



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

**ANÁLISIS DEL MODO Y EFECTOS DE FALLO (AMEF) PARA LA
EMPRESA TEDASA S.A.**

Trabajo de titulación previo a la obtención
del título de Ingeniera Mecatrónica

AUTORES: RENATA AUXILIADORA ASTUDILLO ASTUDILLO
SARA GIMABEL CRIOLLO GALLARDO

TUTOR: ING. CRISTIAN LEONARDO GARCÍA GARCÍA, MSc.

Cuenca – Ecuador

2022

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotras, Renata Auxiliadora Astudillo Astudillo con documento de identificación N° 0105322705 y Sara Gimabel Criollo Gallardo con documento de identificación N° 0105731988; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 31 de julio del 2022

Atentamente,



Renata Auxiliadora Astudillo Astudillo
0105322705



Sara Gimabel Criollo Gallardo
0105731988

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Nosotras, Renata Auxiliadora Astudillo Astudillo con documento de identificación N° 0105322705 y Sara Gimabel Criollo Gallardo con documento de identificación N° 0105731988, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto Técnico: “Análisis del Modo y Efectos de Fallo (AMEF) para la empresa TEDASA S.A.", el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniera Mecatrónica, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 31 de julio del 2022

Atentamente,

Renata Auxiliadora Astudillo Astudillo
0105322705

Sara Gimabel Criollo Gallardo
0105731988

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Cristian Leonardo García García con documento de identificación N° 0, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: "ANÁLISIS DEL MODO Y EFECTOS DE FALLO (AMEF) PARA LA EMPRESA TEDASA S.A.", realizado por Renata Auxiliadora Astudillo Astudillo con documento de identificación N° 010532270 y Sara Gimabel Criollo Gallardo con documento de identificación N° 0105731988, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 31 de julio del 2022

Atentamente,

A handwritten signature in blue ink, consisting of several loops and a horizontal crossbar, positioned above a horizontal line.

Ing. Cristian García, Ph.D

0102263480

Dedicatoria

Renata

Esta tesis le dedico a mis papás por su amor y apoyo incondicional que me han hecho una mejor persona y de alguna manera me acompañan en todos mis sueños y metas.

También le dedico esta tesis a mi abuelito, que a pesar de ya no acompañarme, fue una de las personas que siempre estuvo conmigo apoyándome y brindándome su cariño en cada paso que he dado. Fue un pilar fundamental para llegar a ser la persona que soy ahora. Uno de sus anhelos era acompañarme el día de la investidura y aunque ya no pueda estar ahí físicamente, él siempre estará conmigo.

Sara

Mi tesis la dedico a mi madre y mi hermana, pues sin ellas no lo hubiera logrado, por su apoyo y amor incondicional que me ha acompañado a lo largo de la carrera.

Agradecimientos

Renata

Agradezco a mis papás por brindarme su apoyo incondicional en todas las decisiones que he tomado en mi vida; también, por ser mi soporte en todas mis caídas y nunca dejar de creer en mí o dudar de mis capacidades. Igualmente, le agradezco a mi hermano, ya que siempre que he necesitado me ha dado sonrisas.

Agradezco también a nuestro tutor, Ing. Cristian García, por los consejos y guías que nos ha ofrecido durante el desarrollo de nuestro trabajo de titulación.

Por último, quiero agradecer a las amistades que se han formado en estos cinco años, por apoyarme cuando más lo necesité, por ayudarme en los momentos de dificultad y por las alegrías que me han brindado cada día. Ya que, sin su amistad, la carrera no hubiera sido la misma.

Sara

Agradezco a Dios por permitirme tener una familia maravillosa, que me ha apoyado y acompañado en cada paso, a mi mamá Patricia, a mi hermana Zaida, a mi papá Edgar y a mi segundo papá Diego, al igual que a mis abuelitos que a la distancia me han acompañado a cada paso que doy, a mis tíos por ser mi apoyo en cada momento, a mis primas y primos por su cariño y compañía.

Agradezco a nuestro tutor, Ing. Cristian García, por permitirnos cumplir con excelencia el desarrollo de esta tesis.

Agradezco a mis amigas y amigos por acompañarme a lo largo de la carrera desde el primer día, han sido un soporte y apoyo en todo momento, demostrándome que el trabajo en equipo siempre consigue excelentes resultados.

Por último, agradezco a mi Morita por acompañarme en todas las noches de desvelo.

Este documento fue realizado enteramente en L^AT_EX

Índice

Certificado de responsabilidad y autoría del trabajo de titulación	I
Certificado de cesión de derechos de autor del trabajo de titulación a la Universidad Politécnica Salesiana	II
Certificado de dirección del trabajo de titulación	III
Dedicatoria	IV
Agradecimientos	V
Resumen	XIV
Abstract	XV
1. Introducción	1
2. Problema	1
2.1. Antecedentes	1
2.2. Descripción del problema	2
2.3. Importancia y alcances	2
2.4. Delimitación	2
2.4.1. Espacial o geográfica	3
2.4.2. Temporal	3
2.4.3. Sectorial o institucional	3
2.5. Problema General	3
2.6. Problemas Específicos	3
3. Objetivos	3
3.1. Objetivo General	3
3.2. Objetivos Específicos	4
4. Hipótesis	4
4.1. Hipótesis General	4
4.2. Hipótesis Específicas	4

5. Marco Teórico	4
5.1. Definición del mantenimiento	4
5.2. Los indicadores clave de rendimiento de mantenimiento (KPI)	5
5.2.1. Tiempo Medio Entre Paradas	5
5.2.2. Tiempo Medio Para Reparar	5
5.2.3. Disponibilidad	5
5.2.4. Tiempo Medio Entre Fallas	6
5.2.5. Tiempo Medio Entre Paradas por Fallas	6
5.3. Análisis de Modo y Efecto de Fallas (AMEF)	6
5.3.1. Tipos de AMEF	7
5.3.2. Fallas	7
5.3.3. Vida Útil de un Activo Fijo	7
5.3.4. Normativa	8
6. Marco metodológico	12
6.1. Metodología de la Investigación	12
6.2. Metodología del proceso	13
6.2.1. Establecer la situación actual del análisis de modos y efectos de fallo que forma parte del plan de mantenimiento en la maquinaria de la empresa TEDASA S.A. para garantizar su disponibilidad en los diferentes tecnicentros.	13
6.2.2. Realizar el análisis de modo y efectos de fallos en la maquinaria de la empresa TEDASA S.A. para garantizar su disponibilidad en los diferentes tecnicentros.	19
6.3. Metodología estadística	27
6.3.1. Determinación de la población de estudio	27
6.3.2. Unidad de análisis	27
7. Resultados	28
7.1. Establecer la situación actual del análisis de modos y efectos de fallo que forma parte del plan de mantenimiento en la maquinaria de la empresa TEDASA S.A. para garantizar su disponibilidad en los diferentes tecnicentros.	28
7.2. Realizar el análisis de modo y efectos de fallos en la maquinaria de la empresa TEDASA S.A. garantizar su disponibilidad en los diferentes tecnicentros. . .	31
7.2.1. Índice de prioridad de riesgo (NPR) de los equipos de TEDASA S.A. . .	31

7.2.2. Tiempo medio entre fallos (MTBF) y tiempo medio de reparación (MTTR)	40
7.2.3. Diagrama de Pareto	41
7.2.4. Análisis de Criticidad	44
7.2.5. Tablas AMEF	49
8. Conclusiones	50
9. Recomendaciones	52
Referencias	54
ANEXOS	55

Lista de Tablas

1.	Codificación designada para los tecnicentros	16
2.	Codificación designada para la maquinaria	16
3.	Codificación designada para los sistemas de las máquinas	17
4.	Codificación designada para las actividades	18
5.	Valoración del NPR	20
6.	Equivalencias de días, semanas o meses a horas	21
7.	Datos para el diagrama de Pareto Milchichig	23
8.	Datos para el diagrama de Pareto Truck Center	24
9.	Equivalencia para el criterio de Severidad	25
10.	Elementos de la hoja de trabajo AMEF	26
11.	Maquinaria Milchichig	28
12.	Maquinaria Parque Industrial	29
13.	Índice de prioridad de riesgo para las alineadoras	31
14.	Índice de prioridad de riesgo para las balanceadoras	32
15.	Índice de prioridad de riesgo para la balanceadora manual para camión . . .	32
16.	Índice de prioridad de riesgo para la bomba de agua	33
17.	Índice de prioridad de riesgo para el cambiador de aceite de la Caja-Automáticos	33
18.	Índice de prioridad de riesgo para el compresor de tornillo	34
19.	Índice de prioridad de riesgo para los elevadores tipo tijera de media altura .	34
20.	Índice de prioridad de riesgo para las enllantadoras	35
21.	Índice de prioridad de riesgo para la enllantadora para camiones	36
22.	Índice de prioridad de riesgo para la estación de aire acondicionado	36
23.	Índice de prioridad de riesgo para el fijador de haz de la luz del faro	37
24.	Índice de prioridad de riesgo para el flushing de frenos	37
25.	Índice de prioridad de riesgo para la gata para las motocicletas	38
26.	Índice de prioridad de riesgo para los generadores de nitrógeno	38
27.	Índice de prioridad de riesgo para el puente elevador de dos postes hidráulico	39
28.	Índice de prioridad de riesgo para el rectificador de discos para automáticos .	39
29.	Valores del MTBF y del MTTR de las máquinas tecnicentro de Milchichig .	40
30.	Valores del MTBF y del MTTR de las máquinas tecnicentro de Truck Center	41
31.	Priorización de máquinas de la sucursal Milchichig.	42
32.	Priorización de máquinas de la sucursal Truck Center.	44
33.	Actividades más críticas de las alineadoras	44

34.	Actividades más críticas de las balanceadoras	45
35.	Actividades más críticas de la bomba de aguas	45
36.	Actividades más críticas del compresor de tornillo	46
37.	Actividades más críticas del elevador tipo tijera de media altura	46
38.	Actividades más críticas de las enllantadoras	47
39.	Actividades más críticas de la estación de aire acondicionado	47
40.	Actividades más críticas del puente elevador de dos postes hidráulico	48
41.	Actividades más críticas del rectificador de discos para automáticos	48
42.	Actividades más críticas del generador de nitrógeno	49
43.	Código de criticidad	49
44.	Matriz de consistencia lógica.	56
45.	Severidad del modo de fallo	57
46.	Ocurrencia del modo de fallo relativa a la frecuencia y probabilidad de ocurrencia	58
47.	Criterios de evaluación de detección de los modos de fallo	59
48.	Codificación completa de las máquinas de los tecnicentros establecidos de TEDASA S.A.	61
49.	Tabla AMEF para la Balanceadora Bosch del tecnicentro Milchichig	69
50.	Tabla AMEF para la Balanceadora Coats	70
51.	Tabla AMEF para la Balanceadora JohnBean	71
52.	Tabla AMEF para la Balanceadora Bosch	72
53.	Tabla AMEF para la Balanceadora JohnBean	73
54.	Tabla AMEF para la Balanceadora Bosch para camiones	74
55.	Tabla AMEF para el compresor de tornillo del tecnicentro de Milchichig	75
56.	Tabla AMEF para el compresor de tornillo del tecnicentro de Truck Center	76
57.	Tabla AMEF para la Estación de Aire Acondicionado	77
58.	Tabla AMEF para el Puente elevador de dos postes hidráulico	78
59.	Tabla AMEF para el elevador tipo tijera de media altura	79
60.	Tabla AMEF para Alineadora del tecnicentro de Milchichig.	80
61.	Tabla AMEF para Alineadora Bosch del tecnicentro de Parque Industrial.	81
62.	Tabla AMEF para Alineadora camión del tecnicentro de Parque Industrial.	82
63.	Tabla AMEF para bomba de agua del tecnicentro de Parque Milchichig.	83
64.	Tabla AMEF para desmontador de neumáticos, neumática del tecnicentro Milchichig	84
65.	Tabla AMEF para Enllantadora 1 JohnBean del tecnicentro Milchichig.	85

66.	Tabla AMEF para Enllantadora Auto-camioneta Big Red del tecnicentro Parque Industrial.	86
67.	Tabla AMEF para Enllantadora Auto-camioneta Bosch del tecnicentro Parque Industrial.	87
68.	Tabla AMEF para rectificador de discos automático del tecnicentro Milchichig.	88
69.	Tabla AMEF para sistema de inflado de neumáticos con nitrógeno Speed tecnicentro Milchichig.	89
70.	Tabla AMEF para sistema de inflado de neumáticos con nitrógeno G5 del tecnicentro Parque Industrial.	90

Lista de Figuras

1.	Curva de la Bañera	8
2.	Diagrama de flujo del proceso AMEF	9
3.	Matriz de Criticidad	11
4.	Hoja de trabajo AMEF	12
5.	Denominación del Código	15
6.	Matriz Criticidad con designación de colores	25
7.	Archivo .net de Codificación	30
8.	Diagrama Pareto Milchichig	42
9.	Diagrama Pareto Truck Center	43

Resumen

El Análisis de Modos y Efectos de Fallo tiene como objetivo identificar y prevenir los posibles modos de fallos en los procesos o maquinarias antes de que estos se produzcan. Los AMEF centran su atención en la prevención de defectos, lo que genera mayor disponibilidad, fiabilidad y un bajo coste de mantenimiento. Se centra en modos de fallo potenciales asociados a las funciones del producto y causados por las deficiencias del diseño.

Se realizó la investigación en los tecnicentros Milchichig y Truck Center de TEDASA S.A. en la ciudad de Cuenca. Se consideró el tecnicentro de Milchichig, pues cuenta con la mayoría de las máquinas para vehículos livianos que tienen las demás sucursales del país. Así mismo, se consideró el Truck Center; ya que, cuenta con máquinas para vehículos pesados.

Para el Análisis de Modos y Efectos de Falló se efectuó en primer lugar el levantamiento de información acerca del número de máquinas en cada sucursal y los procedimientos de mantenimiento que se ha ejecutado, una vez obtenido el número de máquinas se efectuó un código único para cada máquina y proceso. Con la información obtenida se pudo hacer el análisis de Número de Prioridad de Riesgo, el cálculo del Tiempo medio entre fallas (MTBF) y el tiempo medio de reparación (MTTR), el análisis de los diagramas de Pareto y un análisis de la criticidad; todo esto con el fin de determinar y priorizar las máquinas que presentan un nivel de criticidad superior.

Finalmente, se realizó tablas AMEF donde se recopiló toda la información obtenida por maquinaria. Se puede concluir que se logró establecer la situación actual de la empresa obteniendo un total de 33 máquinas a las que se hizo un análisis NPR donde 7 máquinas tienen un nivel de riesgo medio y el resto un riesgo bajo. Al ejecutar un análisis MTBF y MTTR se estableció que el tiempo de buen funcionamiento es mucho mayor al tiempo de reparación, posteriormente se hizo el análisis de criticidad y así se encontró que únicamente 10 máquinas tienen un nivel de criticidad significativo, a dichas máquinas se hizo una hoja de trabajo AMFE..

Palabras clave: Mantenimiento, Índice de Prioridad de Riesgo, Diagrama Pareto, Criticidad, Severidad, Ocurrencia, Detección, AMEF, Modo, Fallos, Confiabilidad.

Abstract

Failure Mode and Effects Analysis aims to identify and prevent potential failure modes in processes or machinery before they occur. FMEA focuses on defect prevention, which generates higher availability, reliability, and low maintenance cost. It focuses on potential failure modes associated with product functions and caused by product design deficiencies. The research was carried out in the Milchichig and Truck Center Technicenters of TEDASA S.A. in the city of Cuenca. The Milchichig Technicenter was considered because it has most of the machines for light vehicles that the other branches in the country have. The Truck Center was also considered, since it has machines for heavy vehicles.

For the Failure Modes and Effects Analysis, the first step was to gather information on the number of machines in each branch and the maintenance procedures that have been carried out; once the number of machines was obtained, a unique code was created for each machine and process. With the information obtained, the Risk Priority Number analysis, the calculation of the Mean Time Between Failure (MTBF) and Mean Time to Repair (MTTR), the analysis of the Pareto diagrams and a criticality analysis were performed; all this in contemplation to determine and prioritize the machines that present a higher level of criticality.

Finally, FMEA tables were made, where all the information obtained by machinery compiled. It can be concluded that it was possible to establish the current situation of the company, obtaining a total of 33 machines to which an NPR analysis was made; where 7 machines have a medium risk level and the rest have a risk-free level. By executing an MTBF and MTTR analysis, it was established that the time of good operation is much longer than the repair time; then the criticality analysis made, and thus it was found that only 10 machines have a significant level of criticality, these machines made an FMEA worksheet.

Keywords: Maintenance, Risk Priority Index, Pareto Diagram, Criticality, Severity, Occurrence, Detection, AMEF, Mode, Failure, Reliability.

1. Introducción

La aplicación de herramientas de mejora continua es una actividad imprescindible dentro de la industria, debido a las alianzas y compromisos entre proveedores y clientes, para cumplir las expectativas de calidad, competitividad y rentabilidad. El Análisis de Modos y Efectos de Fallo (AMEF) representa un método eficaz y documentado de registro sistemático de observaciones y consideraciones, orientado a la “identificación y evaluación de los fallos potenciales de un producto o proceso, junto con el efecto que provocan, con el fin de establecer prioridades y decidir acciones para reducir las posibilidades de rechazo y, por el contrario, favorecer la fiabilidad del producto o proceso”.

Según Art11, la frecuencia, detección y severidad son conceptos que caracterizan a los fallos, razón por la que se incluyen herramientas estadísticas que apoyan la decisión en un periodo de tiempo determinado para favorecer la eficiencia de los procesos. En este sentido, no solo es una herramienta para reducir el riesgo de defecto y rechazo, sino también como una guía eficaz para los operadores.

Para la aplicación de una herramienta de Análisis de Modos y Efectos de Fallo, se contempla una serie de pasos y actividades donde se inicia con la asignación del equipo encargado de realizar en este caso el mantenimiento y contar con los registros pertinentes, así como de la delimitación del tecnicentro y procesos en los que se aplicará. En este caso, el AMEF se enfocó en dos sucursales de la ciudad de Cuenca para la maquinaria con la que realizan el mantenimiento a los equipos automotores.

2. Problema

2.1. Antecedentes

TEDASA S.A. es una empresa con más de 40 años de experiencia. Está formada por 27 Tecnicentros, 3 ubicados en la provincia de Cañar, 10 ubicados en la provincia de Azuay, 5 en la provincia de Guayas, 2 en la provincia de Loja, 1 en la provincia de Morona Santiago, 1 en Zamora Chinchipe, 2 en Machala, 1 en la provincia de El Oro y 2 en Riobamba. Esta empresa es distribuidora de marcas como: Continental, General Tire, Barum, Viking, Bosch, Valvoline, Speedtech, Motorkote.

Los servicios que ofrece TEDASA S.A. son: venta de llantas, lubricantes, cauchos, aros y diversos accesorios, de igual manera, dan servicios de lubricación, alineación, balanceo,

rotación, enlantaje, ABC de frenos, ABC de motor y mucho más.

El interés y principal objetivo de los directivos y personal es tener una empresa con un funcionamiento óptimo, sin fallas que generen un paro inesperado, los cuales conllevan una pérdida de dinero y tiempo significativos en cronograma establecido de la empresa. El único tipo de mantenimiento con el que cuentan es el mantenimiento correctivo, el cual lo hacen una vez al año, donde paran todos los Tecnicentros durante 24 horas y realizan las correcciones necesarias en cada maquinaria, finalmente se realiza el registro de inventario en Excel.

2.2. Descripción del problema

Como se mencionó anteriormente TEDASA S.A. cuenta con un mantenimiento correctivo para sus diferentes tipos de maquinaria, el desarrollo de la empresa depende del buen funcionamiento de cada maquinaria existente en los diferentes Tecnicentros. Por ello, al contar únicamente con mantenimiento correctivo, no siempre se está preparado para algún tipo de falla, por falta de repuestos o tiempo.

Para solucionar el problema se realizará un análisis de modos y efectos de fallo en la maquinaria de los principales Tecnicentros de TEDASA S.A. con una proyección de realizar a futuro del mismo tipo de análisis en los Tecnicentros del país.

2.3. Importancia y alcances

La importancia de realizar un Análisis de Modo y Efecto de Fallas (AMEF) para la empresa TEDASA S.A., se centra en estimar y predecir los fallos más críticos que se pueden generar durante el uso de los equipos. Ayudando a minimizar los tiempos y costes del mantenimiento correctivo que se ha usado hasta el momento.

Se realiza un Análisis de Modo y Efecto de Fallas (AMEF) que beneficiará a los tecnicentros de Milchichig y del Truck del Parque Industrial de la ciudad de Cuenca, con la conceptualización de ampliar el AMEF a los tecnicentros que faltan de la empresa TEDASA S.A.

2.4. Delimitación

La delimitación del problema requiere definir, de manera clara y precisa, los aspectos del tema a tratar en la investigación, es decir, analizar con el fin de circunscribir la situación problemática a una más específica, (Elizondo Cortés y González Videgaray, 2021).

Para el problema de estudio de un AMEF para TEDASA S.A. se delimitará en las siguientes dimensiones.

2.4.1. Espacial o geográfica

El proyecto de investigación a realizar se encontrará dentro de la zona del Parque Industrial en la ciudad de Cuenca, provincia del Azuay.

2.4.2. Temporal

El tiempo que se tiene para la realización del proyecto de investigación comprende desde el 16 de marzo al 31 de agosto de 2022.

2.4.3. Sectorial o institucional

El sector industrial en el que se llevará a cabo la investigación es el mantenimiento, dentro del área automotriz y en la empresa TEDASA S.A., los tecnicentros seleccionados para la recopilación de información es el tecnicentro TEDASA Milchichig y TEDASA Truck Center.

2.5. Problema General

- ¿Se podrá proponer un análisis de modos y efectos de fallo en la maquinaria de la empresa TEDASA S.A. para garantizar su disponibilidad en los diferentes tecnicentros.?

2.6. Problemas Específicos

- ¿Es posible establecer la situación actual del análisis de modos y efectos de fallo que forma parte del plan de mantenimiento en la maquinaria de la empresa TEDASA S.A. para garantizar su disponibilidad en los diferentes tecnicentros.?
- ¿Es posible realizar el análisis de modo y efectos de fallos en la maquinaria de la empresa TEDASA S.A. garantizar su disponibilidad en los diferentes tecnicentros.?

3. Objetivos

3.1. Objetivo General

- Proponer un análisis de modos y efectos de fallo en la maquinaria de la empresa TEDASA S.A. para garantizar su disponibilidad en los diferentes tecnicentros.

3.2. Objetivos Específicos

- Establecer la situación actual del análisis de modos y efectos de fallo que forma parte del plan de mantenimiento en la maquinaria de la empresa TEDASA S.A. para garantizar su disponibilidad en los diferentes tecnicentros.
- Realizar el análisis de modo y efectos de fallos en la maquinaria de la empresa TEDASA S.A. garantizar su disponibilidad en los diferentes tecnicentros.

4. Hipótesis

4.1. Hipótesis General

- Se propondrá un análisis de modos y efectos de fallo en la maquinaria de la empresa TEDASA S.A. para garantizar su disponibilidad en los diferentes tecnicentros.

4.2. Hipótesis Específicas

- Se establecerá la situación actual del análisis de modos y efectos de fallo que forma parte del plan de mantenimiento en la maquinaria de la empresa TEDASA S.A. para garantizar su disponibilidad en los diferentes tecnicentros.
- Se realizará el análisis de modo y efectos de fallos en la maquinaria de la empresa TEDASA S.A. garantizar su disponibilidad en los diferentes tecnicentros.

5. Marco Teórico

5.1. Definición del mantenimiento

Una manera de entender de mejor manera el significado de mantenimiento, se debe destacar que el principal objetivo es sostener la operatividad de los equipos y el buen estado de las máquinas, a fin de producir bienes o servicios. Según la Real Academia Española, se define al mantenimiento como “el conjunto de operaciones y cuidados necesarios para que instalaciones, edificios, etc., puedan seguir funcionando adecuadamente”, (Mora, 2009).

Según Karim, López, y Soler (2010), *“El mantenimiento es un servicio que agrupa una serie de actividades mediante las cuales un equipo, máquina, construcción civil o instalación,*

se mantiene o se restablece a un estado apto para realizar sus funciones, siendo importante en la calidad de los productos y como estrategia para una competencia exitosa."

5.2. Los indicadores clave de rendimiento de mantenimiento (KPI)

Los indicadores clave de rendimiento de mantenimiento KPI (Key Performance Indicators) son herramientas que tasan el desempeño de las actividades, progreso y maquinaria de los procesos de manufactura durante el tiempo que dura el proceso.

5.2.1. Tiempo Medio Entre Paradas

También conocido como MTBS (Mean Time Between Shutdowns) indica el tiempo medio que la máquina trabaja antes de parar por algún motivo mecánico. Se calcula dividiendo el número de horas trabajadas, según el horómetro (SMU o Service Meter Unit), entre el número de paradas mecánicas sin considerar las paradas operativas.

$$MTBS = \frac{\text{Horas trabajadas}}{\text{Número de paradas}} \quad (1)$$

El valor debe encontrarse entre 60 y 80 horas por parada promedio; ya que, un alto MTBS muestra que la máquina tiene una baja frecuencia de fallas, (Zegarra, 2016).

5.2.2. Tiempo Medio Para Reparar

También conocido como MTTR (Mean Time To Repair), indica el tiempo medio que se demoran las reparaciones mecánicas. Se calcula dividiendo las horas totales usadas en reparaciones, dentro de cierto periodo de uso, entre el número de veces que la maquinaria se paró por cuestiones mecánicas.

$$MTTR = \frac{\text{Horas en reparaciones}}{\text{Número de paradas}} \quad (2)$$

El promedio se encuentra entre 3 y 6 horas. Un valor elevado de MTTR muestra que se invierte demasiado tiempo en reparar cierta máquina; mientras que, un valor demasiado bajo indica que no se está realizando mantenimiento en esa maquinaria, (Zegarra, 2016).

5.2.3. Disponibilidad

También conocida como M.A. (Mechanical Availability). La disponibilidad se define como la relación entre las horas trabajas y las horas usadas en reparación. Se calcula dividiendo

las MTBS entre la suma de las MTBS más las MTTR.

$$MA = \frac{MTBS}{MTBS + MTTR} \quad (3)$$

El valor que se recomienda obtener de disponibilidad es alrededor del 90%, (Zegarra, 2016).

5.2.4. Tiempo Medio Entre Fallas

También conocido como MTBF (Mean Time Between Failures), indica el tiempo medio que la maquinaria trabaja sin que exista alguna falla. Se calcula dividiendo el número de horas trabajadas entre el número de fallas presentadas, (Zegarra, 2016).

$$MTBF = \frac{\text{Horas trabajadas}}{\text{N. de fallas presentadas}} \quad (4)$$

5.2.5. Tiempo Medio Entre Paradas por Fallas

También conocido como MTBFS (Mean Time Between Failures Shutdowns), indica el tiempo medio que cierta maquinaria cumple su función entre paradas por fallas; este indicador debe ser diferenciado del MTBF.

$$MTBFS = \frac{\text{Horas trabajadas}}{\text{N. de paradas por Fallas}} \quad (5)$$

Un valor elevado de MTBFS muestra que el planeamiento y gestión de mantenimiento son adecuados y se está monitorizando adecuadamente, caso contrario, un valor bajo muestra que las fallas no se detectan a tiempo y existen paros de maquinaria imprevistos, (Zegarra, 2016).

5.3. Análisis de Modo y Efecto de Fallas (AMEF)

El análisis de Modo y Efecto de Fallas, conocido por sus siglas AMEF o FMEA en inglés (Failure Mode Effect Analysis), surgió en los años 40 desarrollado por la NASA para tasar la confiabilidad de los equipos usados, (Salazar López, 2019).

El AMEF es una herramienta que permite identificar y mejorar fallas de productos, procesos y sistemas, posee un enfoque proactivo. También evalúa y clasifica los efectos, causas y elementos de identificación para obtener un documento preventivo, (Moreno Calva, 2017) (Salazar López, 2019).

Esta herramienta tiene un mayor uso con los equipos más críticos evaluados dentro de la empresa, (Aguiar Guzmán y Rodríguez Borja, 2014).

Entre los beneficios que ofrece este tipo de análisis se encuentran: identificar posibles fallas, conocer los efectos que general las fallas y evaluar su criticidad, generar planes de mejora, entre otros, (Salazar López, 2019).

5.3.1. Tipos de AMEF

El análisis de modo y efectos de fallas puede ser aplicado en diferentes tipos de procedimiento o sectores; sin embargo, la implementación y resolución de este análisis tiene las mismas veces para cada variante. Se basa en cuantificar y cualificar los efectos que se producen por los fallos para priorizar las acciones de acuerdo con el riesgo que generan las repercusiones, (González Fernández, 2005).

- **Sistemas:** Cuando un AMEF es aplicado a un sistema, nos ayuda a prevenir posibles fallas del diseño del software, (Fernandez Mozo, 2019).
- **Procesos:** El objetivo de realizar un AMEF dentro de los procesos es detectar y/o prevenir posibles fallas en las diferentes etapas de un proceso de producción para poder evitar los efectos que se generan en el usuario o etapas posteriores de cada proceso, (Fernandez Mozo, 2019).
- **Productos:** Al realizar análisis de modo y efectos de falla sobre un producto sirve para prevenir posibles fallas que se dan en el diseño, (Fernandez Mozo, 2019).

5.3.2. Fallas

Aguiar Guzmán y Rodríguez Borja (2014) expone que, dentro del área de Mantenimiento, las fallas se pueden definir como toda alteración o interrupción en el proceso o función de un sistema. Las fallas pueden ser producto de diversas causas; entre esas causas se encuentran: fallas por rupturas de un componente mecánico, fallas por desgaste mecánico, fallas naturales, fallas propagadas y fallas por error humano.

5.3.3. Vida Útil de un Activo Fijo

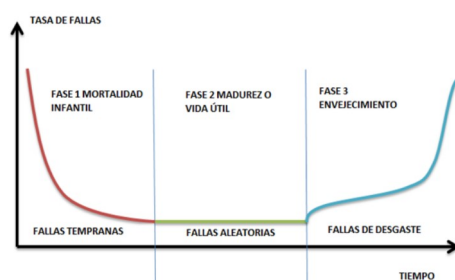
La vida útil de un activo fijo se refiere al tiempo que está operando sin fallas dentro de la empresa, (Torres, 2021).

Una de las técnicas que se puede aplicar para conocer la evolución de la vida útil del activo, es la curva de tasa de fallos o, también llamada, curva de la bañera. al aplicar esta técnica se obtiene el ciclo de vida útil del activo y la fiabilidad de este; de la misma manera, permite elaborar una planificación de cómo y cuándo realizar mantenimiento, (Amaya Cataño, 2014).

La curva de la bañera tiene 3 etapas, como se muestra en la Figura 3.

Figura 1

Curva de la Bañera



Nota: Permite conocer la evolución de la vida útil del activo, de acuerdo a (Amaya Cataño, 2014)

En esta curva se presentan tres tipos de fallos, un tipo para cada etapa de la curva.

- **Etapa 1 - Mortalidad Infantil:** En esta etapa se dan fallas primarias; las cuales, se deben a malos ajustes de las partes del equipo, equipos defectuosos, un mal diseño, mala operación por parte de los operarios, (Aguiar Guzmán y Rodríguez Borja, 2014).
- **Etapa 2 - Vida Útil del Activo:** En esta etapa se dan fallas aleatorias que son producidas a una mala operación, algún tipo de accidente, malas condiciones de uso, cambio necesario de alguna parte, etc., (Aguiar Guzmán y Rodríguez Borja, 2014).
- **Etapa 3 - Desgaste y envejecimiento:** En esta etapa se dan fallas de desgaste que son generadas de manera natural por el uso del equipo durante algún lapso de tiempo, (Aguiar Guzmán y Rodríguez Borja, 2014).

5.3.4. Normativa

Existen varias normativas referentes al análisis del modo y efecto de fallos (AMEF); sin embargo, para este trabajo de titulación se tomará en cuenta la norma de la Asociación

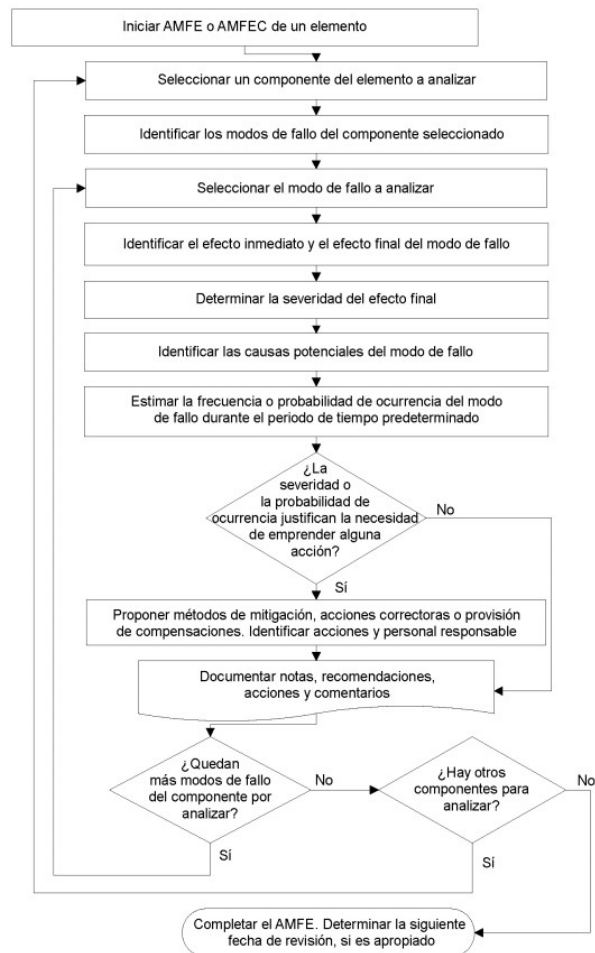
Española de Normalización (UNE), UNE-En 60812.

La norma UNE-EN 60812 (Técnicas de análisis de fiabilidad de sistemas - Procedimiento de análisis de los modos de fallo y sus efectos (AMEF)), indica que el AMEF es un proceso sistemático de análisis de un sistema para identificar posibles patrones de falla, sus causas y su impacto en el rendimiento del sistema, (UNE, 2008).

La norma describe el procedimiento que se lleva a cabo para realizar el AMEF, el cual se muestra en la siguiente figura.

Figura 2

Diagrama de flujo del proceso AMEF



Nota: Indica como se lleva a cabo el análisis, de acuerdo a (UNE, 2008)

Índice de prioridad de riesgo (NPR)

Según la (UNE, 2008), *“El NPR es una clasificación de la prioridad de las acciones a realizar para asegurar el mayor nivel de seguridad al cliente.”*

Este índice se calcula con la evaluación de tres criterios de valoración para los fallos que se generan.

- **Severidad del modo de fallo:** Se refiere al nivel de severidad que se genera con base en las consecuencias que se producen del efecto en el funcionamiento y en la seguridad del sistema, (UNE, 2008). La normativa genera una valoración de severidad que se indica en la tabla 45 del anexo B.
- **Determinación de la ocurrencia:** Se refiere a la frecuencia anual con la que se produce una falla dentro del sistema, (UNE, 2008). La normativa generan medidas cualitativas de ocurrencia, se indican en la tabla 46 del anexo B.
- **Detección de fallo:** Se refiere a la probabilidad de que se detecte una falla potencial a tiempo, (UNE, 2008). La normativa genera una valoración de severidad que se indica en la tabla 47 del anexo B.

Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto, o también conocido como ley de 80/20, dicta que el 80% de las consecuencias corresponden del 20% de las causas. Es una metodología eficaz que comienza con la creación de diagramas en forma de gráfico de barras y su frecuencia relativa, presentados en orden descendente. Los diagramas de Pareto proporcionan un resumen de la información práctica, revelando los atributos críticos. En este contexto, la metodología de Pareto, es una de las herramientas de gestión más importantes que pueden utilizarse para el análisis y priorización de problemas, (Grosfeld-Nir, Ronen, y Kozlovsky, 2007).

Categorización de Criticidad

Se realiza un análisis de criticidad o una categorización de criticidad debido a que los recursos de una empresa son limitados, por ello, se debe destinar la mayor parte de estos recursos a los equipos o actividades más críticos, es decir, a los que tienen mayores efectos adversos en caso de que fallen, (García Garrido, 2010).

Según (Crespo y Parra, 2012), “*El proceso de análisis de criticidad ayuda a determinar la importancia y las consecuencias de los eventos potenciales a fallos de los sistemas de producción dentro del contexto operacional en el cual se desempeñan.*”

Para poder realizar la categorización de los equipos por su criticidad, se debe tener en cuenta la probabilidad de ocurrencia y la severidad del modo de fallo y aplicar la siguiente fórmula.

$$R = F * O \quad (6)$$

Una vez que se obtiene el número de riesgos de cada equipo, se identifica los equipos que están en estado de criticidad con la siguiente tabla que se muestra en la figura 3.

Figura 3

Matriz de Criticidad

Frecuencia de ocurrencia del efecto de fallo	Niveles de Severidad			
	1 Insignificante	2 Marginal	3 Crítico	4 Catastrófico
5: Frecuente	No deseable	Intolerable	Intolerable	Intolerable
4: Probable	Tolerable	No deseable	Intolerable	Intolerable
3: Ocasional	Tolerable	No deseable	No deseable	Intolerable
2: Remoto	Insignificante	Tolerable	No deseable	No deseable
1: Improbable	Insignificante	Insignificante	Tolerable	Tolerable

Nota: *Permite identificar y jerarquizar la importancia de los elementos, de acuerdo a (UNE, 2008)*

Hoja de trabajo AMEF

La hoja de trabajo AMEF reúne todas las especificaciones del análisis realizado en una tabla que se indica en la siguiente imagen. No obstante, se pueden cambiar algunas especificaciones de las tablas para que se acoplen a los requisitos de la aplicación, proyecto o empresa.

Figura 4

Hoja de trabajo AMEF

Elemento final: Periodo de operación:			Elemento: Revisión:					Preparado por: Fecha:			
Ref. Elemento	Descripción y función del elemento	Modo de fallo	Código del modo de fallo	Posibles causas de fallo	Efecto local	Efecto final	Método de detección	Medidas de compensación contra el fallo	Categoría de severidad	Frecuencia o probabilidad de ocurrencia	Comentarios

Nota: *Ejemplo del formato de una hoja de trabajo AMEF, de acuerdo a (UNE, 2008)*

6. Marco metodológico

6.1. Metodología de la Investigación

El enfoque es cuantitativo debido a que los datos a recopilar son de tipo numérico y corresponden a los valores relacionados con los activos de cada equipo, su finalidad es de tipo aplicativa, pues al realizar el análisis de modos y efectos de falla la confiabilidad en los activos críticos de TEDASA S.A. aumenta.

El alcance es descriptivo donde se aplicarán los principios fundamentales del mantenimiento mecánico, electrónico y correlacional en los procesos críticos de la empresa de estudio TEDASA S.A.

Con respecto a su temporalidad es de tipo longitudinal o evolutiva, ya que es una recopilación de datos e información en diversos periodos de tiempo que permite deducir con respecto al cambio, sus consecuencias y determinantes.

6.2. Metodología del proceso

El procedimiento que se llevó a cabo para el desarrollo del Análisis de Modo y Efecto de Fallas (AMEF) para la empresa TEDASA S.A. Donde, primero, se realizó una identificación y clasificación de cada equipo que se encuentra en los tecnicentros, conjuntamente con una codificación de actividades de cada equipo. Después se obtuvo datos de la maquinaria con la que cuentan los principales Tecnicentros de TEDASA S.A.

Finalmente, realizó un análisis funcional los datos obtenidos. Luego se elaboró una identificación de Modos de Fallas para poder elaborar un análisis de criticidad y posteriormente realizar una codificación de modos y efectos de fallas. Después se llevó a cabo una clasificación de eventos por modo de fallas para realizar el análisis NPR de los equipos de TEDASA S.A. Se implementó esta metodología como base para la construcción de indicadores que apoyen a la toma de decisiones.

6.2.1. Establecer la situación actual del análisis de modos y efectos de fallo que forma parte del plan de mantenimiento en la maquinaria de la empresa TEDASA S.A. para garantizar su disponibilidad en los diferentes tecnicentros.

Por motivos de falta de registros adecuados de información, se realizó un trabajo cara a cara con los encargados de mantenimiento dentro de la empresa. Conjuntamente con ellos se revisó trabajos anteriores del mantenimiento correctivo realizados para los tecnicentros de Milchichig y Truck Center de TEDASA S.A., de esta manera se pudo recopilar la mayor cantidad de información.

Para el análisis de modo y efectos de fallos se trabaja con las fallas que presenta la máquina a lo largo de su vida útil; sin embargo, en nuestro caso se trabajó con las actividades de mantenimiento que realiza el coordinador de mantenimiento de la empresa. Por la falta de un registro adecuado de las fallas producidas; por ello, se trabajó en un método inverso. Es decir, en vez de usar los modos de fallos para encontrar una medida de compensación contra el fallo, se usaron las medidas de compensación, que vendrían a ser las actividades de mantenimiento aplicadas, para encontrar los posibles fallos que las llevarían a ser aplicadas en la máquina. El total de las actividades es de treinta y ocho.

Para iniciar con el AMEF se debe tomar en cuenta las condiciones iniciales de mantenimiento que tiene la empresa TEDASA S.A. Para iniciar con el proceso de recopilación de

información, se realizó el levantamiento de maquinarias por tecnicentro, donde se obtuvo datos sobre la marca, cantidad de máquinas que realizan el mismo procedimiento y las actividades que se usan para solucionar diversos fallos que presenta cada máquina.

Del total de máquinas obtenidas, se realizó una reducción a 33, ya que esta es la maquinaria a la que se le aplica algún tipo de mantenimiento. Dentro del tecnicentro de Milchichig se encuentran 20 de las 33 máquinas y las 13 restantes son del tecnicentro Truck Center del Parque Industrial. El inventario de estas 33 máquinas consiste en tres alineadoras, cuatro balanceadoras para camionetas y dos para camiones, una bomba de agua, una máquina para cambiar el aceite de caja de automóviles automáticos, dos compresores de tornillo, tres elevadores de tijera de media altura, cuatro puentes elevadores de dos postes hidráulicos, cuatro enllantadoras para camionetas y una para camiones, una estación de aire acondicionado, un fijador de haz de faro, un flushing para frenos, una gata para levantar motos, una prensa, un rectificador de discos y dos generadores de nitrógeno.

A continuación: se va a realizar una descripción del funcionamiento de algunos de estos equipos.

- **Alineadoras:** La función de las máquinas alineadoras es el de comprobar los ángulos y cotas de los ejes de las ruedas se encuentren dentro de los rangos de perpendicularidad al suelo y paralelismo entre sí, que da el fabricante del vehículo; también que las distancias entre los ejes estén dentro de las tolerancias establecidas. Cuando se realiza este tipo de mantenimiento al vehículo se obtiene una duración prolongada de las llantas y una manipulación adecuada de las mismas, (TEKTINO, 2005), (Quintero Ganchozo, 2017).
- **Balanceadoras:** La función es corregir el desbalance que se puede presentar en la ubicación y peso de los neumáticos mediante sensores de vibración. Esto se realiza después de la fabricación, antes del primer uso, después de una reparación del vehículo o cuando existe algún tipo de vibración en el volante, (Mendoza Morán y Orellana Uruchima, 2013).
- **Compresor de Tornillo:** Su función es incrementar la presión de gas y desplazarlo a un elemento neumático o a tanques para almacenar el gas. Convierte la energía mecánica en energía de flujo, (Pachacama Cushicondor, 2019).
- **Enllantadora:** La función de esta máquina es permitir un montaje o desmontaje más fácil de un neumático en el aro. El tipo de sistema que tiene es electroneumático; ya

que, posee una fuente de voltaje de 220 (V) y también un ingreso de aire comprimido, (Escobar Pazmiño y Haro Guerra, 2012).

- **Generadores de Nitrógeno:** El funcionamiento de esta máquina es generar nitrógeno e ingresarlo en los neumáticos. Al inflar, los neumáticos con nitrógeno brindan una mayor seguridad de autoignición y, por lo tanto, mayor vida útil del mismo, (INDURA, 2018).

En las tablas 11 y 12 de la sección de Resultados se muestra la lista de los equipos que se tiene por tecnicentro.

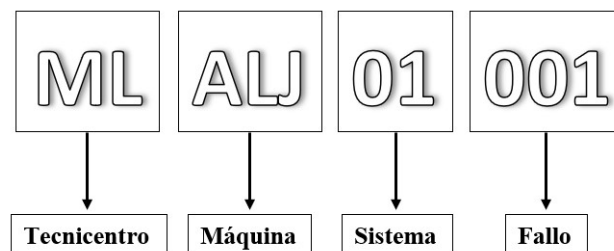
Codificación de las Máquinas

Para facilitar la búsqueda de las máquinas y su tipo de fallo se desarrolló una codificación donde consta la maquinaria, el tipo de sistema, tecnicentro y fallo que presenta. Esta codificación se llevó a cabo en .net que lee líneas de un archivo plano separado por un delimitador "; ", esto con el fin de que la empresa TEDASA S.A. pueda utilizar en un futuro el programa en caso de que se llegue a adquirir nuevas máquinas o a realizar algún mantenimiento adicional. El archivo .net se puede visualizar en la figura 7 de la sección de Resultados.

La denominación que sigue la codificación establecida se muestra en la siguiente figura.

Figura 5

Denominación del Código



Nota: Las dos primeras letras se refiere al código del tecnicoentro donde se encuentra la máquina, las tres siguientes son los códigos asignados para cada máquina, los dos números siguientes son el código designado para el tipo de sistema de la máquina y los tres últimos números indica el código designado para cada fallo existente, Fuente: [Autor].

En la siguiente tabla se indica el código designado para cada tecnicoentro.

Tabla 1

Codificación designada para los tecnicentros.

Tecnicentro	Código
Milchichig	ML
Truck Parque Industrial	TP

Nota: La tabla presenta la designación del código para los tecnicentros establecidos, Fuente: [Autor].

Código designado para cada máquina.

Tabla 2

Codificación designada para la maquinaria.

Máquina	Marca	Código
Alineadora	Bosch	ALB
Alineadora camión	Bosch	ALC
Alineadora	JohnBean	ALJ
Balanceadora	Bosch	BAB
Balanceadora	Coats	BAC
Balanceadora	JohnBean	BAJ
Balanceadora manual para camión	N.I.	BMC
Balanceadora para camión	JohnBean	BCJ
Bomba de agua	Yamaha	BOA
Cambiador de aceite de la caja, automático	N.I.	CAC
Compresor de tornillo	Luowei	COT
Elevador tipo tijera de media altura	Hydraulic Automobile Lift	ETN
Enllantadora 1	JohnBean	EJ1
Enllantadora auto-camioneta	Big Red	EBR
Enllantadora auto-camioneta	Bosch	ENB
Enllantadora pesada	JohnBean	ENP

Continuación Tabla 2

Estación de aire acondicionado	Bosch	EAA
Fijador de haz de luz del faro	AutotecsysteM S.R.L.	FHF
Flushing de frenos	BrakeMate Jr.	FLF
Gata para levantar motos	N.I.	GAM
Prensa	N.I.	PRE
Puente elevador de dos postes, hidráulico	Hydraulic Motor (YL-90GB-2)	PPH
Rectificador de discos, automático	SuperTech Pro-Cut	RDA
Generador de nitrógeno	G5	ING
Generador de nitrógeno	SPEED	INS

Nota: La Tabla 2 presenta la designación del código para la maquinaria, Fuente: [Autor].

Código designado para el tipo de sistema que tienen las máquinas.

Tabla 3

Codificación designada para los sistemas de las máquinas.

Sistema	Código
Mecánico	01
Eléctrico	02
Electromecánico	03

Nota: La tabla presenta la designación del código para el tipo de sistema que tienen las máquinas de TEDASA S.A, Fuente: [Autor].

Código designado para las diferentes actividades que se realiza para solucionar los diferentes fallos que se producen en la maquinaria de los tecnicentros establecidos.

Tabla 4*Codificación designada para las actividades.*

Actividad	Código
Calibración balanceo	001
Calibración de las tuercas	002
Calibración desplazamiento	003
Calibración Target ID	004
Cambio de aceite	005
Revisión del motor eléctrico	006
Cambio de filtro de la unidad de mantenimiento	007
Cambio del O-RING	008
Filtro de secado	009
Fugas de aire	010
Limpieza de bornes de conexión de motor	011
Limpieza de compresor, purgado de tanque y filtros de secado	012
Limpieza de pistones y pedales	013
Limpieza del filtro de aire / bomba de gas	014
Limpieza externa	015
Limpieza externa y lubricación de brazo destalonador, garras del plato y brazo del plato	016
Limpieza tarjetas electrónicas	017
Limpieza y lubricación del eje y mariposa	018
Limpieza de cables, conectores y depósitos de la máquina	019
Lubricación	020
Lubricación de brazo destalonador, garras del plato y brazo del plato	021
Lubricación de las partes móviles	022
Lubricación de las piezas externas movibles	023
Lubricación de los plastos, garras y pernos de sujeción	024
Lubricación de bisagras	025
Renovación aceite	026
Revisar el estado de las bandas	027
Revisar la cantidad de aire R132 del equipo y del tanque de reserva	028

Continuación Tabla 4

Revisar nivel de aceite (ISO 46)	
y posibles fugas del aceite compresor	029
Revisión de fugas de aceite en las mangueras	030
Revisión de los niveles de aceite	
(bomba de vacío y aceite que va a los vehículos)	031
Revisión de los pistones (fugas)	032
Revisión de nivel del hidráulico y posibles fugas del aceite	033
Revisión de rodillo y engrasado	034
Revisión del torque de las tuercas	035
Revisión y colocación de grasa de litio en los	
alambres templadores	036
Vaciado del aire de los tanques y purgue de	
los filtros del secador (filtros de color azul)	037
Verificación de seguros neumáticos	038

Nota: En la Tabla 4 se muestra el código designado para las diferentes actividades que se realizan para solucionar los diferentes fallos, Fuente: [Autor].

6.2.2. Realizar el análisis de modo y efectos de fallos en la maquinaria de la empresa TEDASA S.A. para garantizar su disponibilidad en los diferentes tecnicentros.

Una vez determinadas las actividades que los técnicos y encargados del mantenimiento de TEDASA S.A. se calculó el índice de prioridad de riesgo (NPR) para cada una; el NPR utiliza escalas de clasificación para tres criterios importantes: severidad, ocurrencia y detección, clasificados en una categoría del 1 al 10 según la normativa UNE-EN 60812, la categorización se encuentra detallada en la tabla 45 para la severidad, la tabla 46 para la ocurrencia y la tabla 47.

De la misma manera en la que se obtuvo el levantamiento de datos, se recolectaron los criterios necesarios del NPR de cada actividad y así se prosiguió a calcular el NPR con la siguiente fórmula:

$$NPR = Severidad * Ocurrencia * Detección \quad (7)$$

Una vez que se obtuvo el NPR de cada actividad, se estableció un nivel NPR a cada actividad en un rango de:

Tabla 5

Valoración del NPR.

Valor	Nivel NPR
<1	No existe riesgo de falla
<125	Riesgo de falla BAJO
<500	Riesgo de falla MEDIO
>500	Riesgo de falla ALTO

Nota: Código designado para las diferentes actividades que se realiza para solucionar los diferentes fallos, de acuerdo a (UNE, 2008).

Se obtuvieron los siguientes valores para cada equipo o máquina, los cuales están especificados en la sección de resultados. Para las alineadoras se observa la tabla 13, para las balanceadoras se observa la tabla 14, para la balanceadora manual de camión se observa la tabla 15, para la bomba de agua se observa la tabla 16, para el cambiador de aceite de la Caja-Automáticos se observa la tabla 17, para el compresor de tornillo se observa la tabla 18, para los elevadores de tipo tijera de media altura se observa la tabla 19, para las enllantadoras para camionetas se observa la tabla 20, para la enllantadora para camiones se observa la tabla 21, para la estación de aire acondicionado se observa la tabla 22, para el fijador de haz de luz del faro se observa la tabla 23, para el flushing de frenos se observa la tabla 24, para la gata para levantar motos se observa la tabla 25, para los generadores de nitrógeno se observa la tabla 26, para los puentes elevadores de dos postes hidráulicos se observa la tabla 27 y para el rectificador de disco para automáticos se observa la tabla 28.

Una vez calculado el NPR, se determinó el tiempo entre fallas (TBF) y el tiempo total de reparación (TTR) de cada fallo en cada máquina con el fin de realizar una sumatoria y obtener de esta manera el Tiempo Medio entre Fallos (MTBF) y el Tiempo Medio de Reparación (MTTR).

Para estos cálculos se necesitó determinar la frecuencia de reparación y el tiempo de reparación para cada fallo, es decir, el tiempo que la máquina se encuentra parada mientras se efectúa el mantenimiento y el tiempo que la máquina se encuentra funcionando, esto se procedió con la ayuda del grupo de trabajo previamente elegido. La frecuencia de reparación se transformó a horas y se obtuvo el primer índice que es el tiempo entre fallas (TBF), de igual manera para el tiempo de reparación se transformó a horas y así determinar el tiempo total de reparación (TTR).

Para estas transformaciones de meses, semanas o días a horas se usaron las siguientes equivalencias.

Tabla 6

Equivalencias de días, semanas o meses a horas.

Valor	Equivalencia (horas)
1 día	24
10 días	240
1 semana	168
2 semanas	336
3 meses	2190
4 meses	2920
6 meses	4380
1 año	8760
2 años	17520

Nota: En la tabla se indica las equivalencias para los valores de TBF frecuentes de las máquinas de TEDASA S.A., Fuente: [Autor].

Posteriormente, se realizó un análisis de los fallos o actividades más significativas o no significativas para descartar las actividades o fallas que no tengan un grado de incidencia grande al momento de provocar un mal funcionamiento. Para este análisis se tomó en cuenta los valores más bajos de la ocurrencia, severidad y detección de cada actividad; aunque el criterio que tiene mayor peso es la severidad. Con este análisis se descartó la actividad de “Limpieza exterior”, debido a que su severidad es de uno, su ocurrencia de 10 y detección de 1; es decir, que es una actividad que se realiza a diario y es fácil de detectar; sin embargo, no tiene un efecto grave en la máquina si no se llegara a llevar a cabo. Una vez que se tuvieron

los datos necesarios del análisis, se procedió a calcular el Tiempo medio entre Fallos (MTBF) y el Tiempo Medio de Reparación (MTTR) con las siguientes fórmulas.

$$MTBF = \frac{\sum TBF}{N. \text{ de fallos}} \quad (8)$$

$$MTTR = \frac{\sum TTR}{N. \text{ de fallos}} \quad (9)$$

Al aplicar estas fórmulas se obtuvo la tabla 29 para las máquinas del tecnicentro de Milchichig y la tabla 30 para las máquinas del tecnicentro de Truck Center de la sección de Resultados.

Una vez obtenidos los tiempos medios de reparación y los tiempos medios de buen funcionamiento por máquina, se llevó a cabo el diagrama de distribución A-B-C o también llamado diagrama de Pareto.

El análisis de Pareto comenzó con la determinación del elemento, el fallo y los números de fallos de cada máquina para los tecnicentros de Milchichig y Truck Center del Parque Industrial, ya que se ha determinado el número de fallos por maquinaria, se procedió a ordenar de forma descendente y se realizó una sumatoria total del número de fallos. Con la información obtenida se puede realizar un análisis de Pareto, para la frecuencia de cada causa se calculó el porcentaje que tiene ese fallo con respecto al porcentaje final de fallos, esto nos permitió obtener la primera parte del diagrama, al finalizar el porcentaje se calculó el porcentaje acumulado, sumando el porcentaje anterior con el porcentaje actual y de esa manera se puede realizar la curva A-B-C.

Se utilizaron dos fórmulas para los cálculos:

$$Porcentaje = \frac{\sum N.^{\circ} \text{ de fallos}}{N.^{\circ} \text{ total de fallos}} \cdot 100\% \quad (10)$$

$$Porcentaje \text{ acumulativo} = Porcentaje \text{ anterior} + Porcentaje \text{ actual} \quad (11)$$

Tabla 7*Datos para el diagrama de Pareto Milchichig.*

Elemento	Fallo	N.º Fallo	Porcentaje	Porcentaje acumulado
<i>MLPP503</i>	Puente elevador de dos postes, hidráulico	6	13,33 %	13,33 %
<i>MLCOT03</i>	Compresor de tornillo	5	11,11 %	24,44 %
<i>MLBB203</i>	Balanceadora Bosch	4	8,89 %	33,33 %
<i>MLBAC03</i>	Balanceadora Coats	4	8,89 %	42,22 %
<i>MLBAJ03</i>	Balanceadora JohnBean	4	8,89 %	51,11 %
<i>MLBOA03</i>	Bomba de agua (lavar carros)	4	8,89 %	60,00 %
<i>MLEAA03</i>	Estación de aire acondicionado	4	8,89 %	68,89 %
<i>MLALJ03</i>	Alineadora JohnBean	3	6,67 %	75,56 %
<i>MLDNN03</i>	Desmontador de neumáticos, neumática	3	6,67 %	82,22 %
<i>MLEJ103</i>	Enllantadora 1 JohnBean	3	6,67 %	88,89 %
<i>MLRDA03</i>	Rectificador de discos, automático	2	4,44 %	93,533 %
<i>MLFHF03</i>	Fijador de haz de luz de faro	1	2,22 %	95,56 %
<i>MLFLF03</i>	Flushing de frenos	1	2,22 %	97,78 %
<i>MLINS03</i>	Sistema de inflado de neumáticos con nitrógeno Speed	1	2,22 %	100 %
Total		45	100 %	

Nota: En la tabla se muestra los datos recopilados y los porcentajes necesarios calculados para el diagrama de Pareto de la sucursal Milchichig, Fuente: [Autor].

Tabla 8

Datos para el diagrama de Pareto Truck Center.

Elemento	Fallo	N.º Fallo	Porcentaje	Porcentaje acumulado
TPCOT03	Compresor de tornillo	5	12,20 %	12,20 %
TPET103	Elevador tipo tijera de media altura 1	5	12,20 %	24,39 %
TPET203	Elevador tipo tijera de media altura 2	5	12,20 %	36,59 %
TPBB103	Balanceadora Bosch	4	9,76 %	46,34 %
TPBCJ03	Balanceadora para camión	4	9,76 %	56,10 %
TPALB03	Alineadora Bosch	3	7,32 %	63,41 %
TPALC03	Alineadora camión	3	7,32 %	70,73 %
TPEBR03	Enllantadora auto-camioneta BigRed	3	7,32 %	78,05 %
TPENB03	Enllantadora auto-camioneta Bosch	3	7,32 %	85,37 %
TPBMC03	Balanceadora manual para camión	2	4,88 %	90,24 %
TPBMC03	Enllantadora pesada	2	4,88 %	95,12 %
MLPRE01	Prensa	1	2,44 %	97,56 %
TPING01	Sistema de inflado de neumáticos con nitrógeno G5	1	2,44 %	100 %
Total		41	100 %	

Nota: En la tabla se muestra los datos recopilados y los porcentajes necesarios calculados para el diagrama de Pareto de la sucursal Truck Center, Fuente: [Autor].

Después de haber realizado los diagramas de Pareto, se procedió a realizar un análisis de criticidad de cada máquina. Este análisis nos ayudó a conocer qué actividades son más críticas, es decir, qué actividades producen un efecto de fallo mayor, por lo que, se debe priorizar estas actividades al momento de realizar un mantenimiento preventivo.

Para el análisis de criticidad se usó los criterios de ocurrencia y severidad que se obtuvo para el índice de prioridad de riesgo. Sin embargo, según la normativa UNE-EN 60812 para este análisis, el rango de los criterios van como se indica en la figura 3; de 0 a 4 para severidad, en vez de 0 a 10, como se indican en las tablas del anexo B. Por ello se procedió a realizar una equivalencia, que se muestra en la tabla 9, de acuerdo a los criterios que da la tabla de severidad de la norma UNE-EN 60812. Para la ocurrencia se usó la tabla 46 de la norma, ya

que, viene dado una equivalencia en la misma tabla.

Tabla 9

Equivalencia para el criterio de Severidad.

Valor (0-4)	Valor (0-10)
Insignificante (1)	Ninguna (1)
Marginal (2)	Muy pequeña (2)
	Menor (3)
	Muy Baja (4)
	Baja (5)
Crítico (3)	Moderada (6)
	Alta (7)
	Muy alta (8)
Catastrófico (4)	Peligroso con aviso (9)
	Peligroso sin aviso (10)

Nota: En la tabla se muestra la equivalencia que se llevó a cabo en el criterio de severidad para poder realizar el análisis de criticidad, Fuente: [Autor].

Con esta equivalencia se pudo generar la siguiente matriz de criticidad.

Figura 6

Matriz Criticidad con designación de colores

Ocurrencia	5	5	10	15	20	INSIGNIFICANTE
	4	4	8	12	16	TOLERABLE
	3	3	6	9	12	NO DESEABLE
	2	2	4	6	8	INTOLERABLE
	1	1	2	3	4	
		1	2	3	4	Severidad

Nota: Matriz que permite identificar y jerarquizar la importancia de ciertos elementos, de acuerdo a (UNE, 2008) .

Para encontrar los valores de criticidad de cada actividad se aplicó la siguiente fórmula.

$$C = S * O \quad (12)$$

Una vez que se obtuvo los valores de criticidad se descartaron los niveles de criticidad “INSIGNIFICANTE” y “TOLERABLE”. Al realizar eso se generaron las tablas de la sección de Resultados en la subsección 7.2.4.

Por último, se realiza la hoja de trabajo AMEF que es una recopilación de los cálculos y datos obtenidos a lo largo de la investigación de estudio, se realizó una tabla AMEF para las máquinas que presentaron un nivel de criticidad “NO DESEABLE” e “INTOLERABLE”, basado en los parámetros de la Figura 4. Las hojas de trabajo AMEF se encuentran en la sección de Anexo D.

Tabla 10

Elementos de la hoja de trabajo AMEF.

Entrada	Significado
Referencia del elemento.	Código de referencia de la máquina.
Descripción y función del elemento.	Identifica el objeto de análisis, se da una breve descripción del elemento y su función.
Modo de fallo.	La forma en la que el elemento podría fallar.
Código de modo de fallo.	Código único identificador para cada fallo, facilitará la recogida de resultados del análisis.
Posibles causas de fallo.	Causas más probables de los modos de fallo,
Método de detección.	Descripción de cómo se detecta el modo de fallo. Puede ser automático mediante el diseño de una característica de autodiagnóstico o puede requerir procedimientos de diagnóstico por parte del personal de operación o mantenimiento.
Medida de compensación contra el fallo	Compensación proporcionada por un mantenimiento específico o por acciones del operador

Categoría de severidad	Identifica el nivel de severidad.
Frecuencia o probabilidad de ocurrencia	Identifica la tasa de ocurrencia del modo de fallo específico
Comentarios	Observaciones y recomendaciones.

Nota: En la Tabla 10 se muestran los elementos que forman parte de la hoja de trabajo AMEF y una breve descripción, Fuente: [Autor].

6.3. Metodología estadística

Este método genera un buen control de calidad y gestión empresarial.

El uso que tendrá dentro del Análisis de Modo y Efecto de Fallos (AMEF), será al momento de usar el diagrama de Pareto; el cual, ayudara a conocer los equipos con mayor criticidad y así priorizar las tareas de mantenimiento de cada equipo.

6.3.1. Determinación de la población de estudio

El trabajo de titulación constará con una población de 27 tecnicentros de la empresa TEDASA S.A., dichos tecnicentros se encuentran distribuidos de la siguiente manera: 3 tecnicentros ubicados en la provincia de Cañar, 10 ubicados en la provincia de Azuay, 5 en la provincia de Guayas, 2 en la provincia de Loja, 1 en la provincia de Morona Santiago, 1 en Zamora Chinchipe, 2 en Machala, 1 en la provincia de El Oro y 2 en Riobamba.

6.3.2. Unidad de análisis

La muestra a la que se aplicará el Análisis de Modo y Efecto de Fallos (AMEF) fue dada por parte del coordinador de mantenimiento de la empresa TEDASA S.A. Por lo que este proyecto está enfocado en brindar un AMEF al tecnicentro de Milchichig y al tecnicentro Truck del Parque Industrial, ya que estos tecnicentros son los más completos en cuanto al tipo de maquinaria que poseen para diferentes autos o camiones.

7. Resultados

7.1. Establecer la situación actual del análisis de modos y efectos de fallo que forma parte del plan de mantenimiento en la maquinaria de la empresa TEDASA S.A. para garantizar su disponibilidad en los diferentes tecnicentros.

La Tabla 11 presenta el levantamiento de información con respecto a las máquinas del tecnicentro Milchichig.

Tabla 11

Maquinaria Milchichig.

Máquina	Marca	Cantidad	Sucursal
Alineadora	JohnBean	1	Milchichig
Balanceadora	Bosch	1	Milchichig
Balanceadora	JohnBean	1	Milchichig
Balanceadora	Coats	1	Milchichig
Bomba de agua	YAMAHA	1	Milchichig
Cambiar aceite de caja para automáticos	NI	1	Milchichig
Compresor de tornillo	LUOWEI	1	Milchichig
Elevador tipo tijera de media altura	HYDRAULIC AUTOMOBILE LIFT	1	Milchichig
Enllantadora	JohnBean	2	Milchichig
Estación de aire acondicionado	Bosch	1	Milchichig
Fijador de haz de luz del faro	AUTOTECSYSTEM	1	Milchichig

Continuación Tabla 11

Gata para levantar motos	NI	1	Milchichig
Puente elevador de dos postes, hidráulico	Hydraulic Motor (YL-90GB-2)	4	Milchichig
Rectificador de discos, automático	SuperTech Pro-Cut	1	Milchichig
Generador de nitrógeno	SPEED	1	Milchichig

Nota: La Tabla 11 presenta las máquinas que existen en el tecnicentro de Milchichig, de la misma manera se indica su marca y la cantidad que existe en cada uno de los tecnicentros., Fuente: [Autor].

La Tabla 12 presenta el levantamiento de información con respecto a las máquinas del tecnicentro Truck Center.

Tabla 12

Maquinaria Parque Industrial.

Máquina	Marca	Cantidad	Sucursal
Alineadora	Bosch	1	Truck Center
Alineadora camión	Bosch	1	Truck Center
Balanceadora	Bosch	1	Truck Center
Balanceadora manual para camión	NI	1	Truck Center
Balanceadora para camión	JohnBean	1	Truck Center
Compresor de tornillo	LUOWEI	1	Truck Center
Elevador tipo tijera de media altura	Hydraulic Automobile Lift	2	Truck Center

Continuación Tabla 12

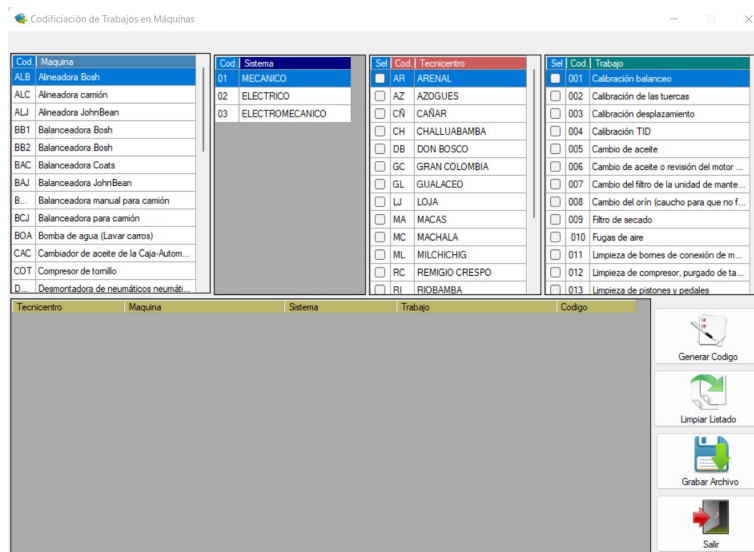
Enllantadora auto-camioneta	Big Red	1	Truck Center
Enllantadora auto-camioneta	Bosch	1	Truck Center
Enllantadora pesada	JohnBean	1	Truck Center
Prensa	NI	1	Truck Center
Generador de nitrógeno	G5	1	Truck Center

Nota: La Tabla 12 presenta las máquinas que existen en el tecnicentro del Parque Industrial, de la misma manera se indica su marca y la cantidad que existe en cada uno de los tecnicentros, Fuente: [Autor].

En la siguiente figura se presenta la interfaz de programación donde se realizó la codificación de la maquinaria.

Figura 7

Archivo .net de Codificación



Nota: Se presenta el archivo .net donde se realizó la codificación que consta de la maquinaria, el tipo de sistema, tecnicentro y fallo que presenta, Fuente: [Autor].

En la tabla 48 del anexo C se muestra la codificación completa de los equipos de los tecnicentros de Milchichig y Truck Center.

7.2. Realizar el análisis de modo y efectos de fallos en la maquinaria de la empresa TEDASA S.A. garantizar su disponibilidad en los diferentes tecnicentros.

7.2.1. Índice de prioridad de riesgo (NPR) de los equipos de TEDASA S.A.

Las tablas indican los valores que se obtuvieron al realizar el NPR de la maquinaria de los tecnicentros de Milchichig y Truck Parque industria de la empresa TEDASA S.A.

Tabla 13

Índice de prioridad de riesgo para las alineadoras.

Alineadoras					
Actividad	Severidad (1-10)	Ocurrencia (1-10)	Detección (1-10)	NPR	Nivel NPR
Calibración TID	4	5	1	20	Riesgo de falla BAJO
Limpieza externa	1	10	1	10	Riesgo de falla BAJO
Limpieza tarjetas electrónicas	4	5	8	160	Riesgo de falla MEDIO
Lubricación de los platos, garras y pernos de sujeción	5	3	1	15	Riesgo de falla BAJO

Nota: En la Tabla 13 se muestra el índice de prioridad de riesgo realizado en las alineadoras Bosch y JohnBean; donde se obtuvo un riesgo de falla MEDIO en la limpieza de tarjetas electrónicas, Fuente: [Autor].

Tabla 14

Índice de prioridad de riesgo para las balanceadoras.

Balanceadoras					
Actividad	Severidad (1-10)	Ocurrencia (1-10)	Detección (1-10)	NPR	Nivel NPR
Calibración balanceo	5	5	1	25	Riesgo de falla BAJO
Cambio de aceite	4	2	1	8	Riesgo de falla BAJO
Limpieza externa	1	10	1	10	Riesgo de falla BAJO
Limpieza tarjetas electrónicas	4	5	8	160	Riesgo de falla MEDIO
Limpieza y lubricación del eje y mariposa	5	5	1	25	Riesgo de falla BAJO

Nota: En la Tabla 14 se muestra el índice de prioridad de riesgo realizado en las balanceadoras Bosch, Coats y JohnBean; donde se obtuvo un riesgo de falla MEDIO en la limpieza de tarjetas electrónicas, Fuente: [Autor].

Tabla 15

Índice de prioridad de riesgo para la balanceadora manual para camión.

Balanceadora manual para camión					
Actividad	Severidad (1-10)	Ocurrencia (1-10)	Detección (1-10)	NPR	Nivel NPR
Revisión de rodillo y engrasado	4	2	1	8	Riesgo de falla BAJO
Limpieza de bornes de conexión de motor	3	3	1	9	Riesgo de falla BAJO
Limpieza externa	1	10	1	10	Riesgo de falla BAJO

Nota: En la Tabla 15 se muestra el índice de prioridad de riesgo para la balanceadora manual para camión; donde se obtuvo un riesgo de falla BAJA para todas las actividades, Fuente: [Autor].

Tabla 16

Índice de prioridad de riesgo para la bomba de agua.

Bomba de agua					
Actividad	Severidad (1-10)	Ocurrencia (1-10)	Detección (1-10)	NPR	Nivel NPR
Revisión del motor eléctrico	5	4	1	20	Riesgo de falla BAJO
Cambio del orín (caucho para que no fugue el agua)	5	4	1	20	Riesgo de falla BAJO
Limpieza del filtro de aire / bomba de gas	5	4	8	160	Riesgo de falla MEDIO
Limpieza externa	1	10	1	10	Riesgo de falla BAJO
Renovación aceite	3	8	1	24	Riesgo de falla BAJO

Nota: En la Tabla 16 se muestra el índice de prioridad de riesgo realizado en la bomba de agua; donde se obtuvo un riesgo de falla MEDIO en la limpieza del filtro de aire, Fuente: [Autor].

Tabla 17

Índice de prioridad de riesgo para el cambiador de aceite de la Caja-Automáticos.

Cambiador de aceite de la Caja-Automáticos					
Actividad	Severidad (1-10)	Ocurrencia (1-10)	Detección (1-10)	NPR	Nivel NPR
Limpieza externa	1	10	1	10	Riesgo de falla BAJO

Nota: En la Tabla 17 se muestra el índice de prioridad de riesgo realizado en el cambiador de aceite de la Caja-Automáticos; donde se obtuvo un riesgo de falla BAJO en todas la única actividad que se realiza, Fuente: [Autor].

Tabla 18

Índice de prioridad de riesgo para el compresor de tornillo.

Compresor de Tornillo					
Actividad	Severidad (1-10)	Ocurrencia (1-10)	Detección (1-10)	NPR	Nivel NPR
Cambio de aceite	8	8	7	448	Riesgo de falla MEDIO
Limpieza de compresor, purgado de tanque y filtros de secado	8	8	1	64	Riesgo de falla BAJO
Revisar el estado de las bandas	8	8	1	64	Riesgo de falla BAJO
Revisar nivel de aceite (ISO 46) y posibles fugas del aceite compresor	8	8	7	448	Riesgo de falla MEDIO
Vaciado del aire de los tanques y purgue de los filtros del secador (filtros de color azul)	8	8	1	64	Riesgo de falla BAJO

Nota: En la Tabla 18 se muestra el índice de prioridad de riesgo realizado en el compresor de tornillo de la marca Luowei; donde se obtuvo un riesgo de falla MEDIO en las actividades de cambio de aceite, posibles fugas y revisión del aceite ISO (46), Fuente: [Autor].

Tabla 19

Índice de prioridad de riesgo para los elevadores tipo tijera de media altura.

Elevador tipo tijera de media altura					
Actividad	Severidad (1-10)	Ocurrencia (1-10)	Detección (1-10)	NPR	Nivel NPR
Calibración desplazamiento	6	3	7	126	Riesgo de falla MEDIO
Cambio de aceite	4	1	8	32	Riesgo de falla BAJO
Limpieza externa	1	10	1	10	Riesgo de falla BAJO

Continuación Tabla 19

Lubricación de bisagras	4	5	1	20	Riesgo de falla BAJO
Revisión de nivel del Hidráulico y posibles fugas del aceite	4	5	1	20	Riesgo de falla BAJO
Verificación de seguros neumáticos	4	5	1	20	Riesgo de falla BAJO

Nota: En la tabla se muestra el índice de prioridad de riesgo realizado en los elevadores tipo tijera de media altura; donde se obtuvo un riesgo de falla MEDIO en la calibración del desplazamiento, Fuente: [Autor].

Tabla 20

Índice de prioridad de riesgo para las enllantadoras.

Enllantadoras					
Actividad	Severidad (0-10)	Ocurrencia (0-10)	Detección (0-10)	NPR	Nivel NPR
Cambio de aceite	5	3	1	15	Riesgo de falla BAJO
Fugas de aire	1	10	1	10	Riesgo de falla BAJO
Limpieza de pistones y pedales	5	5	1	25	Riesgo de falla BAJO
Limpieza externa	1	10	1	10	Riesgo de falla BAJO
Lubricación de brazo destalonador, garras del plato y brazo del plato	5	3	1	15	Riesgo de falla BAJO

Nota: En la Tabla 20 se muestra el índice de prioridad de riesgo realizado en las enllantadoras Big Red, Bosch y JohnBean para camionetas; donde se obtuvo un riesgo de falla BAJO para las actividades, Fuente: [Autor].

Tabla 21

Índice de prioridad de riesgo para la enllantadora para camiones.

Enllantadora para camiones					
Actividad	Severidad (1-10)	Ocurrencia (1-10)	Detección (1-10)	NPR	Nivel NPR
Cambio de aceite	3	3	1	9	Riesgo de falla BAJO
Limpieza externa	1	4	1	4	Riesgo de falla BAJO
Lubricación de las partes móviles	1	4	1	4	Riesgo de falla BAJO

Nota: En la tabla se muestra el índice de prioridad de riesgo realizado en la enllantadora JohnBean; donde se obtuvo un riesgo de falla BAJO para las actividades, Fuente: [Autor].

Tabla 22

Índice de prioridad de riesgo para la estación de aire acondicionado.

Estación de aire acondicionado					
Actividad	Severidad (1-10)	Ocurrencia (1-10)	Detección (1-10)	NPR	Nivel NPR
Cambio de aceite	8	5	9	360	Riesgo de falla MEDIO
Filtro de secado	8	5	9	360	Riesgo de falla MEDIO
Limpieza externa	1	10	1	10	Riesgo de falla BAJO
Revisar la cantidad de aire R132 del equipo y del tanque de reserva	8	6	9	432	Riesgo de falla MEDIO
Revisión de los niveles de aceite (bomba de vacío y aceite que va a los vehículos)	1	10	1	10	Riesgo de falla BAJO

Nota: En la Tabla 22 se muestra el índice de prioridad de riesgo realizado en la estación de aire acondicionado; donde se obtuvo un riesgo de falla MEDIO en las actividades de cambio de aceite, revisión del filtro de secado, revisión de la cantidad de aire R132, Fuente: [Autor].

Tabla 23

Índice de prioridad de riesgo para el fijador de haz de la luz del faro.

Fijador de haz de luz del faro					
Actividad	Severidad (1-10)	Ocurrencia (1-10)	Detección (1-10)	NPR	Nivel NPR
Limpieza externa	1	10	1	10	Riesgo de falla BAJO
Limpieza tarjetas electrónicas	2	3	1	6	Riesgo de falla BAJO

Nota: En la Tabla 23 se muestra el índice de prioridad de riesgo realizado en el fijador de haz de luz para el del faro; donde se obtuvo un riesgo de falla BAJO para las actividades, Fuente: [Autor].

Tabla 24

Índice de prioridad de riesgo para el flushing de frenos.

Flushing Frenos					
Actividad	Severidad (1-10)	Ocurrencia (1-10)	Detección (1-10)	NPR	Nivel NPR
Limpieza externa	1	10	1	10	Riesgo de falla BAJO
Limpieza de cables, conectores y depósitos de la máquina	1	5	1	5	Riesgo de falla BAJO

Nota: En la Tabla 24 se muestra el índice de prioridad de riesgo realizado en el flushing de frenos; donde se obtuvo un riesgo de falla BAJO para las actividades, Fuente: [Autor].

Tabla 25

Índice de prioridad de riesgo para la gata para las motocicletas.

Gata para las motocicletas					
Actividad	Severidad (1-10)	Ocurrencia (1-10)	Detección (1-10)	NPR	Nivel NPR
Limpieza externa	1	10	1	10	Riesgo de falla BAJO

Nota: En la Tabla 25 se muestra el índice de prioridad de riesgo realizado en la gata para levantar motocicletas; donde se obtuvo un riesgo de falla BAJO en la única actividad de mantenimiento que se realiza, Fuente: [Autor].

Tabla 26

Índice de prioridad de riesgo para los generadores de nitrógeno.

Generador de Nitrógeno					
Actividad	Severidad (1-10)	Ocurrencia (1-10)	Detección (1-10)	NPR	Nivel NPR
Cambio de filtros de la unidad de mantenimiento	6	4	1	24	Riesgo de falla BAJO
Limpieza externa	1	10	1	10	Riesgo de falla BAJO

Nota: En la Tabla 26 se muestra el índice de prioridad de riesgo realizado en los generadores de nitrógeno Speed y G5; donde se obtuvo un riesgo de falla BAJO las actividades de mantenimiento, Fuente: [Autor].

Tabla 27

Índice de prioridad de riesgo para el puente elevador de dos postes hidráulico.

Puente elevador de dos postes hidráulico					
Actividad	Severidad (1-10)	Ocurrencia (1-10)	Detección (1-10)	NPR	Nivel NPR
Calibración de las tuercas	2	3	1	6	Riesgo de falla BAJO
Cambio de aceite	2	3	1	6	Riesgo de falla BAJO
Limpieza externa	1	10	1	10	Riesgo de falla BAJO
Revisión de fugas de aceite en las mangueras	2	5	1	10	Riesgo de falla BAJO
Revisión de los pistones si no tienen fugas	6	4	1	24	Riesgo de falla BAJO
Revisión, y colocación de grasa de litio en los alambres templadores	5	5	1	25	Riesgo de falla BAJO
Revisión del torque de las tuercas	8	5	1	40	Riesgo de falla BAJO

Nota: En la Tabla 27 se muestra el índice de prioridad de riesgo realizado en el puente elevador de dos postes hidráulico; donde se obtuvo un riesgo de falla BAJO en todas las actividades, Fuente: [Autor].

Tabla 28

Índice de prioridad de riesgo para el rectificador de discos para automáticos.

Rectificador de discos para automáticos					
Actividad	Severidad (1-10)	Ocurrencia (1-10)	Detección (1-10)	NPR	Nivel NPR
Cambio de aceite	2	3	5	30	Riesgo de falla BAJO
Limpieza externa	1	10	1	10	Riesgo de falla BAJO
Lubricación de las piezas externas movibles	1	10	1	10	Riesgo de falla BAJO

Nota: En la Tabla 28 se muestra el índice de prioridad del rectificador de discos; donde se obtuvo un riesgo de falla BAJO en todas las actividades, Fuente: [Autor].

7.2.2. Tiempo medio entre fallos (MTBF) y tiempo medio de reparación (MTTR)

Tabla 29

Valores del MTBF y del MTTR de las máquinas tecnicentro de Milchichig.

Máquina	Número de fallos	MTBF (horas)	MTTR (horas)
Alineadora	3	4380	0,6667
Balanceadoras	4	3832,5	0,25
Bomba de Agua	4	6630	0,3333
Compresor de Tornillo	5	2920	0,25
Enllantadora	4	6612	0,5
Estación de aire acondicionado	4	1185	0,3333
Fijador de haz de luz del faro	1	8760	0,5
Flushing Frenos	1	8760	0,5
Puente elevador de dos postes hidráulicos	6	4380	0,3333
Rectificador de discos para automáticos	2	8844	0,3333
Generador de Nitrógeno	1	8760	0,1667

Nota: En la Tabla 29 se indica los valores obtenidos para el MTBF y MTTR de las máquinas del tecnicentro de Milchichig. Se puede apreciar la estación de aire acondicionado es el valor más bajo del MTBF, lo que significa que en esta máquina se realizan mantenimientos más frecuentes, la segunda máquina con valores bajos del MTBF es el compresor de tornillo; mientras que, la máquina con mayor tiempo de buen funcionamiento es la rectificadora de discos para vehículos automáticos, Fuente: [Autor].

Tabla 30

Valores del MTBF y del MTTR de las máquinas tecnicentro de Truck Center.

Máquina	Número de fallos	MTBF (horas)	MTTR (horas)
Alineadoras	3	4380	0,6667
Balanceadora	4	3832,5	0,25
Balanceadora manual	2	8760	0,5
Balanceadora para camión	2	5475	0,5
Compresor Tornillo	5	2920	0,25
Elevador tipo tijera de media altura	5	4413,6	0,375
Enllantadoras	3	7356	0,3333
Enllantadora para camión	2	2274	0,3333
Prensa	1	17520	0,0833
Generador de nitrógeno	1	8760	0,1667

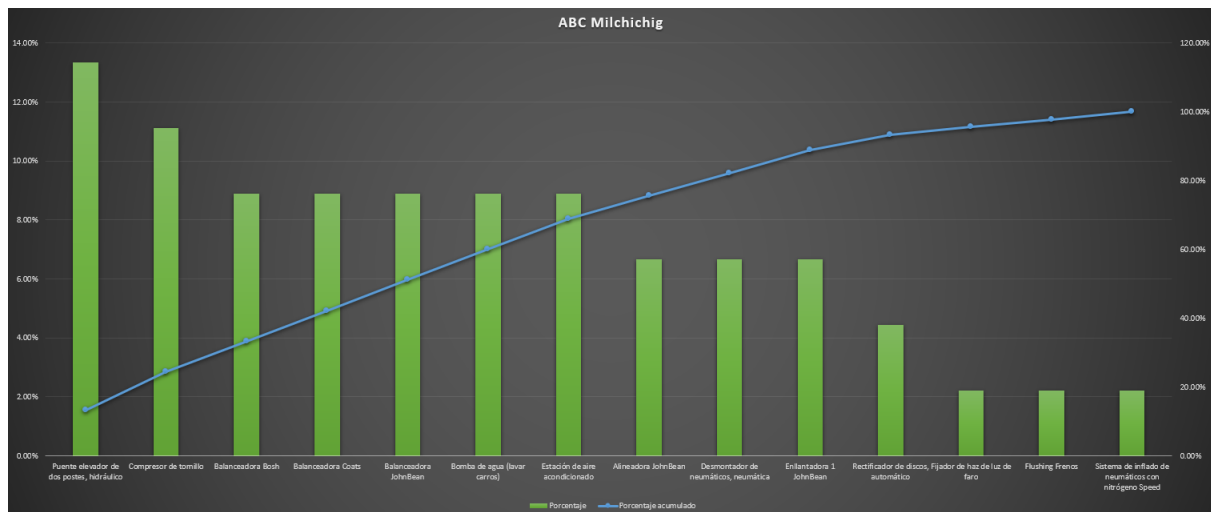
Nota: En la Tabla 30 se indica los valores obtenidos para el MTBF y MTTR de las máquinas del tecnicentro de Truck Center. Se puede apreciar la enllantadora para camiones es el valor más bajo del MTBF, lo que significa que en esta máquina se realizan mantenimientos más frecuentes, la segunda máquina con valores bajos del MTBF es el compresor de tornillo; mientras que, la máquina con mayor tiempo de buen funcionamiento es la prensa, ya que esta máquina sólo necesita que se realice cambios de aceite de sus partes móviles; la segunda máquina con mayor MTBF es el generador de nitrógeno y la balanceadora manual, Fuente: [Autor].

7.2.3. Diagrama de Pareto

Se muestra el gráfico obtenido mediante el análisis de Pareto para las sucursales de Milchichig y Truck Center.

Figura 8

Diagrama Pareto Milchichig



Nota: En la imagen se observa las máquinas del tecnocentro Milchichig que tienen mayor porcentaje de fallos con respecto al porcentaje final, en el diagrama Pareto de Milchichig se puede observar que la suma de los tiempos de falla hasta la séptima máquina obtiene el 68,89% del tiempo total de detenciones esto supone 7 sobre 14 máquinas, es decir, el 50% de las máquinas genera el 68,89% de los tiempos de detenciones. Este análisis nos permite priorizar las máquinas según su porcentaje de fallo , Fuente: [Autor].

Se seleccionan las máquinas que generan un mayor porcentaje de fallos con respecto al porcentaje final, se muestra a continuación:

Tabla 31

Priorización de máquinas de la sucursal Milchichig.

Elemento	Fallo	Porcentaje
MLPP503	Puente elevador de dos postes, hidráulico	13,33%
MLCOT03	Compresor de tornillo	11,11%
MLBB203	Balanceadora Bosch	8,89%
MLBAC03	Balanceadora Coats	8,89%

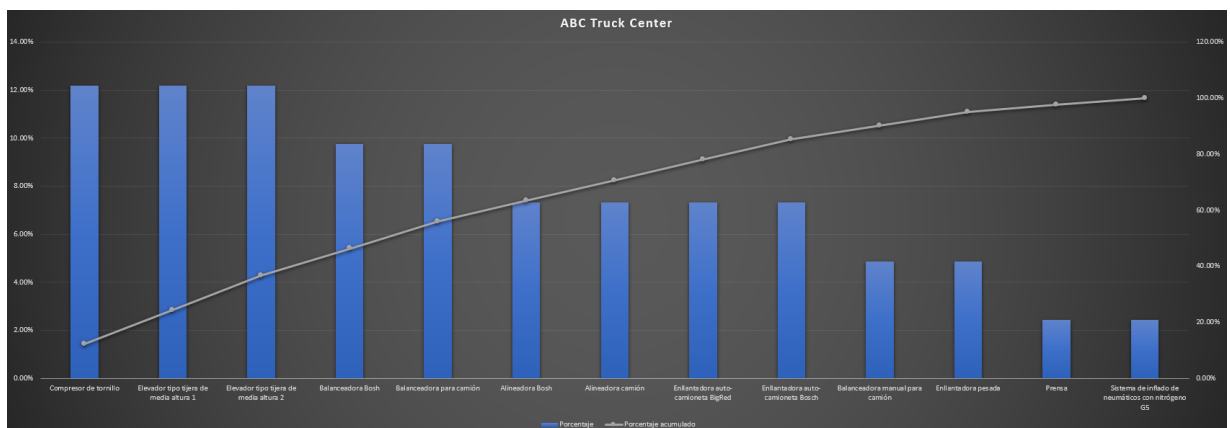
Continuación Tabla 31

MLBAJ03	Balanceadora JohnBean	8,89%
MLBOA03	Bomba de agua (lavar carros)	8,89%
MLEAA03	Estación de aire acondicionado	8,89%

Nota: En la Tabla 31 se muestran las máquinas de la sucursar de Milchichig que generan un mayor porcentaje de fallos, lo que permite priorizar esas máquinas. Se observa que el mayor porcentaje de fallos lo generan 7 de las 14 máquinas, lo que supone un 50% del total final, Fuente: [Autor].

Figura 9

Diagrama Pareto Truck Center



Nota: En la imagen se observa las máquinas del tecnicentro Truck Center que tienen mayor porcentaje de fallos con respecto al porcentaje final, en el diagrama Pareto de Truck Center se puede observar que la suma de los tiempos de falla hasta la séptima máquina obtiene el 56,10% del tiempo total de detenciones esto supone 5 sobre 13 máquinas, es decir, el 38,46% de las máquinas genera el 56,10% de los tiempos de detenciones. Este análisis nos permite priorizar las máquinas según su porcentaje de fallo , Fuente: [Autor].

Se seleccionan las máquinas que generan un mayor porcentaje de fallos con respecto al porcentaje final, se muestra a continuación:

Tabla 32

Priorización de máquinas de la sucursal Truck Center.

Elemento	Fallo	Porcentaje
TPCOT03	Compresor de tornillo	12,20%
TPET103	Elevador tipo tijera de media altura	12,20%
TPET203	Elevador tipo tijera de media altura 2	12,20%
TPBB103	Balanceadora Bosch	9,76%
TPBCJ03	Balanceadora para camión	9,76%

Nota: En la Tabla 32 se muestran las máquinas de la sucursal de Truck Center que generan un mayor porcentaje de fallos, lo que permite priorizar esas máquinas. Se observa que el mayor porcentaje de fallos lo generan 5 de las 13 máquinas, lo que supone un 38,46% del total final, Fuente: [Autor].

7.2.4. Análisis de Criticidad

Se indican las máquinas con las actividades más críticas obtenidas mediante el análisis de criticidad que se realizó.

Tabla 33

Actividades más críticas de las alineadoras.

Alineadoras				
Fallo	Severidad (1-4)	Ocurrencia (1-5)	Criticidad	Nivel de criticidad
Calibración Target ID	2	3	6	NO DESEABLE
Limpieza tarjetas electrónicas	2	3	6	NO DESEABLE

Nota: En la Tabla 33 se muestran las actividades más críticas para las alineadoras Bosch y JohnBean. Se calculó un valor de criticidad de 6, que según la tabla 6 es un valor intermedio del nivel de criticidad NO DESEABLE, Fuente: [Autor].

Tabla 34*Actividades más críticas de las balanceadoras.*

Balanceadoras				
Fallo	Severidad (1-4)	Ocurrencia (1-5)	Criticidad	Nivel de criticidad
Calibración balanceo	2	3	6	NO DESEABLE
Limpieza tarjetas electrónicas	2	3	6	NO DESEABLE
Limpieza y lubricación del eje y mariposa	2	3	6	NO DESEABLE

Nota: En la Tabla 34 se muestran las actividades más críticas para las balanceadoras Coats, Bosch y JohnBean. Se calculó un valor de criticidad de 6, que según la tabla 6 es un valor intermedio del nivel de criticidad NO DESEABLE, Fuente: [Autor].

Tabla 35*Actividades más críticas de la bomba de aguas.*

Bomba de Agua				
Fallo	Severidad (1-4)	Ocurrencia (1-5)	Criticidad	Nivel de criticidad
Revisión del motor eléctrico	2	3	6	NO DESEABLE
Cambio del orín (caucho para que no fugue el agua)	2	3	6	NO DESEABLE
Limpieza del filtro de aire / bomba de gas	2	3	6	NO DESEABLE
Renovación aceite	2	4	8	NO DESEABLE

Nota: En la Tabla 35 se muestran las actividades más críticas para la bomba de agua. Se calculó un valor de criticidad de 6, que según la tabla 6 es un valor intermedio del nivel de criticidad NO DESEABLE, Fuente: [Autor].

Tabla 36

Actividades más críticas del compresor de tornillo.

Compresor de Tornillo				
Fallo	Severidad (1-4)	Ocurrencia (1-5)	Criticidad	Nivel de criticidad
Cambio de aceite	3	4	12	INTOLERABLE
Limpieza de compresor, purgado de tanque y filtros de secado	3	4	12	INTOLERABLE
Revisar el estado de las bandas	3	4	12	INTOLERABLE
Revisar nivel de aceite (ISO 46) y posibles fugas del aceite compresor	3	4	12	INTOLERABLE
Vaciado del aire de los tanques y purgue de los filtros del secador (filtros de color azul)	3	4	12	INTOLERABLE

Nota: En la Tabla 36 se muestran las actividades más críticas para el compresor de tornillo. Se calculó un valor de criticidad de 12 (INTOLERABLE) en todas las actividades; por lo que, se debe tener como un equipo prioritario y crítico dentro de los tecnicentros, Fuente: [Autor].

Tabla 37

Actividades más críticas del elevador tipo tijera de media altura.

Elevador tipo tijera de media altura				
Fallo	Severidad (1-4)	Ocurrencia (1-5)	Criticidad	Nivel de criticidad
Calibración desplazamiento	3	2	6	NO DESEABLE
Lubricación de bisagras	2	3	6	NO DESEABLE
Revisión de nivel del Hidráulico y posibles fugas del aceite	2	3	6	NO DESEABLE
Verificación de seguros neumaticos	2	3	6	NO DESEABLE

Nota: En la Tabla 37 se muestran las actividades más críticas para el elevador tipo tijera de media altura. Se calculó un valor de criticidad de 6, que según la tabla 6 es un valor intermedio del nivel de criticidad NO DESEABLE, Fuente: [Autor].

Tabla 38

Actividades más críticas de las enllantadoras.

Enllantadora				
Fallo	Severidad (1-4)	Ocurrencia (1-5)	Criticidad	Nivel de criticidad
Limpieza de pistones y pedales	2	3	6	NO DESEABLE
Limpieza externa y lubricación de brazo destalonador, garras del plato y brazo del plato	1	5	5	NO DESEABLE

Nota: En la Tabla 38 se muestran las actividades más críticas para las enllantadoras Big Red, Bosch y JohnBean. Se calculó un valor de criticidad de 5 y 6 para cada actividad, Fuente: [Autor].

Tabla 39

Actividades más críticas de la estación de aire acondicionado.

Estación de aire acondicionado				
Fallo	Severidad (1-4)	Ocurrencia (1-5)	Criticidad	Nivel de criticidad
Cambio de aceite	3	3	9	NO DESEABLE
Filtro de secado	3	3	9	NO DESEABLE
Revisar la cantidad de aire R132 del equipo y del tanque de reserva	3	3	9	NO DESEABLE
Revisión de los niveles de aceite (bomba de vacío y aceite que va a los vehículos)	1	5	5	NO DESEABLE

Nota: En la Tabla 39 se muestran las actividades más críticas para la estación de aire acondicionado. Se calculó un valor de criticidad de 9, que según la tabla 6 es el último valor del nivel de criticidad NO DESEABLE, Fuente: [Autor].

Tabla 40

Actividades más críticas del puente elevador de dos postes hidráulico.

Puente elevador de dos postes hidráulico				
Fallo	Severidad (1-4)	Ocurrencia (1-5)	Criticidad	Nivel de criticidad
Revisión de fugas de aceite en las mangueras	2	3	6	NO DESEABLE
Revisión de los pistones si no tienen fugas	3	3	9	NO DESEABLE
Revisión y colocación de grasa de litio en los alambres templadores	2	3	6	NO DESEABLE
Revisión del torque de las tuercas	3	3	9	NO DESEABLE

Nota: En la Tabla 40 se muestran las actividades más críticas del puente elevador de dos postes hidráulico. Se calculó un valor de criticidad de 6 para dos actividades, que según la tabla 6 es un valor intermedio del nivel de criticidad NO DESEABLE; y un valor de 9 para otras dos, que es el último valor del nivel, Fuente: [Autor].

Tabla 41

Actividades más críticas del rectificador de discos para automáticos.

Rectificador de discos para automáticos				
Fallo	Severidad (1-4)	Ocurrencia (1-5)	Criticidad	Nivel de criticidad
Lubricación de las piezas externas movibles	1	5	5	NO DESEABLE

Nota: En la Tabla 41 se muestran la única actividad que tiene un nivel de NO DESEADO de esta máquina con un valor de 5, Fuente: [Autor].

Tabla 42

Actividades más críticas del generador de nitrógeno.

Generador de Nitrógeno				
Fallo	Severidad (1-4)	Ocurrencia (1-5)	Criticidad	Nivel de criticidad
Cambio de filtros de la unidad de mantenimiento	3	3	9	NO DESEABLE

Nota: En la Tabla 42 se muestran la única actividad que tiene un nivel de NO DESEADO de esta máquina con un valor de 9; siendo el último valor de este nivel de criticidad, Fuente: [Autor].

7.2.5. Tablas AMEF

Las tablas AMEF de los equipos con fallas NO DESEABLES e INTOLERABLES se presentan en el anexo D. Se utilizó un código de criticidad para las tablas AMEF, se presenta a continuación:

Tabla 43

Código de criticidad.

Código de Criticidad	
S	Categoría de severidad
O	Frecuencia o probabilidad de ocurrencia
D	Detección
NPR	Número de Prioridad de Riesgo
C	Criticidad
N.C.	Nivel de criticidad

Nota: En la Tabla 43 se muestra el código de criticidad para las tablas AMEF, Fuente: [Autor].

8. Conclusiones

Se logró establecer la situación actual del tipo de mantenimiento que tienen los equipos existentes en los dos tecnicetros con la ayuda del coordinador y técnicos de mantenimiento de la empresa TEDASA S.A.; y así garantizar la disponibilidad de estos. Del total de equipos o máquinas existentes en los tecnicetros se obtuvieron un total de 33 máquinas a las que se les aplica mantenimiento correctivo. En estas máquinas se realizó una codificación basada en la Figura 5, esta codificación nos facilitó la designación de máquinas y actividades para realizar el AMEF.

Para el AMEF se obtuvo un índice de prioridad de riesgo (NPR) que clasifica las actividades en “Riesgo de falla BAJO”, “Riesgo de falla MEDIO” y “Riesgo de falla ALTO”. Los niveles de NPR que se obtuvieron de todas las actividades de mantenimiento son de nivel bajo y medio, siendo en su mayoría de nivel bajo. De las 38 actividades totales, siete tienen un “Riesgo de falla MEDIO”, estas actividades son: limpieza de tarjetas electrónicas en las alineadoras y balanceadoras, limpieza o cambio del filtro de aire en la bomba de agua y en la estación de aire acondicionado, cambio de aceite en el compresor de tornillo y en la estación de aire acondicionado, revisión del aceite ISO(46) y posibles fugas en el compresor de tornillo, calibración de desplazamiento en los elevadores y revisión de la cantidad de aire R132 en la estación de aire acondicionado. Con estos datos se puede concluir que la máquina “Estación de aire acondicionado” es la que tiene más actividades con un riesgo de falla medio.

Al realizar los cálculos del tiempo medio de reparación (MTTR) y del tiempo medio entre fallos (MTBF) en el tecnicentro de Milchichig se obtuvo que la estación de aire acondicionado tiene el valor más bajo del MTBF, con 1185 horas, lo que significa que en esta máquina se realizan mantenimientos más frecuentes, la segunda máquina con valores bajos del MTBF es el compresor de tornillo, con 2920 horas; mientras que, la máquina con mayor tiempo MTBF es la rectificadora de discos para vehículos automáticos con un valor de 8844 horas. Para el tiempo medio de reparación (MTTR) la máquina con mayor tiempo en horas son las alineadoras con un tiempo medio de 0.6667 horas; y la máquina con menos MTTR es el generador de nitrógeno con un tiempo medio de 0,1667 horas. Por otra parte, en el tecnicentro de Truck Center, la enllantadora para camión es la máquina con menos MTBF, con un valor en horas de 2274, la segunda máquina con valores bajos del MTBF es el compresor de tornillo, con 2920 horas; mientras que, la máquina con mayor tiempo MTBF es la prensa con un valor de 17520 horas. Para el tiempo medio de reparación (MTTR) los valores y máquinas coinciden con los del tecnicentro de Milchichig.

Del análisis del diagrama de distribución A-B-C o diagrama de Pareto del tecnicentro de Milchichig, que se observa en la figura 8. Se pudo llegar a la conclusión de que se deben priorizar 7 de las 14 máquinas; es decir, el 50% de la maquinaria que recibe mantenimiento, porque entre estas máquinas se genera el 68,89% de los tiempos de detenciones. Mientras que, en el diagrama de Pareto, figura 9, se priorizan 5 de las 13 máquinas, o que supone un 38,46% del total final. Al final, este análisis nos indica que se debe priorizar 6 de las 33 máquinas que reciben mantenimiento de los tecnicentros.

Al realizar el análisis de criticidad de las máquinas de los tecnicentros de TEDASA S.A., se obtuvieron diferentes niveles de criticidad: sin embargo, se consideraron como actividades críticas a las que tienen un nivel de criticidad “NO DESEABLE” e “INTOLERABLE”. Por ello, algunas máquinas se descartaron del AMEF, ya que, sus actividades tenían un nivel de criticidad “TOLERABLE” e “INSIGNIFICANTE”. Entre las máquinas que no se descartaron se encuentran: las alineadoras, balanceadoras, la bomba de agua, el compresor de tornillo, el elevador tipo tijera de media altura, las enllantadoras, la estación de aire acondicionado, el puente elevador de dos postes hidráulico, la rectificadora de discos automáticos y el generador de nitrógeno. Es decir, quedaron 10 de las 33 máquinas iniciales. De estas máquinas, la única que tiene niveles de criticidad intolerables en sus actividades es el compresor de tornillo.

Para realizar las tablas AMEF, se tomó en cuenta el análisis de criticidad en vez del análisis de Pareto; ya que, el análisis de Pareto solo toma en cuenta el número de fallos que se producen por máquina; es decir, la frecuencia con la que es reparada. Mientras que el análisis de criticidad abarca un análisis más profundo, porque usa criterios de ocurrencia y severidad para cada falla. Con este análisis se sabe cada cuanto se genera una falla y que tan potencial es el efecto del fallo para el sistema, medio ambiente y operario.

9. Recomendaciones

Se recomienda para futuras investigaciones que se abarquen las demás sucursales que tiene TEDASA S.A., de esta manera se garantiza un estudio más profundo acerca de los fallos que presentan las maquinarias. Utilizando la metodología de Análisis del Modo y Efectos de Fallo.

Se recomienda la realización de un manual de usuario que permita a los operarios de mantenimiento tener presente las variables a considerar al momento de analizar la situación de una máquina. Este manual deberá presentar la manera de realizar un AMEF para la empresa TEDASA S.A. considerando los pasos a seguir presentados en este documento.

Se recomienda llevar a cabo un software interactivo que permita al usuario y operador de mantenimiento relacionarse con los procesos o maquinarias que generen un porcentaje de fallos mayor y presente un análisis de criticidad que permita priorizar las actividades de mantenimiento.

Se recomienda efectuar en futuras investigaciones un plan de mantenimiento preventivo para las sucursales a las que se hizo un AMEF para conseguir una mejor disponibilidad, fiabilidad y un mejor coste de mantenimiento.

Referencias

- Aguiar Guzmán, L. J., y Rodriguez Borja, H. A. (2014). *Análisis de modos y efectos de falla para mejorar la disponibilidad operacional en la línea de producción de gaseosas no. 3* (Tesis de Master no publicada). Universidad Libre de Colombia.
- Amaya Cataño, J. A. (2014). *Estudio del comportamiento real de la fase iii de la curva de la baÑera a travÉs de la aproximaciÓn de una distribuciÓn a la vida Útil de bombillos de frenado automotriz* (Tesis de Master no publicada). UNIVERSIDAD EAFIT.
- Crespo, A., y Parra, C. (2012). *Ingeniería de mantenimiento y fiabilidad aplicada a la gestión de activos*. INGECON. Descargado de https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=8xsnQ1aMg2gC&oi=fnd&pg=PR20&dq=mantenimiento&ots=l_U1ihYW76&sig=1GLBliUqBpHf5JrG07ZnWwQ22Xg&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- Elizondo Cortés, M., y González Videgaray, M. d. C. (2021). *Delimitación del problema y la pregunta de investigación*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Escobar Pazmiño, S. J., y Haro Guerra, J. C. (2012). *DiseÑo e implementaciÓn de un sistema emergente de rodaje para neumÁticos con presiÓn baja* (Tesis de Master no publicada). UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR.
- Fernandez Mozo, J. M. (2019). *Análisis del modo y efecto de fallas (amef)* (Tesis de Master no publicada). Universidad Privada del Norte.
- García Garrido, S. (2010). *Organización y gestión integral de mantenimiento*. Ediciones Díaz de Santos. Descargado de https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=PUovBdLi-oMC&oi=fnd&pg=PR13&dq=mantenimiento&ots=UfEeZrpHVv&sig=-gFJjsTTy3p8z89X07MlYS3rxgA&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- Gonzáles Fernández, F. J. (2005). *Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado*. FC Editorial. Descargado de https://books.google.com.ec/books?id=0zwXOAKv_QAC
- Grosfeld-Nir, A., Ronen, B., y Kozlovsky, N. (2007). The pareto managerial principle: when does it apply?
- INDURA. (2018). Manual de inflado de neumÁticos con nitrÓgeno indura.
- Karim, O., López, M., y Soler, K. (2010). Sistemas de información para la gestión de mantenimiento en la gran industria del estado zulia. *Revista Venezolana de Gerencia*(49), 125-140.
- Mendoza Morán, I. O., y Orellana Uruchima, G. X. (2013). *Diseño e implementación de un sistema de control electrónico para una máquina balanceadora geodyna 40/40 para neumáticos de 12 a 16 pulgadas* (Tesis de Master no publicada). UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA.

- Mora, A. (2009). *Mantenimiento. planeación, ejecución y control*. Alfaomega.
- Moreno Calva, V. (2017). Manual guía para el desarrollo del análisis de modo y efecto de falla. *CEMA (Centro de Excelencia Médica en Altura)*.
- Pachacama Cushicondor, J. R. (2019). *Mantenimiento correctivo de un compresor tipo tornillo ingersoll-rand de 650cfm* (Tesis de Master no publicada). INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR VIDA NUEVA.
- Quintero Ganchozo, J. R. (2017). *Diseño de un manual de procesos y procedimientos para un taller de alineación y balanceo automotriz* (Tesis de Master no publicada). UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR.
- Salazar López, B. (2019). Análisis del modo y efecto de fallas (amef). *Ingeniería Industrial*.
- TEKTINO. (2005). Manual de operacion alineadora tektino.
- Torres, L. (2021). Vida útil, características de la fiabilidad e inviabilidad y distribuciones teóricas en el terreno de la fiabilidad.
- UNE. (2008, Diciembre). Une-en 60812 (técnicas de análisis de fiabilidad de sistemas - procedimiento de análisis de los modos de fallo y sus efectos (amfe)).
- Zegarra, M. (2016). Indicadores para la gestión de mantenimiento de equipos pesados. *Ciencia y Desarrollo, UAP*.

ANEXOS

Anexo A: Matriz de consistencia lógica.

La Tabla 44 presenta una evaluación del grado de coherencia y conexión lógica entre el título, problema, objetivos, hipótesis, variables, etc.

Tabla 44

Matriz de consistencia lógica.

Análisis del Modo y Efectos de Fallos (AMEF) para el empresa TEDASA S.A				
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES	MARCO TEORICO
¿Se podrá proponer un análisis de modos y efectos de fallo en la maquinaria de la empresa TEDASA S.A. para garantizar su disponibilidad en los diferentes tecnicentros.?	Proponer un análisis de modos y efectos de fallo en la maquinaria de la empresa TEDASA S.A. para garantizar su disponibilidad en los diferentes tecnicentros.	Se propondrá un análisis de modos y efectos de fallo en la maquinaria de la empresa TEDASA S.A. para garantizar su disponibilidad en los diferentes tecnicentros.		¿Qué es el AMEF?.
ESPECÍFICOS	ESPECÍFICOS	ESPECÍFICAS		
¿Es posible establecer la situación actual del análisis de modos y efectos de fallo que forma parte del plan de mantenimiento en la maquinaria de la empresa TEDASA S.A. para garantizar su disponibilidad en los diferentes tecnicentros.?	Establecer la situación actual del análisis de modos y efectos de fallo que forma parte del plan de mantenimiento en la maquinaria de la empresa TEDASA S.A. para garantizar su disponibilidad en los diferentes tecnicentros.	Se establecerá la situación actual del análisis de modos y efectos de fallo que forma parte del plan de mantenimiento en la maquinaria de la empresa TEDASA S.A. para garantizar su disponibilidad en los diferentes tecnicentros.	VI: Análisis de modos y efectos de fallo.	Mantenimiento y sus tipos.
¿ Es posible realizar un análisis de modos y efectos de fallo en la maquinaria de la empresa TEDASA S.A. para garantizar su disponibilidad en los diferentes tecnicentros.?	Realizar un análisis de modos y efectos de fallo en la maquinaria de la empresa TEDASA S.A. para garantizar su disponibilidad en los diferentes tecnicentros.	Se realizará un análisis de modos y efectos de fallo en la maquinaria de la empresa TEDASA S.A. para garantizar su disponibilidad en los diferentes tecnicentros.	VD: Disponibilidad en los diferentes tecnicentros.	Tipos de AMEF y su procedimiento.

Fuente: Autor

Anexo B: Tablas de escalas de clasificación

La Tabla 45 presenta las valoraciones de severidad que se usan principalmente en la industria automovilística.

Tabla 45

Severidad del modo de fallo

Severidad	Criterios	Clasificación
Ninguna	No hay efecto apreciable	1
Muy pequeña	Ajuste y acabado del elemento con chirrido o ruido no conforme. Defecto percibido por clientes exigentes (menos del 25 %)	2
Menor	Ajuste y acabado del elemento con chirrido o ruido conforme. Defecto percibido por el 50 % de los clientes.	3
Muy baja	Ajuste y acabado del elemento con chirrido o ruido no conforme. Defecto percibido por la mayoría de los clientes (más del 75 %).	4
Baja	Vehículo o elemento operativo pero reducción en la operatividad de los elementos de confort y comodidad. Cliente de algún modo insatisfecho.	5
Moderada	Vehículo o elemento operativo por elementos de confort y comodidad no operativos. Cliente insatisfecho.	6
Alta	Vehículo o elemento operativo pero con nivel de prestaciones reducidas. Cliente muy insatisfecho.	7
Muy alta	Vehículo o elemento no operativo. (Pérdida de función principal)	8

Continuación Tabla 45

Peligroso con aviso	Muy alto rango de severidad cuando un modo de fallo potencial afecta a la operación segura del vehículo o supone el incumplimiento de leyes gubernamentales con aviso.	9
Peligroso sin aviso	Muy alto rango de severidad cuando un modo de fallo potencial afecta a la operación segura del vehículo o supone el incumplimiento de leyes gubernamentales sin aviso.	10

Nota: La Tabla 45 presenta la severidad al efecto de cada modo de fallo basada en la severidad de las consecuencias del efecto en el funcionamiento y en la seguridad del sistema global, teniendo en cuenta los requisitos, objetivos y restricciones, Fuente: (UNE, 2008)

La Tabla 46 presenta las medidas de ocurrencia cualitativas que se usan principalmente en la industria automovilística.

Tabla 46

Ocurrencia del modo de fallo relativa a la frecuencia y probabilidad de ocurrencia

Ocurrencia	Categoría, O	Frecuencia	Probabilidad
Remoto: Fallo improbable	1	0,010 por millar de elementos	1×10^{-5}
Bajo: Relativamente pocos fallos	2	0,1 por millar de elementos	1×10^{-4}
	3	0,5 por millar de elementos	5×10^{-4}
Moderado: Fallos ocasionales	4	1 por millar de elementos	1×10^{-3}
	5	2 por millar de elementos	2×10^{-3}
	6	5 por millar de elementos	5×10^{-3}

Continuación Tabla 46

Alto: Fallos	7	10 por millar de elementos	1×10^{-2}
repetidos	8	20 por millar de elementos	2×10^{-2}
Muy alto: Fallo casi	9	50 por millar de elementos	5×10^{-2}
inevitable	10	100 por millar de elementos	1×10^{-1}

Nota: La Tabla 46 presenta la ocurrencia del modo de fallo relativa a la frecuencia y probabilidad de ocurrencia; sin embargo, se debe tomar en cuenta que la escala no es lineal ni logarítmica. Por consiguiente, debe tener en cuenta que cuando se calcula y evalúa el NPR el resultado tampoco es lineal, Fuente: (UNE, 2008)

La Tabla 47 presenta las medidas de ocurrencia cualitativas que se usan principalmente en la industria automovilística.

Tabla 47

Criterios de evaluación de detección de los modos de fallo

Detección		Criterio	Categoría
Casi segura		El control de Diseño detectará casi con seguridad una causa o mecanismo potencial y el subsiguiente modo de fallo	1
Muy alta		Muy alta posibilidad de que el control de diseño detecte una causa o mecanismo potencial y el subsiguiente modo de fallo	2
Alta		Alta posibilidad de que el control de diseño detecte una causa o mecanismo potencial y el subsiguiente modo de fallo	3
Moderadamente alta		Moderadamente alta posibilidad de que el control de diseño detecte una causa o mecanismo potencial y el subsiguiente modo de fallo	4

Continuación Tabla 47

Moderada	Posibilidad moderada de que el control de diseño detecte una causa o mecanismo potencial y el subsiguiente modo de fallo	5
Baja	Baja posibilidad de que el control de diseño detecte una causa o mecanismo potencial y el subsiguiente modo de fallo	6
Muy baja	Muy baja posibilidad de que el control de diseño detecte una causa o mecanismo potencial y el subsiguiente modo de fallo	7
Remota	Posibilidad remota de que el control de diseño detecte una causa o mecanismo potencial y el subsiguiente modo de fallo	8
Muy remota	Posibilidad muy remota de que el control de diseño detecte una causa o mecanismo potencial y el subsiguiente modo de fallo	9
Absolutamente incierto	El control de diseño no detectará una causa o mecanismo potencial ni el subsiguiente modo de fallo; o no hay control de diseño	10

Nota: En la Tabla 47 se presenta la probabilidad de detectar un fallo antes de ser transmitido a otros procesos o al producto final, Fuente: (UNE, 2008)

Anexo C: Codificación de las máquinas de TEDASA S.A

La Tabla 48 presenta la codificación completa de las máquinas de los tecnicentros establecidos de TEDASA S.A., es decir, código del tecnicentro, código de la máquina, código del sistema y código de la actividad.

Tabla 48

Codificación completa de las máquinas de los tecnicentros establecidos de TEDASA S.A.

Tecnicentro	Máquina	Sistema	Actividad	Código
Truck Parque Industrial	Alineadora Bosch	Electromecánico	Calibración Target ID	TPALB03004
Truck Parque Industrial	Alineadora Bosch	Electromecánico	Limpieza externa	TPALB03015
Truck Parque Industrial	Alineadora Bosch	Electromecánico	Limpieza tarjetas electrónicas	TPALB03017
Truck Parque Industrial	Alineadora Bosch	Electromecánico	Lubricación de los plastos, garras y pernos de sujeción	TPALB03024
Truck Parque Industrial	Alineadora Camión	Electromecánico	Calibración Target ID	TPALC03004
Truck Parque Industrial	Alineadora Camión	Electromecánico	Limpieza externa	TPALC03015
Truck Parque Industrial	Alineadora Camión	Electromecánico	Limpieza tarjetas electrónicas	TPALC03017
Truck Parque Industrial	Alineadora Camión	Electromecánico	Lubricación de los plastos, garras y pernos de sujeción	TPALC03024

Milchichig	Alineadora JohnBean	Electromecánico	Calibración Target ID	MLALJ03004
Milchichig	Alineadora JohnBean	Electromecánico	Limpieza externa	MLALJ03015
Milchichig	Alineadora JohnBean	Electromecánico	Limpieza tarjetas electrónicas	MLALJ03017
Milchichig	Alineadora JohnBean	Electromecánico	Lubricación de los platos, garras y pernos de sujeción	MLALJ03024
Milchichig	Balanceadora Bosch	Electromecánico	Calibración balanceo	MLBAB03001
Milchichig	Balanceadora Bosch	Electromecánico	Cambio de aceite	MLBAB03020
Milchichig	Balanceadora Bosch	Electromecánico	Limpieza externa	MLBAB03015
Milchichig	Balanceadora Bosch	Electromecánico	Limpieza tarjetas electrónicas	MLBAB03017
Milchichig	Balanceadora Bosch	Electromecánico	Limpieza y lubricación del eje y mariposa	MLBAB03018
Truck Parque Industrial	Balanceadora Bosch	Electromecánico	Calibración balanceo	TPBAB03001
Truck Parque Industrial	Balanceadora Bosch	Electromecánico	Cambio de aceite	TPBAB03005
Truck Parque Industrial	Balanceadora Bosch	Electromecánico	Limpieza externa	TPBAB03015
Truck Parque Industrial	Balanceadora Bosch	Electromecánico	Limpieza tarjetas electrónicas	TPBAB03017
Truck Parque Industrial	Balanceadora Bosch	Electromecánico	Limpieza y lubricación del eje y mariposa	TPBAB03018

Milchichig	Balanceadora Coats	Electromecánico	Calibración balanceo	MLBAC03001
Milchichig	Balanceadora Coats	Electromecánico	Cambio de aceite	MLBAC03020
Milchichig	Balanceadora Coats	Electromecánico	Limpieza externa	MLBAC03015
Milchichig	Balanceadora Coats	Electromecánico	Limpieza tarjetas electrónicas	MLBAC03017
Milchichig	Balanceadora Coats	Electromecánico	Limpieza y lubricación del eje y mariposa	MLBAC03018
Milchichig	Balanceadora JohnBean	Electromecánico	Calibración balanceo	MLBAJ03001
Milchichig	Balanceadora JohnBean	Electromecánico	Cambio de aceite	MLBAJ03020
Milchichig	Balanceadora JohnBean	Electromecánico	Limpieza externa	MLBAJ03015
Milchichig	Balanceadora JohnBean	Electromecánico	Limpieza tarjetas electrónicas	MLBAJ03017
Milchichig	Balanceadora JohnBean	Electromecánico	Limpieza y lubricación del eje y mariposa	MLBAJ03018
Truck Parque Industrial	Balanceadora Manual para Camión	Electromecánico	Revisión de rodillo y engrasado	TPBMC03034
Truck Parque Industrial	Balanceadora Manual para Camión	Electromecánico	Limpieza de bornes de conexión de motor	TPBMC03011
Truck Parque Industrial	Balanceadora Manual para Camión	Electromecánico	Limpieza externa	TPBMC03015
Truck Parque Industrial	Balanceadora para camión	Electromecánico	Calibración balanceo	TPBCJ03001
Truck Parque Industrial	Balanceadora para camión	Electromecánico	Cambio de aceite	TPBCJ03005
Truck Parque Industrial	Balanceadora para camión	Electromecánico	Limpieza externa	TPBCJ03015

Truck Parque Industrial	Balanceadora para camión	Electromecánico	Limpieza tarjetas electrónicas	TPBCJ03017
Truck Parque Industrial	Balanceadora para camión	Electromecánico	Limpieza y lubricación del eje y mariposa	TPBCJ03018
Milchichig	Bomba de Agua	Electromecánico	Cambio de aceite o revisión del motor eléctrico	MLBOA03006
Milchichig	Bomba de Agua	Electromecánico	Cambio del orín (caucho para que no fugue el agua)	MLBOA03008
Milchichig	Bomba de Agua	Electromecánico	Limpieza del filtro de aire / bomba de gas	MLBOA03014
Milchichig	Bomba de Agua	Electromecánico	Limpieza externa	MLBOA03015
Milchichig	Bomba de Agua	Electromecánico	Renovación aceite	MLBOA03026
Milchichig	Cambiar aceite de Caja-Automáticos	Electromecánico	Limpieza externa	MLCAC03015
Milchichig	Compresor de Tornillo	Electromecánico	Cambio de aceite	MLCOT03005
Milchichig	Compresor de Tornillo	Electromecánico	Limpieza de compresor, purgado de tanque y filtros de secado	MLCOT03012
Milchichig	Compresor de Tornillo	Electromecánico	Revisar el estado de las bandas	MLCOT03027
Milchichig	Compresor de Tornillo	Electromecánico	Revisar nivel de aceite (ISO 46) y posibles fugas del aceite compresor	MLCOT03029
Milchichig	Compresor de Tornillo	Electromecánico	Vaciado del aire de los tanques y purgue de los filtros del secador (filtros de color azul)	MLCOT03037
Truck Parque Industrial	Compresor de Tornillo	Electromecánico	Cambio de aceite	TPCOT03005
Truck Parque Industrial	Compresor de Tornillo	Electromecánico	Limpieza de compresor, purgado de tanque y filtros de secado	TPCOT03012
Truck Parque Industrial	Compresor de Tornillo	Electromecánico	Revisar el estado de las bandas	TPCOT03027

Truck Parque Industrial	Compresor de Tornillo	Electromecánico	Revisar nivel de aceite (ISO 46) y posibles fugas del aceite compresor	TPCOT03029
Truck Parque Industrial	Compresor de Tornillo	Electromecánico	Vaciado del aire de los tanques y purgue de los filtros del secador (filtros de color azul)	TPCOT03037
Truck Parque Industrial	Elevador tijera media altura	Electromecánico	Calibración desplazamiento	TPETM03003
Truck Parque Industrial	Elevador tijera media altura	Electromecánico	Cambio de aceite	TPETM03005
Truck Parque Industrial	Elevador tijera media altura	Electromecánico	Limpieza externa	TPETM03015
Truck Parque Industrial	Elevador tijera media altura	Electromecánico	Lubricación de bisagras	TPETM03025
Truck Parque Industrial	Elevador tijera media altura	Electromecánico	Revisión de nivel del Hidráulico y posibles fugas del aceite	TPETM03033
Truck Parque Industrial	Elevador tijera media altura	Electromecánico	Verificación de seguros neumáticos	TPETM03038
Milchichig	Enllantadora JohnBean	Electromecánico	Cambio de aceite	MLEJ103005
Milchichig	Enllantadora JohnBean	Electromecánico	Limpieza de pistones y pedales	MLEJ103013
Milchichig	Enllantadora JohnBean	Electromecánico	Limpieza externa	MLEJ103015
Milchichig	Enllantadora JohnBean	Electromecánico	Lubricación de brazo destalonador, garras del plato y brazo del plato	MLEJ103021
Milchichig	Enllantadora JohnBean	Electromecánico	Fugas de aire	MLEJ103010
Truck Parque Industrial	Enllantadora Auto-Camioneta Big Red	Electromecánico	Cambio de aceite	TPEBR03005

Truck Parque Industrial	Enllantadora Auto-Camioneta Big Red	Electromecánico	Limpieza de pistones y pedales	TPEBR03013
Truck Parque Industrial	Enllantadora Auto-Camioneta Big Red	Electromecánico	Limpieza externa y lubricación de brazo destalonador, garras del plato y brazo del plato	TPEBR03016
Truck Parque Industrial	Enllantadora Auto-Camioneta Bosch	Electromecánico	Cambio de aceite	TPENB03005
Truck Parque Industrial	Enllantadora Auto-Camioneta Bosch	Electromecánico	Limpieza de pistones y pedales	TPENB03013
Truck Parque Industrial	Enllantadora Auto-Camioneta Bosch	Electromecánico	Limpieza externa y lubricación de brazo destalonador, garras del plato y brazo del plato	TPENB03016
Truck Parque Industrial	Enllantadora pesada	Electromecánico	Cambio de aceite	TPENP03005
Truck Parque Industrial	Enllantadora pesada	Electromecánico	Limpieza externa	TPENP03015
Truck Parque Industrial	Enllantadora pesada	Electromecánico	Lubricación de las partes móviles	TPENP03022
Milchichig	Estación de aire acondicionado	Electromecánico	Cambio de aceite	MLEAA03005
Milchichig	Estación de aire acondicionado	Electromecánico	filtro de secado	MLEAA03009
Milchichig	Estación de aire acondicionado	Electromecánico	Limpieza externa	MLEAA03015
Milchichig	Estación de aire acondicionado	Electromecánico	Revisar la cantidad de aire R132 del equipo y del tanque de reserva	MLEAA03028

Milchichig	Estación de aire acondicionado	Electromecánico	Revisión de los niveles de aceite (bomba de vacío y aceite que va a los vehículos)	MLEAA03030
Milchichig	Fijador de haz de luz del faro	Electromecánico	Limpieza externa	MLFHF03015
Milchichig	Fijador de haz de luz del faro	Electromecánico	Limpieza tarjetas electrónicas	MLFHF03017
Milchichig	Flushing Frenos	Electromecánico	Limpieza externa	MLFLF03015
Milchichig	Flushing Frenos	Electromecánico	Limpieza de cables, conectores y depósitos de la máquina	MLFLF03019
Milchichig	Gata para levantar motos	Mecánico	Limpieza externa	MLGAM01015
Truck Parque Industrial	Generador de Nitrógeno G5	Electromecánico	Cambio de filtro de la unidad de mantenimiento	TPING01007
Truck Parque Industrial	Generador de Nitrógeno G5	Electromecánico	Limpieza externa	TPING03015
Milchichig	Generador de Nitrógeno Speed	Electromecánico	Cambio de filtros de la unidad de mantenimiento	MLINS03007
Milchichig	Generador de Nitrógeno Speed	Electromecánico	Limpieza externa	MLINS03015
Truck Parque Industrial	Prensa	Mecánico	Cambio de aceite	TPPRE01005
Truck Parque Industrial	Prensa	Mecánico	Limpieza externa	TPPRE01015
Milchichig	Puente elevador de dos postes hidráulico	Electromecánico	Calibración de las tuercas	MLPPH03002
Milchichig	Puente elevador de dos postes hidráulico	Electromecánico	Cambio de aceite	MLPPH03005

Milchichig	Puente elevador de dos postes hidráulico	Electromecánico	Limpieza externa	MLPPH03015
Milchichig	Puente elevador de dos postes hidráulico	Electromecánico	Revisión de fugas de aceite en las mangueras	MLPPH03031
Milchichig	Puente elevador de dos postes hidráulico	Electromecánico	Revisión de los pistones si no tienen fugas	MLPPH03032
Milchichig	Puente elevador de dos postes hidráulico	Electromecánico	Revisión, y colocación de grasa de litio en los alambres templadores	MLPPH03035
Milchichig	Puente elevador de dos postes hidráulico	Electromecánico	Revisión del torque de las tuercas	MLPPH03036
Milchichig	Rectificador de discos para automáticos	Electromecánico	Cambio de aceite	MLRDA03005
Milchichig	Rectificador de discos para automáticos	Electromecánico	Limpieza externa	MLRDA03015
Milchichig	Rectificador de discos para automáticos	Electromecánico	Lubricación de las piezas externas movibles	MLRDA03023

Nota: En la tabla se muestra la codificación de toda la maquinaria de los tecnicentros de Milchichig y Truck Center de la empresa TEDASA S.A., Fuente: [Autor].

Anexo D: Tablas AMEF de las máquinas de TEDASA S.A

Tabla 49

Tabla AMEF para la Balanceadora Bosch del tecnicentro Milchichig.

Sistema: Balanceadora Bosch				Tecnico: Milchichig				Preparado por:							
Periodo de operación:				Revisión:				Fecha:							
Ref. elemento	Descripción y función del elemento	Modo de fallo	Código del modo de fallo	Posibles causas de fallo	Efecto Potencial	Método de detección	Medidas de compensación contra el fallo	S	O	D	NPR	C	N.C.	Comentarios	
MLBB203	Su función es equilibrar las irregularidades de los neumáticos después de la fabricación,	El balanceo no es exacto, se vuelve difícil llegar a "00"	MLBB203001	La memoria de la placa del circuito impreso ha perdido datos de ajuste y de calibración. Los sensores no se encuentran conectados correctamente.	La medición de control durante el funcionamiento va a ser erróneo	Inspección física y verificación. El error de desequilibrio es mayor a 5gr.	Calibración manual o automática de la máquina	5	5	1	25	6	NO DESEABLE		
MLBB203	después de comprarlos, después de una reparación o	Las señales de los sensores no son correctas.	MLBB203017	Fallo de la placa de circuitos impresos. Irregularidades de las señales del sensor de medición.	Mal funcionamiento de la maquina, posible parada.	Inspección física y visual	Limpieza tarjetas electrónicas	4	5	8	160	6	NO DESEABLE		
MLBB203	cuando existe cierta vibración en el volante	Ruido durante el funcionamiento.	MLBB203018	Cambio incorrecto del lubricante. Sobrepaso el tiempo normalizado de uso antes del cambio del lubricante.	La velocidad y precisión de giro de la balanceadora menor.	Inspección auditiva y verificación.	Limpieza y lubricación del eje y mariposa	5	5	1	25	6	NO DESEABLE		

Nota: Tabla AMEF para la balanceadora Bosch del tecnicentro de Milchichig, Fuente: [Autor].

Tabla 50

Tabla AMEF para la Balanceadora Coats.

Sistema: Balanceadora Coats				Tecnicro: Milchichig				Preparado por:						
Periodo de operaci3n:				Revisi3n:				Fecha:						
Ref. elemento	Descripci3n y funci3n del elemento	Modo de fallo	C3digo del modo de fallo	Posibles causas de fallo	Efecto Potencial	M3todo de detecci3n	Medidas de compensaci3n contra el fallo	S	O	D	NPR	C	N.C.	Comentarios
MLBB203	Su funci3n es equilibrar las irregularidades de los neumáticos despu3s de la fabricaci3n,	El balanceo no es exacto, se vuelve difcil llegar a "00"	MLBB203001	La memoria de la placa del circuito impreso ha perdido datos de ajuste y de calibraci3n. Los sensores no se encuentran conectados correctamente.	La medici3n de control durante el funcionamiento va a ser err3neo	Inspecci3n f3sica y verificaci3n. El error de desequilibrio es mayor a 5gr.	Calibraci3n manual o automática de la m aquina	5	5	1	25	6	NO DESEABLE	
MLBB203	despu3s de comprarlos, despu3s de una reparaci3n o cuando existe cierta vibraci3n en el volante	Las se aales de los sensores no son correctas.	MLBB203017	Fallo de la placa de circuitos impresos. Irregularidades de las se aales del sensor de medici3n.	Mal funcionamiento de la maquina, posible parada.	Inspecci3n f3sica y visual	Limpieza tarjetas electr3nicas	4	5	8	160	6	NO DESEABLE	
MLBB203		Ruido durante el funcionamiento.	MLBB203018	Cambio incorrecto del lubricante. Sobrepaso el tiempo normalizado de uso antes del cambio del lubricante.	La velocidad y precisi3n de giro de la balanceadora menora.	Inspecci3n auditiva y verificaci3n.	Limpieza y lubricaci3n del eje y mariposa	5	5	1	25	6	NO DESEABLE	

Nota: Tabla AMEF para la balanceadora Coats del tecnicro de Milchichig, Fuente: [Autor].

Tabla 51

Tabla AMEF para la Balanceadora JohnBean.

Sistema: Balanceadora JohnBean				Tecnicro: Milchichig				Preparado por:						
Periodo de operaci3n:				Revisi3n:				Fecha:						
Ref. elemento	Descripci3n y funci3n del elemento	Modo de fallo	C3digo del modo de fallo	Posibles causas de fallo	Efecto Potencial	M3todo de detecci3n	Medidas de compensaci3n contra el fallo	S	O	D	NPR	C	N.C.	Comentarios
MLBB203	Su funci3n es equilibrar las irregularidades de los neumáticos despu3s de la fabricaci3n,	El balanceo no es exacto, se vuelve difcíl llegar a "00"	MLBB203001	La memoria de la placa del circuito impreso ha perdido datos de ajuste y de calibraci3n. Los sensores no se encuentran conectados correctamente.	La medici3n de control durante el funcionamiento va a ser err3neo	Inspecci3n fílica y verificaci3n. El error de desequilibrio es mayor a 5gr.	Calibraci3n manual o automática de la máquina	5	5	1	25	6	NO DESEABLE	
MLBB203	despu3s de comprarlos, despu3s de una reparaci3n o cuando existe cierta vibraci3n en el volante	Las seńales de los sensores no son correctas.	MLBB203017	Fallo de la placa de circuitos impresos. Irregularidades de las seńales del sensor de medici3n.	Mal funcionamiento de la maquina, posible parada.	Inspecci3n fílica y visual	Limpieza tarjetas electr3nicas	4	5	8	160	6	NO DESEABLE	
MLBB203		Ruido durante el funcionamiento.	MLBB203018	Cambio incorrecto del lubricante. Sobrepaso el tiempo normalizado de uso antes del cambio del lubricante.	La velocidad y precisi3n de giro de la balanceadora menora.	Inspecci3n auditiva y verificaci3n.	Limpieza y lubricaci3n del eje y mariposa	5	5	1	25	6	NO DESEABLE	

Nota: Tabla AMEF para la balanceadora JohnBean del tecnicro de Milchichig, Fuente: [Autor].

Tabla 52

Tabla AMEF para la Balanceadora Bosch.

Sistema: Balanceadora Bosch				Tecnicentro: Truck Center				Preparado por:						
Periodo de operación:				Revisión:				Fecha:						
Ref. elemento	Descripción y función del elemento	Modo de fallo	Código del modo de fallo	Posibles causas de fallo	Efecto Potencial	Método de detección	Medidas de compensación contra el fallo	S	O	D	NPR	C	N.C.	Comentarios
MLBB203	Su función es equilibrar las irregularidades de los neumáticos después de la fabricación,	El balanceo no es exacto, se vuelve difícil llegar a "00"	MLBB203001	La memoria de la placa del circuito impreso ha perdido datos de ajuste y de calibración. Los sensores no se encuentran conectados correctamente.	La medición de control durante el funcionamiento va a ser erróneo	Inspección física y verificación. El error de desequilibrio es mayor a 5gr.	Calibración manual o automática de la máquina	5	5	1	25	6	NO DESEABLE	
MLBB203	después de comprarlos, después de una reparación o	Las señales de los sensores no son correctas.	MLBB203017	Fallo de la placa de circuitos impresos. Irregularidades de las señales del sensor de medición.	Mal funcionamiento de la maquina, posible parada.	Inspección física y visual	Limpieza tarjetas electrónicas	4	5	8	160	6	NO DESEABLE	
MLBB203	cuando existe cierta vibración en el volante	Ruido durante el funcionamiento.	MLBB203018	Cambio incorrecto del lubricante. Sobrepaso el tiempo normalizado de uso antes del cambio del lubricante.	La velocidad y precisión de giro de la balanceadora menor.	Inspección auditiva y verificación.	Limpieza y lubricación del eje y mariposa	5	5	1	25	6	NO DESEABLE	

Nota: Tabla AMEF para la balanceadora bosch del tecnicentro de Truck Center, Fuente: [Autor].

Tabla 53

Tabla AMEF para la Balanceadora JohnBean.

Sistema: Balanceadora JohnBean				Tecnicro: Milchichig				Preparado por:						
Periodo de operaci3n:				Revisi3n:				Fecha:						
Ref. elemento	Descripci3n y funci3n del elemento	Modo de fallo	C3digo del modo de fallo	Posibles causas de fallo	Efecto Potencial	M3todo de detecci3n	Medidas de compensaci3n contra el fallo	S	O	D	NPR	C	N.C.	Comentarios
MLBB203	Su funci3n es equilibrar las irregularidades de los neum3ticos despu3s de la fabricaci3n,	El balanceo no es exacto, se vuelve difcil llegar a "00"	MLBB203001	La memoria de la placa del circuito impreso ha perdido datos de ajuste y de calibraci3n. Los sensores no se encuentran conectados correctamente.	La medici3n de control durante el funcionamiento va a ser err3neo	Inspecci3n f3sica y verificaci3n. El error de desequilibrio es mayor a 5gr.	Calibraci3n manual o autom3tica de la m3quina	5	5	1	25	6	NO DESEABLE	
MLBB203	despu3s de comprarlos, despu3s de una reparaci3n o cuando existe cierta vibraci3n en el volante	Las se1ales de los sensores no son correctas.	MLBB203017	Fallo de la placa de circuitos impresos. Irregularidades de las se1ales del sensor de medici3n.	Mal funcionamiento de la maquina, posible parada.	Inspecci3n f3sica y visual	Limpieza tarjetas electr3nicas	4	5	8	160	6	NO DESEABLE	
MLBB203		Ruido durante el funcionamiento.	MLBB203018	Cambio incorrecto del lubricante. Sobrepaso el tiempo normalizado de uso antes del cambio del lubricante.	La velocidad y precisi3n de giro de la balanceadora menora.	Inspecci3n auditiva y verificaci3n.	Limpieza y lubricaci3n del eje y mariposa	5	5	1	25	6	NO DESEABLE	

Nota: Tabla AMEF para la balanceadora JohnBean del tecnicro de Milchichig, Fuente: [Autor].

Tabla 54

Tabla AMEF para la Balanceadora Bosch para camiones.

Sistema: Balanceadora Bosch para camiones				Tecnico: Truck Center				Preparado por:						
Periodo de operaci3n:				Revisi3n:				Fecha:						
Ref. elemento	Descripci3n y funci3n del elemento	Modo de fallo	C3digo del modo de fallo	Posibles causas de fallo	Efecto Potencial	M3todo de detecci3n	Medidas de compensaci3n contra el fallo	S	O	D	NPR	C	N.C.	Comentarios
MLBB203	Su funci3n es equilibrar las irregularidades de los neumáticos despu3s de la fabricaci3n,	El balanceo no es exacto, se vuelve difcil llegar a "00"	MLBB203001	La memoria de la placa del circuito impreso ha perdido datos de ajuste y de calibraci3n. Los sensores no se encuentran conectados correctamente.	La medici3n de control durante el funcionamiento va a ser err3neo	Inspecci3n f3sica y verificaci3n. El error de desequilibrio es mayor a 5gr.	Calibraci3n manual o automática de la m3quina	5	5	1	25	6	NO DESEABLE	
MLBB203	despu3s de comprarlos, despu3s de una reparaci3n o cuando existe cierta vibraci3n en el volante	Las seales de los sensores no son correctas.	MLBB203017	Fallo de la placa de circuitos impresos. Irregularidades de las seales del sensor de medici3n.	Mal funcionamiento de la maquina, posible parada.	Inspecci3n f3sica y visual	Limpieza tarjetas electr3nicas	4	5	8	160	6	NO DESEABLE	
MLBB203		Ruido durante el funcionamiento.	MLBB203018	Cambio incorrecto del lubricante. Sobrepaso el tiempo normalizado de uso antes del cambio del lubricante.	La velocidad y precisi3n de giro de la balanceadora menora.	Inspecci3n auditiva y verificaci3n.	Limpieza y lubricaci3n del eje y mariposa	5	5	1	25	6	NO DESEABLE	

Nota: Tabla AMEF para la balanceadora Bosch para camiones del tecnico del Truck Center, Fuente: [Autor].

Tabla 55

Tabla AMEF para el compresor de tornillo del tecnicentro de Milchichig.

Sistema: Compresor de Tornillo				Tecnicro: Milchichig				Preparado por:						
Periodo de operaci3n:				Revisi3n:				Fecha:						
Ref. elemento	Descripci3n y funci3n del elemento	Modo de fallo	C3digo del modo de fallo	Posibles causas de fallo	Efecto Potencial	M3todo de detecci3n	Medidas de compensaci3n contra el fallo	S	O	D	NPR	C	N.C.	Comentarios
TPCOT03	Proporcionan energ3a a las herramientas y las m3quinas industriales.	Parada maquina activacion alarma t3rmica.	TPCOT03005	Temperatura excesiva de la mezcla aire/aceite en salida del grupo tornillo (105 3C).	Desgaste de los componentes. Falla de la m3quina.	Inspecci3n f3sica y verifi caci3n	Cambio de aceite	8	8	7	448	12	INTOLERABLE	
		El compresor gira pero no carga	TPCOT03012	El compresor y el tanque se encuentra con residuos. Los filtros est3n sucios.	Baja el rendimiento de la m3quina	Inspecci3n f3sica y verifi caci3n	Limpieza de compresor, purgado de tanque y filtros de secado	8	8	1	64	12	INTOLERABLE	
		P3rdida de energ3a y eficiencia del compresor	TPCOT03027	Desgaste de las bandas. Mal cambio de las bandas.	Eventualmente se producir3 un fallo total de la maquina	Inspecci3n f3sica y verifi caci3n	Revisar el estado de las bandas	8	8	1	64	12	INTOLERABLE	
		Alta temperatura del aire a la descarga	TPCOT03029	Falta de aceite lubricante. Filtro de aceite obstruido. Obstrucci3n en el orificio de la l3nea de retorno de aceite.	Baja repentina de presi3n	Inspecci3n f3sica y verifi caci3n	Revisar nivel de aceite (ISO 46) y posibles fugas del aceite compresor	8	8	7	448	12	INTOLERABLE	
		Alto contenido de aceite en el aire	TPCOT03037	Demasiado aceite lubricante en el interior del tanque.	El motor del compresor deja de funcionar	Inspecci3n f3sica y verifi caci3n	Vaciado del aire de los tanques y purgue de los filtros del secador (filtros de color azul)	8	8	1	64	12	INTOLERABLE	

Nota: Tabla AMEF para el compresor de tornillo del tecnicetro de Milchichig, Fuente: [Autor].

Tabla 56

Tabla AMEF para el compresor de tornillo del tecnicentro de Truck Center.

Sistema: Compresor de tornillo				Tecnico: Truck Center				Preparado por:						
Periodo de operación:				Revisión:				Fecha:						
Ref. elemento	Descripción y función del elemento	Modo de fallo	Código del modo de fallo	Posibles causas de fallo	Efecto Potencial	Método de detección	Medidas de compensación contra el fallo	S	O	D	NPR	C	N.C.	Comentarios
TPCOT03	Proporcionan energía a las herramientas y las máquinas industriales.	Parada maquina activacion alarma térmica.	TPCOT03005	Temperatura excesiva de la mezcla aire/aceite en salida del grupo tornillo (105 °C).	Desgaste de los componentes. Falla de la máquina.	Inspección física y verificación	Cambio de aceite	8	8	7	448	12	INTOLERABLE	
		El compresor gira pero no carga	TPCOT03012	El compresor y el tanque se encuentra con residuos. Los filtros están sucios.	Baja el rendimiento de la máquina	Inspección física y verificación	Limpieza de compresor, purgado de tanque y filtros de secado	8	8	1	64	12	INTOLERABLE	
		Pérdida de energía y eficiencia del compresor	TPCOT03027	Desgaste de las bandas. Mal cambio de las bandas.	Eventualmente se producirá un fallo total de la maquina	Inspección física y verificación	Revisar el estado de las bandas	8	8	1	64	12	INTOLERABLE	
		Alta temperatura del aire a la descarga	TPCOT03029	Falta de aceite lubricante. Filtro de aceite obstruido. Obstrucción en el orificio de la línea de retorno de aceite.	Baja repentina de presión	Inspección física y verificación	Revisar nivel de aceite (ISO 46) y posibles fugas del aceite compresor	8	8	7	448	12	INTOLERABLE	
		Alto contenido de aceite en el aire	TPCOT03037	Demasiado aceite lubricante en el interior del tanque.	El motor del compresor deja de funcionar	Inspección física y verificación	Vaciado del aire de los tanques y purgue de los filtros del secador (filtros de color azul)	8	8	1	64	12	INTOLERABLE	

Nota: Tabla AMEF para el compresor de tornillo del tecnicentro de Truck Center, Fuente: [Autor].

Tabla 57

Tabla AMEF para la Estación de Aire Acondicionado.

Sistema: Estación de Aire Acondicionado				Tecnico: Milchichig				Preparado por:							
Periodo de operación:				Revisión:				Fecha:							
Ref. elemento	Descripción y función del elemento	Modo de fallo	Código del modo de fallo	Posibles causas de fallo	Efecto Potencial	Método de detección	Medidas de compensación contra el fallo	S	O	D	NPR	C	N.C.	Comentarios	
MLEAA03	Recargar el aire de un coche, esta diseñada para recuperar el refrigerante del sistema AC del vehículo	Aumento de temperatura de la máquina	MLEAA03005	Mal uso del aceite. El aceite se encuentra contaminado.	Daña las partes mecánicas.	Inspección física y del operario	Cambio de aceite	8	5	9	360	9	NO DESEABLE		
		El refrigerante está contaminado	MLEAA03009	El filtro de secado no se ha cambiado en el tiempo establecido.	Se deja de retener la humedad en el circuito y se satura.	Inspección visual y del operario	Cambiar el filtro de secado	8	5	9	360	9	NO DESEABLE		
		No existe salida de refrigerante	MLEAA03028	Fugas en el tanque de reserva. No existe contenido de aire R132.	Paro total de la máquina.	Inspección del operario	Revisar la cantidad de aire R132 del equipo y del tanque de reserva	8	6	9	432	9	NO DESEABLE		
		Presión insuficiente para la recuperación	MLEAA03030	Fugas de aceite. La válvula de paso entre la estación y el auto, está dañada.	Paro eventual de la máquina.	Inspección del operario	Revisión de los niveles de aceite (bomba de vacío y aceite que va a los vehículos)	1	10	1	10	5	NO DESEABLE		

Nota: Tabla AMEF para la estación de aire acondicionado del tecnico de Milchichig, Fuente: [Autor].

Tabla 58

Tabla AMEF para el Puente elevador de dos postes hidráulico.

Sistema: Puente elevador de dos postes hidráulico				Tecnico: Milchichig				Preparado por:						
Periodo de operación:				Revisión:				Fecha:						
Ref. elemento	Descripción y función del elemento	Modo de fallo	Código del modo de fallo	Posibles causas de fallo	Efecto Potencial	Método de detección	Medidas de compensación contra el fallo	S	O	D	NPR	C	N.C.	Comentarios
MLPP503	Eleva cargas pesadas. Lo hace mediante la amplificación de fuerzas, gracias a la presión ejercida por la transferencia de un fluido.	El ascensor está bajando lentamente sin pulsar la palanca de descenso	MLPP503031	Mal uso del aceite y de la máquina. La manguera necesita ser reemplazada.	No aumenta la presión del motor	Inspección visual y del operario	Revisión de fugas de aceite en las mangueras	2	5	1	10	6	NO DESEABLE	
		Al levantar el elevador genera ruido	MLPP503032	Los pistones están sin lubricación. Fallas en el sistema de refrigeración. Desgaste excesivo.	El elevador no se va a mantener en la parte superior cuando esté con peso.	Inspección visual y del operario	Revisión de los pistones si no tienen fugas	6	4	1	24	9	NO DESEABLE	
		La nivelación del elevador no es la correcta	MLPP503035	El alambre no se encuentra engrasado y el ajuste es incorrecto.	La grúa no puede elevarse horizontalmente	Inspección visual y del operario	Revisión, y colocación de grasa de litio en los alambres templadores	5	5	1	25	6	NO DESEABLE	
		Existe vibraciones	MLPP503036	Las tuercas no tienen un buen apriete.	Es riesgoso que se realice un trabajo en este estado, puede generar algún accidente.	Inspección visual y del operario	Revisión del torque de las tuercas	8	5	1	40	9	NO DESEABLE	

Nota: Tabla AMEF para el Puente elevador de dos postes hidráulico del tecnico de Milchichig, Fuente: [Autor].

Tabla 59

Tabla AMEF para el elevador tipo tijera de media altura.

Sistema: Elevador Tijera media Altura				Tecnicentro: Truck Center				Preparado por:						
Periodo de operación:				Revisión:				Fecha:						
Ref. elemento	Descripción y función del elemento	Modo de fallo	Código del modo de fallo	Posibles causas de fallo	Efecto Potencial	Método de detección	Medidas de compensación contra el fallo	S	O	D	NPR	C	N.C.	Comentarios
TPET103	Esta constituido por una estructura metálica y un circuito hidráulico impulsado por un motor eléctrico	La nivelación del elevador no es la correcta	TPET103003	El desplazamiento del elevador se encuentra descalibrado	Se genera un desnivel mayor con el paso del tiempo	Inspección visual y del operario	Calibración desplazamiento	6	3	7	126	6	NO DESEABLE	
		Ruido al momento del funcionamiento	TPET103025	Falta de lubricación en las partes móviles	Genera desgaste potencial en la parte mecánica	Inspección visual y del operario	Lubricación de bisagras	4	5	1	20	6	NO DESEABLE	
		La plataforma baja lento	TPET103033	Nivel de aceite bajo. Fugas en las válvulas de ventilación.	Aunque el motor funcione elevador no va a subir	Inspección visual y del operario	Revisión de nivel del Hidráulico y posibles fugas del aceite	4	5	1	20	6	NO DESEABLE	
		No se puede bloquear y desbloquear el elevador	TPET103038	Los cierres mecánicos se encuentran dañados.	Paro total de la máquina	Inspección visual y del operario	Verificación de seguros neumáticos	4	5	1	20	6	NO DESEABLE	

Nota: Tabla AMEF para los elevadores tipo tijera de media altura del tecnicentro del Truck Center, Fuente: [Autor].

Tabla 60

Tabla AMEF para Alineadora del tecnicentro de Milchichig.

Sistema: Alineadora JohnBean				Tecnicentro: Milchichig				Preparado por:							
Periodo de operación:				Revisión				Fecha:							
Ref. Elemento	Descripción y función del elemento	Modo de fallo	Código del modo de fallo	Posibles causas de fallo	Efecto Potencial	Método de detección	Medidas de compensación contra el fallo	S	O	D	NPR	C	N.C.	Comentarios	
MLALJ03	Verifican el posicionamiento de cada una de las ruedas con referencia a las especificaciones técnicas de fábrica del automóvil, permiten de esta manera realizar comprobaciones estáticas sobre el estado de los ejes delanteros y traseros	Alineación de mala precisión	MLALJ03004	Si alguna vez se sustituye un blanco o una abrazadera de llanta	Dificulta al alineador calcular con precisión la posición de la rueda cuando la abrazadera de la llanta está fijada. Alineación defectuosa.	Inspección del operario.	Calibración Target ID	4	5	1	20	6	NO DESEABLE		
		Resultados incorrectos	MLALJ03017	Agentes corrosivos (humedad, calor, polvo)	Corrosión de los componentes y los contactos de la PCB.	Inspección física y verificación electrónica.	Limpieza tarjetas electrónicas	4	5	8	180	6	NO DESEABLE		

Nota: Tabla AMEF para Alineadora JohnBean del tecnicentro de Milchichig, Fuente: [Autor].

Tabla 61

Tabla AMEF para Alineadora Bosch del tecnicentro de Parque Industrial.

Sistema: Alineadora Bosch				Tecnicentro: Parque Industrial				Preparado por:						
Periodo de operación:				Revisión				Fecha:						
Ref. Elemento	Descripción y función del elemento	Modo de fallo	Código del modo de fallo	Posibles causas de fallo	Efecto Potencial	Método de detección	Medidas de compensación contra el fallo	S	O	D	NPR	C	N.C.	Comentarios
TPALB03	Verifican el posicionamiento de cada una de las ruedas con referencia a las especificaciones técnicas de fábrica del automóvil, permiten de esta manera realizar comprobaciones estáticas sobre el estado de los ejes delanteros y traseros	Alineación de mala precisión	TPALB03004	Si alguna vez se sustituye un blanco o una abrazadera de llanta	Dificulta al alineador calcular con precisión la posición de la rueda cuando la abrazadera de la llanta está fijada. Alineación defectuosa.	Inspección del operario.	Calibración Target ID	4	5	1	20	6	NO DESEABLE	
		Resultados incorrectos	TPALB03017	Agentes corrosivos (humedad, calor, polvo)	Corrosión de los componentes y los contactos de la PCB.	Inspección física y verificación electrónica.	Limpieza tarjetas electrónicas	4	5	8	180	6	NO DESEABLE	

Nota: Tabla AMEF para Alineadora Bosch del tecnicentro del Parque Industrial, Fuente: [Autor].

Tabla 62

Tabla AMEF para Alineadora camión del tecnicentro de Parque Industrial.

Sistema: Alineadora camión				Tecnicro: Parque Industrial				Preparado por:						
Periodo de operación:				Revisión				Fecha:						
Ref. Elemento	Descripción y función del elemento	Modo de fallo	Código del modo de fallo	Posibles causas de fallo	Efecto Potencial	Método de detección	Medidas de compensación contra el fallo	S	O	D	NPR	C	N.C.	Comentarios
TPALC03	Verifican el posicionamiento de cada una de las ruedas con referencia a las especificaciones técnicas de fábrica del automóvil, permiten de esta manera realizar comprobaciones estáticas sobre el estado de los ejes delanteros y traseros	Alineación de mala precisión	TPALC03004	Si alguna vez se sustituye un blanco o una abrazadera de llanta	Dificulta al alineador calcular con precisión la posición de la rueda cuando la abrazadera de la llanta está fijada. Alineación defectuosa.	Inspección del operario.	Calibración Target ID	4	5	1	20	6	NO DESEABLE	
		Resultados incorrectos	TPALC03017	Agentes corrosivos (humedad, calor, polvo)	Corrosión de los componentes y los contactos de la PCB.	Inspección física y verificación electrónica.	Limpieza tarjetas electrónicas	4	5	8	180	6	NO DESEABLE	

Nota: Tabla AMEF para Alineadora camión del tecnicentro del Parque Industrial, Fuente: [Autor].

Tabla 63

Tabla AMEF para bomba de agua del tecnicentro de Parque Milchichig.

Sistema: Bomba de agua				Tecnicentro: Milchichig				Preparado por:						
Periodo de operación:				Revisión				Fecha:						
Ref. Elemento	Descripción y función del elemento	Modo de fallo	Código del modo de fallo	Posibles causas de fallo	Efecto Potencial	Método de detección	Medidas de compensación contra el fallo	S	O	D	NPR	C	N.C.	Comentarios
MLBOA03	Limpiador a presión de gas, incluye cuatro boquillas de spray (15°, 25°, 40° y jabón). Ideal para superficies horizontales como cubiertas, calzadas, patios, aceras, garajes	El motor no arranca.	MLBOA03006	No hay combustible en el tanque. Se rompió la bujía. El sistema de ignición no funciona.	Dificultad de arranque. Aumento del consumo de combustible. Pérdida de potencia. Si no funciona el sistema de ignición, las bujías no podrán prender la mezcla de aire y gasolina. No tendrá fuerza para iniciar el movimiento del motor térmico.	Inspección física y visual.	Revisión del motor eléctrico. Reabastecer el combustible. Remplazo de bujía. Remplazo del cable de ignición o conectarse a la bujía directamente.	5	4	1	20	6	NO DESEABLE	
		Pérdida o fuga de líquidos	MLBOA03008	Incompatibilidad de la mezcla con los fluidos en contacto. Temperatura y presiones de trabajo por encima del rango permitido. Montaje y alojamiento incorrecto.	Pérdida y escape de fluidos, costes de parada. Afecta al buen funcionamiento.	Inspección física	Cambio del O-ring	5	4	1	20	6	NO DESEABLE	
		Falta de potencia al motor	MLBOA03014	Válvula PCV defectuosa permite que el vapor emitido por el aceite ascienda a los filtros.	Reduce la entrada de aire, lo que disminuye la eficiencia del motor. Puede experimentar una reducción en la aceleración y potencia total del arranque. Mayor consumo de combustible.	Inspección visual	Limpieza del filtro de aire / bomba de gas	5	4	8	160	6	NO DESEABLE	
		Motor sin lubricación y en mal estado.	MLBOA03026	Falta de aceite al motor.	Mayor desgaste de las partes metálicas del motor. Taponamiento del filtro por acumulación de suciedad. Aumento de temperatura. Ruidos por falta de lubricación.	Inspección física y visual	Renovación aceite	3	8	1	24	8	NO DESEABLE	

Nota: Tabla AMEF para bomba de agua del tecnicentro Milchichig, Fuente: [Autor].

Tabla 64

Tabla AMEF para desmontador de neumáticos, neumática del tecnicentro Milchichig.

Sistema: Desmontador de neumáticos, neumática				Tecnicro: Milchichig				Preparado por:						
Periodo de operaci3n:				Revisi3n				Fecha:						
Ref. Elemento	Descripci3n y funci3n del elemento	Modo de fallo	C3digo del modo de fallo	Posibles causas de fallo	Efecto Potencial	M3todo de detecci3n	Medidas de compensaci3n contra el fallo	S	O	D	NPR	C	N.C.	Comentarios
MLDNN03	Son m3quinas capaces de extraer el neum3tico de una llanta. El sistema consiste en insertar entre el tal3n y la llanta un brazo destalonador, se gira conforme la velocidad de rotaci3n al utilizar el pedal de acci3n neum3tica que permite desmontar el neum3tico.	Montaje de neum3tico deficiente	MLDNN03021	Falta de lubricaci3n.	El cilindro neum3tico de doble efecto no se podr3 accionar con facilidad, lo que limita el movimiento del brazo destalonador. Provoca un da3o al rin del neum3tico por la fricci3n y no lo sujeta debidamente, lo que dificulta que se realice el desmontaje. Dificultad para colocar el anclaje sobre el ring.	Inspecci3n visual	Lubricaci3n de brazo destalonador, garras del plato y brazo del plato	1	10	1	10	5	NO DESEABLE	
		Fugas de aire	MLDNN03010	Pedal de inflado deficiente	Coste de consumo alto	Inspecci3n f3sica	Correcci3n o cambio de pedales	1	10	1	10	5	NO DESEABLE	
		Dificultad para mover el brazo destalonador, el brazo retr3ctil, el plato, las pinzas sujetadoras.	MLDNN03013	Agentes corrosivos (humedad, calor, polvo)	Corrosi3n de los elementos de los pistones y los pedales	Inspecci3n visual	Limpieza de pistones y pedales	5	5	1	25	6	NO DESEABLE	

Nota: Tabla AMEF para desmontador de neumáticos, neumática del tecnicentro Milchichig, Fuente: [Autor].

Tabla 65

Tabla AMEF para Enllantadora 1 JohnBean del tecnicentro Milchichig.

Sistema: Enllantadora 1 JohnBean				Tecnicentro: Milchichig				Preparado por:						
Periodo de operación:				Revisión				Fecha:						
Ref. Elemento	Descripción y función del elemento	Modo de fallo	Código del modo de fallo	Posibles causas de fallo	Efecto Potencial	Método de detección	Medidas de compensación contra el fallo	S	O	D	NPR	C	N.C.	Comentarios
MLEJ103	Son máquinas capaces de extraer el neumático de una llanta. El sistema consiste en insertar entre el talón y la llanta un brazo destalonador, se gira conforme la velocidad de rotación al utilizar el pedal de acción neumática que permite desmontar el neumático.	Montaje de neumático deficiente	MLEJ103021	Falta de lubricación.	El cilindro neumático de doble efecto no se podrá accionar con facilidad, lo que limita el movimiento del brazo destalonador. Provoca un daño al rin del neumático por la fricción y no lo sujeta debidamente, lo que dificulta que se realice el desmontaje. Dificultad para colocar el anclaje sobre el ring.	Inspección visual	Lubricación de brazo destalonador, garras del plato y brazo del plato	1	10	1	10	5	NO DESEABLE	
		Fugas de aire	MLEJ103010	Pedal de inflado deficiente	Coste de consumo alto	Inspección física	Corrección o cambio de pedales	1	10	1	10	5	NO DESEABLE	
		Dificultad para mover el brazo destalonador, el brazo retráctil, el plato, las pinzas sujetadoras.	MLEJ103013	Agentes corrosivos (humedad, calor, polvo)	Corrosión de los elementos de los pistones y los pedales	Inspección visual	Limpieza de pistones y pedales	5	5	1	25	6	NO DESEABLE	

Nota: Tabla AMEF para Enllantadora 1 JohnBean del tecnicentro Milchichig, Fuente: [Autor].

Tabla 66

Tabla AMEF para Enllantadora Auto-camioneta Big Red del tecnicentro Parque Industrial

Sistema: Enllantadora Auto-camioneta Big Red				Tecnicentro: Parque Industrial				Preparado por:						
Periodo de operación:				Revisión				Fecha:						
Ref. Elemento	Descripción y función del elemento	Modo de fallo	Código del modo de fallo	Posibles causas de fallo	Efecto Potencial	Método de detección	Medidas de compensación contra el fallo	S	O	D	NPR	C	N.C.	Comentarios
TPEBR03	Son máquinas capaces de extraer el neumático de una llanta. El sistema consiste en insertar entre el talón y la llanta un brazo destalonador, se gira conforme la velocidad de rotación al utilizar el pedal de acción neumática que permite desmontar el neumático.	Montaje de neumático deficiente	TPEBR03016	Falta de lubricación.	El cilindro neumático de doble efecto no se podrá accionar con facilidad, lo que limita el movimiento del brazo destalonador. Provoca un daño al rin del neumático por la fricción y no lo sujeta debidamente, lo que dificulta que se realice el desmontaje. Dificultad para colocar el anclaje sobre el ring.	Inspección visual	Lubricación de brazo destalonador, garras del plato y brazo del plato	1	10	1	10	5	NO DESEABLE	
		Fugas de aire	TPEBR03010	Pedal de inflado deficiente	Coste de consumo alto	Inspección física	Corrección o cambio de pedales	1	10	1	10	5	NO DESEABLE	
		Dificultad para mover el brazo destalonador, el brazo retráctil, el plato, las pinzas sujetadoras.	TPEBR03013	Agentes corrosivos (humedad, calor, polvo)	Corrosión de los elementos de los pistones y los pedales	Inspección visual	Limpieza de pistones y pedales	5	5	1	25	6	NO DESEABLE	

Nota: Tabla AMEF para Enllantadora Auto-camioneta Big Red del tecnicentro Parque Industrial, Fuente: [Autor].

Tabla 67

Tabla AMEF para Enllantadora Auto-camioneta Bosch del tecnicentro Parque Industrial

Sistema: Enllantadora Auto-camioneta Bosch				Tecnicro: Parque Industrial				Preparado por:						
Periodo de operaci3n:				Revisi3n				Fecha:						
Ref. Elemento	Descripci3n y funci3n del elemento	Modo de fallo	C3digo del modo de fallo	Posibles causas de fallo	Efecto Potencial	M3todo de detecci3n	Medidas de compensaci3n contra el fallo	S	O	D	NPR	C	N.C.	Comentarios
TPENB03	Son m3quinas capaces de extraer el neum3tico de una llanta. El sistema consiste en insertar entre el tal3n y la llanta un brazo destalonador, se gira conforme la velocidad de rotaci3n al utilizar el pedal de acci3n neum3tica que permite desmontar el neum3tico.	Montaje de neum3tico deficiente	TPENB03016	Falta de lubricaci3n.	El cilindro neum3tico de doble efecto no se podr3 accionar con facilidad, lo que limita el movimiento del brazo destalonador. Provoca un da3o al rin del neum3tico por la fricci3n y no lo sujeta debidamente, lo que dificulta que se realice el desmontaje. Dificultad para colocar el anclaje sobre el ring.	Inspecci3n visual	Lubricaci3n de brazo destalonador, garras del plato y brazo del plato	1	10	1	10	5	NO DESEABLE	
		Fugas de aire	TPEBNB03010	Pedal de inflado deficiente	Coste de consumo alto	Inspecci3n f3sica	Correcci3n o cambio de pedales	1	10	1	10	5	NO DESEABLE	
		Dificultad para mover el brazo destalonador, el brazo retr3ctil, el plato, las pinzas sujetadoras.	TPENB03013	Agentes corrosivos (humedad, calor, polvo)	Corrosi3n de los elementos de los pistones y los pedales	Inspecci3n visual	Limpieza de pistones y pedales	5	5	1	25	6	NO DESEABLE	

Nota: Tabla AMEF para Enllantadora Auto-camioneta Bosch del tecnicentro Parque Industrial, Fuente: [Autor].

Tabla 68

Tabla AMEF para rectificador de discos automático del tecnicentro Milchichig.

Sistema: Rectificador de discos automático				Tecnicentro: Milchichig				Preparado por:						
Periodo de operación:				Revisión				Fecha:						
Ref. Elemento	Descripción y función del elemento	Modo de fallo	Código del modo de fallo	Posibles causas de fallo	Efecto Potencial	Método de detección	Medidas de compensación contra el fallo	S	O	D	NPR	C	N.C.	Comentarios
MLRDA03	Genera un desgaste controlado permitido para regular la superficie de discos y tambores. Elimina las pulsaciones de pedales de freno y los ruidos, lo que facilita la conducción y seguridad del automóvil.	Acabado superficial de baja calidad.	MLRDA03023	Falta de lubricación.	Aumenta la vibración durante el mecanizado. Mayor riesgo de desgaste por fricción.	Inspección física	Lubricación de las piezas externas movibles	1	10	1	10	5	NO DESEABLE	

Nota: Tabla AMEF para rectificador de discos automático del tecnicentro Milchichig, Fuente: [Autor].

Tabla 69

Tabla AMEF para sistema de inflado de neumáticos con nitrógeno Speed tecnicentro Milchichig.

Sistema: Sistema de inflado de neumáticos con nitrógeno Speed				Tecnicentro: Milchichig				Preparado por:						
Periodo de operación:				Revisión				Fecha:						
Ref. Elemento	Descripción y función del elemento	Modo de fallo	Código del modo de fallo	Posibles causas de fallo	Efecto Potencial	Método de detección	Medidas de compensación contra el fallo	S	O	D	NPR	C	N.C.	Comentarios
MLINS03	Recarga el aire de los neumáticos con nitrógeno, el nitrógeno no soporta la humedad ni la combustión. Reduce la pérdida de presión al ser de mayor tamaño que las de oxígeno.	Funcionamiento deficiente del sistema. Drenajes del filtro permanecen abiertos. Drenajes del filtro no abren.	MLINS03007	Sistema de drenaje obstruido. Válvula de drenaje sucio o tapada.	Permite el paso de agua y aceite al adsorbedor. Daño permanente al adsorbente. No se eliminan partículas ni vapor de aceite.	Inspección física y visual.	Cambio de filtros de la unidad de mantenimiento	6	4	1	24	9	NO DESEABLE	

Nota: Tabla AMEF para sistema de inflado de neumáticos con nitrógeno Speed tecnicentro Milchichig, Fuente: [Autor].

Tabla 70

Tabla AMEF para sistema de inflado de neumáticos con nitrógeno G5 del tecnicentro Parque Industrial.

Sistema: Sistema de inflado de neumáticos con nitrógeno G5				Tecnicentro: Parque Industrial				Preparado por:						
Periodo de operación:				Revisión				Fecha:						
Ref. Elemento	Descripción y función del elemento	Modo de fallo	Código del modo de fallo	Posibles causas de fallo	Efecto Potencial	Método de detección	Medidas de compensación contra el fallo	S	O	D	NPR	C	N.C.	Comentarios
TPING01	Recarga el aire de los neumáticos con nitrógeno, el nitrógeno no soporta la humedad ni la combustión. Reduce la pérdida de presión al ser de mayor tamaño que las de oxígeno.	Funcionamiento deficiente del sistema. Drenajes del filtro permanecen abiertos. Drenajes del filtro no abren.	TPING01007	Sistema de drenaje obstruido. Válvula de drenaje sucio o tapada.	Permite el paso de agua y aceite al adsorbedor. Daño permanente al adsorbente. No se eliminan partículas ni vapor de aceite.	Inspección física y visual.	Cambio de filtros de la unidad de mantenimiento	6	4	1	24	9	NO DESEABLE	

Nota: Tabla AMEF para sistema de inflado de neumáticos con nitrógeno G5 del tecnicentro Parque Industrial, Fuente: [Autor].