cualitativo, se procede a realizar el análisis cuantitativo por medio de la metodología de árbol de fallas. Para la realización de esta metodología lo primero que se tiene que hacer es definir el evento o conocer la falla que existe.

En este caso y de acuerdo con los resultados del análisis cualitativo, el riesgo más alto y del cual se pretende elaborar el árbol de fallas es un riesgo mecánico que se posiciona en la actividad número 4 del proceso llamada “Realización del mantenimiento” donde el riesgo principalmente es ruido, vibraciones y rotura de las propias máquinas puesto que no se realizan los mantenimientos en los tiempos establecidos por falta de insumos o refacciones y aun así se mantienen trabajando en obra, por motivo de falta de recursos financieros para comprar refacciones o que no se encuentran los insumos con el proveedor.

5.4.1 Resultados de la metodología Árbol de fallas

Para la realización del diagrama de árbol de fallas lo primero que se necesita es el evento principal que en este caso es la “Falta de Mantenimiento” y después los porcentajes de probabilidad para A1, A2, B1, B21, B22, B3 y B4 que son los valores que se determinaron de acuerdo a lo ocurrido en el taller de la empresa y que a continuación se presentan:

Tabla 5. Datos de porcentajes de probabilidad

SIMBOLO	DESCRIPCIÓN	PORCENTAJE	
A1	Esta ocupado el trabajador	0.13	13%
A2	Falta del trabajador	0.12	12%
B1	Error en la requisicion	0.1	10%
B3	No pidieron requisicion	0.08	8%
B4	Proveedor no cuenta con el insumo	0.15	15%
B21	No hay dinero	0.1	10%
B22	Error en la requisicion	0.07	7%

Fuente: Elaboración propia

De dichos datos se calculó el porcentaje de probabilidad para los valores A, B, B2 Y T a través de la fórmula que nos brinda este método la cual es: $T = AB$ Donde $A = A1(B1)$ y $B = (B1)(B2)(B3)(B4)$ y $B2 = (B21)(B22)$. Las probabilidades se calculan como:
 $P(A) = 1 - [1 - P(A1)][1 - P(A2)]$

$$P(A) = 1 - [1 - (0.13)][1 - (0.12)] \quad P(A) = 0.2344 \quad P(A) = 23\%$$

Manualmente así se obtiene el porcentaje de probabilidad para A, dando un total de 23%. Exactamente así se calculan las demás probabilidades. En este caso para los siguientes valores se utilizó el software Excel puesto que es más rápido obtener los datos. Dando como resultado la siguiente tabla:

Tabla 6. Calculo del porcentaje de probabilidad

SIMBOLO	DESCRIPCIÓN	PORCENTAJE	
T	Falta de mantenimiento a equipo	0.548999893	55%
A	El personal del mantenimiento no esta disponible	0.2344	23%
B	No hay material	0.4109194	41%
B2	No autorizaron	0.163	16%

Una vez calculado los datos necesarios, se procede a elaborar el diagrama de árbol.

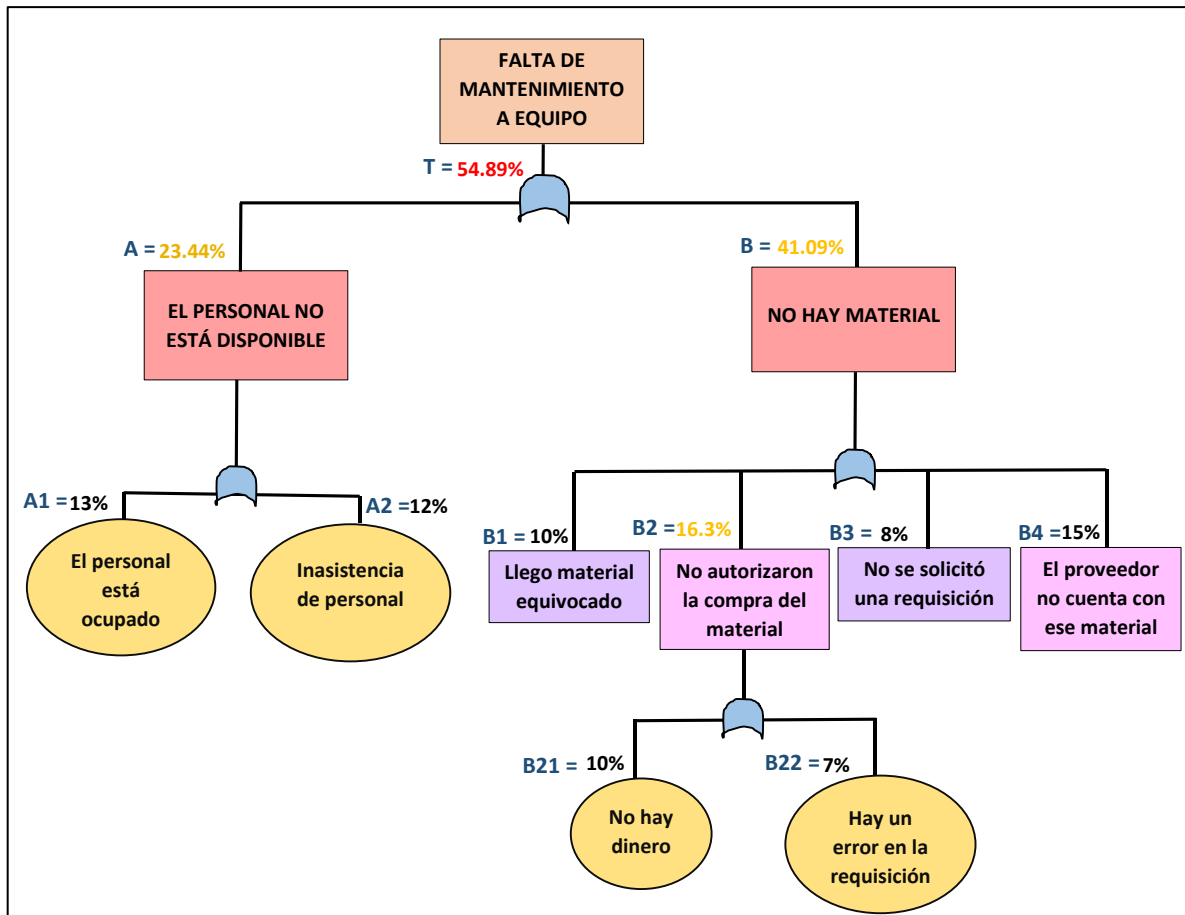


Figura 16. Árbol de fallas de la Falta de Mantenimiento a equipo en el taller de TSC

Fuente: Elaboración propia

Finalmente y de acuerdo con los resultados de la metodología árbol de fallas, podemos observar en la fig. 16 que puede haber una falta de mantenimiento del 54.89%, esto quiere decir que la probabilidad no es baja ni alta, si no que se encuentra en un porcentaje medio.

Aunque la probabilidad es media no se puede dejar pasar por alto ese 54.89%, al contrario esta metodología nos orienta a disminuir ese porcentaje y así lograr una mejor eficiencia en los procesos de mantenimiento a las maquinas del Taller para que no existan futuros riesgos que puedan ocasionar problemas mayores a la empresa.

5.5 Propuesta de mejora en los procesos de mantenimiento del Taller

La propuesta de mejora para este proyecto es aplicar de manera detallada las acciones que se proponen en la metodología AMEF y reducir los porcentajes de probabilidad en el árbol de fallas para lograr disminuir los riesgos. En este caso el riesgo principal fue la “Falta de mantenimiento a la Maquinaria” dando un porcentaje total de 55%.

La mejora de este proyecto de simula a través de un nuevo árbol de fallas que se presenta a continuación en la fig. 17. Es el mismo diagrama que el anterior pero sus valores fueron modificados de acuerdo con las acciones de mejora que se podrían implementar en la empresa, dando como resultado un árbol de fallas con menor porcentaje de probabilidad de riesgo.

Para la elaboración de este nuevo árbol de fallas se realizó la misma metodología que en el punto 4.4.1. Asimismo, se calcularon los porcentajes de probabilidad que se muestran en las siguientes tablas.

Primero nuestros datos simulatorios para el cálculo de probabilidades son:

Tabla 7. Datos del porcentaje de probabilidad

SIMBOLO	DESCRIPCIÓN	PORCENTAJE	
A1	Esta ocupado el trabajador	0.08	8%
A2	Falta del trabajador	0.05	5%
B1	Error en la requisicion	0.05	5%
B3	No pidieron requisicion	0.03	3%
B4	Proveedor no cuenta con el insumo	0.09	9%
B21	No hay dinero	0.08	8%
B22	Error en la requisicion	0.02	2%

Fuente: Elaboración propia

De los datos anteriores se calcularon los siguientes porcentajes de probabilidad:

Tabla 8. Calculo de los porcentajes de probabilidad

SIMBOLO	DESCRIPCIÓN	PORCENTAJE	
T	Falta de mantenimiento a equipo	0.339212122	34%
A	El personal del mantenimiento no esta disponible	0.1260	13%
B	No hay material	0.243949796	24%
B2	No autorizaron	0.0984	10%

Fuente: Elaboración propia

Dando como resultado el nuevo árbol de fallas:

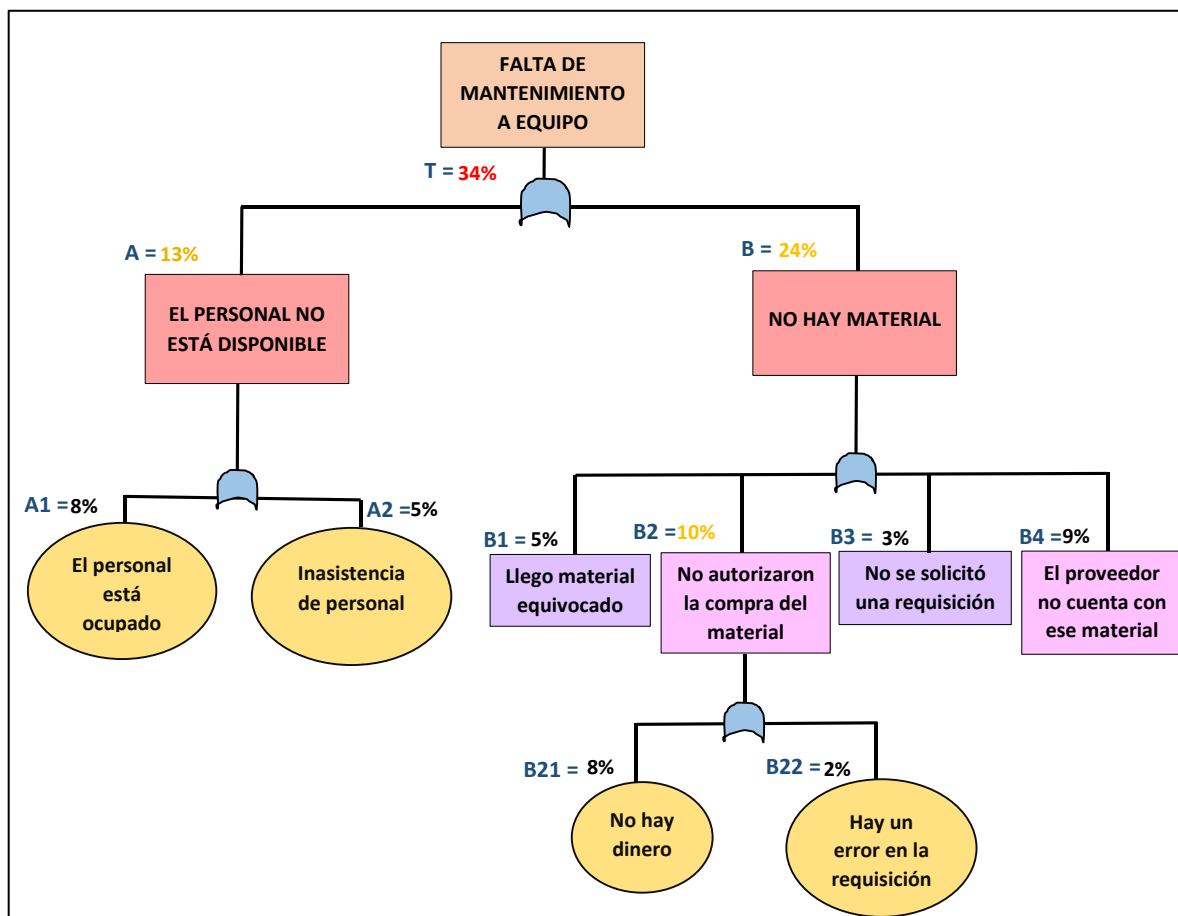


Figura 17. Nuevo Árbol de Fallas

Fuente: Elaboración propia

Como observamos en la fig. 17 los porcentajes sobre la simulación del nuevo diagrama de árbol de fallas disminuyeron de manera significativa dando así un porcentaje total de 34%. Esto quiere decir que ya no existiría un riesgo medio sino que ahora el riesgo es menor o muy bajo.

Finalmente esta propuesta ayudara de gran manera al Taller de Maquinaria de la empresa Triturados Santa Clara, puesto que con este método se podrá identificar, reducir y hasta evitar la falta de mantenimiento en los equipos así como también mejorar las operaciones que engloban los procesos de mantenimiento. De tal manera que permitirá estimar los riesgos, la probabilidad de que ocurran y la magnitud de las consecuencias.

CONCLUSIONES

La evaluación del proceso de mantenimiento mediante la aplicación de análisis de riesgos, en el área de taller de la empresa Triturados Santa Clara S.A de C.V., fue de gran utilidad para visualizar el panorama de posibles riesgos, así también permitió pronosticar las amenazas con potencial de afectar el desempeño de los procesos de mantenimiento con el fin de implantar medidas de prevención y control, ahorrando costos sociales y económicos en la empresa.

Con este análisis damos respuesta a nuestra pregunta de investigación “¿Cuáles son los principales riesgos operacionales que se deben controlar para mejorar los procesos de mantenimiento en el taller de maquinaria de la empresa Triturados Santa Clara S.A DE C.V?” Como se muestra en el capítulo V “Resultados” los principales riesgos operacionales que se deben controlar para mejorar los procesos de mantenimiento son riesgos mecánicos y físicos. Estos riesgos se presentan en los puestos de trabajo que más atención requieren y donde es necesario realizar un análisis de riesgos porque están más expuestos a presentar fallas.

Lo más recomendable para la empresa es que siga implementando este tipo de análisis, pero lo más importante, la cercanía con los trabajadores por medio de capacitaciones sobre el tema, lo que le permitirá al trabajador estar informado y a la hora de que ocurra un problema sabrá lo que tiene que hacer.

Como conclusión personal, con este trabajo me queda clara la importancia de un análisis de riesgos dentro de una empresa, puesto que es una herramienta muy útil y necesaria para visualizar, reducir y prevenir riesgos, fallas o accidentes en el área laboral. Dando resultados verídicos y cuantitativos que ayudan a implantar medidas de prevención y controlar los procesos de la organización.

COMPETENCIAS DESARROLLADAS

La estancia en la empresa Triturados Santa Clara S.A de C.V y la realización de esta práctica profesional me permitió principalmente reafirmar los conocimientos adquiridos durante el trayecto de la carrera de Ingeniería Industrial, demostrando de esta forma la capacidad para analizar, diseñar e implementar estrategias para ayudar a la empresa.

Pude realizar un análisis de la situación actual de la empresa, y con base en esta información, se diseñó un análisis de riesgos en los procesos de mantenimiento dando como resultado un panorama de posibles riesgos. De la misma manera, se logró realizar un correcto análisis e interpretación de los resultados obtenidos, realizando mejoras en los procesos de mantenimiento del taller de la empresa.

Logré aplicar las habilidades desarrolladas a lo largo de la carrera, así como la ingeniería en el diseño, creación, gestión, desarrollo, fortalecimiento e innovación, con una orientación sustentable para la toma de decisiones en forma efectiva.

FUENTES DE INFORMACIÓN:

- Alexander, O. (2020). ANÁLISIS DE LOS RIESGOS MECÁNICOS EN EL MANTENIMIENTO, MONTAJE Y DESMONTAJE DE EQUIPOS Y MAQUINARIA PESADA EN LA EMPRESA INDASSISTANCE S.A. . *Universidad de Guayaquil*, 109.
- Cámara Internacional de Comercio ICC. (2019). *Guía de Gestión de Riesgos para las empresas*. Paris, Francia: Cámara Internacional de Comercio ICC.
- Cárcel, J. (2018). *Planteamiento de un modelo de mantenimiento industrial*. Open Access.
- CTE. (2019). *Conduce tu empresa*. Obtenido de [Conducetuempresa.com: https://blog.conducetuempresa.com/2016/05/dop.html](https://blog.conducetuempresa.com/2016/05/dop.html)
- Ford, H. (s.f.). *Calidad*.
- García, S. (2003). *Organización y Gestión Integral del Mantenimiento*. Madrid: Ediciones Diaz de Santos S.A.
- González, V., Loy, J., López, A., Perez, P., & Cruz, A. (2019). MANTENIMIENTO INDUSTRIAL EN MÁQUINAS HERRAMIENTAS POR MEDIO DE AMEF. *Ingenieria Industrial*, 18.
- Ingenio Empresa. (2019). *Ingenioempresa.com*. Obtenido de <https://www.ingenioempresa.com/analisis-modo-efecto-fallas-amef/>
- Integra Markets. (2018). *Gestión y Planificación del Mantenimiento Industrial*. Lima, Peru: Grupo América Factorial S.A.C.
- Llamas, J. (2020). *Economipedia.com*. Obtenido de <https://economipedia.com/definiciones/maquinaria.html>
- Niebel, B. W. (2009). *Ingeniería Industrial; Métodos, estándares y diseño del trabajo*. México: Mc Graw Hill.
- PREDICTIVA 21. (2020). *Predictiva 21*. Obtenido de <https://predictiva21.com/mantenimiento-correctivo-2/>
- PRIME SOURCE . (Enero de 2022). *Prime source parts and equipmnet* . Obtenido de <https://primesourceco.com/es/latest-news/the-importance-of-maintenance-for-your-heavy-equipment/>
- RECANPRI, S.L. (1 de Julio de 2021). *RECANPRI Recambios de Maquinaria Blog*. Obtenido de <https://www.recambiosdemaquinariaop.com/mantenimiento-maquinaria-pesada/>

- Salazar, D., Mosquera, M., Suarez, N., & Mendoza, J. (2020). IMPORTANCE OF THE FMEA TOOL IN INDUSTRIAL PROCESSES. *Fundación Universitaria de Popayán, Cauca, Colombia*, 34.
- Salinas, G. (2019). *Mantenimiento Industrial en las empresas*. México: Patria.
- Seguridad Industrial. (2020). *seguridadindustrialapuntos.blogspot.com*. Obtenido de <http://seguridadindustrialapuntos.blogspot.com/2020/11/construccion-del-arbol-de-fallas-para.html>
- Software Shop. (2022). *SoftwareShop.com*. Obtenido de <https://www.software-shop.com/producto/risk-simulator>
- Sordo, I. (2021). ¿Qué es y cómo hacer un Análisis de Riesgos? *HubSpot*, 1-14.
- Tavares Lourival , A. (Sin año). *Administración Moderna de Mantenimiento*. Brasil: Novo Polo Publicaciones.
- Torres, C. (2018). *IMPORTANCIA DE REALIZAR UN ANALISIS DE RIESGOS*. Colombia: Universidad Piloto de Colombia.
- Vidal, F. (18 de Mayo de 2021). *STELOrder*. Obtenido de STEL Solutions S.L.: <https://www.stelorder.com/blog/mantenimiento-preventivo/>
- Walter, X. (2018). ANÁLISIS DE RIESGO MECÁNICOS EN ELMANTENIMIENTO DE SILOS INDUSTRIALES. *UG*, 83.