

# **UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE LAS AMÉRICAS**



## **CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Industrial

### **Rediseño del programa de mantenimiento productivo total (TPM) en el taller de mantenimiento automotriz de Concretera Nacional**

#### **AUTOR**

Deivel Ramírez Solís

#### **TUTOR**

Ing. Allan Coto Maroto

#### **LECTOR**

Ing. Jessarela Martínez Azofeifa

**San José, mayo de 2023**

## DEDICATORIA

Dedico mi tesis a mis padres, Rosibel Solís y Víctor Ramírez, por acompañarme en cada paso que doy en la búsqueda de ser mejor persona y profesional.

También a mis profesores, por su dedicación y pasión por la enseñanza y por guiarme en mi camino para convertirme en lo que soy hoy.

*“Nunca es tarde para ser quien tú quieres ser, no hay límites de tiempo, empieza cuando lo desees, puedes cambiar o seguir igual. La vida no tiene reglas.” (Jeon Jungkook).*

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, les agradezco a mis padres que siempre me han brindado su apoyo incondicional para poder cumplir todos mis objetivos tanto personales como académicos. Con su cariño y paciencia me han impulsado a perseguir mis metas y nunca abandonarlas frente a las adversidades.

También le agradezco muy profundamente a mi tutor, por su dedicación y paciencia, sin sus palabras y correcciones precisas no hubiese podido lograr llegar a esta instancia. Gracias por su guía y todos sus consejos.

## RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo de investigación se basó en el plan actual de mantenimiento automotriz de Concretera Nacional, donde se obtuvieron algunos hallazgos y oportunidades de mejora, proponiendo un rediseño en dicho plan, utilizando la metodología de Mantenimiento Productivo Total (TPM) a fin de mejorar la disponibilidad y productividad de los equipos en sus labores cotidianas.

Actualmente el taller presenta problemas de comunicación con su cliente interno, el departamento de Programación y Despacho quienes depende de la cantidad de camiones disponibles para poder reprogramar las entregas diarias, lo que ejerce una presión hacia el taller para omitir fallos menores que con el tiempo repercuten en fallas mayores. Así mismo, el taller realiza reprogramaciones de trabajos para no limitar la cantidades de unidades al departamento de Programación y Despacho, lo que también se refleja en la cantidad de trabajos correctivos por no atenderse a tiempo.

Aún cuando se cuentan con mantenimientos preventivos bien definidos, los trabajos realizados no se clasifican de forma adecuada (preventivos y correctivos), lo que insinúa un alto porcentaje de trabajos correctivos cuando en realidad son hallazgos o producto de un preventivo, ya que el taller tiene la filosofía de un correctivo se deriva de un preventivo.

El propósito de este proyecto es mejorar el plan actual de mantenimiento, proponiendo un rediseño con nuevas herramientas de medición y control, igualmente mejorar la comunicación entre las partes involucradas (Taller Automotriz y Programación y Despacho) a fin de no caer en costos más elevados por no atender las fallas a tiempo. Se propuso la utilización de la metodología del mantenimiento productivo total, para fortalecer las debilidades en el plan actual.

Para determinar el estado de implementación que se pretende alcanzar, se estableció un programa por etapas el cual determina las actividades referentes a este trabajo y las actividades pendientes por responsabilidad de la empresa como complemento a los objetivos propuestos.

## CONTENIDO

DEDICATORIA.....	1
AGRADECIMIENTO.....	2
CARTA AUTORIZACIÓN DEL TUTOR .....	3
CARTA REVISIÓN FILOLÓGICA.....	4
CARTA INCORPORACIÓN DE MODIFICACIONES AL TFG .....	5
DECLARACIÓN JURADA.....	6
SOLICITUD DE DEFENSA.....	7
RESUMEN EJECUTIVO .....	8
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN.....	18
Generalidades de la empresa .....	19
Historia .....	19
Misión:.....	19
Visión .....	20
Estructura organizacional .....	20
Planteamiento del problema .....	21
Objetivos.....	22
Objetivo general .....	22
Objetivos específicos .....	22
Justificación .....	22
Antecedentes.....	23
Artículos científicos.....	23
Tesis.....	24
Proyecciones .....	26
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	28

	10
Conceptos generales .....	28
Tipos de mantenimiento .....	28
Mantenimiento planificado.....	28
Mantenimiento preventivo.....	28
Mantenimiento predictivo .....	29
Herramientas para describir el problema.....	29
Mapeo de procesos .....	29
Diagrama de procesos.....	30
Diagrama de flujo .....	32
Pasos para la construcción de un diagrama de flujo.....	32
Herramientas para medir las consecuencias .....	33
Diagrama de Pareto .....	33
Pasos para la construcción de un diagrama de Pareto .....	34
Matriz AMFE .....	35
Herramientas para analizar las causas .....	37
Diagrama de Ishikawa.....	37
Método tipo de flujo del proceso.....	39
Método de estratificación o enumeración de causas .....	40
Pasos para la construcción de un diagrama de Ishikawa.....	41
Herramientas para el rediseño .....	42
Mantenimiento productivo total (TPM) .....	42
Objetivos del mantenimiento productivo total .....	43
Pasos para implementar el mantenimiento productivo total.....	43
Pilares del mantenimiento productivo total.....	44

	11
Metodología 5S en el TPM.....	46
Indicadores de mantenimiento.....	50
Herramientas para el control de la propuesta .....	53
Diagrama de Gantt.....	53
Método CPM.....	54
Cómo calcular la ruta crítica de un proyecto.....	54
CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO .....	57
Enfoque.....	57
Cualitativo .....	57
Cuantitativo .....	57
Mixto .....	58
Alcance .....	58
Exploratorio .....	58
Descriptivo .....	58
Correlacional .....	59
Explicativo.....	59
Diseño.....	59
Diseño experimental .....	59
Diseño no experimental.....	60
Variables .....	60
Muestra .....	63
Instrumentos .....	64
Recolección de datos.....	64
Método de análisis .....	65

	12
Cronograma .....	66
<b>CAPÍTULO IV ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL .....</b>	<b>69</b>
Descripción del problema .....	69
Mantenimiento preventivo.....	75
Medición de las consecuencias.....	93
Diagrama de Pareto por tipos de mantenimiento .....	94
Registro de la programación al taller para el mantenimiento de los camiones .....	96
Registro de actividades realizadas por equipo durante el segundo trimestre del 2023 .....	98
Diagrama de Pareto por clasificación de reparaciones de los equipos .....	104
Diagrama de Pareto por clasificación de reparaciones por sistemas .....	105
Diagrama de Pareto por clasificación de reparaciones en el sistema de estructuras .....	107
Análisis modal de fallos y efectos (AMFE) .....	108
Análisis de las causas .....	109
Mano de obra.....	110
Método.....	112
Máquina.....	114
Material.....	115
Mediciones .....	116
Medioambiente .....	116
<b>CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>117</b>
Conclusiones.....	117
Recomendaciones .....	118
<b>CAPÍTULO VI PROPUESTA .....</b>	<b>120</b>
Propuesta .....	120

Desarrollo del mantenimiento productivo total (TPM) .....	120
Reclasificación de los mantenimientos de acuerdo con su historial de horas de trabajo .....	121
Software de mantenimiento automotriz.....	122
Indicadores de mantenimiento.....	128
Reunión estratégica .....	129
Plan de capacitación .....	130
Actualización de repuestos críticos .....	132
Método de actualización de los repuestos críticos .....	132
5 S organización, orden y limpieza del taller de mantenimiento automotriz .....	135
Administradores del TPM .....	137
Análisis económico .....	138
Capacitación TPM .....	138
Costo beneficio de la propuesta.....	139
Beneficios no tangibles.....	142
Plan de implementación .....	142
Cronograma de actividades.....	143
Control de la propuesta.....	143
APÉNDICES.....	146
REFERENCIAS.....	159

## TABLAS

Tabla 1 Variables.....	61
Tabla 2 Muestra.....	63
Tabla 3 Instrumentos .....	64
Tabla 4 Recolección de datos.....	64
Tabla 5 Método de análisis .....	66
Tabla 6 Mantenimiento preventivo A.....	75
Tabla 7 Mantenimiento preventivo B.....	79
Tabla 8 Mantenimiento preventivo C.....	82
Tabla 9 Actividades adicionales en el mantenimiento B con respecto al A .....	86
Tabla 10 Actividades adicionales en el mantenimiento C con respecto al B .....	87
Tabla 11 Costo total del reemplazo de todas las unidades del sistema de suspensión .....	90
Tabla 12 Costo total del reemplazo de todas las unidades del sistema de frenos .....	91
Tabla 13 Clasificación de los tipos de mantenimiento de acuerdo con los reportes .....	94
Tabla 14 Inspección técnica Dekra segundo trimestre 2023 .....	96
Tabla 15 Registro de actividades registradas por equipo .....	98
Tabla 16 Clasificación de reparaciones el sistema de estructuras .....	106
Tabla 17 Matriz AMFE .....	109
Tabla 18 Calificación de acuerdo a sus especificaciones .....	128
Tabla 19 Indicadores de Mantenimiento .....	129
Tabla 20 Cronograma de Capacitaciones 2024 .....	131
Tabla 21 Definición de las categorías de repuestos según su valor .....	132
Tabla 22 Definición de las categorías de repuestos según su criticidad.....	133
Tabla 23 Ejemplo de aplicación del Método PR-C&V.....	134

Tabla 24 Cronograma de Capacitación y Reforzamiento 5'S.....	136
Tabla 25 Resumen de costos totales.....	139
Tabla 26 Costos históricos de mantenimiento correctivo.....	140
Tabla 27 Cálculo de línea base para cuantificar beneficios .....	140
Tabla 28 Ahorros estimados por año de implementación .....	141
Tabla 29 Costo beneficio de la propuesta.....	141
Tabla 30 Mantenimientos Preventivo Tipo A .....	146
Tabla 31 Mantenimientos Preventivo Tipo B .....	149
Tabla 32 Mantenimientos Preventivo Tipo C .....	153

## **FIGURAS**

Figura 1 Organigrama de Concretera Nacional.....	20
Figura 2 <i>Vista transversal de las áreas de especialidad de la empresa</i> .....	30
Figura 3 <i>Simbología del diagrama de procesos</i> .....	31
Figura 4 Simbología del diagrama de flujo.....	33
Figura 5 Matriz AMFE.....	36
Figura 6 Diagrama de Ishikawa tipo flujo de proceso.....	40
Figura 7 Diagrama de Ishikawa del tipo enumeración de causas.....	41
Figura 8 Pilares del mantenimiento productivo total .....	46
Figura 9 Principios básicos de la metodología de las 5S.....	50
Figura 10 Porcentaje de mantenimiento planificado.....	51
Figura 11 Tiempo promedio para reparar.....	52
Figura 12 Tiempo promedio entre fallas .....	53
Figura 13 Diagrama de Gantt.....	54
Figura 14 Diagrama CPM .....	56

Figura 15 WBS .....	66
Figura 16 Diagrama de Gantt del proyecto .....	67
Figura 17 Mapeo de procesos .....	70
Figura 18 Diagrama de procesos de producción de concreto premezclado .....	71
Figura 19 Distribución de planta Alajuela.....	72
Figura 20 Automezcladora .....	74
Figura 21 Bomba telescópica .....	75
Figura 22 Partes de desgaste de suspensión .....	89
Figura 23 Torre de suspensión .....	89
Figura 24 Elementos del sistema de frenado.....	91
Figura 25 Diagrama de flujo del taller de mantenimiento automotriz .....	92
Figura 26 Diagrama de Pareto por tipos de mantenimiento .....	95
Figura 27 Registro de la programación al taller del segundo trimestre del 2023 .....	97
Figura 28 Clasificación de las tareas realizadas a los equipos .....	104
Figura 29 Clasificación de trabajos por sistemas .....	105
Figura 30 Clasificación de actividades en estructura .....	108
Figura 31 Diagrama de Ishikawa.....	110
Figura 32 Reclasificación de Preventivos y Correctivos.....	122
Figura 33 Escala de Likert.....	128
Figura 34 Cálculo de la hora hombre .....	131
Figura 35 Códigos para los ítems en inventario .....	133
Figura 36 Jerarquías definidas.....	134
Figura 37 Capacitación 5'S .....	137
Figura 38 Administradores del TPM.....	137

Figura 39 Costo de Capacitación TPM .....	139
Figura 40 Gráfico de Costo - Beneficio .....	142
Figura 41 Cronograma de Implementación de la Propuesta .....	143
Figura 42 Ruta Crítica .....	144
Figura 43 Gráfico del Control de la Propuesta.....	145
Figura 44 Hoja de Inspección Diaria .....	146
Figura 45 Mantenimientos Preventivos y Correctivos segundo trimestre 2023 .....	156
Figura 46 Registro de la programación al taller del segundo trimestre del 2023 .....	157
Figura 47 Inspección técnica Dekra segundo trimestre 2023 .....	157
Figura 48 Propuesta minuta.....	158

## CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se efectúa en una organización ubicada en Río Segundo de Alajuela, conocida como Concretera Nacional. Esta empresa cuenta con tres plantas fijas de producción dentro de la GAM y dos plantas móviles para proyectos. La actividad comercial a la cual se dedica Concretera Nacional es directamente en el sector construcción y ofrece diseños de concreto de alta calidad según la necesidad de sus clientes, ya sea para aceras, carreteras, edificios, casas, plantas hidroeléctricas, entre otros.

En el primer capítulo de esta investigación se menciona que esta empresa cuenta con un Departamento de Mantenimiento Automotriz, el cual trabaja con una estructura de gestión de mantenimiento. Sin embargo, se busca optimizar sus recursos por medio de un análisis de los aspectos para encontrar deficiencias y soluciones para estas.

En el segundo apartado, el marco teórico, se explican todas las herramientas por utilizar y ciertos conceptos que forman parte del proceso analizado. Posteriormente, se encuentra la tercera sección, el marco metodológico, el cual define cada uno de los procedimientos para la solución oportuna del problema propuesto. Además, plantea cómo debe ser el origen de los datos, dónde recolectarlos, qué instrumentos de medición usar y cuáles son las variables que se deben considerar en la investigación.

Seguidamente, en el análisis de la situación se profundiza el problema trazado por medio de la aplicación de las herramientas que se han visto durante toda la carrera de Ingeniería Industrial. Además, se presenta el análisis de la investigación del proceso de mantenimiento de los camiones en la empresa. Una vez desarrollado todo lo anterior, se mencionan las conclusiones y recomendaciones adecuadas que buscan un rediseño en el programa del mantenimiento automotriz de Concretera Nacional.

Finalmente, se realiza la propuesta final, la cual señala cuáles son los pasos que debe seguir la empresa para mejorar su programa de mantenimiento. Este proyecto se ve respaldado por el análisis económico como el beneficio-costos, que da a conocer cuál debe ser la inversión inicial de la propuesta y, por supuesto, las ventajas que se obtienen al implementar la mejora de la gestión de mantenimiento.

La línea de investigación que se utiliza es el diseño, desarrollo o mejoramiento de un programa de gestión de mantenimiento, en la línea 10, la cual se enfoca en la propuesta de mejora

en el manejo del mantenimiento automotriz. Para el caso de estudio, se aplica la metodología a una empresa cuya actividad comercial es producción y venta de concretos premezclados. Esto permite aumentar la confiabilidad y la disponibilidad de los equipos, al llevar a cabo un mantenimiento planeado, la reducción de costos y la disminución de reparaciones por fallos.

### **Generalidades de la empresa**

A continuación, se mencionan las generalidades de Concretera Nacional.

#### **Historia**

Concretera Nacional S. A. es una empresa de capital nacional que ha sufrido diversas transformaciones, tanto por la globalización como por la dinámica del mercado. En 1953 inició sus operaciones de forma independiente como Concretera Nacional. En 1998 pasó a formar parte del grupo INCSA (Industria Nacional de Cemento S. A.) hasta el 2003 donde el grupo INCSA lo adquirió el grupo Holcim de capital suizo. En el año 2016 volvió a ser independiente como Concretera Nacional y desde el 2022 y hasta la fecha está en asociación nuevamente con Grupo Holcim.

Esta empresa se dedica a la producción de concreto premezclado en el sector de construcción y ofrece una gama de productos de alta calidad y servicios por medio de sus procesos totalmente automatizados y rigurosos controles de calidad. Además de la garantía de una larga trayectoria en el mercado costarricense, donde ha participado en grandes construcciones, por ejemplo, plantas hidroeléctricas, puentes, edificios y está incursionando en la construcción de pavimento para carreteras (tramo de la carretera Cañas-Limonas).

Asimismo, cuenta con tres plantas de producción en la GAM y tres plantas móviles para proyectos, sus oficinas administrativas se encuentran en Río Segundo de Alajuela, edificio Plaza Aeropuerto. La fuerza de ventas de Concretera Nacional S. A. está compuesta por ingenieros con amplia experiencia en el campo del concreto, cuya meta es brindar servicios técnicos personalizados. Además de marcar diferencia por la tecnología que integran en sus procesos de producción.

#### **Misión:**

Ser líderes en el mercado del concreto premezclado, brindando con puntualidad servicios y productos de excelente calidad, para la satisfacción de las necesidades

de nuestros clientes, a través de una organización íntegra y comprometida con el desarrollo de su personal y con la rentabilidad de su operación (Centro de Promoción del Concreto Coloreado, s. f., s: p.).

### Visión

«Ser líderes en nuestros mercados meta en la innovación, producción y comercialización de productos derivados de concreto» (Centro de Promoción del Concreto Coloreado, s. f., s. p.).

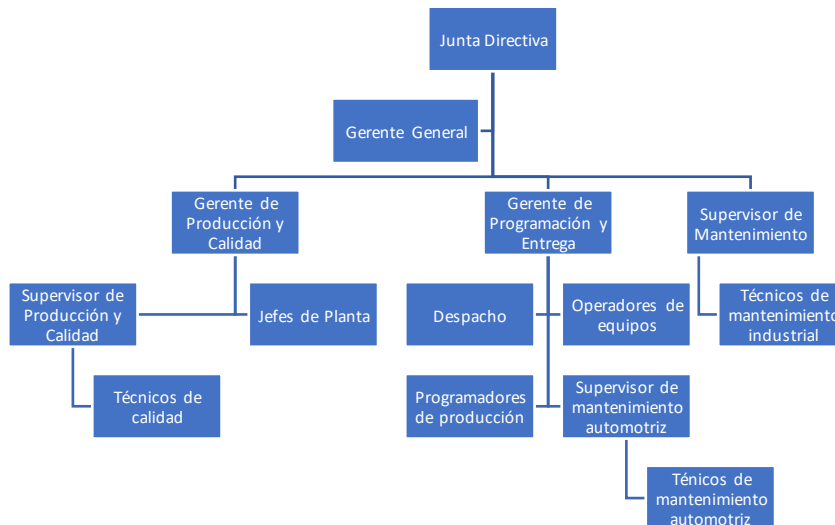
### Estructura organizacional

De acuerdo con Lusthaus (2022): «La estructura organizacional es la forma en que los órganos y cargos están distribuidos en los distintos niveles (grados) y en los diversos departamentos de la empresa» (p. 87). Además, según Soria Cuamacás (2015):

El organigrama vertical tiene forma de pirámide regular. Es el más utilizado en la diagramación de estructuras organizacionales. El máximo puesto jerárquico se ubica en el vértice superior de la pirámide, y los siguientes descienden en jerarquía hasta la base (p. 43).

Este organigrama es el que se maneja en Concretera Nacional, el cual se encuentra en la Figura 1.

**Figura 1 Organigrama de Concretera Nacional**



**Nota: Ramírez Solís Deivel**

La Figura 1 representa internamente a la empresa tal y como está organizada de acuerdo con su estructura funcional. Concretera Nacional es dirigida por la Junta Directiva y en un nivel inferior se encuentra el gerente general. En el siguiente nivel se ubican 3 departamentos que atienden cada una de sus tareas:

- Programación y Entrega: este se encarga de programar las producciones de acuerdo con lo solicitado por el cliente y elaborar el programa de producción.
- Producción y Calidad: una vez que se programa la producción, este departamento se encarga de realizar el diseño de concreto según lo solicitado por el cliente bajo los estándares de calidad y las normas establecidas.
- Mantenimiento: es el departamento encargado de realizar las reparaciones, programarlas y garantizar la disponibilidad de los equipos.

### **Planteamiento del problema**

Concretera Nacional es una empresa que lleva en el mercado desde 1953, la cual se dedica a la producción y venta de concretos premezclados. Actualmente, cuenta con un diseño de programa de mantenimiento para el taller automotriz, este ha presentado las siguientes situaciones:

1. Aun cuando se lleva un buen control de los costos, estos son muy elevados.
2. No se cuenta con los indicadores de mantenimiento correctos que ayuden a reducir estos costos.
3. No se cuenta con un inventario actualizado de repuestos críticos.
4. A pesar de que se cuenta con la disposición de cinco técnicos especializados no se logra la administración correcta de los tiempos de trabajo.
5. Concretera Nacional al tener varias representaciones en distintas áreas del país, el mantenimiento de los camiones es centralizado, pero no se cuenta con una logística adecuada para el mantenimiento en proyectos fuera de la GAM.
6. Aun cuando se cuenta con una estadística de fallas en el tiempo por equipo y un control de costos de reparación, ya sea por servicios o repuestos sobre ese mismo equipo, no existe un archivo que ligue esta información de forma eficiente.
7. La antigüedad de los equipos se encuentra al límite del replazo o valor en libros.

Estos han creado contratiempos para las diferentes tareas que se realizan, además del aumento en los costos de reparaciones de los camiones. Por este motivo, Concretera Nacional se

ve en la necesidad de rediseñar su programa de mantenimiento actual. Lo anterior tiene el fin de buscar mejoras en los tiempos de reparación, costos, reducir paros de los equipos y así aumentar su disponibilidad. Por esto, se plantea la siguiente interrogante:

¿Cómo rediseñar el programa de mantenimiento productivo total del taller de automotriz en la empresa Concretera Nacional?

## **Objetivos**

A continuación, se mencionan los objetivos enfocados en el proyecto de investigación:

### **Objetivo general**

Rediseñar el programa de mantenimiento productivo total en el taller de mantenimiento automotriz en la empresa Concretera Nacional.

### **Objetivos específicos**

- Describir el plan de mantenimiento de la empresa con el que cuenta actualmente.
- Medir las consecuencias de los tiempos de falla y los tiempos de reparación de los equipos actuales.
- Identificar las causas que provocan los tiempos no operativos.
- Rediseñar el programa de mantenimiento en el taller automotriz con el que cuenta la empresa.
- Controlar el cumplimiento del proceso de reparaciones de los equipos y el manejo del costo de estos.

## **Justificación**

El mantenimiento productivo total ha sido una de las herramientas que más se utilizan en las áreas operativas, esta permite incrementar la disponibilidad de los equipos y un mejor control de fallas y reparaciones para maximizar la eficiencia operativa de los equipos. Un adecuado plan de mantenimiento, independientemente del tipo de negocio, trae de la mano una serie de ventajas que son bastante notorias, por ejemplo, una mayor duración en la vida útil de los equipos e instalaciones y reducción de costos de mantenimiento.

Es decir, le permite a la empresa obtener beneficios que se enfocan en una filosofía de mejoramiento continuo, mayor rentabilidad operacional y un menor impacto ambiental. Todo esto

unido permite una mejora en la competitividad de la compañía. Lo mencionado es lo que se pretende lograr con el rediseño del programa de mantenimiento en el taller automotriz de Concretera Nacional.

### **Antecedentes**

A partir de un estudio preliminar y por requerimientos del área a manera de resumen se señalan varias investigaciones realizadas que funcionan como guía para el éxito del proyecto de investigación del taller automotriz de Concretera Nacional, ya que estas indican los pasos y los resultados que se obtuvieron. A continuación, se mencionan los antecedentes que se encontraron.

#### **Artículos científicos**

Fabelo y Sánchez (2009) en el artículo titulado *Propuesta de metodología para el cálculo del costo del No Mantenimiento*, publicado en la Revista Ingeniería Mecánica, explican una metodología de cálculo de los elementos asociados al costo de no mantenimiento. Aunque estos se determinan en ocasiones por el centro de costos de la instalación, hasta el momento no se han podido identificar como consecuencias directas de falta de mantenimiento. Este es el caso del costo del ciclo de vida (CCV) y el costo por disminución de la vida útil (CDVU).

En este estudio se concluye que con esta metodología se permite un análisis profundo de los costos al no mantenimiento de cualquier equipo o sistema. Además de que se requiere una correcta organización del mantenimiento y se considera un aspecto indispensable por considerar en el control de los gastos asociados a esta función.

García (2011) en el artículo titulado *Factores relacionados con el éxito del mantenimiento productivo total*, publicado en la Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia, explica las distintas etapas y factores que ayudan a las empresas a realizar una mejor planeación de los procesos para adoptar la técnica del TPM. «Se concluye que los principales factores de éxito de TPM de tipo administrativo son el compromiso de la alta gerencia, las 5s y el involucramiento de los operarios en aspectos administrativos de TPM» (García, 2011, s. p.).

Matos y Rubén (2012) en el artículo titulado *Desarrollo de un programa de Mantenimiento Productivo Total (MPT) en el área de mezclas especiales de una empresa molinera*, publicado en la revista Ingeniería UC, explican cómo el TPM junto con los parámetros de disponibilidad, tasa de rendimiento y tasa de calidad, dan origen al factor conocido como *efectividad global del proceso*,

el cual sirve como indicador general para medir la forma en la que se llevan a cabo las operaciones diarias.

En este estudio se concluye que después del análisis dentro de la compañía molinera, los indicadores de eficacia dieron como resultado que la disponibilidad de los equipos se encontraba entre 95.83 % y 99.19 % Además, la implementación del programa pasa por generar cursos de enseñanza al personal: «Una buena recolección de datos en el área, el fortalecimiento de las 5s, la estandarización de los procedimientos de los equipos y la retroalimentación de todo lo aprendido» (Matos y Rubén, 2012, s. p.).

Ortiz *et al.* (2013) en el artículo titulado *Gestión de mantenimiento en pymes industriales*, publicado en la Revista Venezolana de Gerencia, explican el desarrollo del ciclo PHVA dentro del manejo de mantenimiento y cómo este: «Le [sic] permite a las empresas una mejora integral de la competitividad de los productos y servicios, mejorando continuamente la calidad, reduciendo los costos, optimizando la productividad» (s. p.). Se concluye que el conjunto de pymes que evaluaron obtuvo una calificación de 57 % de cumplimiento, lo que significa que muchas se encuentran en la etapa de evolución de la gestión del mantenimiento (mantenimiento correctivo) y que solo la mitad de las compañías poseen un personal de mantenimiento calificado. El resto no tiene las competencias requeridas y no existen programas para capacitar y formar, lo que afecta la eficiencia de la gestión.

Martínez Vivar *et al.* (2019) en el artículo titulado *La mejora de la productividad del trabajo en entidades de mantenimiento automotor*, publicado en la Revista Ciencias Holguín, explican el procedimiento y las fases para la mejora de la productividad del trabajo en entidades de mantenimiento automotor. Este proceso incluye las fases de selección y preparación del equipo de trabajo y la caracterización de la empresa con su capital de trabajo y procesos. Todo esto bajo la aplicación combinada de diferentes técnicas de la organización de trabajo (OT) que conducen a la mejora continua de la productividad. Se concluye que después de aplicar el procedimiento diseñado, la determinación de las capacidades instaladas, así como la modelación de las cargas de trabajo, ajuste a la capacidad limitante y su mejoramiento, se obtuvo un incremento del 100 % en la productividad.

## **Tesis**

Kestwal (2017) presenta la tesis titulada *Implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) en el taller mecánico de Eksamo S. A.* para obtener el grado de Licenciatura en Ingeniería Mecatrónica en la Universidad Técnica de Tallin, Estonia. En este trabajo utiliza filosofías como el Lean Manufacturing para identificar los puntos clave de implementación del TPM. Además de reconocer las actividades existentes y la comprensión de los problemas, así como para identificar el nivel actual del uso del TPM y los factores que determinan la evaluación del TPM. Después de las evaluaciones que se realizaron con la filosofía Lean, se encontró con una mejora de un 55.94 % de la eficiencia general de los equipos (OEE).

Llontop (2018), presentó tesis titulada *Propuesta de Implementación de Mantenimiento Productivo Total (TPM) en el área de extracción de jugo trapiche para medir el impacto de la productividad de la Agroindustria Pomalca SAA* para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Industrial en la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Perú. En este estudio utiliza el mantenimiento autónomo como una de sus propuestas. Esto para que cada trabajador inspeccione y monitoree su equipo de forma independiente en las áreas de descarrilamiento de los conductores y el sistema de molienda. Esta propuesta se utilizó para mejorar la productividad de los operadores. Se concluye que se pudo llegar a un 75 % de eficacia, lo cual ayuda en la productividad y se da una mayor reducción de tiempo a la disponibilidad de los trabajadores.

Zelaya (2018) llevó a cabo la tesis titulada *Propuesta para el diseño de un programa de mantenimiento en la empresa Equipos y Mantenimientos Pedro Sobalbarro Sánchez S. A.* para obtener el grado de Licenciatura en Ingeniería Industrial en la Universidad Internacional de las Américas, Costa Rica. En este estudio utiliza como una de sus propuestas el uso de indicadores de mantenimiento (KPI) para monitorear la planificación estratégica, esto para después informar sobre el desempeño de los activos y del proceso. Se concluye que la compañía no cuenta con indicadores de mantenimiento, tales como determinar cuánto tiempo los equipos se encuentran fuera de servicio, las existencias en bodega, cuánta carga de trabajo tiene el personal de mantenimiento, entre otros.

Puentes (2020) realizó tesis titulada *Diseño de un Manual de Mantenimiento Productivo Total para las Máquinas y Equipos de selección y embalaje de granos en la empresa Diana Corporación S.A.S Seleccional Siberia* para obtener el grado de Licenciatura en Ingeniería Industrial en la Universidad Cooperativa de Colombia. En este estudio utilizó un manual de funciones de cada una de las máquinas, detallando las piezas, la descripción y una guía de fallas

comunes. Se concluye que la compañía Diana Corporación S. A. S. Seleccional Siberia no contaba con un manual de funciones de sus equipos, lo que ocasionaba que los trabajadores realizaran las reparaciones de manera errónea y esto producía fallas en la producción y demoras.

Por último, Moreira (2022) llevó a cabo su tesis titulada *Aplicación de Mantenimiento Productivo Total (TPM) para el mejoramiento de los procesos operativos del taller mecánico industrial en una unidad educativa de la ciudad de Guayaquil*. En este estudio utilizó como una de sus propuestas las capacitaciones y los cursos, esto para mejorar las habilidades y actitudes de los empleados en sus puestos de trabajo. Además de enseñarles a ciertos trabajadores las actividades que se realizan en un taller de mantenimiento. Se concluye que la empresa no cuenta con un departamento o taller mecánico industrial, lo cual generaba un aumento en las averías de los equipos, fallas y demoras.

### **Proyecciones**

Para efectos del proyecto de investigación se visualizan los siguientes aspectos por rediseñar en el programa actual de mantenimiento:

- Analizar el diagrama de flujo actual con el que cuenta Concretera Nacional.
- Analizar y definir los indicadores de mantenimiento que se ajusten mejor al rediseño del programa de mantenimiento.
- Revisar el plan de capacitaciones y certificaciones para definir las competencias de los técnicos.
- Analizar y clasificar los repuestos originales *versus* los genéricos.
- Analizar y clasificar los trabajos que se pueden realizar en el taller interno *versus* los proveedores de servicio externo.
- Analizar, definir y clasificar los repuestos originales de sistema del equipo y de desgaste *versus* los genéricos.
- Realizar una lista de repuestos críticos para inventario, estableciendo un mínimo y un máximo según su consumo.
- Medir los tiempos de falla y reparación de los equipos *versus* los costos de estos.
- Establecer un plan de control que le permita al proceso cumplir con los tiempos de reparación de los equipos y, a la vez, ligarlo con los costos de estos.
- Obtener un mayor aprovechamiento de la mano de obra propia.



## CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

En el presente trabajo de investigación se implementan herramientas para planificar, ejecutar y evaluar un rediseño del programa de mantenimiento productivo total en la empresa Concretera Nacional. Este proceso permite maximizar la eficacia del taller de mantenimiento automotriz, el equipo y las personas para lograr un costo óptimo del ciclo de vida dentro de la compañía.

Antes de empezar a examinar en los puntos más específicos acerca del mantenimiento productivo total el proyecto se introduce desde lo más fundamental con una serie de herramientas que ayudan a entender cómo se encuentra la empresa hoy en día. Por lo tanto, para la comprensión correcta del estudio, seguidamente se exponen aspectos clave que facilitan el entendimiento del desarrollo del tema por tratar.

### **Conceptos generales**

A continuación, se mencionan algunos conceptos generales que nos guiarán para este proyecto:

#### **Tipos de mantenimiento**

Rajadell y Sánchez (2010) comentan que existen tres tipos de mantenimiento, los cuales son:

#### **Mantenimiento planificado**

El mantenimiento planificado se define como aquel mantenimiento rutinario y periódico, con base en las valoraciones correctas de los equipos, debe planificarse en función de las prioridades y de los recursos actuales y futuros de la empresa. Un mantenimiento planificado eficiente y efectivo es cuando requiere al costo la colaboración de todos los departamentos implicados (Rajadell y Sánchez, 2010).

#### **Mantenimiento preventivo**

Según Rajadell y Sánchez (2010): «El mantenimiento preventivo se basa en paradas programadas para realizar una inspección detallada y para sustituir las piezas desgastadas» (p. 143). La finalidad del mantenimiento preventivo es la reducción del número de paradas derivadas de averías, pero a la vez su mayor inconveniente: «Además de parar la producción es que el trabajo

de inspección puede causar desajustes, desequilibrios, o incluso averías» (Rajadell y Sánchez, 2010, p. 143).

### **Mantenimiento predictivo**

Rajadell y Sánchez (2010) mencionan que: «El mantenimiento predictivo consiste en la detección y diagnóstico de averías antes de que estas se produzcan, con el fin de programar paradas para reparaciones en los momentos oportunos» (p. 143).

### **Herramientas para describir el problema**

A continuación, se presentan las herramientas para describir el problema:

#### **Mapeo de procesos**

Para Brieño (2015) esta herramienta es:

El mapeo de procesos es la descripción de las actividades, roles, responsabilidad, funciones, sistemas e indicadores que de manera inteligentemente interrelacionada logran la satisfacción de los clientes de manera rentable o costo-efectividad para las organizaciones. El mismo autor menciona que el mapeo de procesos sirve para proyectar la estrategia de los directivos y empresarios en la operación de sus empresas de manera controlada y efectiva, con base en las mejores prácticas de la gestión por procesos de negocio (pp. 13-14).

Para realizar un mapeo de procesos Goinard y Seno (2014) mencionan que es necesario seguir los siguientes pasos:

1. Hacer una lista de clientes.
2. Enumerar lo que la empresa proporciona y pone a disposición de sus clientes.
3. Trabajar en los procesos de las áreas de especialidad. ¿Cuáles son los procedimientos que garantizan la satisfacción de las necesidades de los clientes? ¿cuál es la esencia de la labor de la empresa tal y como la perciben los clientes?
4. Listar las fases de apoyo que harán posible el funcionamiento de los procesos de las áreas de especialidad y las que permiten disponer los recursos necesarios, como competencias, materias primas, medios, energía, etc.
5. Registrar los procesos gerenciales que dinamizan el sistema.

6. Validar los mapas, esclareciendo los límites de los procesos, por ejemplo, entradas y salidas.
7. Hacer una confirmación definitiva con ayuda de las matrices FEE (funciones, estrategias, expectativas de los clientes).

A la vez, como se puede observar en la Figura 2, es necesario que se nombre a un coordinador en cada uno de los procesos para que realicen la gestión en forma transversal.

**Figura 2 Vista transversal de las áreas de especialidad de la empresa**



**Nota: control de calidad: la caja de herramientas.**







### Diagrama de procesos

De acuerdo con Suñé Torrents *et al.* (2004):

El diagrama de procesos es un esquema gráfico que sirve para describir un proceso y la secuencia general de las operaciones que se suceden para configurar el producto. Es un diagrama descriptivo que sirve para dar una visión general de cómo transcurre el proceso (p. 88).

Las operaciones que puede sufrir un producto a lo largo del proceso productivo se agrupan en cinco categorías, cada una de las cuales tiene un símbolo asignado como se muestra en la Figura 3.

**Figura 3 Simbología del diagrama de procesos**

	Transporte: cualquier operación que implique el desplazamiento del producto de un lugar a otro.
	Almacenaje (o stock): depósito del producto en un lugar fijo durante un periodo de tiempo en general largo
	Espera (parecido al stock): el producto espera un tiempo (en general no muy largo) entre una operación y otra.
	Control: el producto sufre una inspección de cualquier tipo. En general se asocia con comprobaciones de calidad.
	Valor añadido: el producto sufre una transformación que le añade valor.
	Operación combinada. Se utilizan símbolos combinados para indicar operaciones simultáneas

**Nota: manual práctico de diseño de sistemas productivos.**

Suñé *et al.* (2004) comentan que en el momento de realizar un diagrama de procesos es necesario seguir los siguientes pasos:

Entender el proceso: Lo primero que se debe hacer para poder diagramar un proceso es entenderlo, es decir, saber qué objetivo tiene que conseguir y el camino o los pasos para lograrlo:

Comenzando por el objetivo este deberá describir el propósito o resultado del proceso, tiene cuatro elementos que lo componen:

- Lo que será realizado.
- Los beneficiarios.
- Periodo de tiempo o momento en el que se realiza.

- Las personas que intervienen o los eventos que se generan:

2. Seleccionar una técnica para realizar el diagrama de procesos: Tomar una decisión sobre cuál seleccionar es importante, sobre todo si quiere que todos los procesos sean estándares y homogéneos. Un aspecto que se puede considerar es la efectividad de los resultados con base en el costo que tiene el seleccionar determinada técnica.

3. Mapear y diagramar el proceso (pp. 89-90).

## **Diagrama de flujo**

De acuerdo con Gutiérrez y Salazar (2013):

El diagrama de Flujo es una gráfica de la secuencia de los pasos o actividades de un proceso, incluidos transportes, inspecciones, esperas, almacenamiento y actividades de reproceso. Por medio de este diagrama, se ve en qué consiste el proceso y cómo se relacionan las diferentes actividades; se utiliza más que todo para analizar y mejorar el proceso. (pp.

199-200).

## **Pasos para la construcción de un diagrama de flujo**

Gutiérrez y Salazar (2013) comentan que en el momento de realizar un diagrama de flujo es necesario seguir los siguientes pasos:

1. Confirma y perfecciona el diagrama de flujo: Recibir una segunda, tercera o incluso una cuarta opinión sobre el diagrama de flujo puede resultar muy útil para detectar cuellos de botella o problemas potenciales y dar la posibilidad de perfeccionar el diagrama antes de iniciar el proceso.

2. Definir el propósito y el alcance: Antes de empezar a dibujar el diagrama de flujo, es necesario definir el alcance del proyecto y el propósito del proceso. Preguntarse qué se debería cumplir con el proyecto y cuáles serían las fechas adecuadas de inicio y de fin.

3. Poner las tareas en orden cronológico: Dependiendo del tipo de diagrama de flujo que se tenga, tal vez convenga revisar la documentación que se tiene, consultar a








algunos miembros del equipo sobre sus experiencias anteriores u observar algún proceso en curso.

4. Organiza las tareas por tipo y símbolo del diagrama de flujo: Una vez que se tienen todas las tareas escritas y organizadas en forma cronológica, hay que asignarlas al símbolo correspondiente dibujar el diagrama de flujo.

5. Dibuja el diagrama de flujo: Se puede hacer un bosquejo a mano o utilizar una herramienta o software para generar diagramas de flujo que se pueda compartir fácilmente con el equipo (pp. 200-201).

Este instrumento de análisis se basa en una simbología específica para cada actividad, tal y como se puede apreciar en la **Figura 4**.

**Figura 4** *Simbología del diagrama de flujo*

SIMBOLO	REPRESENTA
	Inicio o término. Indica el principio o el fin del flujo, puede ser acción o lugar, además se usa para indicar una unidad administrativa o persona que recibe o proporciona información.
	Actividad. Describe las funciones que desempeñan las personas involucradas en el procedimiento.
	Documento. Representa un documento en general que entre, se utilice, se genere o salga del procedimiento.
	Decisión o alternativa. Indica un punto dentro del flujo en donde se debe tomar una decisión entre dos o más alternativas.
	Archivo. Indica que se guarda un documento en forma temporal o permanente.
	Conector de página. Representa una conexión o enlace con otra hoja diferente, en la que continúa el diagrama de flujo.
	Conector. Representa una conexión o enlace de una parte del diagrama de flujo con otra parte lejana del mismo.

**Nota:** International Organization for Standardization (ISO).

### Herramientas para medir las consecuencias

A continuación, se presentan las herramientas para medir las consecuencias:

#### Diagrama de Pareto

De acuerdo con Gutiérrez y Salazar (2013), el: «Diagrama de Pareto es un gráfico de barras que ayuda a identificar las prioridades y causas, ya que se ordenan de importancia a los diferentes

problemas que se presentan en un proceso» (s. p.). Además, mencionan que la idea de los diagramas de Pareto es que cuando se requiera:

Mejorar un proceso o atender sus problemas, no se den palos de ciego y se trabaje en todos los problemas al mismo tiempo atacando todas sus causas a la vez, sino que, con base en los datos e información aportados por un análisis estadístico, se establezcan prioridades y se enfoquen los esfuerzos donde éstos tengan mayor impacto (Gutiérrez y Salazar, 2013, p. 140).

### **Pasos para la construcción de un diagrama de Pareto**

Para la correcta construcción de un diagrama de Pareto, según Gutiérrez y Salazar (2013) se deben seguir los siguientes pasos:

1. Es necesario decidir y delimitar el problema o área de mejora que se va a atender, así como tener claro qué objetivo se persigue. A partir de lo anterior, se procede a visualizar o imaginar qué tipo de diagrama de Pareto puede ser útil para localizar prioridades o entender mejor el problema:
2. Con base en lo anterior se discute y decide el tipo de datos que se van a necesitar, así como los posibles factores que sería importante estratificar. Entonces, se construye una hoja de verificación bien diseñada para la colección de datos que identifique tales factores:
3. Si la información se va a tomar de reportes anteriores o si se va a coleccionar, es preciso definir el periodo del que se tomarán los datos y determinar a la persona responsable de ello:
4. Al terminar de obtener los datos se construye una tabla donde se cuantifique la frecuencia de cada defecto, su porcentaje y demás información.
5. Se decide si el criterio con el que se van a jerarquizar las diferentes categorías será directamente la frecuencia o si será necesario multiplicarla por su costo o intensidad correspondiente. De ser así, es preciso multiplicarla. Después de esto, se procede a realizar la gráfica.
6. Documentación de referencias del diagrama de Pareto, como son títulos, periodos, áreas de trabajo, entre otros.

7. Se realiza la interpretación del diagrama de Pareto y, si existe una categoría que predomina, se hace un análisis de Pareto de segundo nivel para localizar los factores que más influyen en el mismo (p. 144).

### **Matriz AMFE**

Santos (2010) menciona que esta técnica de ingeniería es:

El Análisis Modal de Fallos y Efectos es utilizada para definir, identificar y eliminar fallas conocidas o potenciales, problemas, errores, desde el diseño, proceso y operación de un sistema, antes de que este pueda afectar al cliente. El análisis de la evaluación puede tomar dos caminos, primero, empleando [sic] datos históricos [sic] y segundo, empleando modelos estadísticos [sic], matemáticos [sic], simulación ingeniería [sic] concurrente e ingeniería [sic] de fiabilidad que ser empleada para identificar y definir las fallas (p. 28).

Según Santos (2010): «Hoy en día, AMFE se utiliza en numerosos sectores industriales y se ha asumido como una herramienta clave en varios de los pilares del Mantenimiento Productivo Total» (s. p.). Asimismo, de acuerdo con Santos (2010), el AMFE tiene los siguientes propósitos:

1. Identificar los modos de fallas potenciales y conocidas.
2. Identificar las causas y efectos de cada modo de falla.

Priorizar los modos de fallas identificados de acuerdo al [sic] número de prioridad de riesgos o la frecuencia de ocurrencia, gravedad y grado de facilidad para la detección de estos (p. 28).

Santos (2010) también menciona que existen tres criterios que permiten definir la prioridad de averías:

1. **Ocurrencia (O):** es la frecuencia de la avería.
2. **Severidad (S):** es el grado de efecto o impacto de la avería.
3. **Detección (D):** es el grado de facilidad para su identificación.

La forma más usual es el empleo de escalas numéricas llamadas criterios de riesgo, los cuales pueden ser cuantitativos o cualitativos. Sin embargo, los más específicos y que se utilizan son los cuantitativos, ya que estos son los más fáciles de interpretar y es la más precisa para evaluar

los criterios. El valor más común en las empresas es la escala 1 a 10. El valor inferior de la escala se asigna a la menor probabilidad de ocurrencia, menos grave o severo. En igual manera un valor de 10 se les asignará a las averías de mayor frecuencia de aparición, muy grave de por medio y existe una gran dificultad para su identificación (Santos, 2010).

Santos (2010) también señala que:

La prioridad del problema o avería se obtiene [sic] a través del índice conocido como Número Prioritario de Riesgo (NPR). Este número es el producto de valores de ocurrencia de severidad y detección, simplemente sirve para clasificar en un orden cada uno de los modos de falla que existen en un sistema:

1. Debajo de un riesgo menor, no se toma acción alguna.
2. Debajo de un riesgo moderado, alguna acción se debe tomar.
3. Debajo de un alto riesgo, acciones específicas que se deben tomar. Se realiza una evaluación selectiva para implementar mejoras específicas.
4. Debajo de un riesgo crítico, se deben realizar cambios significativos del sistema. Modificaciones en el diseño y mejora de la fiabilidad de cada uno de los componentes (p. 29).

En la Figura 5 se aprecia un ejemplo de la matriz AMFE.

**Figura 5 Matriz AMFE**

		Calidad de los Procesos / Producto	
		Baja	Muy buena
Gravedad / Severidad del Efecto	Alta	NPR > 80 % SEVERIDAD ALTA OCURRENCIA ALTA CALIDAD DEFICIENTE  ACCION DE MEJORA Y ACCION DE CONTROL	SEVERIDAD ALTA OCURRENCIA BAJA CALIDAD MUY BUENA  ACCION DE CONTROL
	Baja	SEVERIDAD BAJA OCURRENCIA ALTA CALIDAD DEFICIENTE  ACCION DE CONTROL	NPR < 20 %  SEVERIDAD BAJA OCURRENCIA BAJA CALIDAD MUY BUENA
		Alta	Baja
		Probabilidad de Ocurrencia del Fallo	

**Nota: Progressa LEAN.**

## **Herramientas para analizar las causas**

Seguidamente, se presentan las herramientas para analizar las causas del problema de investigación:

### **Diagrama de Ishikawa**

Gutiérrez y Salazar (2013) definen el diagrama de Ishikawa (o de causa-efecto) como:

Es un método que relaciona un problema o efecto con los factores o causas que posiblemente lo generen. La importancia de este diagrama radica en que obliga a buscar diferentes causas que afectan el problema bajo análisis y, de esta forma, se evita el error de buscar de manera directa las soluciones sin cuestionar cuáles son las verdaderas causas (p. 152).

A continuación, se mencionan tres tipos básicos de diagramas de Ishikawa, los cuales dependen sobre cómo se buscan y se organizan las causas en la gráfica.

### ***Método de las 6M***

Según Gutiérrez y Salazar (2013):

El método de las 6M es el más común y consiste en agrupar las causas potenciales en seis ramas principales: métodos de trabajo, mano o mente de obra, materiales, maquinaria, medición y medio ambiente. Estos seis elementos definen de manera global todo proceso y cada uno aporta parte de la variabilidad del producto final, por lo que es natural esperar que las causas de un problema estén relacionadas con alguna de las 6M (p. 153).

### **Aspectos o factores por considerar en las 6M**

Gutiérrez y Salazar (2013) comentan los aspectos que se deben considerar en el momento de aplicar el método de las 6:

Mano de obra o gente

1. Conocimiento (¿la gente conoce su trabajo?).
2. Entrenamiento (¿los operadores están entrenados?).

3. Habilidad (¿los operadores han demostrado tener habilidad para el trabajo que realizan?).
4. Capacidad (¿se espera que cualquier trabajador lleve a cabo su labor de manera eficiente?).
5. ¿La gente está motivada? ¿Conoce la importancia de su trabajo por la calidad?

#### Métodos

1. Estandarización (¿las responsabilidades y los procedimientos de trabajo están definidos de manera clara y adecuada o dependen del criterio de cada persona?).
2. Excepciones (¿cuándo el procedimiento estándar no se puede llevar a cabo existe un procedimiento alternativo definido claramente?).
3. Definición de operaciones (¿están definidas las operaciones que constituyen los procedimientos?, ¿cómo se decide si la operación fue realizada de manera correcta?).

#### Máquinas o equipos

1. Capacidad (¿las máquinas han demostrado ser capaces de dar la calidad que se requiere?).
2. Condiciones de operación (¿las condiciones de operación en términos de las variables de entrada son las adecuadas?, ¿se ha realizado algún estudio que lo respalde?).
3. ¿Hay diferencias? (hacer comparaciones entre máquinas, cadenas, estaciones, instalaciones, etc. ¿Se identificaron grandes diferencias?).
4. Herramientas (¿hay cambios de herramientas periódicamente?, ¿son adecuados?).
5. Ajustes (¿los criterios para ajustar las máquinas son claros y han sido determinados de forma adecuada?).
6. Mantenimiento (¿hay programas de mantenimiento preventivo?, ¿son adecuados?).

#### Material

1. Variabilidad (¿se conoce cómo influye la variabilidad de los materiales o materia prima sobre el problema?).
2. Cambios (¿ha habido algún cambio reciente en los materiales?).
3. Proveedores (¿cuál es la influencia de múltiples proveedores?, ¿se sabe si hay diferencias significativas y cómo influyen éstas?).
4. Tipos (¿se sabe cómo influyen los distintos tipos de materiales?).

#### Mediciones

1. Disponibilidad (¿se dispone de las mediciones requeridas para detectar o prevenir el problema?).
2. Definiciones (¿están definidas de manera operacional las características que son medidas?).
3. Tamaño de la muestra (¿han sido medidas suficientes piezas?, ¿son representativas de tal forma que las decisiones tengan sustento?).
4. Repetibilidad (¿se tiene evidencia de que el instrumento de medición es capaz de repetir la medida con la precisión requerida?).
5. Reproducibilidad (¿se tiene evidencia de que los métodos y criterios usados por los operadores para tomar mediciones son adecuados?).
6. Calibración o sesgo (¿existe algún sesgo en las medidas generadas por el sistema de medición?).

#### Medio ambiente

1. Ciclos (¿existen patrones o ciclos en los procesos que dependen de condiciones del medio ambiente?).
2. Temperatura (¿la temperatura ambiental influye en las operaciones?) (pp. 155-156).

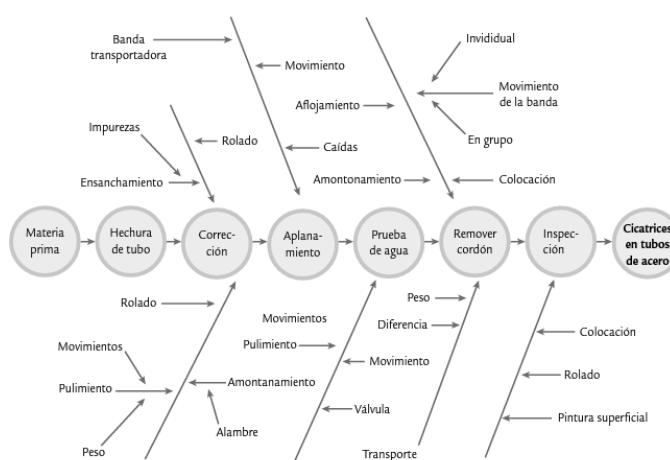
### **Método tipo de flujo del proceso**

Con el método tipo de flujo del proceso debe seguir la secuencia normal del procedimiento de producción o de administración. Gutiérrez y Salazar (2013) mencionan:

Que los factores pueden afectar las características de calidad se agregan en el orden que les corresponde. Para ir agregando, en el orden del proceso, las causas [sic] potenciales se realiza la siguiente pregunta: ¿qué factor o situación en esta parte del proceso puede tener un efecto sobre el problema especificado? (p. 156).

Este método permite explorar alternativas de trabajo, cuellos de botella, descubrir problemas ocultos, entre otros. En la Figura 6 se aprecia un ejemplo de la estructura que debe seguir el tipo de diagrama de método de estratificación o enumeración de causas.

**Figura 6 Diagrama de Ishikawa tipo flujo de proceso**



**Nota: control estadístico de calidad y Seis Sigma.**

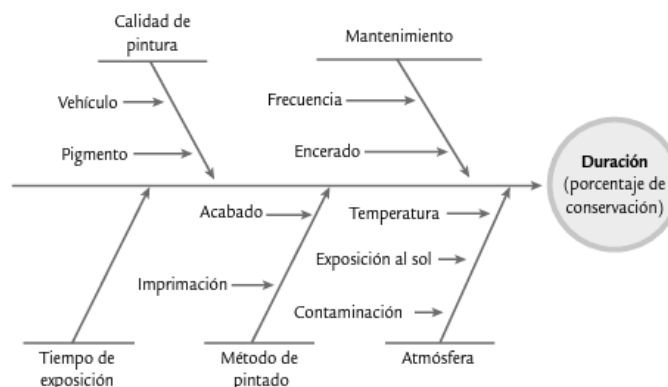
### Método de estratificación o enumeración de causas

Gutiérrez y Salazar (2013) describen que método de estratificación busca:

Ir directamente a las principales causas potenciales, pero sin agrupar de acuerdo a [sic] las 6M. La selección de estas causas muchas veces se hace a través de una sesión de lluvias de ideas con el objetivo de atacar causas reales y no consecuencias o reflejos (p. 157).

En la Figura 7 se aprecia un ejemplo de la estructura que debe seguir el tipo de diagrama de método de estratificación o enumeración de causas.

**Figura 7 Diagrama de Ishikawa del tipo enumeración de causas**



**Nota: control estadístico de calidad y Seis Sigma.**

### **Pasos para la construcción de un diagrama de Ishikawa**

Para realizar un diagrama de Ishikawa, según Gutiérrez y Salazar (2013) se deben seguir los siguientes pasos para su correcta construcción:

1. Especificar el problema a analizar. Se recomienda que sea un problema importante y, de ser posible, que ya esté delimitado mediante la aplicación de herramientas como Pareto y estratificación. También es importante que se tenga la cuantificación objetiva de la magnitud del problema.
2. Seleccionar el tipo de diagrama de Ishikawa que se va a usar. Esta decisión se toma con base en las ventajas y desventajas que tiene cada método:
3. Buscar todas las probables causas, lo más concretas posible, que pueden tener algún efecto sobre el problema. En esta etapa no se debe discutir cuáles causas son más importantes; por el momento, el objetivo es generar las posibles causas. La estrategia para la búsqueda es diferente según el tipo de diagrama elegido.
4. Una vez representadas las ideas obtenidas, es necesario preguntarse si faltan algunas otras causas aún no consideradas; si es así, es preciso agregarlas:
5. Decidir cuáles son las causas más importantes mediante diálogo y discusión respetuosa y con apoyo de datos, conocimientos, consenso o votación del tipo 5,3,1. En este tipo de votación cada participante asigna 5 puntos a la causa que considera más importante, 3 a la que le sigue, y 1 a la tercera en importancia; después de la

votación se suman los puntos, y el grupo deberá enfocarse en las causas que recibieron más puntos:

6. Decidir sobre cuáles causas se va a actuar. Para ello se toma en consideración el punto anterior y lo factible que resulta corregir cada una de las causas más importantes. Con respecto a las causas que no se decida actuar debido a que es imposible por distintas circunstancias, es importante reportarlas a la alta dirección.

7. Preparar un plan de acción para cada una de las causas a ser investigadas o corregidas, de tal forma que determine las acciones que se deben realizar; para ello se puede usar nuevamente el DI. Una vez determinadas las causas, se debe insistir en las acciones para no caer en sólo debatir los problemas y en no acordar acciones de solución (pp. 158-159).

### **Herramientas para el rediseño**

En la siguiente sección se detallan las herramientas para el rediseño del plan de mantenimiento del taller automotriz de Concretera Nacional.

#### **Mantenimiento productivo total (TPM)**

De acuerdo con Piedra Paladines (2005): «El mantenimiento productivo total es la traducción de TPM (Total Productive Maintenance por sus siglas en inglés). El TPM es un sistema japonés de mantenimiento industrial desarrollado a partir del concepto de mantenimiento preventivo creado en las industrias estadounidenses» (p. 70). Además, Santos (2010) establece que el mantenimiento productivo total: «Consiste en una filosofía que busca la implicación total de una organización en los objetivos de mejorar la productividad y competitividad de una empresa». (p. 11). No obstante, este es solo uno de los conceptos que existe sobre este programa:

El Mantenimiento Productivo total (TPM) es un sistema de gestión que evita todo tipo de pérdidas durante la vida entera del sistema de producción, maximizando su eficacia e involucrando a todos los departamentos y a todo el personal desde los operadores hasta la alta dirección, y orientando sus acciones apoyándose en las actividades en pequeños grupos (Santos, 2010, p. 13).

A pesar de que el concepto es algo viejo este puede ayudar a tener una mejor definición de qué es un mantenimiento productivo total.

## **Objetivos del mantenimiento productivo total**

Rajadell y Sánchez (2010) comentan que desde la perspectiva estratégica, los objetivos más destacados del TPM son los siguientes:

1. Implicar en la implementación del TPM a todos los departamentos que planifican, diseñan, utilizan o mantienen los equipos (ingeniería y diseño, producción expedición y mantenimiento):
2. Promover el TPM mediante actividades autónomas en pequeños grupos, fortaleciendo el trabajo en equipo, el incremento de la moral del trabajador y la creación de un espacio donde cada persona pueda aportar lo mejor de sí, con el fin de conseguir un entorno creativo de trabajo, seguro y agradable.
3. Construir en la empresa capacidades competitivas sostenibles en el tiempo gracias a su contribución a la mejora de la efectividad de los sistemas productivos, la flexibilidad y la reducción de los costos operativos (s. p.).

Además, según Rajadell y Sánchez (2010), desde la perspectiva operativa, los objetivos del TPM son:

1. Coordinar las actividades con el departamento de Producción, para evitar el solapamiento con las actividades de mantenimiento autónomo, mediante la creación de un plan.
2. Desarrollar una gestión de inventarios de recambios, herramientas y dispositivos de inspección.
3. Planificar y realizar reuniones con el departamento de Producción para coordinar las paradas de las líneas y las tareas de mantenimiento (s. p.).

## **Pasos para implementar el mantenimiento productivo total**

Para que una empresa pueda implementar un mantenimiento productivo total, de acuerdo con Rajadell y Sánchez (2010) se deben seguir los siguientes pasos para su implementación correcta:

El paso previo a la implantación del TPM en una planta es la creación de un ambiente adecuado para ello; en Japón esto supone alcanzar tres objetivos denominados 3Y, según la fonética nipona: yakuki, yaruude, yoruba.

1. Yakuki: motivación o cambio de actitud de la persona involucrada en el proyecto.
2. Yaruude: competencia, habilidad o destreza para desarrollar las tareas asignadas.
3. Yoruba: entorno de trabajo propicio y en ningún caso hostil:

Paso 1: Volver a situar la línea en su estado inicial

Volver a situar la línea en su estado inicial, esto quiere decir dejar la línea en las condiciones en las que nos la entregó el proveedor la primera vez de su puesta en marcha, es decir, una línea limpia, sin manchas de aceite, grasa, polvo, entre otros.

Paso 2: Eliminar las fuentes de suciedad y las zonas de difícil acceso

Las fuentes de suciedad (fugas de aire o de aceite, caídas de componentes, virutas de metal, etc.), hay que considerarlas como causas de mal funcionamiento de los equipos, aunque está claro que unas repercutirán más que otras en el rendimiento de las instalaciones.

Paso 3: Aprender a inspeccionar el equipo

Para el proceso de implementación del TPM es fundamental que la parte productiva poco a poco se vaya encargando de más tareas propias de mantenimiento, hasta llegar a trabajar de forma autónoma. Para ello, hay que formar a los operarios de la línea de producción en el funcionamiento de las máquinas.

Paso 4: Mejora

En este paso los operarios de producción realizan las tareas de TPM de forma autónoma, se hacen cargo de las herramientas necesarias y proponen mejoras en las máquinas que afecten a nuevos diseños de la línea (pp. 149-153).

### **Pilares del mantenimiento productivo total**

CDI Lean Manufacturing (2019) menciona que: «El Mantenimiento Productivo Total se estudia clasificando sus actividades dentro de ocho grandes áreas, que se han dado en llamar pilares

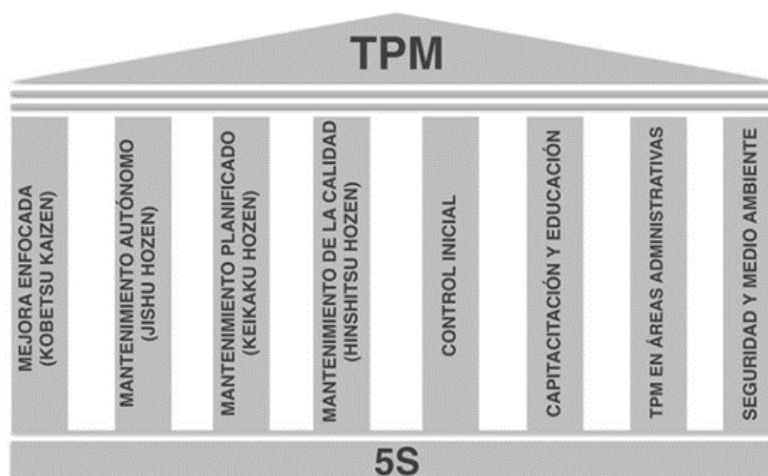
del TPM. Dichos pilares exigen la participación de todo el personal de la empresa de forma coordinada» (s. p.). A continuación, se señalan cuáles son estos pilares:

1. Mejora Enfocada: El primer pilar se encuentra constituido por grupos de trabajo interdisciplinarios formados en técnicas para la mejora continua y la resolución de problemas. Estos grupos enfocarán su trabajo a la eliminación de las pérdidas y la mejora de la eficiencia.
2. Mantenimiento Autónomo: Este se encuentra integrado por operaciones de inspección y pequeñas actuaciones sencillas, realizadas por los operarios de las máquinas.
3. Mantenimiento Planificado: Este es el área del TPM que comprende todo tipo de actividades de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo orientadas a la prevención y eliminación de averías.
4. Mantenimiento de la Calidad: El pilar de Calidad se circunscribe a las actuaciones preventivas sobre las piezas de las máquinas que tienen una alta influencia en la calidad del producto.
5. Control Inicial: En cuanto al quinto pilar, éste está relacionado con la gestión temprana de las condiciones que deben reunir los equipos o las instalaciones, para facilitar su mantenibilidad en su etapa de uso.
6. TPM en áreas Administrativas: Toda la organización debe facilitar el correcto funcionamiento del TPM. Por ese motivo, es precisa la implicación del resto de área de la empresa, desde el área de compras, finanzas, informática, medio ambiente, entre otros.
7. Capacitación y Educación: Dada la importancia del área de Recursos Humanos en el TPM, es imprescindible la formación continua del personal de producción y mantenimiento de forma que se puedan mejorar sus habilidades y aumentar la polivalencia y especialización.
8. Seguridad y Medio Ambiente: La seguridad y prevención de efectos adversos sobre el entorno son temas importantes en las industrias responsables. La seguridad

se promueve sistemáticamente en las actividades de TPM integrándose como un pilar más en esta metodología (CDI Lean Manufacturing, 2019, s. p.).

En la Figura 8 se aprecia un ejemplo de la estructura que debe seguir el mantenimiento productivo total:

**Figura 8 Pilares del mantenimiento productivo total**



**Nota: CDI Lean Manufacturing.**

### **Metodología 5S en el TPM**

Para Evans y Lindsay (2008) la metodología 5:

Se deriva de los términos japoneses: seiri (clasificar), seiton (poner en orden), seiso (brillar), seiketsu (estandarizar) y shitsuke (sostener). Definen un sistema para la organización y estandarización del lugar de trabajo. Clasificar se refiere al hecho de garantizar que cada elemento de un lugar de trabajo esté en el lugar apropiado, o bien, se identifica como innecesario y se elimina. Poner en orden significa arreglar los materiales y el equipo de modo que sea fácil encontrarlos y utilizarlos. Brillar se refiere a un área de trabajo limpia. Esto no sólo es importante para la seguridad, sino que, al limpiar el área de trabajo, los problemas de mantenimiento, como fugas de aceite, se pueden identificar antes de que cause problemas. Estandarizar significa formalizar los procedimientos y prácticas para crear consistencia y asegurarse de que todos los pasos se realizan en forma correcta. Por último, sostener significa

mantener el proceso funcionando a través de las estructuras de capacitación, comunicación y organización (p. 521).

De acuerdo con Hernández y Vizán (2013), esta metodología se basa en cinco pasos o fases que se mencionan a continuación:

### ***Eliminar (Seiri)***

Según Hernández y Vizán (2013):

La primera fase significa clasificar y eliminar del área de trabajo todos los elementos innecesarios o inútiles para la tarea que se realiza. La pregunta clave es: ¿es esto útil o inútil? Consiste en separar lo que se necesita de lo que no y controlar el flujo de cosas para evitar estorbos y elementos prescindibles que originen despilfarros como el incremento de manipulaciones y transportes, pérdida de tiempo en localizar cosas, elementos o materiales obsoletos, falta de espacio, etc. En la práctica, el procedimiento es muy simple ya que consiste en usar unas tarjetas rojas para identificar elementos susceptibles de ser prescindibles y se decide si hay que considerarlos como un desecho (p. 38).

### ***Ordenar (seiton)***

Hernández y Vizán (2013) lo definen como:

Seiton consiste en organizar los elementos clasificados como necesarios, de manera que se encuentren con facilidad, definir su lugar de ubicación identificándolo para facilitar su búsqueda y el retorno a su posición inicial. La actitud que más se opone a lo que representa seiton, es la de ya lo ordenaré mañana, que acostumbra a convertirse en dejar cualquier cosa en cualquier sitio. La implementación de seiton comporta:

1. Marcar los límites de las áreas de trabajo, almacenaje y zonas de paso.
2. Disponer de un lugar adecuado, evitando duplicidades; cada cosa en su lugar y un lugar para cada cosa (p. 39).

### ***Inspección (Seiso)***

De acuerdo con Hernández y Vizán (2013):

Seiso significa limpiar, inspeccionar el entorno para identificar los defectos y eliminarlos, es decir anticiparse para prevenir defectos. Su aplicación comporta:

1. Integrar la limpieza como parte del trabajo diario.
2. Asumir la limpieza como una tarea de inspección necesaria.
3. Centrarse tanto o más en la eliminación de los focos de suciedad que en sus consecuencias.
4. Conservar los elementos en condiciones óptimas, lo que supone reponer los elementos que faltan (tapas de máquinas, técnicas, documentos, etc.), adecuarlos para su uso más eficiente (empalmes rápidos, reubicaciones, etc.), y recuperar aquellos que no funcionan (relojes, utillajes, etc.) o que están reparados «provisionalmente». Se trata de dejar las cosas como «el primer día».

La limpieza es el primer tipo de inspección que se hace de los equipos, de ahí su gran importancia. A través de la limpieza se aprecia si un motor pierde aceite, si existen fugas de cualquier tipo, si hay tornillos sin apretar, cables sueltos, etc. Se debe limpiar para inspeccionar, inspeccionar para detectar, detectar para corregir (p. 39).

### ***Estandarizar (seiketsu)***

Hernández y Vizán (2013) la definen como:

La fase de seiketsu permite consolidar las metas una vez asumidas las tres primeras S, porque sistematizar lo conseguido asegura unos efectos perdurables. Estandarizar supone seguir un método para ejecutar un determinado procedimiento de manera que la organización y el orden sean factores fundamentales. Un estándar es la mejor manera, la más práctica y fácil de trabajar para todos, ya sea con un documento, un papel, una fotografía o un dibujo. El principal enemigo del seiketsu es una conducta errática, cuando se hace hoy sí y mañana no, lo más probable es que los días de incumplimiento se multipliquen. Para implementar una limpieza estandarizada, el procedimiento se basa en tres pasos:

1. Asignar responsabilidades sobre las 3S primeras. Los operarios deben saber qué hacer, cuándo, dónde y cómo hacerlo.

2. Integrar las actividades de las 5S dentro de los trabajos regulares.
3. Chequear el nivel de mantenimiento de los tres pilares. Una vez se han aplicado las 3S y se han definido las responsabilidades y las tareas a hacer, hay que evaluar la eficiencia y el rigor con que se aplican (p. 40).

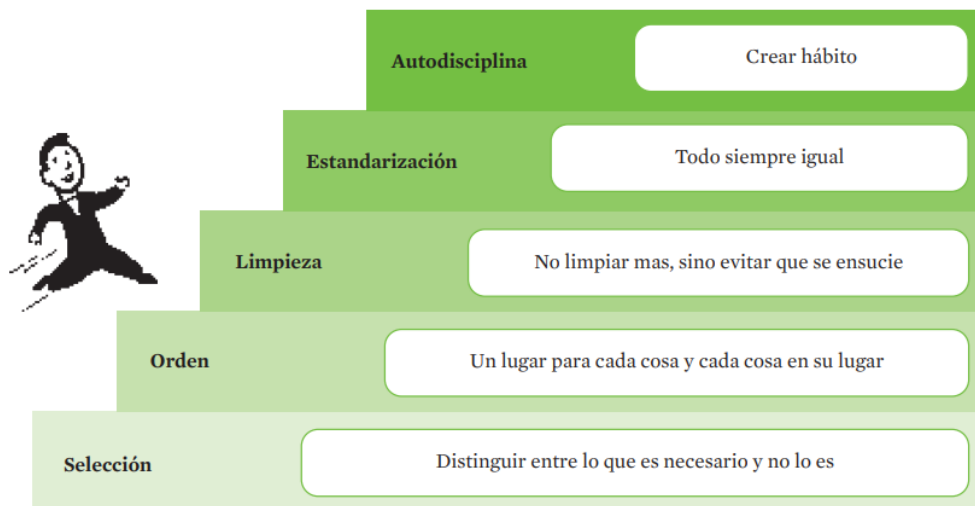
### ***Disciplina (shitsuke)***

Según Hernández y Vizán (2013):

Shitsuke tiene como objetivo convertir en hábito la utilización de los métodos estandarizados y aceptar la aplicación normalizada. Su aplicación está ligado al desarrollo de una cultura de autodisciplina para hacer perdurable el proyecto de las 5S. Este objetivo la convierte en la fase más fácil y más difícil a la vez. La más fácil porque consiste en aplicar regularmente las normas establecidas y mantener el estado de las cosas. La más difícil porque su aplicación depende del grado de asunción del espíritu de las 5S a lo largo del proyecto de implantación. El líder de la implantación establecerá diversos sistemas o mecanismos que permitan el control visual, como, por ejemplo: flechas de dirección, rótulos de ubicación, luces y alarmas para detectar fallos, tapas transparentes en las máquinas para ver su interior, utillajes de colores según el producto o la máquina, etc. (p. 41).

En la Figura 9 se resumen los principios básicos y su implementación en los cinco pasos o fases.

**Figura 9 Principios básicos de la metodología de las 5S**



**Nota: Lean Manufacturing: conceptos, técnicas e implantación.**

### **Indicadores de mantenimiento**

Para Rajadell y Sánchez (2010) los indicadores son:

La mejor manera de que las personas contribuyan a una iniciativa de implementación es que puedan disponer de elementos que permitan medir el efecto de sus esfuerzos en actividades de mejora. Los indicadores llegan a brindar información necesaria y requerida para evaluar el rumbo de la empresa, dicha información debe proporcionar parámetros de desempeño que permiten supervisar, evaluar y corregir la ejecución de los procesos de la empresa, así como seleccionar los procesos que se deben valorar dentro de una institución (p. 238).

Asimismo, Rajadell y Sánchez (2010) comentan que los pasos para identificar estos indicadores son:

1. Revisar y preparar una lista de parámetros comunes y los objetivos de clientes, u otras metas de mejora documentadas por el equipo de trabajo.
2. Realizar una ronda de intercambios de ideas con la dirección para confirmar el acuerdo y el compromiso con los parámetros.
3. Calcular mediciones que sirvan de referencia (p. 238).

Lo anterior sin tomar en cuenta que cada industria es distinta y sus parámetros de competitividad se enlazan de forma diferente. Por lo tanto, es esencial como primer paso definir la actividad comercial de la empresa para comprender su problemática específica y plantear los indicadores que más se ajusten a esta.

### ***Indicadores de disponibilidad***

Rajadell y Sánchez (2010) afirman que estos indicadores muestran la probabilidad de que un sistema o equipo se encuentre operativo cuando se requiera su uso. A continuación, se mencionan algunos de los indicadores de disponibilidad en el Área de Mantenimiento:

#### **Porcentaje de mantenimiento planificado**

Realiability web (2021) menciona que el indicador es un chequeo que se debe realizar de forma regular y que brinda una buena indicación del estado de los sistemas. En la Figura 10 se puede observar la ecuación que se utiliza en el porcentaje de mantenimiento planificado.

#### ***Figura 10 Porcentaje de mantenimiento planificado***

$$\text{Porcentaje Mantenimiento Planificado} = \frac{\text{Horas de Mantenimiento Planificado}}{\text{Total de Horas de Mantenimiento}} \times 100$$

**Nota: Realiability web.**

#### **Mantenimiento reactivo**

Safety Culture (2022) señala que el mantenimiento reactivo, también conocido como mantenimiento por avería, es un tipo de mantenimiento correctivo que se lleva a cabo ante un fallo inesperado de la máquina que deba ser reparada o sustituida para reanudar el funcionamiento de la empresa. Por lo general, se suele realizar cuando los materiales o piezas son desechables, no se pueden restaurar o son fáciles de conseguir.

#### **Mantenimiento de emergencia**

Safety Culture (2022) menciona que este tipo de mantenimiento se lleva a cabo cuando los equipos fallan o dejan de funcionar de forma inesperada y estos deben ser reparados de manera inmediata. Por lo general ocurren cuando el fallo del equipo o sistema amenaza con la interrupción de las operaciones e incluso la misma seguridad de la empresa.

### **Tiempo promedio para reparar**

MTTR es el indicador que denota el tiempo medio o promedio para reparar, traducido al inglés como *mean time to repair*. Para Reliability web (2021) este indicador es:

Un parámetro de medición asociado a la mantenibilidad, es decir, a la ejecución del mantenimiento. La mantenibilidad, se define como la probabilidad de devolver el equipo a condiciones operativas en un cierto tiempo, utilizando procedimientos prescritos. Para un diseño dado, si las reparaciones se realizan con personal calificado y con herramientas, documentación y procedimientos prescritos, el tiempo de reparación depende de la naturaleza del fallo y de las mencionadas características de diseño (párr. 9).

En la Figura 11 se puede observar la ecuación que se utiliza en el tiempo promedio para reparar.

**Figura 11 Tiempo promedio para reparar**

$$MTTR = \frac{\text{Tiempo total de mantenimiento}}{\text{Número de Reparaciones}}$$

**Nota: Reliability web.**

### ***Indicadores de confiabilidad***

Rajadell y Sánchez (2010) afirman que estos indicadores muestran: «La probabilidad de que un sistema o equipo opere en forma satisfactoria por un periodo dado de tiempo cuando se utiliza bajo condiciones especificadas» (s. p.). A continuación, se menciona el indicador de tiempo promedio entre fallas.

### **Tiempo promedio entre fallas**

MTBF es el indicador que denota el tiempo medio o promedio entre fallas, traducido al inglés como *mean time between failures*. Reliability web (2021) menciona que este se refiere al tiempo promedio de funcionamiento de un equipo hasta que presenta una falla funcional. Este es un indicador para sistemas reparables y en los que es necesario realizar intervenciones para reemplazar componentes. En la Figura 12 se puede observar la ecuación que se utiliza en el tiempo promedio entre fallas.

**Figura 12 Tiempo promedio entre fallas**

$$MTBF = \frac{\text{Tiempo total disponible} - \text{Tiempo de Inactividad}}{\text{Número de Paradas}}$$

**Nota: Reliability web.**

### **Herramientas para el control de la propuesta**

Por último, se presentan las herramientas para el control de la propuesta y el aseguramiento de que esta se lleva a cabo de la mejor forma.

#### **Diagrama de Gantt**

Pinagote Chóez *et al.* (2020) mencionan que los gráficos de Gantt son: «Los diagramas de Gantt son una herramienta de gestión desarrollados por Henry Laurence Gantt a inicios del siglo XX; estos diagramas sirven para planificar y programar tareas a lo largo de un período determinado» (p. 63). Además, Pinagote Chóez *et al.* (2020) afirman que existen cuatro razones principales para utilizar un gráfico, las cuales se detallan a continuación:

1. Planificar el proyecto: esta menciona quién va a hacer qué y cuánto tiempo se tarda en hacerlo todo, también se puede planificar el número de personas que se necesitarán e incluso cuánto dinero será necesario.
2. Explicar el proyecto: permite describir y explicar el proyecto a otras personas, todo el mundo puede ver el proyecto e incluso aunque no sean expertos ni tengan experiencia, saben intuitivamente lo que están viendo.
3. Supervisar el proyecto: la tercera razón es poder comprobar si se está trabajando según lo previsto, sirve para dirigir y supervisar el proyecto, se hacen interrogantes como, ¿todavía se está a tiempo?, ¿se tiene suficientes recursos?, esto se hace coloreando porcentualmente las tareas según se van completando. Hay que hacer hincapié en que no se ha encontrado otra manera para supervisar el progreso de un proyecto. Aunque estén inicialmente bien planificados los proyectos pueden sufrir variaciones y los gráficos de Gantt son una herramienta increíblemente rica, que permite además ajustar de forma dinámica la planificación.
4. Ajustar el plan: además permiten ajustar el plan si las cosas cambian durante el proyecto, que inevitablemente lo harán, quizá haya que agregar tareas adicionales,

quizá todo el plan de repente tenga que acelerarse, tal vez se tiene que emitir un plan modificado para todos los implicados. El diagrama de Gantt hace todo esto fácil, y sencillo (pp. 64-65).

En la Figura 13 se aprecia un ejemplo de la estructura que debe seguir el diagrama de Gantt.

**Figura 13 Diagrama de Gantt**



**Nota: PM – plan de mejora.**

### **Método CPM**

La Escuela Posgrado de Ingeniería y Arquitectura (2021) menciona que:

El método de la ruta crítica consiste en plasmar visualmente toda la secuencia de actividades, creando un camino, desde el inicio hasta el final de un proyecto, A su vez, este camino también puede mostrar otro más corto para poder completar el proyecto (párr. 19).

Es decir: «El CPM ofrece una visión general de todos los caminos posibles a seguir para desarrollar el proyecto» (Escuela Posgrado de Ingeniería y Arquitectura, 2021, s. p.).

### **Cómo calcular la ruta crítica de un proyecto**

La Escuela Posgrado de Ingeniería y Arquitectura (2021) afirma que para elaborar un diagrama CPM hay que seguir las siguientes pautas:

1. Identificar y enumerar las cusas: Las cruciales serán las que no pueden atrasarse ya que, si sucede, se atrasará todo el proyecto.

2. Identificar las dependencias entre actividades y ordenarlas: En este paso, se debe detectar la dependencia y secuencia de actividades de dentro del proyecto. Para ello, es necesario identificar aquellas actividades que pueden realizarse paralelamente y cuáles dependerán de otras.

3. Dibujar un diagrama de red

4. Establecer una duración aproximada por actividad: Hay que hacer una estimación del tiempo que va a tardar en realizarse cada actividad.

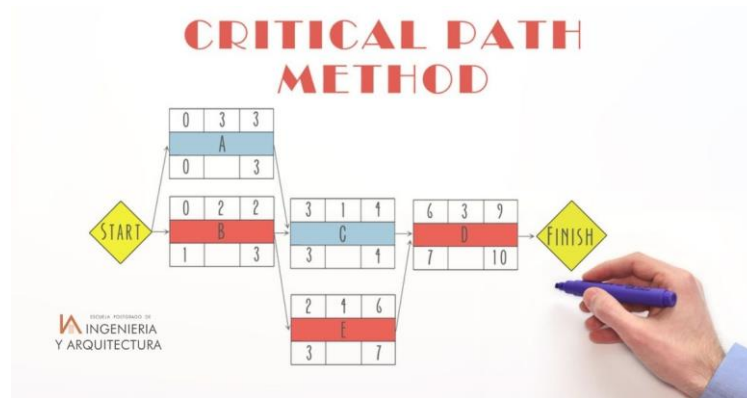
5. Identificar la ruta crítica: Después de identificar las actividades, así como sus secuencias y duración, se puede calcular la ruta crítica. Para ello se deben utilizar 4 parámetros:

- Inicio optimista. Cuando la actividad anterior esté completada, se puede calcular el tiempo u hora que comenzará la siguiente tarea.
- Fin optimista. Hace referencia a la hora de inicio optimista + el tiempo que se haya necesitado para completar la actividad.
- Fin pesimista. Se refiere a la hora más tardana [sic] posible o el tiempo máximo al que se puede terminar una actividad sin que el proyecto se atrase.
- Inicio pesimista. Se calcula restando la hora de fin pesimista y el tiempo que se ha necesitado para completar la actividad.

6. Modificar el CPM, si es necesario: Como se trabaja con estimaciones, seguramente sea necesario actualizar el diagrama de CPM durante todo el proceso. De esta manera, se podrá saber si el proyecto va por el buen camino (párr. 10-16).

En la Figura 14 se aprecia un ejemplo del diagrama CPM.

**Figura 14 Diagrama CPM**



**Nota: Escuela Posgrado de Ingeniería y Arquitectura (2021).**

## CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO

En el presente capítulo se define y detalla la manera en la que se realiza el proyecto y cada uno de los aspectos influyentes que deben seguirse para resolver el problema que se planteó. Estos elementos se clasifican en enfoque, alcance, diseño, variables, muestras, instrumentos, recolección de datos, método de análisis y cronograma. Dichos elementos sirven de guía para estructurar el plan de trabajo y cumplir cada uno de los objetivos que se plantearon.

### **Enfoque**

De acuerdo con Hernández (2014), los enfoques se dividen de la siguiente manera.

#### **Cualitativo**

Hernández (2014) menciona que el enfoque cualitativo se define como:

El enfoque cualitativo se guía por áreas o temas significativos de la investigación. Sin embargo, en lugar de que la claridad sobre las preguntas de investigación e hipótesis preceda a la recolección y el análisis de los datos, estos pueden desarrollar preguntas e hipótesis antes, durante o después de la recolección y el análisis de los datos. Con frecuencia, estas actividades sirven, primero, para descubrir cuáles son las preguntas de investigación más importantes; y después, para perfeccionarlas y responderlas. La acción indagatoria se mueve de manera dinámica en ambos sentidos: entre los hechos y su interpretación, y resulta un proceso más bien circular en el que la secuencia no siempre es la misma, pues varía con cada estudio (p. 7).

#### **Cuantitativo**

Hernández (2014) afirma que:

Los enfoques cuantitativos representan un conjunto de procesos de manera secuencia y probatoria. Cada etapa procede a la siguiente y no se pueden brincar o eludir pasos. El orden es riguroso, aunque desde luego, se puede redefinir alguna fase. Parte de una idea que va acotándose y, una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación, se revisa la literatura y se construye un marco o una perspectiva teórica. De las preguntas se establecen hipótesis y determinan variables; se traza un plan para probarlas (diseño); se miden las variables en un determinado

contexto; se analizan las mediciones obtenidas utilizando métodos estadísticos, y se extrae una serie de conclusiones respecto de la o las hipótesis (p. 4).

### **Mixto**

Hernández (2014) define el enfoque mixto como:

Los métodos mixtos representan un conjunto de procesos sistemáticos, empíricos y críticos de investigación e implican la recolección y el análisis de datos cuantitativos y cualitativos, así como su integración y discusión conjunta, para realizar inferencias producto de toda la información recabada y lograr un mayor entendimiento del fenómeno bajo estudio (p. 534).

El presente proyecto se rige con un enfoque cuantitativo debido a que se basa en un proceso secuencial, deductivo, probatorio y objetivo. Además, se realizan mediciones para la recolección de datos y se planea el tiempo y la frecuencia de las fallas que presentan los camiones de Concretera Nacional.

### **Alcance**

Según Hernández (2014), los alcances de un proyecto son los siguientes:

#### **Exploratorio**

Hernández (2014) define el alcance exploratorio como:

El alcance exploratorio se realiza cuando el objetivo es examinar un tema o un problema de investigación poco estudiado, del cual se tienen muchas dudas o no se ha abordado antes. Es decir, cuando la revisión de la literatura reveló que tan sólo hay guías no investigadas e ideas vagamente relacionadas con el problema de estudio, o bien, si se desea indagar sobre temas y áreas desde nuevas perspectivas (p. 91).

#### **Descriptivo**

Hernández (2014) menciona que:

El alcance descriptivo se busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Es decir, únicamente pretende medir o

recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren, esto es, su objetivo no es indicar cómo se relacionan éstas (p. 92).

### **Correlacional**

Hernández (2014) señala que el alcance correlacional es:

Un alcance correlacional pretende conocer la relación o grado de asociación que exista entre dos o más conceptos, categorías o variables en una muestra o contexto en particular. En ocasiones sólo se analiza la relación entre dos variables, pero con frecuencia se ubican en el estudio de vínculos entre tres, cuatro o más variables (p. 93).

### **Explicativo**

Hernández (2014) menciona que el alcance explicativo se define como:

El alcance explicativo va más allá de la descripción de conceptos o fenómenos o del establecimiento de relaciones entre conceptos; es decir, están dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales. Como su nombre lo indica, su interés se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta o por qué se relacionan dos o más variables (p. 95).

Para el desarrollo del estudio actual se utiliza el alcance correlacional, ya que el propósito de este es conocer la relación que existe entre las variables por estudiar y las cuales presentan un vínculo entre sí. Lo anterior para obtener un mejor resultado en el rediseño del plan de mantenimiento automotriz.

### **Diseño**

Para el desarrollo del rediseño del plan de mantenimiento de Concretera Nacional, se toma como base el alcance descriptivo. Lo anterior tiene el fin de desarrollar la estrategia más adecuada para la solución del problema que se planteó. Existen dos tipos de diseño, los cuales son:

#### **Diseño experimental**

Hernández (2014) define un diseño experimental como:

Un diseño experimental se construye el contexto y se manipula de manera intencional la variable independiente y se observa el efecto de esta manipulación sobre la variable dependiente. Es decir, el investigador prepara deliberadamente una situación a la que son expuestos varios casos o individuos. Esta situación consiste en recibir un tratamiento, una condición o un estímulo en determinadas circunstancias, para después evaluar los efectos de la exposición o aplicación de dicho tratamiento o tal condición (pp. 152-153).

### **Diseño no experimental**

De acuerdo con Hernández (2014), el diseño no experimental es:

El diseño no experimental podría definirse como la investigación que se realiza sin manipular deliberadamente las variables. Es decir, se trata de estudios en los que no se hacen variar en forma intencional las variables independientes para ver su efecto sobre otras variables (p. 152).

Este diseño se divide en dos tipos:

#### ***Transaccional***

Según: Hernández (2014): «Este tipo de diseño no experimental tienen como objetivo indagar la incidencia de las modalidades o niveles de una o más variables. Es decir, describen las relaciones entre dos o más categorías, conceptos o variables en un momento determinado» (p. 154).

#### ***Longitudinal***

En este tipo de diseño, se busca que el estudio recabe: «Datos en diferentes puntos del tiempo, para realizar inferencias acerca de la evolución del problema de investigación o fenómeno, sus causas y efectos» (Hernández, 2014, p. 159).

En el caso del presente estudio, el diseño que se aplica es el no experimental transaccional, debido a que se trabaja sobre una base donde se analizan sus variables y propiedades para obtener un mejor resultado. Además de describir las relaciones entre dos o más variables en un momento determinado.

### **Variables**

Las variables en la investigación representan un concepto importante dentro del proyecto, ya que ayudan a clasificar en conceptuales, operaciones e instrumentales. Una vez que se identifican, el siguiente paso es hacerla operativa, como se muestra en Tabla 1 de las variables en el estudio.

**Tabla 1 Variables**

Objetivos específicos	Variable	Conceptual	Operacional	Instrumental
Describir el plan de mantenimiento de la empresa con el que cuenta actualmente.	Plan de mantenimiento	De acuerdo con Hernández y Vizán (2013) es un conjunto de técnicas orientadas a eliminar las averías a través de la participación y motivación de los empleados.	$\left( \frac{N^{\circ} \text{ de tareas ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ de tareas planificadas}} \right) * 100$	Informes (hoja de inspección semanal y reportes del despachador)
Medir las consecuencias de los tiempos de falla y los tiempos de reparación de los equipos actuales.	Fallas	Yavarone (2019) menciona que una falla es cuando un medio productivo cesa de realizar una o más de sus funciones, mucho antes del fin de su vida útil.	$\frac{\text{Tiempo total disponible} - \text{Tiempo de Inactividad}}{\text{Número de Paradas}}$	Registro de fallas y reportes del despachador
	Reparaciones	Pérez Porto y Merino (2010) mencionan que la reparación es la acción y el efecto de reparar objetos que no funcionan correctamente o que fueron mal hechos.	$\frac{\text{Tiempo total de mantenimiento}}{\text{Número de Reparaciones}}$	Reportes del despachador
Identificar las causas que provocan los tiempos no operativos.	Retrasos	La Real Academia Española (s. f.) menciona que es una acción y efecto de retrasar o retrasarse.	$\frac{\sum \text{Retrasos de cada orden de trabajo}}{N^{\circ} \text{ de órdenes de trabajo}}$	Hoja de inspección semanal y reportes del despachador

	Disponibilidad de los repuestos	Predictiva21 (2021) menciona que esta tiene como objetivo la estimación del número óptimo de partes y repuestos que debe mantener en almacén una empresa para garantizar la máxima rentabilidad y el mínimo impacto en la continuidad de las operaciones de las plantas e instalaciones.	$\frac{\text{Rotación de inventario}}{\text{Existencia del repuesto}}$	Registro de inventario
	Costos de reparación	SPC Consulting Group (2022) comentan que es el costo acumulado incurrido para un artículo seriado en llamadas, órdenes de servicio y órdenes de venta de mantenimiento.	$\frac{\text{Costo de la MO de mantenimiento}}{\text{Costo total de mantenimiento}}$	Informes del supervisor
Rediseñar el programa de mantenimiento en el taller automotriz con el que cuenta la empresa.	Propuesta de rediseño	Es la iniciativa para realizar mejoras significativas al rendimiento organizacional con base en el aumento de la eficiencia y la eficacia de procesos de negocio claves, sin tomar en cuenta la magnitud o el sentido de estos cambios (Jaya Escobar <i>et al.</i> , 2018)	Costo actual de mantenimiento <i>versus</i> costo de mantenimiento con el rediseño	Excel y análisis económico
Controlar el cumplimiento del proceso de reparaciones de los equipos y el manejo del costo de estos.	Cumplimiento de reparaciones	Pérez Porto y Gardey (2011) mencionan que la acción de cumplir se refiere a ejecutar algo, remediar a alguien y proveerle de aquello que le falte; hacer algo que se debe; convenir; o ser el día en que termina un plazo o una obligación.	$\left( \frac{\text{N}^\circ \text{ de tareas ejecutadas}}{\text{N}^\circ \text{ de tareas planificadas con el rediseño}} \right) * 100$	Informes del supervisor

	Costos de reparación	SPC Consulting Group (2022) comentan que es el costo acumulado incurrido para un artículo seriado en llamadas, órdenes de servicio y órdenes de venta de mantenimiento.	$\frac{\text{Costo de la MO de mantenimiento}}{\text{Costo total de mantenimiento con el rediseño}}$	
--	----------------------	---	--	--

### Nota: Ramírez Solís Deivel

### Muestra

Para Hernández (2014): «La muestra es un subgrupo de la población de interés sobre el cual se recolectarán datos, y que tiene que definirse y delimitarse de antemano» (p. 173). Para el desarrollo del proyecto se utilizan las siguientes muestras conglomeradas, bajo el criterio de que Concretera Nacional cuenta con diferentes plantas a lo largo del país. A pesar de esto, su taller de mantenimiento automotriz es centralizado, es decir, se encuentra en Alajuela, todos los equipos deben llegar al taller en Alajuela con una planificación para que se realicen los trabajos de mantenimiento, tal y como se puede observar en la Tabla 2.

**Tabla 2 Muestra**

Indicador	Tipo de muestra	Unidad de muestreo	Fórmula
$\left( \frac{\text{N}^\circ \text{ de tareas ejecutadas}}{\text{N}^\circ \text{ de tareas planificadas}} \right) * 100$	Conglomerado-inclusivo: con los camiones que cumplen con los informes correspondientes.	Número de actividades por ejecutar	Informes (hoja de inspección semanal y reportes del despachador) de los últimos 3 meses (abril-junio).
$\frac{\text{Tiempo total disponible} - \text{Tiempo de Inactividad}}{\text{Número de Paradas}}$	Conglomerado-inclusivo: con los camiones que cumplen con los informes correspondientes.	Número de fallas	Con los reportes de los camiones de los últimos 3 meses (abril-junio).
$\frac{\text{Tiempo total de mantenimiento}}{\text{Número de Reparaciones}}$	Conglomerado-inclusivo: con los camiones que cumplen con los informes correspondientes.	Número de reparaciones	Con los reportes de los camiones de los últimos 3 meses (abril-junio).
$\frac{\sum \text{Retrasos de cada orden de trabajo}}{\text{N}^\circ \text{ de órdenes de trabajo}}$	Conglomerado-inclusivo: con los camiones que cumplen con los informes correspondientes.	Órdenes de trabajo	Con los reportes de los camiones de los últimos 3 meses (abril-junio).
$\frac{\text{Rotación de inventario}}{\text{Existencia del repuesto}}$	Conglomerado-inclusivo: con los camiones que cumplen con los informes correspondientes.	Repuestos críticos	Con los registros de inventario de los últimos de los 3 meses (abril-junio).
$\frac{\text{Costo de la MO de mantenimiento}}{\text{Costo total de mantenimiento}}$	Conglomerado-inclusivo: con los camiones que cumplen con los informes correspondientes.	Mano de obra de mantenimiento	Con el presupuesto de mantenimiento automotriz del último mes (junio).
Costo actual de mantenimiento versus costo de mantenimiento con el rediseño	Conglomerado-inclusivo: con los camiones que	Mano de obra y repuestos	Con el presupuesto de mantenimiento automotriz de los

	cumplen con los informes correspondientes.		últimos 3 meses (abril-junio).
$\left(\frac{N^{\circ} \text{ de tareas ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ de tareas planificadas con el rediseño}}\right) * 100$	Conglomerado-inclusivo: con los camiones que cumplen con los informes correspondientes del primer mes con el rediseño.	Número de actividades por ejecutar con el rediseño	Con los reportes de los camiones del primer mes con el rediseño.
$\frac{\text{Costo de la MO de mantenimiento}}{\text{Costo total de mantenimiento con el rediseño}}$	Conglomerado-inclusivo: con los camiones que cumplen con los informes correspondientes.	Mano de obra de mantenimiento con el rediseño	Con el presupuesto de mantenimiento automotriz del primer mes con el rediseño.

**Nota: Ramírez Solís Deivel**

### Instrumentos

En la Tabla 3 se observan los instrumentos que se utilizan para medir los indicadores establecidos. Además, se determinan los recursos requeridos para obtener los datos.

**Tabla 3 Instrumentos**

Indicador	Instrumento	Recursos requeridos
$\left(\frac{N^{\circ} \text{ de tareas ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ de tareas planificadas}}\right) * 100$	Registros de la planificación	Informáticos
$\frac{\text{Tiempo total disponible} - \text{Tiempo de Inactividad}}{\text{Número de Paradas}}$	Hoja de revisión	Informáticos
$\frac{\text{Tiempo total de mantenimiento}}{\text{Número de Reparaciones}}$	Registro de reparaciones	Informáticos
$\frac{\sum \text{Retrasos de cada orden de trabajo}}{N^{\circ} \text{ de órdenes de trabajo}}$	Registro de órdenes de trabajo	Informáticos
$\frac{\text{Rotación de inventario}}{\text{Existencia del repuesto}}$	Registro de rotación de inventario	Informáticos
$\frac{\text{Costo de la MO de mantenimiento}}{\text{Costo total de mantenimiento}}$	Registros de costos de mano de obra	Informáticos
Costo actual de mantenimiento versus costo de mantenimiento con el rediseño	Registro de costos de mantenimiento con el rediseño	Informáticos
$\left(\frac{N^{\circ} \text{ de tareas ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ de tareas planificadas con el rediseño}}\right) * 100$	Registros de la planificación con el rediseño	Informáticos
$\frac{\text{Costo de la MO de mantenimiento}}{\text{Costo total de mantenimiento con el rediseño}}$	Registros de costos de mano de obra con el rediseño	Informáticos

**Nota: Ramírez Solís Deivel**

### Recolección de datos

En la Tabla 4 se presentan todas las fuentes, métodos y beneficios que se obtienen en la fase de recolección de datos.

**Tabla 4 Recolección de datos**

Indicador	Fuente de los datos	Método de recolección de datos	Beneficios esperados
-----------	---------------------	--------------------------------	----------------------

$\left( \frac{N^{\circ} \text{ de tareas ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ de tareas planificadas}} \right) * 100$	Registro de planificación del plan de mantenimiento semanal	Semanalmente, se genera un reporte en Microsoft Excel y se digita quién reportó la falla, la fecha del reporte, la descripción del problema y si está programada o no.	Conocer la cantidad de tareas ejecutadas semanalmente.
$\frac{\text{Tiempo total disponible} - \text{Tiempo de Inactividad}}{\text{Número de Paradas}}$	Registro de planificación del plan de mantenimiento semanal	Semanalmente, se genera un reporte en Microsoft Excel y se especifica el camión, la descripción de la falla y si está planificada o no.	Conocer el tiempo promedio de fallas de los equipos.
$\frac{\text{Tiempo total de mantenimiento}}{\text{Número de Reparaciones}}$	Registro de planificación del plan de mantenimiento semanal	Semanalmente, se genera un reporte en Microsoft Excel y se digita el número de camión, la reparación que se le realizó y la fecha de realización.	Conocer el tiempo promedio de reparaciones de los equipos.
$\frac{\sum \text{Retrasos de cada orden de trabajo}}{N^{\circ} \text{ de órdenes de trabajo}}$	Registro de planificación del plan de mantenimiento semanal	Semanalmente, se genera un reporte en Microsoft Excel y se digita quién reportó la falla, la fecha del reporte, la descripción del problema y si está programada o no.	Conocer el retraso de la ejecución de las tareas.
$\frac{\text{Rotación de inventario}}{\text{Existencia del repuesto}}$	Registro de inventario mensual	Se genera un reporte en Microsoft Excel de forma mensual en donde se especifica el stock actual de repuestos	Conocer cuáles son los repuestos críticos y la rotación de estos.
$\frac{\text{Costo de la MO de mantenimiento}}{\text{Costo total de mantenimiento}}$	Informe de costos de mantenimiento mensual	Mensualmente, se actualiza un registro en Microsoft Excel donde se analizan los costos de mantenimiento de automotriz.	Conocer los costos de mano de obra de mantenimiento.
Costo actual de mantenimiento versus costo de mantenimiento con el rediseño	Informe de costos de mantenimiento mensual	Mensualmente, se actualiza un registro en Microsoft Excel donde se analizan los costos de mantenimiento de automotriz y se realiza una comparación entre el registro más reciente con el del rediseño.	Disminución en los costos de mantenimiento semanal.
$\left( \frac{N^{\circ} \text{ de tareas ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ de tareas planificadas con el rediseño}} \right) * 100$	Registro de planificación del plan de mantenimiento semanal	Semanalmente, se genera un reporte en Microsoft Excel y se digita quién reportó la falla, la fecha del reporte, la descripción del problema y si está programada o no y verificar si con la implementación del rediseño existe un cambio con la cantidad de tareas ejecutadas a la semana.	Aumento de las tareas ejecutadas semanalmente.
$\frac{\text{Costo de la MO de mantenimiento}}{\text{Costo total de mantenimiento con el rediseño}}$	Informe de costos de mantenimiento mensual	Mensualmente, se actualiza un registro en Microsoft Excel donde se analizan los costos de mantenimiento de automotriz, se verifica que los datos que se obtuvieron con el rediseño aumentaron, disminuyeron o se mantienen dentro del presupuesto del mantenimiento.	Disminución en los costos de mano de obra de mantenimiento.

**Nota: Ramírez Solís Deivel**

### Método de análisis

A continuación, en la Tabla 5 se detallan los análisis que se aplican, los programas y el uso de los resultados en el proyecto.

**Tabla 5 Método de análisis**

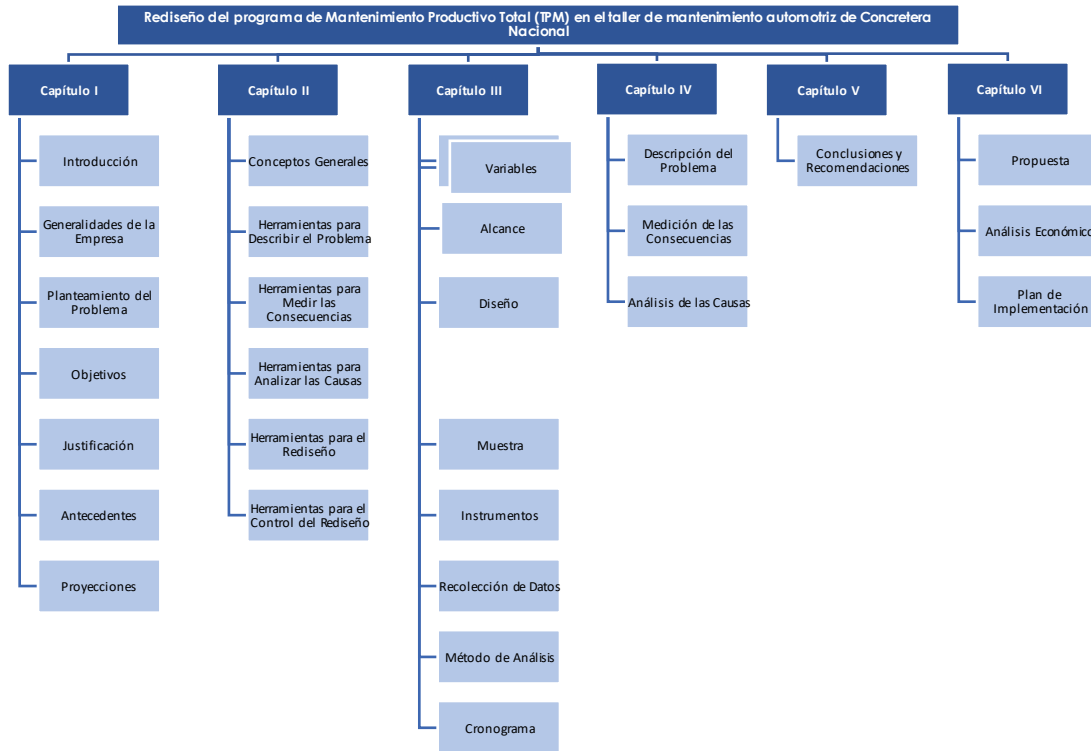
Indicador	Análisis por realizar	Programa	Uso
$\left( \frac{N^{\circ} \text{ de tareas ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ de tareas planificadas}} \right) * 100$	Determinar cuántas tareas se realizaron del número de tareas que se planificaron en el tiempo definido.	Excel	Analizar cuántas actividades planificadas se ejecutaron a la semana.
$\frac{\text{Tiempo total disponible} - \text{Tiempo de Inactividad}}{\text{Número de Paradas}}$	Determinar el tiempo promedio entre cada falla de un camión en un tiempo determinado.	Excel	Analizar los tiempos promedios entre las fallas.
$\frac{\text{Tiempo total de mantenimiento}}{\text{Número de Reparaciones}}$	Determinar el tiempo promedio de cada reparación en un camión en un tiempo determinado.	Excel	Analizar los tiempos promedios entre las reparaciones.
$\frac{\sum \text{Retrasos de cada orden de trabajo}}{N^{\circ} \text{ de órdenes de trabajo}}$	Determinar la cantidad de retrasos en las órdenes de trabajo en un tiempo definido.	Excel	Analizar la cantidad de retrasos.
$\frac{\text{Rotación de inventario}}{\text{Existencia del repuesto}}$	Determinar la cantidad de cada repuesto necesario para el inventario en un tiempo definido.	Excel	Analizar la mejor cantidad en el inventario de repuestos crítico.
$\frac{\text{Costo de la MO de mantenimiento}}{\text{Costo total de mantenimiento}}$	Determinar el costo de la mano de obra de mantenimiento en un tiempo definido.	Excel	Analizar el presupuesto con el que se cuenta para el mantenimiento.
Costo actual de mantenimiento <i>versus</i> costo de mantenimiento con el rediseño	Determinar el porcentaje del costo de la mano de obra de mantenimiento del total del costo de mantenimiento.	Excel	Analizar el impacto económico de la propuesta.
$\left( \frac{N^{\circ} \text{ de tareas ejecutadas}}{N^{\circ} \text{ de tareas planificadas con el rediseño}} \right) * 100$	Determinar cuántas tareas se realizaron del número de tareas que se planificaron con el rediseño.	Excel	Analizar el impacto de cumplimiento con el rediseño.
$\frac{\text{Costo de la MO de mantenimiento}}{\text{Costo total de mantenimiento con el rediseño}}$	Determinar el costo de la mano de obra de mantenimiento con el rediseño.	Excel	Analizar el impacto económico con el rediseño.

**Nota: Ramírez Solís Deivel**

### Cronograma

Para un correcto seguimiento y estimación del proyecto de investigación, se detallan las tareas a realizar dentro del plazo de tiempo establecido mediante dos herramientas fundamentales. El cronograma del proyecto se presenta a través de un Work Breakdown Structure (WBS), el cual ordena de manera jerárquica las tareas del trabajo escrito, además de detallar lo abarcado en cada uno de los seis entregables de la investigación. Esto es lo que se representa por medio de la Figura 15.

### Figura 15 WBS



**Nota: Ramírez Solís Deivel**

A la vez, con el uso de un diagrama de Gantt (Figura 16), se refleja de forma resumida la duración total del estudio. Por otra parte, se aproximará la semana de cada uno de los entregables del proyecto en manera secuencial para su cumplimiento adecuado durante las 27 semanas de trabajo del proyecto.

**Figura 16 Diagrama de Gantt del proyecto**

Entregables	Rediseño del programa de Mantenimiento Productivo Total (TPM) en el taller mantenimiento Automotriz de Concretera Nacional																											
	II Cuatrimestre 2023										III Cuatrimestre 2023																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Inicio del Taller de Graduación	█																											
Formato y Estructura del Proyecto		█																										
Entrega del Capítulo I			█																									
Correcciones del Capítulo I				█																								
Entrega del Capítulo II					█																							
Correcciones del Capítulo II						█																						
Entrega del Capítulo III							█																					
Correcciones del Capítulo III								█																				
Matrícula del Seminario									█																			
Descripción del Problema										█																		
Medición de las Consecuencias											█																	
Análisis de las Causas												█																
Entrega del Capítulo IV																												
Conclusiones y Recomendaciones																												
Entrega del Capítulo V																												
Propuesta																												
Análisis Económico																												
Plan de Implementación																												
Entrega del Capítulo VI																												
Entrega informe al tutor																												
Entrega a registro																												

**Nota: Ramírez Solís Deivel**

Para el correcto seguimiento y estimación del proyecto de investigación, se detallan las tareas a realizar dentro del plazo de tiempo establecido, tal y como se puede observar en la Figura 16. Este cronograma describe a muy alto nivel el avance semanal de las tareas de acuerdo el capítulo y sus actividades correspondientes.

## CAPÍTULO IV ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

En este capítulo se desarrolla y se explica el proceso productivo dentro de Concretera Nacional, así como el procedimiento de trabajo de mantenimiento dentro del taller automotriz. De igual forma, se analiza el procedimiento para ingresar una unidad al taller automotriz para realizar los trabajos de mantenimiento o fallas que presente el equipo, aspecto en el cual se centra el desarrollo de este proyecto. Lo anterior con la finalidad de encontrar puntos críticos, deficiencias del proceso y por supuesto contar con un estudio total que facilite el rediseño del plan de mantenimiento con el que cuenta la empresa actualmente.

### **Descripción del problema**

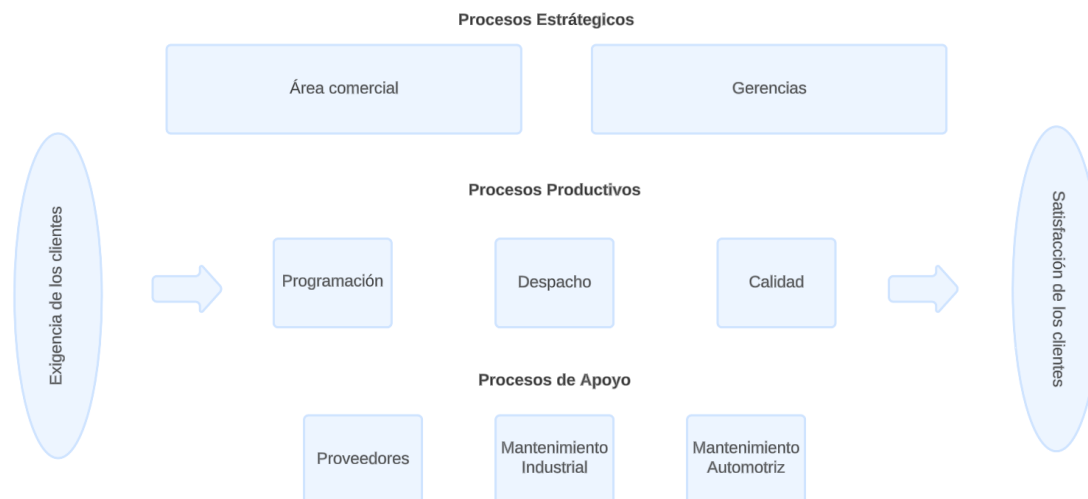
Con el fin de describir el o los problemas que presenta actualmente el taller automotriz, se debe comenzar a referirse cómo trabaja la empresa en la actualidad. Esto para conocer de manera general la información de valor que ayude a la interpretación correcta del presente análisis.

Concretera Nacional es una empresa dedicada a la producción y venta de concreto premezclado para diferentes obras de infraestructura, por ende, el proceso más importante es la producción de concreto y su distribución. Estos procesos se realizan en las distintas plantas ubicadas dentro de la GAM (Alajuela, Pavas y Cartago) y proyectos donde se utilizan plantas móviles. Para el procedimiento de concreto premezclado, la materia prima es el cemento, igualmente la arena (arena industrial y arena de río) y piedra (quintilla y cuartilla) para los diseños de concreto más comercializados.

Como se puede observar en la Figura 17, el proceso de producción está constituido por los siguientes departamentos productivos, mostrados de acuerdo con su orden de procedimiento:

1. Ventas.
2. Programación.
3. Despacho (producción).
4. Calidad.
5. Mantenimiento.
  - a. Automotriz.
  - b. Industrial.

**Figura 17 Mapeo de procesos**



**Nota: Ramírez Solís Deivel**

En la Figura 17 se visualiza la relación existente entre cada departamento. El Departamento de Ventas se encarga de lograr las contrataciones con las diferentes empresas constructoras. Una vez que se cuenta con la contratación se pasa la información al Departamento de Programación, que se encarga de obtener los datos del cliente, ubicación, volumen del concreto, diseño y características muy específicas que desea el cliente en su diseño. Después de que se tiene la información necesaria de los clientes, se programa el volumen para las distintas plantas según la localización del cliente y el volumen solicitado al día elegido por este último.

Una vez programado, el Departamento de Despacho entra al sistema para despachar o producir el concreto y enviar a los diferentes proyectos o clientes de acuerdo con la programación de ese día. Una vez que la carga (concreto) está lista en el camión, el técnico de calidad toma muestras de ese concreto para realizar pruebas y verificar que cumple con las características requeridas y solicitadas por el cliente. Durante el proceso de producción y el procedimiento de entrega del producto al cliente, Mantenimiento debe garantizar la disponibilidad de todos los equipos, ya que el producto una vez cargado al camión debe ser entregado con un tiempo máximo de 3 horas para mantener los controles de calidad de este.

En el proceso de producción del concreto premezclado intervienen varios subprocesos, los cuales se muestran como forma de resumen en la Figura 18.

**Figura 18 Diagrama de procesos de producción de concreto premezclado**



**Nota: Ramírez Solís Deivel**

Como se puede observar en la Figura 18, primero se recibe la materia prima en el patio en las diferentes pilas de almacenamiento. Una vez que se tiene el *stock* de la materia prima, se procede con el cargador a llevar los agregados a una banda radial que deposita el agregado a los distintos compartimentos de las tolvas de agregados de la planta.

Luego que se recibe el *ticket* con la información del cliente (nombre, diseño del concreto, volumen y dirección del proyecto) se realiza la carga al camión por medio de un sistema automatizado. Este toma la información del *ticket* y de acuerdo con el diseño del concreto solicitado se realizan las cargas por sumatoria de pesos. Es decir, primero lo que lleva más volumen (arena de río), después la cuartilla, seguidamente la quintilla y, por último, la arena industrial.

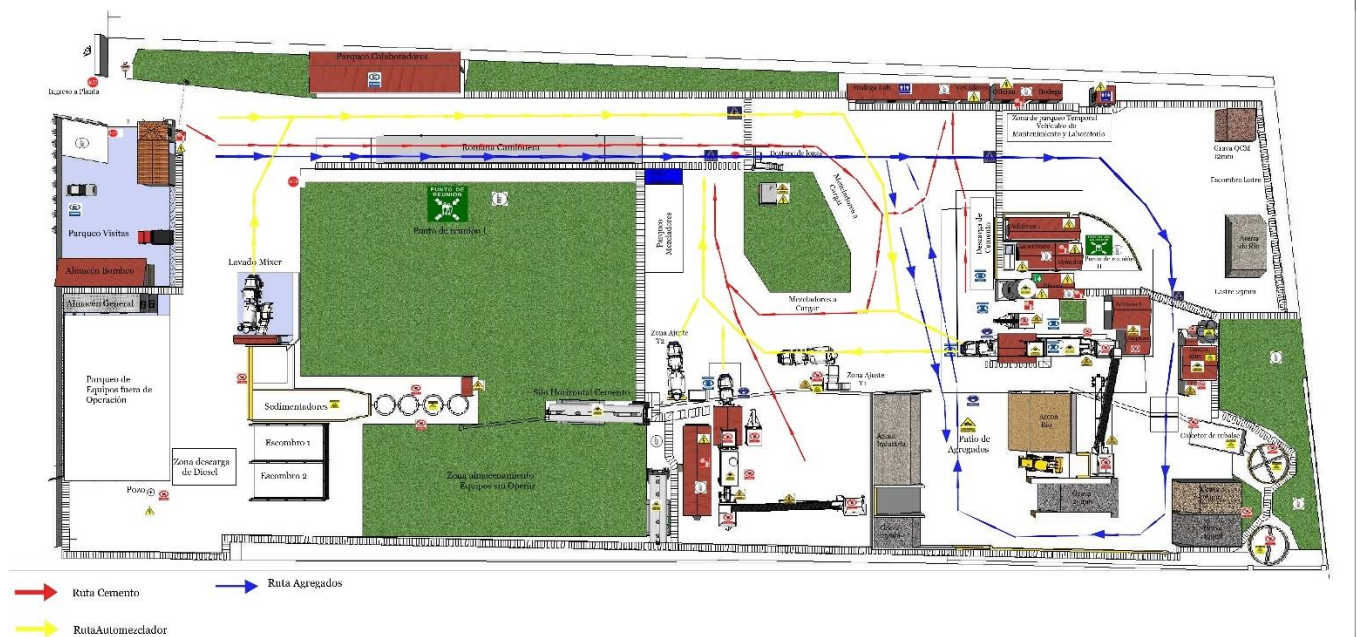
Estos pesos se llevan a cabo en un sistema de pesas para agregados por sumatoria según el diseño del concreto. Mientras esta tarea se realiza, simultáneamente a través de un tornillo transportador se realiza el pesaje del cemento para ese diseño, mientras estos dos pesajes se hacen, el sistema está cargando con agua bombeada y contabilizada al camión de acuerdo con el diseño, con un 80 % del total del agua, junto con el 100 % de los aditivos según el diseño solicitado.

Cuando este proceso termina inicia la carga de agregados al camión por medio de una banda transportadora y cemento a través de gravedad, estas dos cargas deben ocurrir simultáneamente, con el fin de minimizar contaminación de cemento en el aire. Una vez que finaliza la carga de cemento y agregados, se procede a descargar el 20 % restante del agua al camión. Lo anterior tiene el objetivo de limpiar el embudo de carga y completar el diseño.

Finalizada la carga al camión, este procede a salir de la zona de carga colocándose en la zona de ajuste, donde el técnico de calidad toma una muestra del concreto para su análisis respectivo (que cumpla con los requerimientos del cliente). Una vez tomada la muestra el camión sale de la planta con destino a la entrega en el proyecto. En la Figura 19 se describe el flujo de tres procesos:

**Figura 19 Distribución de planta Alajuela**

**DISTRIBUCION DE PLANTA ALAJUELA  
ZONAS DE SEGURIDAD RUTAS DE CIRCULACION**



**Nota: Concretera Nacional.**

- 1. Almacenamiento de materia prima:** al ingreso de las trailetas se registran con el guarda, quien les autoriza el ingreso una vez que ha avisado al jefe u operador de planta. Luego pasan a la romana camionera donde se toma su peso con carga, prosigue a la zona de espera hasta que el operador de patio (cargadorista) le autorice el ingreso a la zona de almacenamiento. Esto porque el operador tiene que asegurar que la producción no se detenga por falta de agregados en los compartimentos de la planta. Una vez autorizado, la traileta procede a la descarga según el tipo de agregado que transporta. Al finalizar se traslada nuevamente por la parte trasera a la planta hasta la romana camionera donde se pesa de nuevo para verificar el volumen de acuerdo con la factura, una vez verificado el peso en vacío se autoriza la salida de la planta.
- 2. Carga de concreto a los camiones:** una vez que el operador de la planta recibe el ticket por medio del sistema automático, da el aviso al operador del camión para que ingrese a la zona de carga, este según el rol de carga. Después de que el camión se encuentre en posición de carga da a aviso al operador de la planta para iniciar la carga. Finalizada la carga el operador de la planta vuelve a avisar al operador del camión quien debe retirar el ticket impreso con la información del cliente y del diseño de concreto que transporta. Al salir de la zona de carga se posiciona en la zona de ajuste, donde el técnico de calidad toma la muestra del diseño del concreto para sus respectivas pruebas. Finalizada la toma de muestras y con el visto bueno del técnico de calidad, el camión se traslada hasta el proyecto para la entrega del concreto.
- 3. Lavado de camiones:** al regresar los camiones del proyecto, ingresan a la planta hasta la zona de lavado, donde se tiene un circuito cerrado de agua reciclada, que se utiliza para lavar el tambor del camión con un sistema de bombeo donde el operador activa la bomba y esta bombea agua hasta la parte interna del tambor depositando por un tiempo definido (aproximadamente 3 minutos, alrededor de 3000 l de agua reciclada). Una vez que el operador lavó el tambor, bota el agua con todos los residuos de concreto que hayan quedado. Estos caen en una pila de drenaje donde el agua vuelve a las pilas de reciclado y los desechos sólidos una vez secos, se depositan en las pilas de escombros.

Para empezar se explica la dinámica del negocio del concreto para entender un poco la logística del mantenimiento en esta industria. El concreto premezclado es un producto que no se puede mantener un inventario o un *stock*, ya que es perecedero. Es decir, una vez que los agregados

y el cemento, con el agua y aditivos se mezclan hay una reacción química en un tiempo máximo de tres horas que permite ser trabajable.

Una vez pasadas las tres horas, este producto se fragua (endurece), lo que hace imposible su manipulación. Por lo tanto, una vez realizada la mezcla debe colocarse en obra antes de ese tiempo límite y hasta donde los aditivos permitan mantener la calidad del diseño solicitado por el cliente.

La venta del concreto se realiza por metro cúbico. La capacidad de carga de los camiones en Concretera es de ocho metros cúbicos, si por alguna razón sucediera una falla, un accidente o un atraso entre estas tres horas es un problema grave, ya que se expone a que el concreto se endurezca dentro del equipo. Por lo tanto, Concretera Nacional cuenta con una logística y un plan para mantenimiento que se describe y analiza a continuación.

Cabe mencionar que Concretera Nacional cuenta con 26 camiones automezcladores y 6 bombas telescópicas para el transporte y colocación del concreto premezclado en obra. En la Figura 20 se muestra un camión automezclador que se encarga de transportar el concreto hasta la obra.

**Figura 20 Automezcladora**



**Nota: Concretera Nacional.**

En la Figura 21 se muestra una bomba telescópica. Este equipo recibe el concreto de la automezcladora y lo bombea por medio de tuberías hasta una altura o distancia de 40 m.

**Figura 21 Bomba telescópica**



**Nota: Concretera Nacional.**

Concretera Nacional cuenta con un mantenimiento automotriz centralizado y el taller se ubica en planta Alajuela, como se puede observar en la Figura 19. Además de contar con un plan de mantenimiento anual donde básicamente se realizan reparaciones pendientes para llevar los equipos a la inspección vehicular según su número de placa, el programa actual de mantenimiento con el que trabaja Concretera se divide en:

1. Mantenimiento preventivo
2. Mantenimiento correctivo planificado
3. Mantenimiento correctivo no planificado (emergencias).

**Mantenimiento preventivo.**

Concretera Nacional entre su plan de mantenimiento cuenta con tres subgrupos de mantenimiento preventivo que dependen de las horas de trabajo del motor:

1. **Mantenimiento preventivo A:** este se realiza a las 500 horas de trabajo.
2. **Mantenimiento preventivo B:** este se realiza a las 1000 horas de trabajo.
3. **Mantenimiento preventivo C:** este se realiza a las 1500 horas de trabajo.

Estos tres mantenimientos, básicamente son verificación, revisión, inspección visual y medición de los diferentes componentes y sistemas del equipo y camión. En la Tabla 6 se describe cada una de las actividades que se realizan cuando el camión llega a las 500 horas de trabajo.

**Tabla 6 Mantenimiento preventivo A**

Mantenimiento preventivo A (camiones)	
Motor	
	Cambiar aceite Motor y filtros

<p>Cambiar filtros de combustibles  Cambio filtro de aire  Cambio refrigerante  Drenar depósito de combustible.</p>
<b>Inspección</b>
<p>Soportes de motor  Limpieza filtro bomba transferencia de combustible (si aplica)  Revisar radiador  Revisar fan-<i>clutch</i> (verificar funcionamiento).  Tomar muestras de aceite  Verificar funcionamiento de freno de motor  Verificar funcionamiento de sistemas de aceleración y apagado  Verificar sistema admisión  Verificar sistema escape  Inspección fajas de abanico (bomba agua, alternador y abanico)</p>
<b>Transmisión y ejes</b>
<p>Cambio de cardan o reemplazo cruces de barra de acople de bomba hidráulica.  Engrasar juntas universales y cojinetes centrales  Inspección estado hojas de resortes, abrazaderas y guías.  Verificar alineación de ejes traseros  Revisar soportes de transmisión  Revisión y ajuste de embrague y engrase del rol de empuje  Verificar ajustes de pernos de fijación de ruedas  Verificar estado alineación de ruedas delanteras.  Verificar estado de crucetas, <i>yockes</i> y soporte de cardan  Verificar estado general de ruedas  Verificar estado patines de resortes  Verificar fugas de diferenciales  Verificar funcionamiento del respiradero  Verificar nivel y fugas de aceite en tapas de ejes  Verificar nivel de aceite de transmisión  Verificar niveles aceite y respiraderos de diferenciales  Verificar o lubricar estado articulaciones del varillaje (si aplica)  Verificar presión de aire en neumáticos  Verificar condiciones anotar profundidad del dibujo, se debe reemplazar cualquier llanta que este en 4 mm.</p>
<b>Suspensión</b>
<p>Inspección estado barras, estabilizadora, tensoras y soportes.  Revisar ballestas, bujes, tornillos, gasas pasadores delantero y trasero  Revisar tuercas y tornillos amortiguadores  Revisión de tacones de fuelle  Revisar gomas de suspensión  Revisar bujes de extremo y central de sistema suspensión  Revisar soportes de muelle o ballesta.</p>

<b>Frenos</b>
<p>Drenaje depósitos de aire  Lubricación sistema de frenos  Revisar fugas de aire y estado de mangueras  Revisar funcionamiento de compresor y regulador de aire  Revisar funcionamiento de freno de estacionamiento  Revisar y ajustar actuadores de frenos  Verificar % de vida de las zapatas de frenos  Verificar posición y estado del resorte cámara de frenos  Verificar que la presión de aire esté gobernada a la presión requerida.</p>
<b>Dirección</b>
<p>Engrasar rótulas de dirección  Revisar barras, rótulas (terminales) y bujes de la dirección  Revisar fugas de aceite dirección  Revisar juego excesivo de la dirección  Revisar nivel de aceite de la bomba de dirección  Verificar estado de crucetas en columna de dirección.  Verificar estado de mangueras  Verificar juego del brazo de dirección.</p>
<b>Sistema eléctrico</b>
<p>Inspección general de luces, cableado y fusibles.  Inspección general de baterías y terminales  Verificar funcionamiento de alarma reversa.  Verificar funcionamiento de alarmas, luces de emergencia y tablero  Verificar el alternador, ruidos y tensión de correa  Verificar funcionamiento de arrancador  Revisar funcionamiento «CORTA CORRIENTE»  Revisión de mando de alza canoas  Revisar mandos eléctricos de mixer  Revisar limpiaparabrisas  Revisar sistema de comunicación GPS.  Revisar funcionamiento de alarma de entrampe.</p>
<b>Cabina</b>
<p>Verificar soportes de cabina  Lubricar venillas frotadoras de ventanas (cabina)  Revisar y ajustar tapa de motor  Revisión funcionamiento sistema de aire acondicionado  Revisión vidrios cabina  Revisión funcionamiento de puertas (chapas, manillas, seguro llave, alza vidrios)  Revisión espejos retrovisores  Revisar de indicadores  Revisar asiento del conductor  Revisar cinturones de seguridad</p>

### Olla mezcladora

Revisar fugas y estado de mangueras y tuberías.  
 Revisar funcionamiento de reductor y alineamiento  
 Revisar funcionamiento sistema de lavado  
 Revisar nivel de aceite motor de levante de canoa  
 Verificar funcionamiento de mandos posteriores.  
 Verificar estado general de canales, tolva de carga, *shuts*.  
 Verificar estado general de rodillos, lubricación y pistas de rodadura.  
 Verificar estado general de pedestal delantero y posterior, sobre chasis y tornillería.  
 Verificar estado general de tanque agua y sistema presurizado.  
 Verificar estado, engrase y funcionamiento cardan de bomba hidráulica.  
 Verificar funcionamiento cilindro hidráulico  
 Verificar funcionamiento indicador vacío en la entrada bomba hidráulica  
 Verificar nivel aceite hidráulico  
 Verificar contador de medición de serpentina en sección a (cono delantero) altura no inferior a 20 «e giro.  
 Verificar estado de los cables de giro  
 Verificar estado de serpentinas  
 Verificar estado de electroválvulas  
 Verificar nivel de aceite de reductor.  
 Verificar estado general de escaleras del equipo  
 Verificar estado general de la canasta del operador

### Chasis

Lubricación general de todos los puntos de engrase  
 Revisar estado de defensas o parachoques (TRASERO-DELANTERO)  
 Revisar estado de guardafangos o tapabarros

### Seguridad

Verificar estado del extintor (carga, manómetro y fecha de vencimiento)  
 Verificar estado de pasamanos en general  
 Verificar estado y funcionamiento de escaleras y estribos  
 Verificar estado de aviso seguridad y reflectivos  
 Verificar estado y funcionamiento de asientos.  
 Verificar estado y funcionamiento de cinturones de seguridad  
 Verificar estado de espejos de seguridad o punto ciego  
 Verificar funcionamiento de válvula alivio tanque combustible.  
 Verificar funcionamiento de válvula alivio tanque agua.  
 Verificar estado aislamiento térmico en la cabina.  
 Verificar estado sujetadores de canoas auxiliares  
 Verificar rejilla de seguridad de zona de trompo  
 Revisión de documentos  
 Revisión de estado de tacos o cuñas de seguridad

### Imagen

Revisar estado de pintura del logo de la olla y logos adicionales de puertas y otros  
 Revisar estado de general de pintura y carrocería del equipo

Condiciones de aseo y limpieza general  
Lavado completo de camión (olla y chasis)

**Nota: Concretera Nacional.**

Cuando el camión cumple con las 1000 horas de trabajo, este pasa nuevamente al taller donde se le realiza un mantenimiento preventivo tipo B (Tabla 7), que consiste en el A con algunas actividades adicionales que profundizan en algunos elementos, tal y como se puede observar en la Tabla 9.

**Tabla 7 Mantenimiento preventivo B**

Mantenimiento preventivo B (Camiones)
<b>Motor</b>
Cambiar aceite motor y filtros
Cambiar filtros de combustibles
Cambio de filtro acondicionador de agua.
Cambio filtro de aire
Cambio refrigerante
Drenar depósito de combustible
Inspección soportes de motor
Limpieza filtro bomba transferencia de combustible (si aplica)
Revisar radiador
Revisar fan- <i>clutch</i> (fugas, desgaste en plato y pastas).
Revisión de inyectores
Revisión de freno de motor
Verificar funcionamiento de freno de motor
Verificar funcionamiento de sistemas de aceleración y apagado
Verificar juego axial y radial de la turbina
Verificar sistema admisión
Verificar sistema escape.
<b>Transmisión y ejes</b>
Cambio de cardan o reemplazo cruces de barra de acople de bomba hidráulica
Cambiar aceite de transmisión y filtro
Cambiar aceite de diferenciales
Engrasar juntas universales y cojinetes centrales
Inspección estado hojas de resortes, abrazaderas y guías.
Verificar alineación de ejes traseros
Revisar nivel fluido embrague (si aplica)
Revisar soportes de transmisión
Revisión y ajuste de embrague (si aplica)
Rotación de llantas
Verificar ajustes de pernos de fijación de ruedas

Verificar estado alineación de ruedas delanteras.  
 Verificar estado de crucetas, *yockes* y soporte de cardan  
 Verificar estado general de ruedas  
 Verificar estado patines de resortes  
 Verificar fugas de diferenciales  
 Verificar funcionamiento del respiradero  
 Verificar nivel y fugas de aceite en tapas de ejes  
 Verificar o lubricar estado articulaciones del varillaje (si aplica)  
 Verificar presión de aire en neumáticos  
 Verificar condiciones anotar profundidad del dibujo, se debe reemplazar cualquier llanta que este en 4 mm.

#### Suspensión

Inspección estado barras, estabilizadora, tensoras y soportes.  
 Revisar ballestas, bujes, tornillos, gasas pasadores delantero y trasero  
 Reajuste de grapa de ballestas  
 Revisar tuercas y tornillos amortiguadores  
 Revisión de tacones de fuelle  
 Revisar gomas de suspensión  
 Revisar bujes de extremo y central de sistema suspensión  
 Revisar soportes de muelle o ballesta.

#### Frenos

Cambiar filtro de aire  
 Drenaje depósitos de aire  
 Lubricación sistema de frenos  
 Revisar fugas de aire y estado de mangueras  
 Revisar funcionamiento de compresor y regulador de aire  
 Revisar funcionamiento de freno de estacionamiento  
 Revisar nivel de fluido en frenos (si aplica)  
 Revisar y ajustar actuadores de frenos  
 Verificar % de vida de las zapatas de frenos  
 Verificar posición y estado del resorte cámara de frenos

#### Dirección

Cambiar aceite y filtro de la bomba de dirección  
 Engrasar rótulas de dirección  
 Revisar barras, rótulas (terminales) y bujes de la dirección  
 Revisar correa de la servodirección  
 Revisar fugas de aceite dirección  
 Revisar juego excesivo de la dirección  
 Verificar estado de crucetas en columna de dirección.  
 Verificar estado de mangueras

#### Sistema eléctrico

Inspección general de luces, cableado y fusibles.  
 Inspección general de baterías y terminales  
 Verificar funcionamiento de alarma reversa.

Verificar funcionamiento de alarmas, luces de emergencia y tablero  
 Verificar el alternador, ruidos y tensión de correa  
 Verificar funcionamiento de arrancador  
 Revisar funcionamiento «CORTA CORRIENTE»  
 Revisión de mando de alza canoas  
 Revisar mandos eléctricos de mixer  
 Revisar limpiaparabrisas  
 Revisar sistema de comunicación  
 Revisar funcionamiento de alarma de entrampe.

#### **Cabina**

Verificar soportes de cabina  
 Lubricar venillas frotadoras de ventanas (cabina)  
 Revisar y ajustar tapa de motor  
 Revisión funcionamiento sistema de aire acondicionado  
 Revisión vidrios cabina  
 Revisión funcionamiento de puertas (chapas, manillas, seguro llave, alza vidrios)  
 Revisión espejos retrovisores

#### **Olla mezcladora**

Revisar fugas y estado de mangueras y tuberías.  
 Revisar base giratoria (seguro, desgaste en bujes y baleros y engrasar).  
 Revisar espesor de paredes del tambor y de aspas o serpentinas  
 Revisar funcionamiento de reductor y alineamiento  
 Revisar funcionamiento sistema de lavado  
 Revisar nivel de aceite motor de levante de canoa  
 Verificar funcionamiento de mandos posteriores.  
 Verificar estado general de canales, tolva de carga, *shuts*.  
 Verificar estado general de rodillos, lubricación y pistas de rodadura.  
 Verificar estado general de soportes delantero y posterior, sobre chasis y tornillería.  
 Verificar estado general de tanque agua y sistema presurizado.  
 Verificar estado, engrase y funcionamiento cardan de bomba hidráulica.  
 Verificar funcionamiento cilindro hidráulico  
 Verificar funcionamiento indicador vacío en la entrada bomba hidráulica  
 Verificar nivel aceite hidráulico

#### **Chasis**

Inspección de estado general de soporte suspensión  
 Lubricación general de todos los puntos de engrase  
 Revisar estado de defensas o parachoques (TRASERO -DELANTERO)  
 Revisar estado de guardafangos o tapabarros  
 Revisar estructura de chasis  
 Revisión estado de tornillerías

#### **Seguridad**

Verificar estado del extintor (carga, manómetro y fecha de vencimiento)  
 Verificar estado de pasamanos en general

Verificar estado y funcionamiento de escaleras y estribos Verificar estado de aviso seguridad y reflectivos Verificar estado y funcionamiento de asientos. Verificar estado y funcionamiento de cinturones de seguridad Verificar estado de espejos de seguridad o punto ciego Verificar funcionamiento de válvula alivio tanque combustible. Verificar funcionamiento de válvula alivio tanque agua. Verificar estado aislamiento térmico en la cabina. Verificar estado sujetadores de canoas auxiliares Verificar rejilla de seguridad de zona de trompo Revisión de documentos Revisión de estado de tacos o cuñas de seguridad
--

Imagen
--------

Revisar estado de pintura del logo de la olla y logos adicionales de puertas y otros Revisar estado de general de pintura y carrocería del equipo Condiciones de aseo y limpieza general Lavado completo de camión (olla y chasis)
---

**Nota: Concretera Nacional.**

El mantenimiento preventivo C (Tabla 8) se realiza cuando el equipo cumple con las 1500 horas de trabajo. Este mantenimiento cumple con las actividades del mantenimiento A (Tabla 6) y del mantenimiento B (Tabla 7), con algunas actividades adicionales donde se muestra mayor prioridad a las inspecciones y reemplazos de elementos críticos o de desgaste, como se observa en la Tabla 8.

***Tabla 8 Mantenimiento preventivo C***

Mantenimiento preventivo C (Camiones)
Motor
Cambiar aceite motor y filtros
Cambiar filtros de combustibles
Cambio de filtro acondicionador de agua.
Cambio de repuesto mayor de fan- <i>clutch</i>
Cambio filtro de aire
Cambio refrigerante
Cambio de correas
Drenar depósito de combustible
Inspección soportes de motor
Limpieza filtro bomba transferencia de combustible (si aplica)
Afinación y diagnóstico de motor
Medición de gases
Revisar radiador

Revisión de inyectores  
 Revisión de freno de motor  
 Calibración freno de motor y válvulas  
 Verificar funcionamiento de freno de motor  
 Verificar funcionamiento de sistemas de aceleración y apagado  
 Verificar juego axial y radial de la turbina  
 Verificar sistema admisión  
 Verificar sistema escape

#### Transmisión y ejes

Cambio de cardan o reemplazo cruces de barra de acople de bomba hidráulica  
 Cambiar aceite de transmisión y filtro  
 Cambiar aceite de diferenciales  
 Alineación de ruedas delanteras y traseras.  
 Engrasar juntas universales y cojinetes centrales  
 inspección estado hojas de resortes, abrazaderas y guías.  
 Verificar alineación de ejes traseros  
 Verificar o ajustar rodamientos de rueda  
 Revisar nivel fluido embrague (si aplica)  
 Revisar soportes de transmisión  
 Revisión y ajuste de embrague (si aplica)  
 Rotación de llantas  
 Verificar ajustes de pernos de fijación de ruedas  
 Verificar estado de crucetas, *yockes* y soporte de cardan  
 Verificar estado general de ruedas  
 Verificar estado patines de resortes  
 Verificar fugas de diferenciales  
 Verificar funcionamiento del respiradero  
 Verificar nivel y fugas de aceite en tapas de ejes  
 Verificar o lubricar estado articulaciones del varillaje (si aplica)  
 Verificar presión de aire en neumáticos  
 Verificar estado de rodamientos de bocinas delanteras y traseras.  
 Verificar condiciones anotar profundidad del dibujo, se debe reemplazar cualquier llanta que este en 4 mm.

#### Suspensión

Inspección estado barras, estabilizadora, tensoras y soportes.  
 Revisar ballestas, bujes, tornillos, gasas pasadores delantero y trasero  
 Reajuste de grapa de ballestas  
 Revisar tuercas y tornillos amortiguadores  
 Revisión de tacones de fuelle  
 Revisar gomas de suspensión  
 Revisar bujes de extremo y central de sistema suspensión  
 Revisar soportes de muelle o ballesta.

#### Frenos

Cambiar filtro de aire

<p>Drenaje depósitos de aire  Lavar de depósitos de aire comprimido  Lubricación sistema de frenos  Revisar fugas de aire y estado de mangueras  Revisar funcionamiento de compresor y regulador de aire  Revisar funcionamiento de freno de estacionamiento  Revisar nivel de fluido en frenos (si aplica)  Revisar y ajustar actuadores de frenos  Verificar % de vida de las zapatas de frenos y realizar reparación si se requiere.  Verificar posición y estado del resorte cámara de frenos</p>
<b>Dirección</b>
<p>Cambiar aceite y filtro de la bomba de dirección  Engrasar rótulas de dirección  Revisar rodamientos de dirección  Revisar barras, rótulas (terminales) y bujes de la dirección  Revisar correa de la servodirección  Revisar fugas de aceite dirección  Revisar juego excesivo de la dirección  Verificar estado de crucetas en caña dirección.  Verificar estado de mangueras  Ajuste de topes de dirección.</p>
<b>Sistema eléctrico</b>
<p>Inspección general de luces, cableado y fusibles.  Inspección general de baterías y terminales  Verificar funcionamiento de alarma reversa.  Verificar funcionamiento de alarmas, luces de emergencia y tablero  Verificar el alternador, ruidos y tensión de correa  Verificar funcionamiento de arrancador  Revisar funcionamiento «CORTA CORRIENTE»  Revisión de mando de alza canoas  Revisar mando eléctrico de mixer  Revisar limpiaparabrisas  Revisar sistema de comunicación  Reparar alternador  Reparar motor de bomba de levante de canal  Revisar funcionamiento de alarma de entrampe  Reparar arranque.</p>
<b>Cabina</b>
<p>Verificar soportes de cabina  Lubricar venillas frotadoras de ventanas (cabina)  Revisar y ajustar tapa de motor  Revisión funcionamiento sistema de aire acondicionado  Revisión vidrios cabina</p>

Revisión funcionamiento de puertas (chapas, manillas, seguro llave, alza vidrios)

Revisión espejos retrovisores

#### Olla mezcladora

Cambio de rodillos

Revisar fugas y estado de mangueras y tuberías.

Revisar base giratoria (seguro, desgaste en bujes y baleros y engrasar).

Revisar espesor de paredes del tambor y de aspas o serpentinas

Revisar funcionamiento de reductor y alineamiento

Revisar funcionamiento sistema de lavado

Revisar nivel de aceite motor de levante de canoa

Verificar funcionamiento de mandos posteriores.

Verificar estado general de canales, tolva de carga, *shuts*.

Verificar estado general de rodillos, lubricación y pistas de rodadura.

Verificar estado general de soportes delantero y posterior, sobre chasis y tornillería.

Verificar estado general de tanque agua y sistema presurizado.

Verificar estado, engrase y funcionamiento cardan de bomba hidráulica.

Verificar funcionamiento cilindro hidráulico

Verificar funcionamiento indicador vacío en la entrada bomba hidráulica

Verificar nivel aceite hidráulico

Medición de serpentina en sección A (cono delantero) altura no inferior a 20 «.

Medición de serpentina en sección B (cono central) altura no inferior a 20 «.

Medición de serpentina en sección C (cono trasero) altura no inferior a 10 «.

Medir espesores del *drump* secciones A, B, C deben estar en  $\frac{1}{4}$  «(7 mm) cuando está nuevo.

Tomar registros de medidas por secciones

En un 50 % de vida útil se debe generar alertas para un próximo cambio.

En 75 % de desgaste se debe realizar cambio de tambor.

#### Chasis

Inspección de estado general de soporte suspensión

Lubricación general de todos los puntos de engrase

Revisar estado de defensas o parachoques (TRASERO-DELANTERO)

Revisar estado de guardafangos o tapabarros

Revisar estructura de chasis

Revisión estado de tornillerías

#### Seguridad

Verificar estado del extintor (carga, manómetro y fecha de vencimiento)

Verificar estado de pasamanos en general

Verificar estado y funcionamiento de escaleras y estribos

Verificar estado de aviso seguridad y reflectivos

Verificar estado y funcionamiento de asientos.

Verificar estado y funcionamiento de cinturones de seguridad

Verificar estado de espejos de seguridad o punto ciego

Verificar funcionamiento de válvula alivio tanque combustible.

Verificar funcionamiento de válvula alivio tanque agua.

Verificar estado aislamiento térmico en la cabina. Verificar estado sujetadores de canoas auxiliares Verificar rejilla de seguridad de zona de trompo Revisión de documentos Revisión de estado de tacos o cuñas de seguridad
<b>Imagen</b>
Revisar estado de pintura del logo de la olla y logos adicionales de puertas y otros Revisar estado de general de pintura y carrocería del equipo Condiciones de aseo y limpieza general Lavado completo de camión (olla y chasis)

**Nota: Concretera Nacional**

En la Tabla 9 se pueden observar en forma de resumen las actividades adicionales que se realizan con respecto al mantenimiento A.

**Tabla 9 Actividades adicionales en el mantenimiento B con respecto al A**

<b>Mantenimiento preventivo B con respecto al A</b>
<b>Motor</b>
Cambio de filtro acondicionador de agua. Revisión de inyectores Revisión de freno de motor Verificar juego axial y radial de la turbina
<b>Transmisión y ejes</b>
Cambiar aceite de transmisión y filtro Cambiar aceite de diferenciales Revisar nivel fluido embrague (si aplica)
<b>Suspensión</b>
Reajuste de grapa de ballestas
<b>Frenos</b>
Cambiar filtro de aire Revisar nivel de fluido en frenos (si aplica)
<b>Dirección</b>
Cambiar aceite y filtro de la bomba de dirección Revisar correa de la servodirección
<b>Olla mezcladora</b>
Revisar base giratoria (seguro, desgaste en bujes y baleros y engrasar).
<b>Chasis</b>
Inspección de estado general de soporte suspensión Revisar estructura de chasis Revisión estado de tornillerías

En la Tabla 10 se resumen las actividades adicionales que se encuentran en el mantenimiento C con respecto al mantenimiento B.

**Tabla 10 Actividades adicionales en el mantenimiento C con respecto al B**

<b>Mantenimiento preventivo C con respecto B</b>
<b>Motor</b>
Cambio de correas Afinación y diagnóstico de motor Medición de gases Calibración freno de motor y válvulas Tomar muestras de aceite Inspección fajas de abanico (bomba agua, alternador y abanico)
<b>Transmisión y ejes</b>
Alineación de ruedas delanteras y traseras. Verificar o ajustar rodamientos de rueda Verificar estado de rodamientos de bocinas delanteras y traseras. Verificar estado alineación de ruedas delanteras. Verificar nivel de aceite de transmisión Verificar niveles aceite y respiraderos de diferenciales
<b>Frenos</b>
Lavar de depósitos de aire comprimido Verificar que la presión de aire esté gobernada a la presión requerida.
<b>Dirección</b>
Revisar rodamientos de dirección Ajuste de topes de dirección. Revisar nivel de aceite de la bomba de dirección Verificar juego del brazo de dirección.
<b>Sistema eléctrico</b>
Reparar alternador Reparar motor de bomba de levante de canal Reparar arranque. Revisar de indicadores Revisar asiento del conductor Revisar cinturones de seguridad
<b>Olla mezcladora</b>
Cambio de rodillos Medición de serpentina en sección A (cono delantero) altura no inferior a 20 «. Medición de serpentina en sección B (cono central) altura no inferior a 20 «. Medición de serpentina en sección C (cono trasero) altura no inferior a 10 «. Medir espesores del <i>drump</i> secciones A, B, C deben estar en $\frac{1}{4}$ »(7 mm) cuando está nuevo. Tomar registros de medidas por secciones En un 50 % de vida útil se debe generar alertas para un próximo cambio.

En 75 % de desgaste se debe realizar cambio de tambor Verificar contador de medición de serpentina en sección a (cono delantero) altura no inferior a 20» de giro. Verificar estado de los cables de giro Verificar estado de electroválvulas Verificar nivel de aceite de reductor. Verificar estado general de escaleras del equipo Verificar estado general de la canasta del operador
---

**Nota: Concretera Nacional.**

Con respecto a los mantenimientos preventivos, Concretera Nacional cuenta con un buen plan de mantenimiento como se ha demostrado. En cuanto a los mantenimientos correctivos, estos se dividen en:

1. Mantenimiento correctivo planificado
2. Mantenimiento correctivo no planificado

















El mantenimiento correctivo planificado es el resultado de los hallazgos del mantenimiento preventivo. Por otra parte, el mantenimiento correctivo no planificado es consecuencia de las emergencias o trabajos que no se previeron.

El problema deriva en que el mantenimiento correctivo planificado para un equipo, en ocasiones, no se realiza a tiempo y se junta hasta que vuelve al taller por el siguiente mantenimiento preventivo. Esto porque no se le da el seguimiento, lo cual puede generar un daño mayor del que se había detectado por no haber atendido a tiempo, lo que aumenta los costos y tiempos de reparación.

Por ejemplo, en el preventivo tipo A se detecta que los hules de suspensión deben reemplazarse. Al no atenderse el cambio a tiempo el problema se transmite a las carcassas de los hules donde genera un impacto que, a la vez, se transmite al eje de suspensión, lo que daña los *bushing* o bujes de suspensión (Figura 22). Una vez que estos se dañan el problema se traslada al eje o torre de suspensión (Figura 23).

Con base en la Figura 22 se pueden observar los diferentes elementos que forman parte de la suspensión de un camión. Estos son los elementos de desgaste que tienen un menor costo al reparar la suspensión, si estos no se reemplazan a tiempo como se mencionó, el problema se traslada a elementos mayores y de mayor costo.

**Figura 22 Partes de desgaste de suspensión**

 <b>SAPO INFERIOR</b> #G2920 / 20 unds <b>\$28,05</b> i.v.a.i.	 <b>SAPO SUPERIOR ALTO</b> #G2919 / 19 unds <b>\$21,56</b> i.v.a.i.	 <b>SAPO SUPERIOR BAJO</b> #G2917 / 56 unds <b>\$32,26</b> i.v.a.i.	 <b>BUJE DE BRONCE</b> #R302925 / 23 unds <b>\$36,88</b> i.v.a.i.
 <b>CALZAS DE SAPOS</b> #R303689 / 8 unds <b>\$14,57</b> i.v.a.i.	 <b>CAJA PARA SAPOS</b> #R303688 / 33 unds <b>\$164,09</b> i.v.a.i.	 <b>RETENEDOR DE GRASA</b> #R303187 / 26 unds <b>\$8,43</b> i.v.a.i.	 <b>TUERCA</b> #R301835 / 13 unds <b>\$1,64</b> i.v.a.i.
 <b>TAPA TRUÑON</b> #R303697 / 7 unds <b>\$37,65</b> i.v.a.i.	 <b>TORNILLO LARGO</b> #R303692 / 256 unds <b>\$5,66</b> i.v.a.i.	 <b>SAPO INFERIOR POLY</b> #3302-MA36000 / 13 unds <b>\$124,58</b> i.v.a.i.	 <b>ARANDELA BRONCE</b> #R303698 / 36 unds <b>\$17,53</b> i.v.a.i.
 <b>ARANDELA DE EJE</b> #R303015 / 12 unds <b>\$7,76</b> i.v.a.i.	 <b>ARANDELA HIERRO</b> #R303699 / 1 und <b>\$22,14</b> i.v.a.i.	 <b>TUERCA DE EJE</b> #G.3700 / 24 unds <b>\$15,04</b> i.v.a.i.	 <b>TORNILLO CORTO</b> #R303696 / 42 unds <b>\$4,89</b> i.v.a.i.

**Nota: Matra Costa Rica.**

En la Figura 23 se muestra una torre de suspensión de un camión Mack que se utiliza en Concretera Nacional. Además, se puede observar el cuerpo donde se soportan todos los elementos de suspensión, rodamiento y, prácticamente, todo el camión.

**Figura 23 Torre de suspensión**



**Nota: Heavy Duty Pros.**

Como se observa en la Figura 22 se detallan los costos por unidad de los elementos de desgaste del sistema de suspensión de un camión. A continuación en la Tabla 11, se presenta el costo total en colones del reemplazo de todas las unidades del sistema.

**Tabla 11 Costo total del reemplazo de todas las unidades del sistema de suspensión**

Elementos	Unidades	Costo por unidad	Total
Sapo inferior	4	¢14.929,61	¢59.718,44
Sapo superior alto	2	¢11.475,31	¢22.950,62
Sapo superior bajo	2	¢17.351,35	¢34.702,70
Buje	2	¢19.629,38	¢39.258,76
Calzas de sapos	8	¢7.754,88	¢62.039,34
Caja para sapos	4	¢87.336,89	¢349.347,56
Retenedor de grasa	2	¢4.486,87	¢8.973,74
Tuercas	2	¢872,89	¢1.745,78
Tapa Trunion	2	¢20.039,21	¢40.078,42
Tornillo largo	12	¢3.012,53	¢36.150,36
Arandela bronce	2	¢9.330,34	¢18.660,68
Arandela de eje	2	¢4.130,26	¢8.260,52
Arandela de hierro	16	¢11.784,01	¢188.544,16
Tuerca de eje	2	¢8.005,04	¢16.010,08
Tornillo corto	4	¢2.602,70	¢10.410,80
<b>TOTAL</b>			<b>¢896.851,66</b>

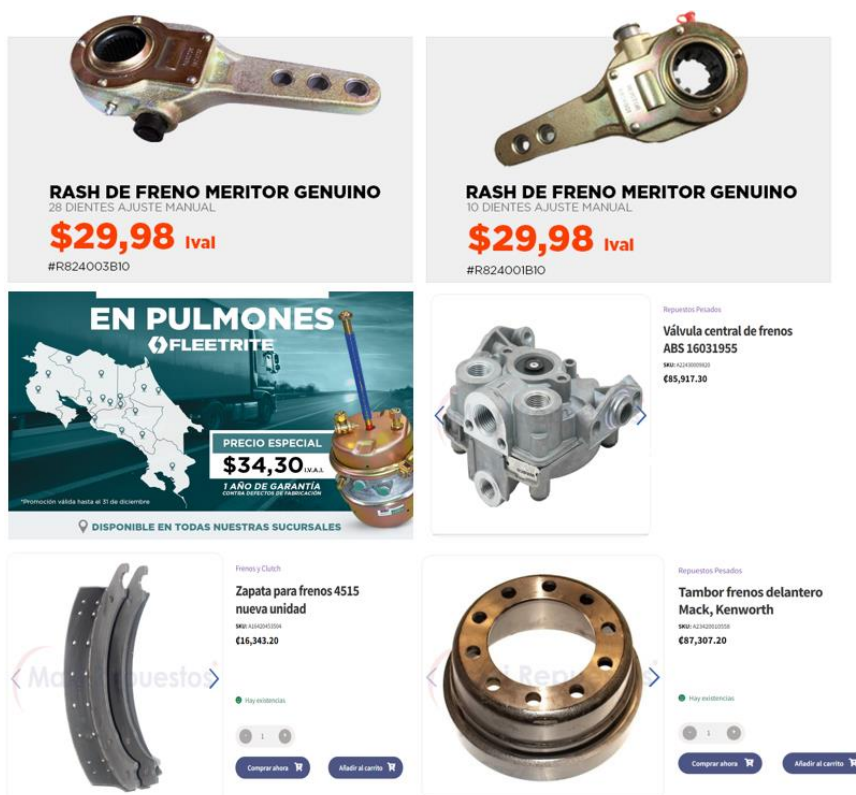
**Nota: Ramírez Solís Deivel**

En la Tabla 11 se detalla el costo total del cambio de cada uno de los elementos del sistema de suspensión. Este cálculo se realizó sin tomar en cuenta el costo de la torre y el eje de suspensión. Esto porque no en todos los casos se dañan estos dos componentes que son los de mayor costo, con un aproximado de ¢1.700.000,00 la torre y ¢1.000.000,00 su eje.

Otro ejemplo puede ser el tema de los frenos. Si un camión no entra a mantenimiento cuando este se ha programado, es decir, se corre la programación o el ingreso al taller; pero este equipo viene reportando un tema de frenos, pero solo se le realizan ajustes, se puede encontrar que no solo requeriría un cambio de fibras como pudo a ver sido en un principio. Al no atenderse cuando correspondía el problema escalaría a un cambio de tambores e incluso *rash* de frenos o trinquetes, válvulas y pulmones.

En la Figura 24 se observan los diferentes elementos que forman parte del sistema de frenos de un camión con sus respectivos costos de dos distintos proveedores.

**Figura 24 Elementos del sistema de frenado**



**Nota: Matra Costa Rica y Maxi Repuestos.**

Como se pudo observar en la Figura 24 estos son los costos de los elementos de desgaste del sistema de frenos por unidad de un camión. Al tomar en cuenta que pueden ser hasta seis unidades de cada una de las que conforman el conjunto o el sistema, a continuación en la Tabla 12, se presenta el costo total en colones del reemplazo de todas las unidades del sistema.

**Tabla 12 Costo total del reemplazo de todas las unidades del sistema de frenos**

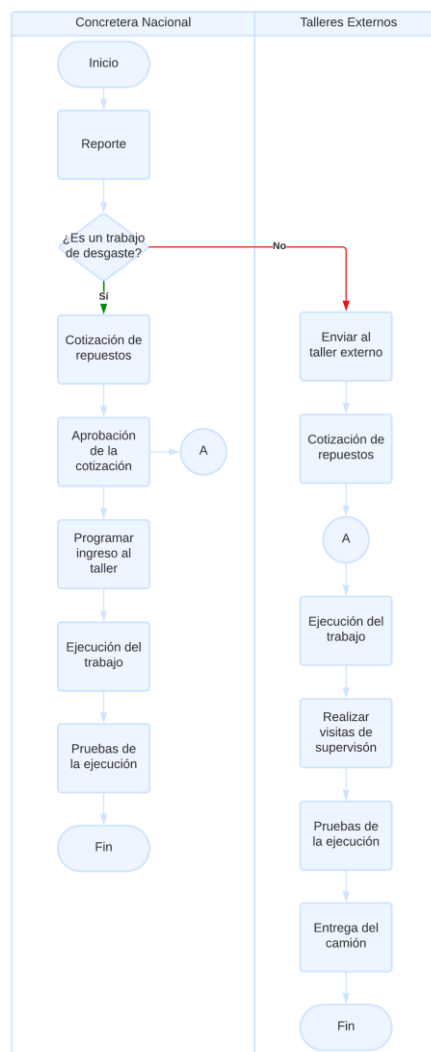
Elementos	Unidades	Costo por unidad	Total
Rash de frenos	6	₡15.956,85	₡95.741,10
Pulmones	6	₡18.256,17	₡109.537,02
Zapatas de frenos	6	₡16.343,20	₡98.059,20
Válvulas de frenos	2	₡85.917,30	₡171.834,60
Tambor de frenos	6	₡87.307,20	₡523.843,20
<b>TOTAL</b>			<b>₡999.015,15</b>

**Nota: Ramírez Solís Deivel**

En la Tabla 12 se puede observar el costo total de todos los elementos de desgaste del sistema de frenos de un camión, cuando originalmente pudo ser solo cambio de fibras.

Los mantenimientos correctivos planificados, como se mencionó, se derivan del mantenimiento preventivo, cuando el mantenimiento correctivo es menor, es decir, remplazos de elementos de desgaste, por ejemplo, los que se observan en la Figura 22. Estos trabajos generalmente se realizan en el taller de Concretera. Cuando el correctivo requiere realizar trabajos mayores se coordina con talleres externos, por ejemplo, cambio de torre de suspensión (Figura 23). En la Figura 25 se puede observar el flujo actual que tiene el taller automotriz de Concretera Nacional.

**Figura 25 Diagrama de flujo del taller de mantenimiento automotriz**



**Nota: Ramírez Solís Deivel**

Durante el mantenimiento preventivo se realizan verificaciones, revisiones, inspecciones visuales y la medición de los diferentes componentes y sistemas del equipo y camión, de aquí surge

junto con los reportes del operador un reporte final de los hallazgos, el cual genera una programación para realizar el mantenimiento correctivo. Una vez que el supervisor analiza el reporte, si el trabajo se hace en el taller interno, se solicitan las cotizaciones de los repuestos necesarios, con el fin de analizar con respecto al presupuesto. Seguidamente, se lleva a cabo la compra de los repuestos y cuando ya se tiene la totalidad de los repuestos se coordina el ingreso del equipo al taller.

En el caso de que sea un trabajo externo, se envía el equipo al taller autorizado. Lo anterior tiene el fin de que realicen el desarme y revisión de los daños para hacer la cotización de los repuestos respectivos. Una vez generada esta cotización, se envía a Concretera para que la autorice. Obtenido el visto bueno por parte de Concretera Nacional, se ejecutan los trabajos, donde el supervisor del taller de Concretera realiza visitas para ver avances. Para ambos casos, terminadas las reparaciones, se hacen pruebas del equipo y se lleva a cabo la entrega al operador.

Contar con la ayuda o la alianza de talleres externos tiene factores positivos, por ejemplo, agilizar los tiempos de reparaciones en los equipos. Sin embargo, hay aspectos negativos que influyen y se reflejan en los costos, por ejemplo, se crea una dependencia, es decir, el taller externo siempre incurrirá en trabajos extras, lo que genera costos adicionales, justificando la garantía de los trabajos. Otro factor negativo de trabajar con un tercero es que estos no tienen el sentido de urgencia en los trabajos como sí existe en el taller interno.

### **Medición de las consecuencias**

Con el fin de medir las consecuencias principales que afectan de manera directa al taller automotriz de Concretera Nacional, se deben cuantificar todos los reportes asociados al mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos y camiones desde la programación de mantenimiento. Para el siguiente análisis de consecuencias, se utilizan como informe los reportes del segundo trimestre del 2023 (desde el 1° de abril hasta el 31 de junio) ingresados por el supervisor del mantenimiento automotriz.

En la Tabla 13 se puede observar la cantidad de trabajos realizados por semana y sus diferentes tipos de mantenimiento desde la semana 13 hasta la semana 26. Es importante entender que el equipo se clasifica como:

- Equipo de bombero (bombas telescópicas).

- Equipo de mezclado (automezcladoras o chompipas).

Los equipos van montados sobre el camión, pero a la vez son independientes de este. Estos diferentes mantenimientos se dividieron en:

- Mantenimiento preventivo interno del equipo
- Mantenimiento preventivo interno del camión
- Mantenimiento preventivo externo del equipo
- Mantenimiento preventivo externo del camión
- Mantenimiento correctivo interno del equipo
- Mantenimiento correctivo interno del camión
- Mantenimiento correctivo externo del equipo
- Mantenimiento correctivo externo del camión

**Tabla 13 Clasificación de los tipos de mantenimiento de acuerdo con los reportes**

Semanas	Total	Prev. Int. Equipo	Prev. Int. Camión	Prev. Ext. Equipo	Prev. Ext. Camión	Correct. Int. Camión	Correct. Int. Equipo	Correct. Ext. Camión	Correct. Ext. Equipo
Semana 13	16		1		1	7	2	1	4
Semana 14	5					4			1
Semana 15	9					4	4		1
Semana 16	6				1	3			2
Semana 17	14				1	7	4		2
Semana 18	10					5	1	1	3
Semana 19	12				1	5	5		1
Semana 20	14					7	4		3
Semana 21	8					4	1	1	2
Semana 22	11		1			4	2		4
Semana 23	6					2	2	1	1
Semana 24	10		2		2	4			2
Semana 25	10		1			2	3	1	3
Semana 26	14		2			4	4	1	3

**Nota: Ramírez Solís Deivel**

Como se muestra en la Tabla 13, la cual se obtiene de la programación de mantenimiento semanal, en el segundo trimestre del 2023, desde el 1° de abril hasta el 31 de junio, se ingresó un total de 145 reportes, lo que incluye todos los tipos de reportes posibles en sistemas internos.

**Diagrama de Pareto por tipos de mantenimiento**

Continuando en la Figura 26 con la información obtenida en la Tabla 13, se clasificaron los mantenimientos preventivos en internos y externos y los correctivos de igual manera. Lo anterior tiene el fin de obtener información de cuantas actividades se realizaron en cada una de estas clasificaciones, independientemente de si se hicieron al equipo o al camión.

**Figura 26 Diagrama de Pareto por tipos de mantenimiento**



**Nota: Ramírez Solís Deivel**

En la Figura 26 se muestra el total de actividades hechas en cada tipo de mantenimiento durante el periodo del segundo trimestre del 2023. Como se observa, los correctivos internos fueron los que obtuvieron mayores tareas realizadas (94 actividades) seguido del correctivo externo (38 actividades) y los preventivos tanto internos y externos se encontraron equilibrados con 7 y 6 actividades respectivamente.

Es importante mencionar que al realizar el análisis de correctivos y preventivos se encontró una actividad repetitiva en varios camiones donde se identifica como inspección técnica Dekra. Esta actividad se registró para 14 camiones donde básicamente se realizaron correctivos y no quedaron registrados.

Lo anterior se llevó a cabo con base en el plan de mantenimiento anual y en los registros de ingreso y salida de la planificación semanal. Es importante mencionarlo, ya que son actividades correctivas con un costo y no quedan registradas y posiblemente este costo se registre por un tema del presupuesto del mantenimiento mensual, pero no queda relacionado con una actividad, tal y como se puede observar en la Tabla 14.

**Tabla 14 Inspección técnica Dekra segundo trimestre 2023**

# CAMIÓN	Fecha de ingreso al taller	Fecha de salida del taller	Fecha de entrada de la 2° reinspección	Fecha de salida de la 2° reinspección	Fecha de entrada de la 3° reinspección	Fecha de entrada de la 3° reinspección
1-81	8/5/2023	9/5/2023	26/5/2023	29/5/2023	1/6/2023	2/6/2023
1-85	30/6/2023	1/7/2023	-	-	-	-
1-87	4/4/2023	5/4/2023	30/06/203	1/7/2023	-	-
1-88	11/4/2023	24/4/2023	26/4/2023	26/4/2023	2/5/2023	3/5/2023
1-91	17/6/2023	19/6/2023	19/6/2023	22/6/2023	-	-
1-92	3/4/2023	4/4/2032	3/4/2023	15/4/2023	-	-
1-94	21/4/2023	29/4/2023	-	-	-	-
1-96	22/4/2023	22/4/2023	2/5/2023	9/5/2023	17/5/2023	17/5/2023
1-99	29/3/2023	30/3/2023	-	-	-	-
1-100	11/4/2023	15/4/2023	19/4/2023	28/4/2023	-	-
14-16	16/5/2023	17/5/2023	-	-	-	-
14-17	31/3/2023	1/4/2023	3/4/2023	4/4/2023	-	-
14-18	11/5/2023	13/5/2023	19/5/2023	22/5/2023	-	-
14-19	5/5/2023	8/5/2023	-	-	-	-

**Nota: Ramírez Solís Deivel**

En la Tabla 14 se presenta el registro de las inspecciones vehiculares *Dekra* realizadas durante el segundo trimestre del 2023 con sus respectivas reinspecciones. Esta actividad se muestra varias ocasiones en la planificación semanal según corresponda a las unidades que deban ir a la inspección, sin embargo, como se puede observar en la Tabla 14 todas estas unidades van a la inspección y algunas hasta en 3 ocasiones. A pesar de esto, en la planificación no aparecen registros de las reparaciones hechas a estas unidades.

**Registro de la programación al taller para el mantenimiento de los camiones**

En la Figura 27 se observa el comportamiento o el registro de ingreso de cada uno de los camiones a mantenimiento durante el segundo trimestre del 2023, independientemente de si la actividad se realizaba a lo interno o externo, de igual forma, si era preventivo o correctivo o si la tarea se hacía al equipo o al camión. También se observa la conducta de cada unidad durante las 14 semanas correspondientes al segundo trimestre. Cabe mencionar que estos datos se recopilaron de la planificación semanal en el taller automotriz realizada por el supervisor, con base en los reportes de los operadores, planificación anual (*Dekra*) y los mantenimientos preventivos correspondientes de acuerdo con las horas del trabajo de los equipos.

**Figura 27 Registro de la programación al taller del segundo trimestre del 2023**

# CAMIÓN	SEMANA 13	SEMANA 14	SEMANA 15	SEMANA 16	SEMANA 17	SEMANA 18	SEMANA 19	SEMANA 20	SEMANA 21	SEMANA 22	SEMANA 23	SEMANA 24	SEMANA 25	SEMANA 26	
1-77		1	1	1	1		1				1				6
1-80					1	1				1			1	1	5
1-81							1		1	1					3
1-84							1		1	1			1	1	5
1-85	1													1	2
1-86			1												1
1-87		1			1	1		1	1	1	1			2	9
1-88		1	1	1	1	1	1	1	1	1					8
1-90							1	1	1	1	1	1	1	1	8
1-91	1	1		1				1		1		1	1		7
1-92		1	1					1	1						4
1-93		1					1			1	1	1	1	1	7
1-94				1	1			1		1					4
1-95		1			1				1		1		1		5
1-96	1			1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	11
1-97	2										1	1	1	1	6
1-98	1			1	1	1									4
1-99	1				1						1	1	1	1	6
1-100			1	1	1				1						4
1-101	1				1					1	1	1	1		6
1-102	1		1			1		1		1				1	6
1-103			1				1								2
1-104			1	1				1	1			1	1		6
1-105	1				2	1	1	1				1	1		8
1-106	1							1		1	1		1		5
1-107			1					1							2
14-15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			12
14-16						1	1	1		1				1	5
14-17	1	1	1	1	1	1	1	1					1	1	10
14-18	1	1					1	1	1	1			1		7
14-19				1		1	2				1	1	1	1	8
14-20							2			1	1	1	1	1	8

**Nota: Ramírez Solís Deivel**

Como se observa en la Figura 27 las actividades marcadas en amarillo reflejan reprogramaciones de estos equipos, o bien en espera de algún repuesto. Un ejemplo de esto es la bomba 14-15, la cual ingresó al taller en semana 13 y salió en semana 24 a la espera de un repuesto o respuesta del proveedor. Esto evidencia que este equipo estuvo detenido 12 semanas, lo que afectó la programación del bombeo, ya que el equipo no estuvo operativo. Otro ejemplo es el camión 1-77, al cual se le estuvo reprogramando su mantenimiento durante un mes (4 semanas) desde semana 14 hasta semana 17, sin embargo, el equipo ingresó hasta la semana 19 para su respectivo mantenimiento.

### Registro de actividades realizadas por equipo durante el segundo trimestre del 2023

En la Tabla 15 se muestra cada una de las actividades realizadas a los camiones y su respectivo equipo.

**Tabla 15 Registro de actividades registradas por equipo**

CAMIÓN	ACTIVIDAD	CAMIÓN	EQUIPO DE MEZCLADO	EQUIPO DE BOMBEO
1-77	Mantenimiento preventivo 500 h (MATRA)	X		
	Se limpia mixer	X		
1-80	Reparación de fuga de aire por manómetro del chimbo del agua		X	
	Cambio de manguera de lavado de los pies		X	
	Se instala la luz del embudo		X	
	Cambio de torquímetro	X		
	Cambio de escobillas	X		
	Reparación de palanca de cambios	X		
	Cambio de manguera de frenos	X		
1-81	Reparación de chimbo de agua		X	
	Inspección técnica Dekra (placa 5)	X		
	Reparación de frenos de motor	X		
	Ajuste de <i>clutch</i>	X		
1-84	Cambio de <i>bumper</i> trasero	X		
	Se cambia cable y control trasero	X		
	Reparación de arnés de la bobina de giro mixer		X	
	Se cambia 04 llantas 12R	X		
	Se gradúa la bomba hidráulica para aumentar el giro del mixer		X	
	Reparación de control trasero		X	
	Cambio de luz del mixer		X	
	Cambio de llantas	X		
	Cambio de cable y control trasero.		X	
Limpieza de mixer		X		
1-85	Se cambian los faldones	X		
	Se cambian flexible de la mufla	X		
	Inspección técnica Dekra (placa 6)	X		
	Se limpia el mixer		X	
	Se repara problema eléctrico no gira el mixer ni sube la canoa.		X	
1-87	Inspección técnica Dekra (placa 4)	X		
	Cambio de fusibles térmicos	X		
	Cambio de <i>switch</i> de ignición	X		
	Se cambia punta eje (1-78)	X		

	Se cambia diferencial trasero	X		
	Calibrar freno de motor	X		
	Cambio de empaque de la tapa válvula		X	
	Se cambia base superior de la mufla	X		
	Se reparan problemas eléctricos con el motor de las escobillas	X		
	Se limpia el mixer		X	
	Cambio de conjunto de <i>clutch</i>	X		
1-88	Reparación de inyectores	X		
	Inspección técnica Dekra (placa 4)	X		
	Cambio de diferenciales con daños internos (catalina, reductor, roles, punta de eje)	X		
	Se cambia el control trasero del mixer		X	
	Limpieza de mixer		X	
1-90	Cambio de embudo		X	
	Ajusta la válvula selectora	X		
	Se repara silenciador y tapa ecológica	X		
	Se repara tapa ecológica		X	
	Reparación de pistón <i>ranger</i>		X	
	Reparación de la horquilla de reversa	X		
	Cambio de llantas (1-99) y aros	X		
	Cambio de pulmón	X		
	Cambio de separador y pulmón	X		
	Mantenimiento preventivo 500 h (Matra)	X		
1-91	Mantenimiento preventivo 500 h			
	Inspección técnica Dekra (placa 6)	X		
	Cambio de fan <i>clutch</i>	X		
	Cambio de luces de reversa	X		
	Limpieza de mixer		X	
	Reparación del botón crucero		X	
	Cambio de tornillos del chimbo de agua		X	
	Bomba de agua	X		
	Problema eléctrico	X		
1-92	Cambio faja abanico	X		
	Inspección técnica Dekra (placa 4)	X		
	Cambio de llantas	X		
	Parche en canoa		X	
1-93	Cambio de torquímetro		X	
	Mantenimiento preventivo 500 h	X		
	Revisión de aumento en consumo de combustible y análisis de aceite	X		
	Limpia mixer		X	
	Cambio de arrancador	X		

	Cambio del alternador	X		
	Cambio de cruces de la barra toma fuerza		X	
	Se cambia manguera del <i>manifold</i> de <i>coolant</i>	X		
1-94	Inspección técnica Dekra (placa 4),			
	Se repara hueco en el mixer		X	
	Se repara fuga de <i>coolant</i>	X		
1-95	Cambio de compresor de aire de motor	X		
	Se cambia manguera de enfriador de compresor	X		
	Cambio de bomba de la dirección	X		
	Cambio de Sensor de nivel de <i>coolant</i>	X		
	Cambio de compresor de aire de motor (garantía)	X		
	Se cambia termostato	X		
	Se cambia válvula de alivio rápido	X		
	Se cambia el tornillo y arandela del <i>coupling</i> de la caja velocidades	X		
1-96	Mantenimiento preventivo 500 h			
	Inspección técnica Dekra (placa 5)	X		
	Cambio de mixer		X	
	Reparación de reductor (1-94)		X	
	Cambio del hule de la flor		X	
	Cambio de manguera de hidromotor		X	
	Cambio de manguera del chimbo del agua		X	
	Cambio 02 llantas del 3. <sup>er</sup> eje.	X		
	Se cambia el tubo de inyector	X		
	Cambios de bolsas del 3. <sup>er</sup> eje	X		
	Cambio rótulas de dirección	X		
	Cambio de tensoras de diferencial	X		
	Cambio de zapata	X		
	Cambio de rectificación de tambor	X		
	Cambio de <i>rash</i> de frenos.	X		
	Reparación de A/C	X		
	Instalación de radio de comunicación	X		
	Cambio retenedor de bocina trasera	X		
	Se cambia de pedal del acelerador	X		
	Se limpia mixer		X	
	Cambio de manguera de lavado		X	
1-97	Se ajusta <i>clutch</i>	X		
	Se daña rol de bocina y causa daños en el Housing (manga)	X		
	Reparación de caja de dirección	X		
	Reparación de Radiador	X		
	Cambio de fan <i>clutch</i>	X		

	Se repara <i>bumper</i> trasero	X		
	Se repara cableado de la luz de trabajo.		X	
1-98	Cambio de mixer		X	
	Cambio de torre trasera		X	
	Cambio de rectificación del pivote		X	
	Cambio de flor descarga		X	
	Cambio de roles de pivote		X	
	Cambio de canoa principal y secundaria		X	
	Cambio de mangueras del pistón de subir y bajar canoas		X	
	Se cambia embudo		X	
1-99	Inspección técnica Dekra (placa 3)	X		
	Cambio de manguera de <i>coolant</i> de la unión de los cabezotes	X		
	Reparación de radiador	X		
	Overhaul de motor	X		
	Calibrar motor	X		
	Cambio de Hule de la flor		X	
	Repara botón crucero		X	
	Ajusta el cable del <i>clutch</i>	X		
1-100	Inspección Técnica Dekra (placa 4)	X		
	Cambio de conjunto de <i>clutch</i>	X		
	Se repara manguera del chimbo de aire		X	
	Cambio de conjunto pines y <i>buchin</i> del nabo.	X		
	Cambio de rótulas de dirección	X		
	Se cambia base del asiento del chofer	X		
1-101	Reparar fuga de aceite por el compresor	X		
	Limpiar mixer		X	
	Cambio de manguera <i>coolant</i>	X		
	Mantenimiento preventivo 500 h (Matra)	X		
	Cambio de manguera de lavado		X	
	Cambio de Silvin	X		
	Se cambia la manguera del pistón de subir y bajar la canoa principal		X	
	Revisar calentamiento (limpiar radiador)	X		
	Cambio <i>flanger</i>	X		
	Cambio de cruces de la barra toma fuerza.		X	
1-102	Mantenimiento preventivo 500 h	X		
	Cambio de conjunto de <i>clutch</i>	X		
	Limpieza de mixer		X	
	Cambio de manguera de retorno de combustible	X		
	Cambio de pulmón	X		
	Reparar tubo de agua del ajuste del mixer		X	

	Reparar ventana de puerta rh no sube	X		
	Mantenimiento preventivo 500 h (MATRA)	X		
	Se repara el embudo		X	
	Reparación de aire acondicionado	X		
1-103	Mantenimiento preventivo 500 h (Matra)	X		
	Se repara el control trasero		X	
	Se cambia pulmón trasero	X		
	Se cambia torquímetro	X		
1-104	Cambio de abanico de motor	X		
	Se cambia válvula reguladora de aire	X		
	Se cambia bolsas de la cabina	X		
	Ajuste de <i>clutch</i>	X		
	Cambio de <i>oring</i>	X		
	Cambio de empaques		X	
	Cambio de unión de termostato	X		
	Limpieza de mixer		X	
	Cambio de manguera hidráulica de la caja de dirección auxiliar	X		
	Se cambia la barra toma fuerza		X	
	Se repara problema eléctrico en la botonera trasera		X	
	Cambia la válvula reguladora de aire del chimbo del agua		X	
	Compresor de aire	X		
	Cambio base de fan <i>clutch</i>	X		
	Cambio faja de motor	X		
	Se ajusta frenos	X		
Se repara problema eléctrico control trasero		X		
Dash reventado	X			
1-105	Se limpia el mixer		X	
	Se repara la caja trasera del giro del mixer		X	
	Reparación de sensor de ABS	X		
	Se repara la grada de subir a la cabina LH	X		
	Reparación de suspensión trasera	X		
	Reparación de <i>switch</i> de acelerar trasero	X		
	Reparación de luz de trabajo	X		
	Se empaca pistón <i>ranger</i>		X	
	Se repara base del torpedo	X		
	Se endereza la jaula trasera		X	
	Se repara la base de la tabla	X		
	Se cambia válvula reguladora aire del 3. <sup>er</sup> eje	X		
	Se cambia la tapa lateral		X	
	Se empaca la caja de dirección	X		

	Cambio el manómetro del chimbo del agua		X	
	Cambio de compresor de motor	X		
1-106	Reparación de la palanca del giro mixer caja trasera		X	
	Cambio de silvin izquierdo	X		
	Cambio de embudo		X	
	Cambio de hule de la flor	X		
	Reparación de fuga de aceite por el tanque de la dirección	X		
	Ajuste de frenos.	X		
	Se repara canoa principal (hueco)		X	
1-107	Revisar fuga de aceite por la caja de dirección (manguera gasas Flojas)	X		
	Se repara el A/C	X		
	Se cambia la tapa ecológica		X	
14-15	Reparación de tolva			X
	Instalación de paro de emergencia del agitador			X
14-16	Inspección técnica Dekra (placa 5)	X		
	Mantenimiento preventivo 500 h (Matra)	X		
	Se cambia la bomba de agua	X		
	Se repara el guardabarros lado LH	X		
	Cambio de flexible de la mufla	X		
14-17	Cambio de sellos de los pistones hidráulico de bombeo			X
	Cambio de rótulas dirección	X		
	Cambio de rótulas tensoras	X		
	Cambio de cruces de barra	X		
	Cambio de tornillo y arandela del <i>coupling</i> de la salida de la caja de cambios	X		
	Cambio de manguera de <i>coolant</i>	X		
	Inspección Técnica Dekra (placa 4)	X		
	Ajuste de frenos	X		
	Reparación de problemas eléctricos en la electroválvula de doble (bombeo)			X
	Cambio de tarjeta y bobinas de bombeo.			X
	Fabricación de barras			X
14-18	Inspección técnica Dekra (placa 5)	X		X
	Se cambia sensor de la cola			X
	Se cambia copas de bombeo			X
	Overhaul de la tolva			X
	Cambio de bobinas de bombeo			X
	Cambio de copas			X
14-19	Mantenimiento preventivo 500 h (Matra)	X		
	Reparación de fuga de <i>coolant</i>	X		
	Reparación de fuga de aceite caja de cambios	X		

	Cambio de tubería.			X
	Cambio de <i>relay</i> de luces de direccionales	X		
	Se repara el control inalámbrico			X
	Cambio de grada del lado chofer	X		
	Se reemplaza el cable del manual			X
	Inspección técnica Dekra (placa 5)	X		
14-20	Se repara pata trasera			X
	Transfer: roles, embrague corredizo (collarín), O-ring y empaques			X
	Se cambia tubería del 4.º brazo			X

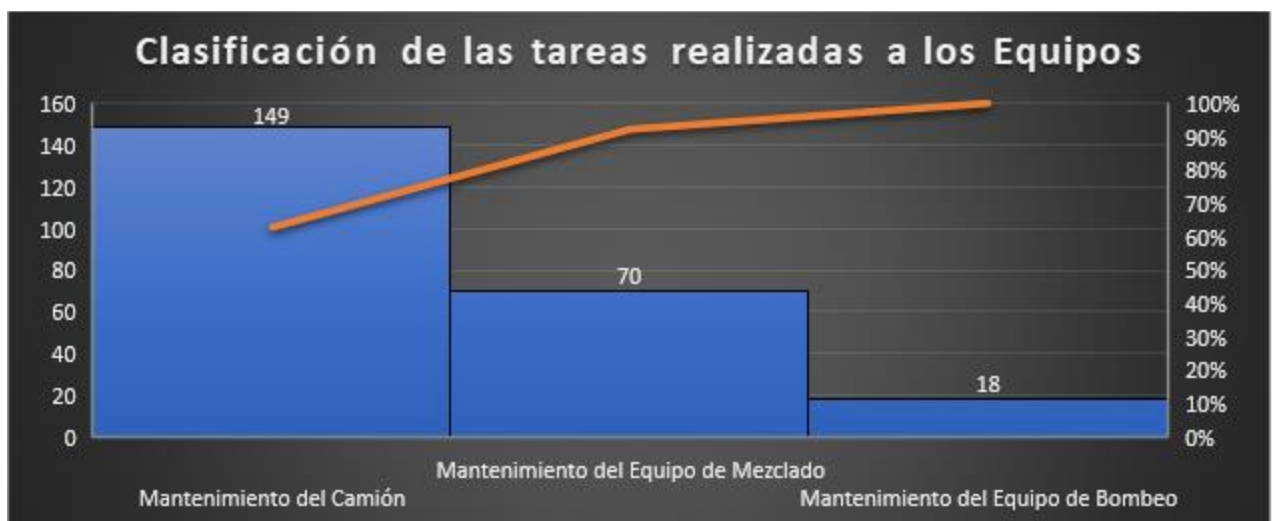
**Nota: Ramírez Solís Deivel**

En la Tabla 15 se observa que no existe una concordancia entre lo planificado (Figura 27) y el ingreso de los equipos al taller de mantenimiento. Dicha concordancia se debe a que la planificación se ve afectada por diferentes factores, ya sea porque se tiene un equipo planificado para mantenimiento y otro equipo se detuvo no estando planificado. Esto significa que no se pueden tener dos equipos detenidos, ya que esto afecta la logística de entrega, por lo tanto, se le da prioridad al equipo que no estaba planificado y estaba en producción. A la vez, se pueden observar las tareas realizadas por cada uno de los camiones y su respectivo equipo, ya sea de mezclado o de bombeo.

**Diagrama de Pareto por clasificación de reparaciones de los equipos**

De la información obtenida en la Tabla 15 se procede con la clasificación de trabajos realizados al camión y sus respectivos equipos.

**Figura 28 Clasificación de las tareas realizadas a los equipos**



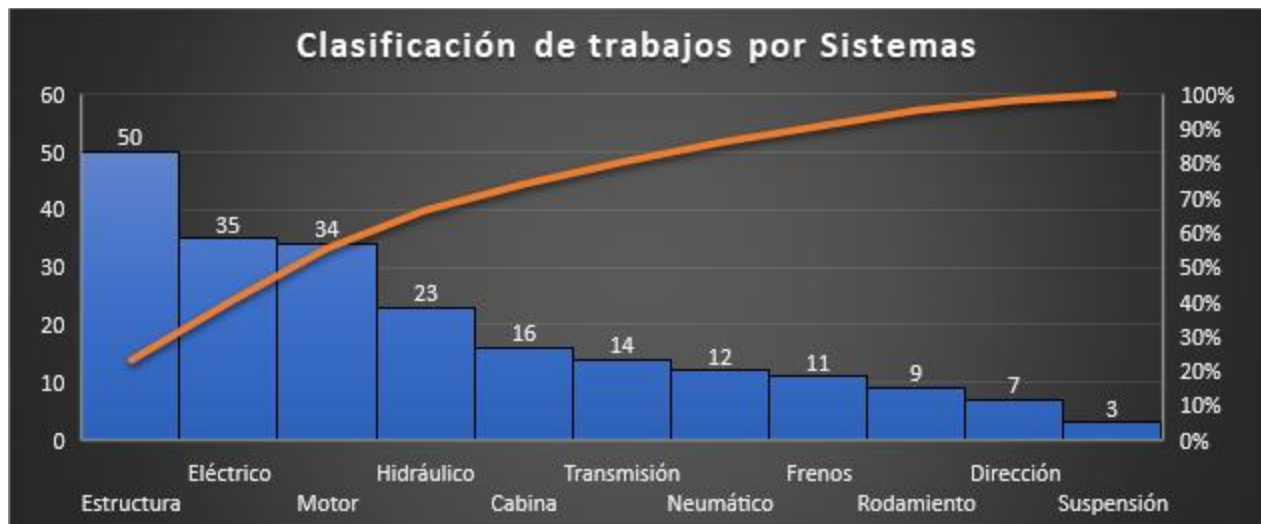
**Nota: Ramírez Solís Deivel**

En la Figura 28 se observa que se obtuvo un total de 237 trabajos durante el segundo trimestre del 2023, donde 149 se realizaron a los camiones, 70 fueron a los equipos de mezclado y 18 a los equipos de bombeo. Estas tareas se basan en los reportes de los operadores y de los hallazgos de los mantenimientos preventivos, los cuales van desde la más mínima con un bajo costo hasta las más complejas con costos más elevados.

### Diagrama de Pareto por clasificación de reparaciones por sistemas

En la Figura 29 se puede observar la cantidad de reparaciones por cada uno de los sistemas que componen al camión y al equipo. Estos datos se recopilaron del registro de actividades por camión (Tabla 15) durante el segundo trimestre del 2023 cuya información la registró el supervisor del taller de automotriz.

**Figura 29** *Clasificación de trabajos por sistemas*



### Nota: Ramírez Solís Deivel

En la Figura 29 se observa que se obtuvo un total de 214 trabajos. Los 4 sistemas de mayores actividades fueron estructura con 50 reparaciones, eléctrico con 35, motor con 34 y el sistema hidráulico con 23 reparaciones.

Con base en el análisis de la Figura 29 donde, el sistema estructura absorbió la mayor cantidad de actividades, se dispone por analizar en que partes de estas estructuras se dividieron las 50 reparaciones que se realizaron durante el segundo trimestre del 2023. A continuación, en la Tabla 16 se clasifican las reparaciones realizadas en el sistema de Estructuras.

**Tabla 16 Clasificación de reparaciones el sistema de estructuras**

ACTIVIDAD	Limpieza	Embudo	Canoas	Seguridad	Depósito de agua	Tambor	Torres	Tolvas y tuberías
Se limpia mixer	1							
Reparación de chimbo de agua					1			
Cambio de <i>bumper</i> trasero				1				
Limpieza de mixer	1							
Se cambian los faldones				1				
Se limpia el mixer	1							
Cambio de empaque de la tapa válvula	1							
Se limpia el mixer	1							
Limpieza de mixer		1						
Cambio de embudo			1					
Se repara tapa ecológica			1					
Limpieza de mixer	1							
Cambio de tornillos del chimbo de agua					1			
Parche en canoa			1					
Limpiar mixer	1							
Se repara hueco en el mixer						1		
Cambio de Mixer						1		
Cambio del hule de la flor		1						
Cambio de manguera del chimbo del agua					1			
Se limpia mixer	1							
Cambio de manguera de lavado	1							
Se repara <i>bumper</i> trasero				1				
Cambio de mixer						1		
Cambio de torre trasera							1	
Cambio de rectificación del pivote			1					
Cambio de flor descarga		1						
Cambio de roles de pivote			1					
Cambio de canoa principal y secundaria			1					
Se cambia embudo		1						

Cambio de hule de la flor		1						
Limpiar mixer	1							
Cambio de manguera de lavado	1							
Cambio <i>flanger</i>					1			
Limpieza de mixer	1							
Reparar tubo de agua del ajuste del mixer						1		
Se repara el embudo		1						
Cambio de <i>oring</i>					1			
Limpieza de mixer	1							
Se limpia el mixer	1							
Se repara la caja trasera del giro del mixer						1		
Se endereza la jaula trasera				1				
Se cambia la tapa lateral						1		
Cambio de embudo		1						
Cambio de hule de la flor		1						
Se repara canoa principal (hueco)			1					
Se cambia la tapa ecológica			1					
Reparación de tolva								1
Overhaul de la tolva								1
Cambio de tubería.								1
Se cambia tubería del 4.º brazo								1

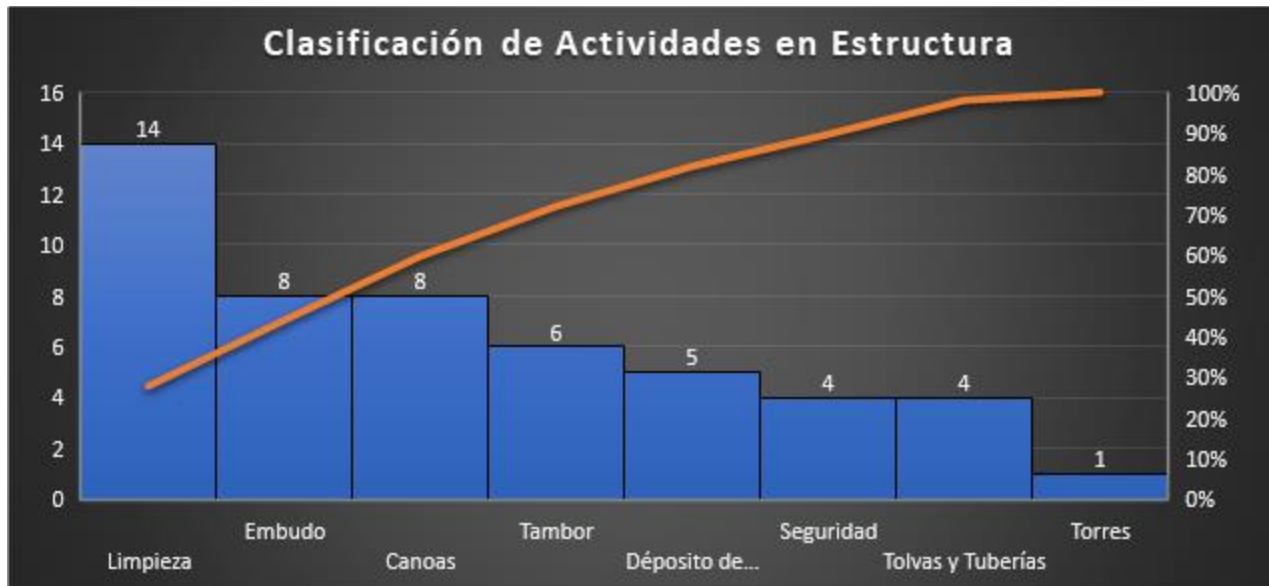
**Nota: Ramírez Solís Deivel**

La parte de estructuras fue la que presentó mayor cantidad de actividades de reparaciones durante el segundo trimestre del 2023 y se puede observar en la Tabla 16 que se dividió por secciones para registrar cada una de las actividades. Esta división se realizó de la siguiente manera para identificar las secciones: limpieza, embudo, canoas, seguridad, depósito de agua, tambor, torres y tolvas y tuberías.

**Diagrama de Pareto por clasificación de reparaciones en el sistema de estructuras**

En la Figura 30 se puede observar el registro de actividades realizadas en la parte de estructuras de los equipos y camiones. Esto para identificar cuál de estas secciones presento una mayor cantidad de reparaciones.

**Figura 30 Clasificación de actividades en estructura**



**Nota: Ramírez Solís Deivel**

Se observa que la actividad con mayor intervención o con mayor cantidad de registros fue limpieza con un total de 14. Esto porque el concreto a corto plazo comienza a adherirse a la estructura interna del tambor quitándole capacidad de carga y, adicionalmente, empieza a presentar sobreesfuerzos en el sistema hidráulico, reductor, rodillos y otros componentes del equipo de mezclado. Esta actividad de limpieza la realiza un tercero, ya que por temas de seguridad ocupacional a lo interno no se realizan. La segunda actividad con mayor registro fueron embudos y canoas con 8 intervenciones cada una y estas son piezas de desgaste básicamente del sistema de mezclado.

**Análisis modal de fallos y efectos (AMFE)**

El análisis modal de fallos y efectos (AMFE) permite analizar las posibles fallas potenciales del flujo del mantenimiento automotriz de acuerdo con lo que se ha estado analizando a lo largo del proyecto. A partir de esto se obtuvo información sobre los trabajos realizados, tanto en equipos como en los camiones y, a la vez, cuáles son las partes de estos que más se han intervenido o que las fallas son repetitivas. Según la información que se analizó, se encontró que las fallas no son las mismas ni con la misma frecuencia en la ventana del tiempo de 3 meses del segundo trimestre del 2023 que en realidad, se puede afirmar que son las reparaciones *normales* que se realizan a este tipo de equipos para esta actividad a la que se dedican. Por lo tanto, se decidió analizar el flujo

actual del mantenimiento automotriz en Concretera Nacional tal y como se puede observar en la Tabla 17.

**Tabla 17 Matriz AMFE**

AMFE								
Etapa del proceso	Riesgo	Efecto	Gravedad	Causa	Frecuencia	Control	Detectabilidad	IPR
Reporte del operador	No hay un control/registro de fallas	Daños en el equipo/camión	2	Aumento de mantenimientos correctivos	3	Seguimiento semanal a la hoja de reportes por camión	1	6
Planificación semanal	No hay un control/registro de reparaciones	Daños en el equipo/camión	8	Baja disponibilidad de equipos /camiones	2	Seguimiento de la planificación semanal	2	32
Coordinación de los ingresos al taller	El equipo/camión se daña	Reacción en cadena en los daños del equipo/camión	9	Disponibilidad nula de los equipos /camiones	4	Ejecución de los planes de mantenimiento	2	72
Ejecución de los trabajos	Reacción en cadena de los daños en los equipos/camiones	Paro del equipo/camión	8	Disponibilidad nula de los equipos /camiones	2	Supervisión del trabajo	3	48

**Nota: Ramírez Solís Deivel**

Como se puede observar en el análisis modal de fallos y efectos (Tabla 17), los operadores cumplen con sus inspecciones diarias y reportes semanales e, igualmente, se da la planificación semanal con base en estos reportes, además de las revisiones de los mecánicos y del supervisor de mantenimiento. Por lo tanto, es muy posible que las fallas se tengan identificadas, sin embargo, una vez que se tiene la planificación semanal y se coordina el ingreso de los equipos con el Departamento de Programación y Despacho, se encontró que se dificulta llegar al acuerdo para definir el ingreso del equipo al taller, lo que repercute en el proceso de ejecución de los trabajos.

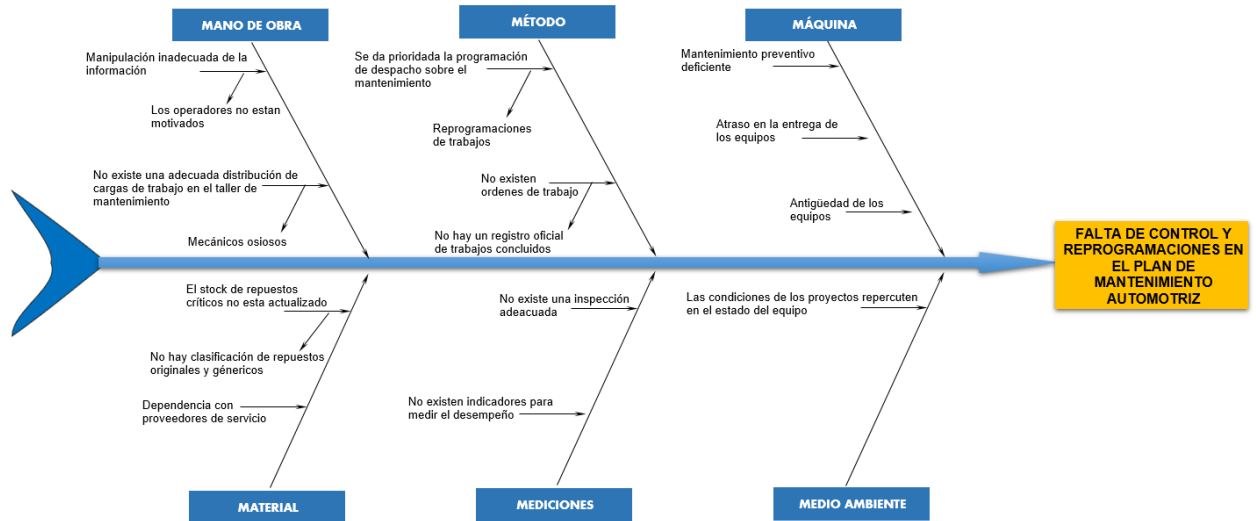
**Análisis de las causas**

En este apartado se analizan las causas de los problemas que se encontraron en la sección anterior, con la finalidad de atacar de manera puntual las principales irregularidades que más afectan al taller de mantenimiento automotriz de Concretera Nacional con respecto a las fallas y posibles causas presentadas en los equipos y camiones. Anteriormente, se analizaron y se localizaron las reparaciones más comunes y las clasificaciones que se realizan en los camiones y equipos. Ahora se analiza cuál es la correlación que existe entre las fallas y el proceso de

mantenimiento actual que repercute en la disponibilidad de los equipos y sus reparaciones correspondientes.

A continuación, en el diagrama de Ishikawa (Figura 31) se analizan las causas o irregularidades que se dan en el proceso de mantenimiento actual con el que cuenta Concretera Nacional en el taller automotriz.

**Figura 31 Diagrama de Ishikawa**



**Nota: Ramírez Solís Deivel**

Con base en la Figura 31 se empieza por analizar cada una de sus partes para definir el problema y sus repercusiones, así como para visualizar más claro el panorama y obtener posibles soluciones.

### Mano de obra

- 1. Manipulación inadecuada de la información y los operadores no están motivados:** en Concretera Nacional existe un procedimiento de reportes inmediatos o reparaciones urgentes para los camiones. Es decir, reparaciones que se deben atender inmediatamente, por ejemplo, llantas estalladas, problemas de luces, inconvenientes eléctricos que afecten al equipo, temas de seguridad ocupacional, entre otros. De igual forma, cuando sucede algún tema directamente con el operador, por ejemplo, llegadas tardías, horas de almuerzo y café, citas médicas o alguna afectación en la salud. Estas dos situaciones se ven directamente con el

Departamento de Programación y Despacho quienes, a la vez, son los encargados de despachar las cargas según la programación del día.

Cuando existe una afectación de las situaciones mencionadas, ya sea del equipo o del operador, la programación se ve comprometida, por ejemplo, si se contaba con 10 camiones para cumplir con el volumen del día y se vara un camión porque se estalla una llanta, ese camión no puede salir a trabajar hasta que se haga la reparación. También si hay una carga para las 12 en punto y solamente hay un camión en planta, pero su operador debe almorzar tiene que esperar media hora, con esto serían dos camiones inhabilitados.

En caso de que el programador llama al operador del camión para ver la posibilidad de atrasar su hora de almuerzo, para no detener o atrasar la producción, pero el operador está en su derecho de hora de almuerzo y su respuesta es que almorzará. El programador se molesta porque su programación se ve afectada y acude directamente a su jefe inmediato que, a la vez, es el superior de los operadores de camiones y del taller automotriz, a quien le explica la situación porque se siente afectado, no obstante, no menciona que el operador está en su hora de almuerzo cuando desde un principio se pudo prever la situación.

Esto indispone al operador del camión y crea una desmotivación en él y, en general, con los operadores, ya que afirma que existe una falta de voluntad de los operadores de los equipos para colaborar con el Departamento de Programación y Despacho. En ocasiones anteriores el operador accedía con el programador, sin embargo, cuando se dan situaciones donde el operador necesita salir temprano o algún permiso, el programador no colabora con el operador, lo que genera una molestia y desmotivación en los operadores y su comentario es: «Quieren que los ayudemos pero no nos ayudan».

Esta desmotivación en los operadores afecta al mantenimiento desde el punto de vista de que realicen de manera inadecuada la hoja de reportes de forma mecánica sin revisar previamente el equipo. Se dan casos en los que el operador en su hoja de reporte no avisa de falla alguna y durante el día se debe enviar al mecánico a realizar reparaciones que no se reportaron, pero que afectan la disponibilidad del camión. Es en este punto en el que afecta al mantenimiento con reparaciones de *emergencia* y, a la vez, afecta la programación.

- 2. No existe una distribución adecuada de cargas de trabajo en el taller de mantenimiento:** en el taller de mantenimiento automotriz se cuenta con dos

mecánicos y un soldador, uno de los mecánicos tiene una antigüedad de 5 años y el otro 8 meses y el soldador cuenta con 7 años de antigüedad. El mecánico con mayor antigüedad tiene mucho conocimiento y preparación técnica a quien prácticamente se le ha asignado todo lo que tiene que ver con las bombas telescópicas y reparaciones relacionadas directamente con el motor de todos los camiones.

Por ende, es quien define el grado de criticidad para la toma de decisión de enviar los equipos a un taller de servicio externo, o bien la compra de repuestos, donde la mayor carga de trabajo recae en él, mientras que el mecánico más nuevo aun cuando cuenta con un conocimiento técnico su formación es empírico y su capacidad se relaciona con problemas eléctricos menores y mecánica pesada (suspensión, frenos y mecánico). Por otro lado, el soldador simplemente ve trabajos de soldadura en los equipos y, en ocasiones, a buena voluntad colabora con reparaciones mecánicas menores.

Dicho lo anterior, la mayor carga de trabajo recae en el mecánico de mayor antigüedad con mayor formación técnica, quien se mantiene en el taller realizando trabajos, mientras que el otro mecánico se envía a la planta con mayor producción para que desde ahí cubra cualquier emergencia que se dé en esa planta. Con esto se puede entender que la mayor carga de trabajo recae en un solo mecánico, mientras que el que *cubre las emergencias*, si no se reporta ninguna, está ocioso.

## **Método**

### **1. Se da prioridad a la programación de despacho sobre el mantenimiento:**

Programación y Despacho es el departamento encargado de programar los volúmenes y diseños de concreto a los diferentes clientes y fechas y su sistema es un *software* que se enlaza con otras plantas. Es decir, en planta no se carga un camión hasta que programación envíe un *ticket* con toda la información del cliente y concretos.

Este sistema cuenta con una serie de indicadores y alertas, en casos de que los despachos no se realicen según la programación; cabe mencionar que desde este departamento se manejan todas las plantas (Alajuela, Pavas, Ochoмого y proyectos). Para entender un poco, si la programación del día para planta Pavas cuenta con 400 m<sup>3</sup> de producción y 10 camiones disponibles, cada camión tiene capacidad de 8 m<sup>3</sup>. Por lo tanto, para cubrir esa producción

entre los 10 camiones, cada camión debe hacer 5 viajes con un tiempo promedio entre viaje de dos horas y media para un total de 12 horas y media por camión.

De acuerdo con lo anterior, para cubrir esta producción se necesita tener disponibles todos los camiones de esta planta e incluso trasladar otros camiones de las otras plantas que ya hayan terminado su producción o que puedan cubrirla con menos cantidad de camiones.

Esto significa que si mantenimiento tiene un camión programado de esa planta para ese día, Programación y Despacho no se lo entrega, ya que incurriría en atrasos aún más si las horas extra de los operadores son controladas o minimizadas y la situación se agrava más si uno de estos camiones sufre un desperfecto mecánico. Por lo tanto, se dificulta más para Programación, pues tienen que hacer traslado de equipos de otras plantas, todavía más si esta otra planta no ha terminado con su producción.

Este departamento cuenta con indicadores, los cuales los programadores del departamento siempre velan por mantenerse dentro de los estándares del indicador. Caso contrario en el taller de mantenimiento que no cuenta con indicadores, lo que facilita que Programación y Despacho tenga mayor prioridad sobre el taller. Esta es la razón por la que priva programación sobre el mantenimiento.

- 2. Reprogramaciones de trabajos:** con el ejemplo anterior se puede entender que Programación y Despacho no entrega el camión para mantenimiento, ya sea por un tema de producción y tiempos, o bien porque haya otro camión que está dentro de la producción y este se encuentre varado. Mantenimiento debe atender las emergencias del día, es decir, camiones que están en producción y sufren un desperfecto mecánico.

De acuerdo con lo anterior, Mantenimiento debe realizar reprogramaciones de equipos para garantizar que Programación y Despacho cuente con los equipos necesarios para cubrir con la producción. Otro factor que influye en las reprogramaciones es que hay camiones que entran por un trabajo y al llevar a cabo el desarme se encuentran con otras cosas adicionales. Por lo tanto, los tiempos de entrega se extienden, además, cabe mencionar que si el trabajo se envía a un taller de servicio externo, este no tiene el sentido de urgencia para entregar estos equipos. Es decir, trabajarán de acuerdo con su capacidad de trabajo, tomando en cuenta que también trabajan para otras empresas.

3. **No existen órdenes de trabajo y no hay registro oficial de trabajos concluidos:** el taller de mantenimiento automotriz en Concretera Nacional cuenta con una programación, pero no con un sistema de avisos de trabajo ni órdenes de trabajo. Por lo tanto, este factor repercute en que no exista un registro que, a la vez, permita mantener una serie de indicadores para tiempos de entrega, programación, ejecución de trabajos, trabajos concluidos ni trabajos pendientes, entre otros.

Esto repercute en la prioridad que tiene Programación y Despacho sobre el taller de mantenimiento en la entrega de los equipos para mantenimiento. Si Mantenimiento contara con una serie de indicadores al igual que los tiene Programación, se ejercería mayor presión sobre el taller para cumplir con los estándares de estos indicadores donde se obtendría una mejor coordinación entre ambos departamentos, ya que deben satisfacer sus propios indicadores.

### **Máquina**

1. **Mantenimiento preventivo deficiente y atraso en la entrega de los equipos:** Concretera Nacional cuenta con tres tipos de mantenimientos definidos: A, B y C. Cada tipo de mantenimiento cuenta con una serie de inspecciones por realizar, sin embargo, se detectó que en el taller automotriz solo se hacen los mantenimientos tipo A, dejando por fuera las revisiones de más que hay en tipo B y tipo C.

Esto repercute que las partes que no se inspeccionan prácticamente trabajan hasta el fallo o que el operador del equipo reporte alguna anomalía. Además, hay que recordar que los mantenimientos preventivos son inspecciones y estas, en ocasiones, se reprograman por diferentes factores que ya se han mencionado, lo que ocasiona que las fallas se agraven con el tiempo. Esto significa que cuando el equipo ingresa al taller según la programación viene por un mantenimiento preventivo, sin embargo, debido a la reprogramación y al no ejecutarse el preventivo B o el C a tiempo, este preventivo se convierte en un correctivo, lo que aumenta los tiempos de paro, entrega y los costos.

Esto se nota más cuando el equipo se envía a un taller de servicio de terceros, a la vez, el tercero por un tema de calidad siempre corregirá el problema desde la raíz, lo que significa un aumento en el tiempo de entrega y los costos.

2. **Antigüedad de los equipos:** Concretera Nacional cuenta con 32 equipos donde el camión más nuevo es un modelo 2008. Esto quiere decir que este camión cuenta ya

con 15 años de antigüedad, siendo el camión más nuevo. Estos equipos se someten a trabajos pesados, pues la carga que transportan tiene un peso de 24 t con un centro de gravedad que no es estable, es decir, va en movimiento.

Este es un factor que influye mucho en el esfuerzo del equipo que cuenta con 15 años de antigüedad, en el caso del más nuevo, igualmente, cuando ingresan a los proyectos se encuentran con caminos en malas condiciones que también suman un esfuerzo al equipo. Esto sumado a las condiciones actuales del mantenimiento que se practica a estos equipos, entre otros factores. Todo esto repercute sobre los equipos que ya cuentan con desgaste por antigüedad y en los costos de mantenimiento.

### **Material**

1. **El *stock* de repuestos críticos no está actualizado:** Concretera cuenta con un almacén en el cual se mantiene una serie de repuestos de alta rotación con un mínimo y un máximo, sin embargo, se ha tratado de bajar este *stock* a lo que realmente se puede llamar como repuestos críticos. Es decir, repuestos que el *dealer* no tiene en *stock* y que, a la vez, tienen un tiempo de entrega muy extenso.
2. **No hay clasificación de repuestos originales y genéricos:** en el taller de mantenimiento para realizar las reparaciones a los equipos cuenta con una cadena de proveedores, donde según el costo del repuesto se solicitan hasta tres cotizaciones. Sin embargo, existe la opción de trabajar con repuestos originales (MACK) o repuestos genéricos. Para esto se deben clasificar los repuestos por desgaste, por ejemplo, suspensión y frenos y los repuestos originales que tienen que ver directamente con el motor o sistema de dirección.
3. **Dependencia con proveedores de servicio:** en el taller automotriz según el trabajo que se realiza se envía el equipo a un taller de servicio externo. Existen tres talleres de servicio con los que se trabaja actualmente, no obstante, existe una dependencia hacia estos, ya que al realizar los diferentes trabajos Concretera se ve comprometida a aceptarlos de acuerdo con las directrices del proveedor de servicios que muchas veces reemplazan elementos que aún se encuentran con vida útil. Lo anterior tiene el fin de dar garantía a sus trabajos, lo que aumenta los costos.

Por ejemplo, se envió un equipo para cambio de suspensión y el proveedor al desarmar el sistema, se encuentra con que el tubón de suspensión presenta corrosión. Por lo tanto, sugiere el cambio de tubón para dar garantía de su trabajo.

### **Mediciones**

1. **No existe una inspección adecuada:** como se mencionó, Concretera cuenta con tres tipos de mantenimientos definidos, sin embargo, de estas tres clases solo se realiza el tipo A, dejando por fuera las inspecciones adicionales del B y C, respectivamente. Esto repercute en que hay fallas que no se detectan a tiempo por el hecho de no realizar las revisiones correspondientes.
2. **No existen indicadores para medir el desempeño:** el taller automotriz cuenta con un plan de mantenimiento semanal. Aun cuando tienen un porcentaje de cumplimiento a este no se le da seguimiento, adicionalmente, se detectó que no cuentan con avisos de trabajo ni órdenes de trabajo, que permiten llevar otras series de indicadores para medir su desempeño.

### **Medioambiente**

1. **Las condiciones de los proyectos repercuten en el estado del equipo:** anteriormente se ha mencionado el tema de la antigüedad de los equipos que es un factor que influye en su disponibilidad, pero el ambiente al que se someten estos equipos también los lleva a un sobre esfuerzo. Es decir, malas condiciones de los proyectos, inclinaciones muy pronunciadas por donde deben transitar y terrenos inestables y fangosos. Todo esto influye en los camiones y equipos que, en ocasiones, se llevan al límite.

A estas causas se les dará prioridad en la propuesta de implementación en el Capítulo VI, ya que son los problemas principales que afectan de manera directa la gestión actual del plan de mantenimiento en el taller automotriz. Por lo tanto, se debe realizar un análisis enfocado en cada una para definir las opciones de mejora que logren disminuir su ocurrencia, mejorar la detectabilidad y así poder brindar una mejor trazabilidad.

## CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El presente capítulo se basa en determinar los aspectos relevantes en el análisis de la situación actual con respecto al plan de mantenimiento actual que presenta Concretera Nacional por medio de las conclusiones principales del diagnóstico y recomendaciones para la implementación de la propuesta.

### Conclusiones

Con la información analizada en el capítulo anterior, se definen las siguientes conclusiones acerca del plan de mantenimiento con el que cuenta el taller automotriz con respecto a los camiones y sus equipos:

De acuerdo con el diagnóstico, el taller automotriz, a pesar de que cuenta con tres tipos de mantenimientos preventivos definidos con tareas específicas para cada uno, solo se realizan los mantenimientos preventivos tipo A. Esto significa que las tareas adicionales de los mantenimientos preventivos tipo B y C no se realizan, lo que repercute en la cantidad de mantenimientos correctivos.

En el segundo trimestre del 2023 se contó con 132 mantenimientos correctivos en total, donde se incluyen los trabajos realizados en el taller de Concretera Nacional y en talleres de servicio externo. Dentro de los trabajos del mantenimiento correctivo, hubo trabajos menores y sencillos, por ejemplo, cambio de *switch*, cambio de luces, cambio de válvulas, entre otros, donde se reportaron como correctivos y estos suman para el total. Esto equivale a un 1.69 de trabajos correctivos por día en promedio.

De acuerdo con el diagnóstico de los trabajos realizados según la clasificación de los equipos, se observó que para el segundo trimestre del 2023 se contó con un total de 237 trabajos hechos, de los cuales 149 se realizaron al camión, 70 al equipo de mezclado y 18 al equipo de bombeo. Esto equivale a 3.03 trabajos realizados por día en promedio.

En cuanto a los trabajos realizados por sistemas, se obtuvo que el sistema de estructura es el que cuenta con mayor intervenciones, con un total de 50 trabajos hechos solamente en el segundo trimestre del 2023, de los cuales 14 fueron trabajos de limpieza en el tambor de mezclado de los camiones. Se debe mencionar que estos trabajos se envían a un proveedor de servicio externo, por lo tanto, el taller automotriz solo realizó 36 intervenciones a estructuras, lo que equivale a 0.46 trabajos realizados a las estructuras por día en promedio.

Con los números anteriores se refleja que el problema no se encuentra en la ejecución de los trabajos de mantenimiento ni en la criticidad de los trabajos, más bien es la sumatoria de varios factores que repercuten en el cumplimiento del plan de mantenimiento automotriz. Esto ocasiona incumplimiento del plan, reprogramaciones, atrasos para atender las fallas de los equipos de forma planificada, entre otros, tal y como se pudo observar en el diagrama de Ishikawa.

Uno de los factores que tiene mayor influencia y que repercute en la ejecución de los trabajos y sobre todo en las reprogramaciones, es el Departamento de Programación y Despacho. Esto porque no da prioridad a la programación de mantenimiento de los camiones, porque este departamento debe cumplir con los indicadores ya establecidos mientras que el taller automotriz no cuenta con indicadores específicos de mantenimiento. Adicionalmente, que Programación y Despacho desearía tener todos los camiones disponibles para la producción, sin embargo, por las reparaciones correctivas que se dan en sus actividades diarias, aun teniendo la programación de mantenimiento de un camión para mantenimiento preventivo, Despacho no le envía el equipo hasta que todos los demás camiones estén disponibles.

El taller automotriz no cuenta con indicadores definidos para mantenimiento, por lo que de alguna forma no ejerce la presión suficiente a Programación y Despacho para evitar sus reprogramaciones.

Con respecto al análisis modal de fallos y efectos (AMFE), la coordinación de los ingresos de los equipos al taller es la etapa del proceso con mayor prioridad de riesgo en el plan actual de mantenimiento. Es decir, coordinar el ingreso de los camiones al taller para el mantenimiento se ve afectado por la disponibilidad de los equipos para el Departamento de Programación y Despacho.

Por ejemplo, aun cuando se haya programado un camión para realizar un trabajo en una fecha, pero ese mismo día se presentó un problema con otro camión en medio de la producción, Despacho no envía el camión programado hasta que el otro equipo no esté nuevamente operativo. Esto ocasiona una reprogramación en el plan, incluso cuando se cuente con los recursos disponibles, lo cual puede ser repetitivo y generar consecuencias mayores de fallas en los equipos por no ser atendidas a tiempo.

### **Recomendaciones**

Con respecto a las conclusiones anteriores, se realizan las recomendaciones para optimizar el flujo actual del mantenimiento preventivo del taller automotriz de Concretera Nacional:

Se recomienda realizar una reclasificación de los mantenimientos por llevar a cabo a los equipos de acuerdo con el historial según las horas de trabajo, con base en la metodología de mantenimiento productivo total (TPM).

Se recomienda la implementación de un *software* que permita avisar al taller de mantenimiento automotriz sobre una falla o una avería detectada en un equipo en tiempo real. Esto para eliminar el actual documento físico que se recoge semanalmente.

Se recomienda un *software* donde se detalle las especificaciones del mantenimiento y de las reparaciones por realizar en un equipo con sus recursos y costos asociados. Lo anterior tiene el fin de que sirva como un historial de cierres de trabajos o averías atendidas.

Mejorar la gestión y cierre de reportes de mantenimientos preventivos y correctivos. Lo anterior tiene el fin de que cada atención y cierre de estos se mida de una manera eficiente.

Establecer indicadores de mantenimiento que sean adecuados y que aporten información útil para mejorar los resultados del departamento y poder medir el desempeño.

Proponer una reunión estratégica donde involucre a los supervisores del Departamento de Programación y Despacho y mantenimiento automotriz. Lo anterior tiene el fin de exponer los diferentes factores que afectan a cada una de las áreas y obtener una mejor coordinación entre ambas partes.

Implementar un plan de capacitación a los mecánicos del taller automotriz. Lo anterior tiene el fin de mejorar el criterio técnico de los equipos y obtener una mejora en la distribución de cargas de trabajo.

Establecer un método para la actualización de la lista de repuestos críticos, con el fin de eliminar repuestos obsoletos y bajar los costos del inventario.

## **CAPÍTULO VI PROPUESTA**

En este apartado final se desarrollan todas las propuestas que permitan el cumplimiento de los objetivos que se plantearon, así como mejorar todos los males que se encontraron en los capítulos IV y V, ya que es el complemento final para optimizar, por medio de varias proposiciones de implementación, las causas principales que provocan una gestión de mantenimiento preventivo deficiente según el análisis realizado durante el presente proyecto. Para cubrir estos vacíos en el proceso se realizan las siguientes propuestas.

### **Propuesta**

El presente apartado tiene como principal propósito diseñar una metodología de gestión de mantenimiento basada en el mantenimiento productivo total (TPM). Lo anterior para establecer procesos que utilicen eficientemente las capacidades reales con las que dispone el taller de mantenimiento automotriz y brindar un punto de partida para que el Área Mecánica Automotriz implemente y continúe desarrollando procedimientos de manejo de mantenimiento con base en esta filosofía de trabajo de mejora continua.

### **Desarrollo del mantenimiento productivo total (TPM)**

La metodología del mantenimiento productivo total canaliza su enfoque hacia la mejora de la eficiencia y confiabilidad de los equipos mediante una reducción significativa de fallas, tiempos de cambios de repuestos, tiempos de respuesta y reducción de costos de mantenimientos correctivos. Además, se relaciona de manera directa con actividades de orden y organización en los espacios físicos y procesos administrativos de la organización haciéndolos más ágiles y confiables.

El mantenimiento a través de los años ha presentado variaciones debido al constante incremento de activos y equipos físicos en las plantas, edificios, comercios, entre otros, que deben operar alrededor de todo el mundo, por lo que los métodos de mantenimiento han cambiado también brindando servicios de desempeño excelente y ágil a razón del aumento y la necesidad de la industria. Lo anterior tiene el fin de asegurar la mayor disponibilidad posible en los equipos.

Estos cambios han forzado a optimizar las actitudes y habilidades en la mayoría de las ramas de la industria moderna, haciendo que el personal de mantenimiento se dé la tarea de adoptar nuevas responsabilidades y tareas que mejoren en gran manera la forma de pensar, de manera ingenieril y en áreas de la mejora continua, con respecto a los equipos que atienden. Con base en el análisis de

distintas herramientas que se utilizan en el capítulo de diagnóstico con relación al mantenimiento automotriz que se realiza en Concretera Nacional, se pueden abarcar los problemas o deficiencias encontradas, las cuales son:

- Mantenimientos preventivos deficientes
- Falta de indicadores clave
- Poca comunicación entre las áreas involucradas (programación y despacho y el taller automotriz).
- Ausencia de documentación que permita un historial y conclusión de los trabajos.
- Falta de trazabilidad en la lista de repuestos críticos.

Con el rediseño del plan de mantenimiento utilizando la metodología del TPM se reforzarán los siguientes puntos importantes:

- Capacitación de los mecánicos automotrices para mantener su conocimiento técnico actualizado.
- Reforzar el mantenimiento preventivo para que sea óptimo.
- Aumentar los mantenimientos preventivos *versus* los correctivos realizando una reclasificación de trabajos.

Además, en temas de productividad de los equipos y camiones, con esta implementación se espera obtener los siguientes beneficios:

- Mejora de la confiabilidad y disponibilidad de los equipos en Concretera Nacional.
- Reducción de los costos de mantenimientos correctivos anuales.
- Aprovechamiento del capital humano.

Lo anterior tiene el fin de tener un panorama global de las mejoras que puede traer esta implementación en el momento de tratar de alcanzar condiciones óptimas de funcionamiento de los equipos y camiones y eliminar el deterioro acelerado de los equipos.

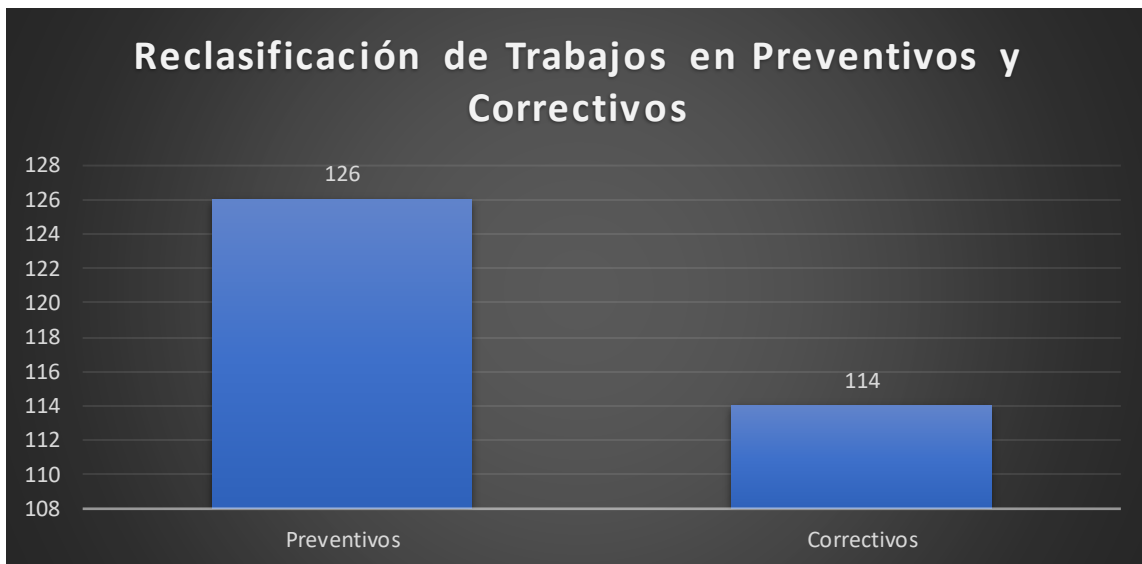
### **Reclasificación de los mantenimientos de acuerdo con su historial de horas de trabajo**

Concretera Nacional cuenta con tres tipos de mantenimientos preventivos definidos; el taller automotriz mantiene la creencia o la lógica de que los correctivos nacen de los preventivos. Sin embargo, los trabajos que se detectan durante el mantenimiento bien pueden ser clasificados

como preventivos y no como correctivos como los tienen definidos actualmente. Esto porque se están detectando antes del fallo y no hay reportes previos de la falla. Por esta razón, técnicamente es un trabajo preventivo, la propuesta radica en que si el camión entro por un mantenimiento preventivo los trabajos que se detectan se clasifiquen como preventivos, lo que obliga a que se ejecuten antes del fallo.

De esta forma y de acuerdo con la información obtenida en la Tabla 15, se realizó una reclasificación de los trabajos que se detectaron durante los preventivos del segundo trimestre del 2023 y que no habían fallado ni tenido reportes previos, tal y como se observa en la Figura 32.

**Figura 32 Reclasificación de preventivos y correctivos**



**Nota. Ramírez Solís Deivel**

En la Figura 32 se puede observar que analizando las tareas realizadas, muchos de los trabajos que se tenían como correctivos, realmente eran preventivos, ya que se detectaron durante el mantenimiento preventivo y se realizaron sin que el equipo haya fallado o se tuviera un reporte previo de la falla.

**Software de mantenimiento automotriz**

Un *software* de mantenimiento es una herramienta de información que ayudará a Concretera Nacional a realizar una administración eficiente de la información que genere el taller de mantenimiento automotriz, lo que optimiza los recursos y crea una estadística que permite identificar las fallas más frecuentes, así como crear un historial de cada equipo, esto da la

posibilidad de que la empresa pueda entrar en un círculo de mejora continua. Es por eso por lo que en este apartado se realiza un análisis de los diferentes *software* que existen en el mercado. Esto se hace tomando en cuenta los distintos puntos importantes referentes a su desarrollo tales como funciones disponibles, servicios posventa, arquitectura del producto, diseño centrado en el usuario, personalización, adaptabilidad, precio e idiomas, entre otros.

1. **Funciones disponibles:** las funciones del *software* deben ser lo más claras posibles para facilitar su uso dentro del taller.
2. **Servicios posventa:** se debe brindar capacitaciones técnicas para el uso óptimo del *software*, ayuda técnica en caso de anomalías en el *software* y mantenimiento al sistema cada cierto tiempo.
3. **Arquitectura del producto:** debe ser fácil de operar, tanto para la empresa como para el taller. Además, el proveedor debe facilitar las necesidades del sistema y su compatibilidad con el *hardware*.
4. **Diseño centrado en la persona usuaria:** el *software* debe tener la facilidad de acomodarse a las diferentes necesidades del taller de mantenimiento.
5. **Personalización:** se debe adaptar con facilidad a los diferentes procesos y cubrir las distintas necesidades individuales de cada proceso.
6. **Precio:** el *software* debe tener la mejor relación entre costo del beneficio.
7. **Idioma:** disponibilidad de idiomas del *software*, manual y capacitación.

### *Fleetio*

Fleetio es un *software* de gestión que ayuda a optimizar, rastrear, analizar y mejorar las operaciones de las flotas por medio de aplicaciones intuitivas web y para teléfonos inteligentes.

#### **Características y funciones de Fleetio gestión de flotas**

- Búsqueda por número de VIN
- Enrutamiento
- Seguimiento GPS
- Gestión de carburante
- Gestión de mantenimiento
- Gestión de expediciones

## Idiomas

- Inglés

## Modelo de planes

- Starter (USD \$15/año).
  - Gestión de inventario de vehículos
  - Inspecciones
  - Trackeo de mantenimiento
  - Reportes
  - Programación y recordatorios de mantenimiento preventivo.
- Pro (USD \$25/año).
  - Todo lo que incluye la versión Starter.
  - Mantenimiento externo
  - Integración de combustible y telemática
  - Asignación y programación de vehículos
  - Gestión de fallos y retiradas
  - Funciones y campos de datos personalizados.
- Advanced (USD \$35/año).
  - Todo lo que incluye la versión Pro.
  - Gestión de órdenes de trabajo
  - Gestión de repuestos e inventario
  - Pedidos de compra

## *Fractal*

Fractal One es un *software* CMMS/GMAO diseñado para la gestión de mantenimiento de los activos, equipos y recursos. Esta es 100 % móvil, *on-line* y con este se dispondrá de toda la información directamente desde la nube.

## Características y funciones de Fractal

- Acceso móvil
- Gestión de calibración
- Gestión de inventarios

- Gestión de pedidos de trabajo
- Gestión de técnicos
- Mantenimiento predictivo
- Programación
- Seguimiento de activos
- Seguimiento del historial de servicios
- Mantenimiento preventivo

### **Idiomas**

- Español
- Inglés
- Portugués

### **Modelo planes**

- Community (gratis)
  - Incluye dos usuarios
  - Catálogos ilimitados de ubicaciones y equipos.
  - Gestión de activos usando QR y NFC.
  - Gestión de órdenes de trabajo limitadas.
- Starter (USD \$229/año).
  - Incluye 5 usuarios
  - Todo lo que incluye el plan Community.
  - Gestión de OT en *off-line*.
  - Gestión de almacén
  - Inteligencia de negocios
  - Los de transacciones *add-on*.
- Pro (USD \$539/año).
  - Incluye 10 usuarios
  - Todo lo que incluye el plan Starter.
  - Usuarios de solicitudes y solo lectura ilimitados.
  - Portal de solicitudes para invitados
  - Automatizado

- Log de transacciones

### ***Orderry***

Orderry es una solución SaaS diseñada específicamente para empresas de mantenimiento y talleres de reparación. Esta ayuda a agilizar y automatizar las operaciones comunes, como el procesamiento de trabajos y reparaciones, el CRM, la gestión de inventarios, el etiquetado de códigos de barras, las finanzas, la creación de informes, las analíticas, etc. Además, proporciona un paquete de funciones todo en uno que puede adaptarse a las necesidades individuales de los talleres de reparación de ordenadores y dispositivos, centros de servicio de telefonía móvil, reparación de electrodomésticos y automóviles, servicios externos, contratistas de electricidad y más.

#### **Características y funciones de Orderry**

- Acceso móvil
- Alertas y notificaciones
- Base de datos de contactos
- Contabilidad
- Creación de informes y estadísticas
- Creación de órdenes de trabajo
- Gestión de pedidos de trabajo
- Gestión de repuestos e inventarios

#### **Idiomas**

- Español
- Inglés
- Portugués

#### **Modelo de planes**

- Startup (USD \$69/mes).
- Business (USD \$99/mes).
- Enterprise (USD \$199/mes).

### ***SAP PM***

Este servicio está diseñado para mejorar el control, gestión y planificación de consumo de materiales, repuestos y servicios de una planta e integrar al mantenimiento la gestión de los activos. La implantación adecuada de SAP PM (SAP Plant Maintenance) puede ordenar el proceso de control de mantenimiento.

### **Características y funciones de SAP PM**

- Objetos técnicos estructurados (zonas técnicas, equipos, grupos y conjuntos).
- Definición flexible de los planes de mantenimiento preventivo.
- Inventario de repuestos y herramientas.
- Estadísticas de intervenciones y solución de problemas en los sistemas de información.
- Control de las operaciones de mantenimiento sobre una base contractual.
- Costos de mantenimiento integrados en el análisis de todos los departamentos de la empresa como costos, contabilidad y finanzas.

### **Idiomas**

- Inglés
- Español
- Alemán
- Frances
- Portugués
- Chino (simplificado)

### **Modelo de planes**

- Starter (USD \$35,000).
- Business One (USD \$50,000).

Luego de este análisis, se selecciona el *software* que cumpla con las necesidades del taller de mantenimiento automotriz. Para esto, se utiliza la escala de Likert, un método de medición que se usa para evaluar la opinión sobre un tema en específico.

En la Tabla 18 se observa la calificación que se le asignó a cada uno de los *software* de acuerdo con las especificaciones que se requieren para que cumplan su función dentro del taller automotriz. En este caso, 5 es el valor más alto y 0 el más bajo.

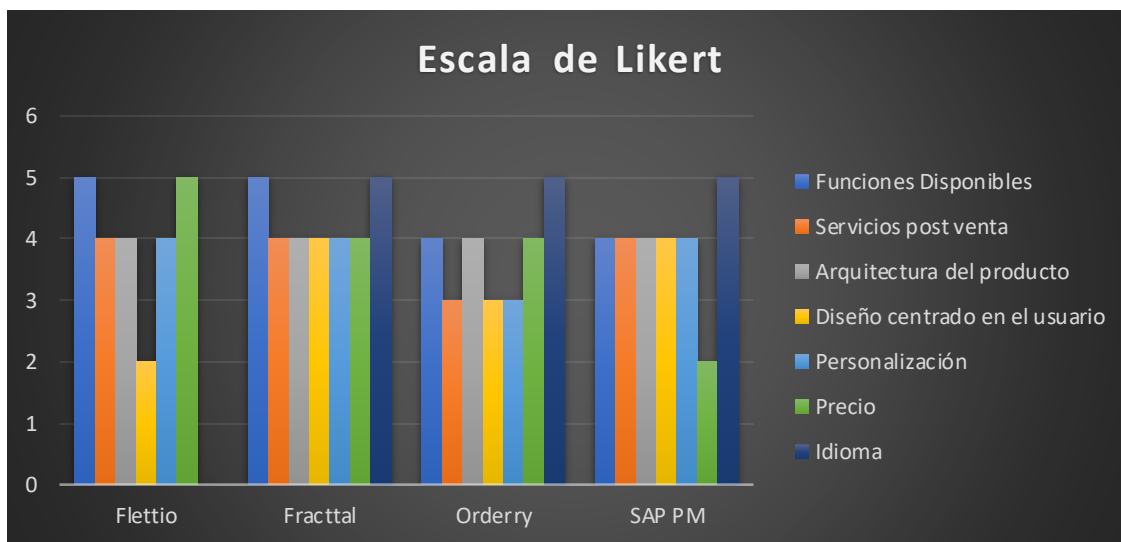
**Tabla 18 Calificación de acuerdo con sus especificaciones**

Escala de Likert				
	<i>Flettio</i>	<i>Fractal</i>	<i>Orderry</i>	<i>SAP PM</i>
Funciones Disponibles	5	5	4	4
Servicios posventa	4	4	3	4
Arquitectura del producto	4	4	4	4
Diseño centrado en la persona usuaria	2	4	3	4
Personalización	4	4	3	4
Precio	5	4	4	2
Idioma	0	5	5	5

**Nota. Ramírez Solís Deivel**

Una vez que se obtuvieron las calificaciones, se realizó un gráfico para mejorar la visualización de los resultados en la Tabla 18, tal y como se observa en la Figura 33.

**Figura 33 Escala de Likert**



**Nota. Ramírez Solís Deivel**

Como se puede observar en la Figura 33, el *software* Fractal es el que obtuvo mejores resultados con respecto a las necesidades del taller de mantenimiento automotriz.

### Indicadores de mantenimiento

Para medir y monitorear periódicamente el plan de mantenimiento automotriz dentro del taller, se definieron los siguientes indicadores que se muestran en la Tabla 19:

**Tabla 19 Indicadores de mantenimiento**

INDICADOR	FÓRMULA	UNIDAD	BASE TEMPORAL	META
Índice de cumplimiento de mantenimiento preventivo	Número de tareas ejecutadas/Número de tareas planificadas	%	Mensual	>85 %
Días críticos de mantenimiento programado	(Número de días de retraso + Número de días en el ciclo)/Número días en el ciclo	Días	Mensual	<5
Porcentaje de mantenimiento planificado	Horas de mantenimiento planificado/Total horas de mantenimiento	%	Mensual	>85 %
Tiempo promedio para reparar	Tiempo Total de mantenimiento/Número de Reparaciones	Horas	Mensual	-
Tiempo promedio entre fallas	(Tiempo total – Tiempo de Inactividad)/Número de Paradas	Horas	Mensual	-

**Nota. Ramírez Solís Deivel**

Si se clasifican correctamente las averías, toda la información se puede obtener de los informes de trabajo. Por lo tanto, se debe incluir en los informes de cierre de reportes un espacio donde cuando se cierre el reporte, obligatoriamente se deba colocar la fecha de atención por parte de la empresa para tener una mejor trazabilidad. Una vez que estos indicadores se estabilizan ya se pueden medir indicadores como el OEE (eficiencia general de los equipos), ya que habría información necesaria para medir la disponibilidad de los equipos, la calidad en los servicios, el rendimiento y optimizando los recursos.

**Reunión estratégica**

Se propone establecer una reunión entre las áreas de programación y despacho, taller de mantenimiento automotriz y el gerente del área, quién es el encargado de ambos departamentos. A esta reunión se sugiere llamarla *Reunión de estrategia mensual*, donde se propone analizar los siguientes posibles puntos:

***Por parte de programación y despacho***

1. Analizar el volumen de producción proyectado para el mes.
2. Analizar a los clientes por atender para el mes.
3. Necesidades y recursos necesarios para cubrir la producción y atender a los clientes.

4. Mostrar los resultados de los indicadores de programación y despacho.

***Por parte del taller de mantenimiento automotriz***

1. Mostrar la programación mensual.
  - a. Analizar las revisiones técnicas para el mes.
  - b. Analizar los mantenimientos preventivos para el mes.
  - c. Analizar trabajos mayores con terceros o internos.
2. Analizar los indicadores propuestos.

Se propone que esta reunión se haga durante la primera semana del mes con un horizonte de cuatro semanas y tenga una duración de una hora máxima.

**Plan de capacitación**

Concreteira Nacional cuenta con personal capacitado para ejecutar las labores de mantenimiento a los equipos y camiones. Sin embargo, por la antigüedad de estos, se propone un plan de capacitación en los diferentes sistemas de los equipos y camiones, es decir, hoy en día se encuentran nuevas tecnologías con las cuales se puede sacar mayor provecho de estos, pero para esto se necesita que el personal del área de mantenimiento automotriz se actualice con estas nuevas tecnologías. Esta parte es posible verla con el proveedor o el *dealer*.

Es importante rescatar que las personas colaboradoras también deben ser capacitadas para llevar a cabo funciones de mantenimiento autónomo para inculcar un criterio técnico que brinde dominio en el tema y la capacidad de discernimiento ante un problema y así poder ayudar a resolver oportunamente algún fallo presentado en alguna unidad. Al adquirir un conocimiento necesario del funcionamiento de los sistemas de los camiones y de las bombas telescópicas se desarrollan habilidades de análisis y solución de problemas, lo que optimiza el recurso humano en el momento de realizar un diagnóstico o una supervisión, tanto del mantenimiento preventivo como del correctivo. Por otro lado, para las aplicaciones de esta tecnología en los equipos e instalación se puede obtener un convenio con el Instituto Nacional de Aprendizaje (INA) para capacitar a los técnicos de área y que se familiaricen con esta. Para poder lograr este objetivo, se plantea el siguiente cronograma de capacitaciones, el cual tiene una duración de 12 meses base, tal y como se puede observar en la Tabla 20.

**Tabla 20 Cronograma de capacitaciones 2024**

CRONOGRAMA DE CAPACITACIONES 2024														
SISTEMAS DE ACTUALIZACIÓN DE HERRAMIENTAS PARA EL TALLER AUTOMOTRIZ Y ACTUALIZACIÓN DE SISTEMAS PARA LOS EQUIPOS														
DESCRIPCIÓN	PÚBLICO OBJETIVO	2024												RESPONSABLE
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
Sistemas de seguridad para equipos hidráulicos	Técnico del taller automotriz													INA
Elementos para sistemas de frenado														Proveedor
Diagramas eléctricos para corriente directa														INA
Elementos para sistemas de suspensión														Proveedor

**Nota. Ramírez Solís Deivel**

En la Tabla 20 se muestra el cronograma propuesto para las capacitaciones 2024, donde se especifica que cada actualización tiene un tiempo de 3 meses considerando que no interfiera con la planificación de trabajos en el área del taller de mantenimiento, igualmente, se definen los responsables para cada actualización según su conocimiento y experiencia en el área. Además, este plan de capacitaciones no generaría ningún costo adicional para la empresa, debido a que estas estarían a cargo de los proveedores, es un servicio posventa que ofrecen y el INA solamente cobra cinco mil colones para poder crear un convenio con las empresas.

Se plantea la posibilidad de capacitar a los tres técnicos con los que cuenta el taller automotriz. Cada curso tiene un tiempo de 8 horas, las cuales se dividen en dos horas por semana durante un mes considerando que para Concretera Nacional el valor de la hora del técnico es de ₡2.200, en la Figura 34 se puede observar la ecuación que se utiliza para realizar el cálculo de la hora hombre.

**Figura 34 Cálculo de la hora hombre**

$$1 \text{ técnico} \cdot 8 \text{ horas del curso} = 17\,600 \text{ colones}$$

Este costo sale del valor de la hora hombre multiplicado por los tres técnicos del taller, lo que genera un costo de ₡52.800 por una sola capacitación, si cada curso tiene una duración de

8 horas. Este tendría un total de ₡211.200,00 por las cuatro capacitaciones para los tres técnicos durante 2024.

### **Actualización de repuestos críticos**

Concretera Nacional cuenta con un almacén o bodega de repuestos, igualmente cuenta con una lista de repuestos críticos. Sin embargo, se hace la recomendación de actualizar dicha lista de repuestos críticos, ya que se encontró que existen repuestos obsoletos de equipos que ni siquiera se encuentran en funcionamiento o no tienen un valor contable, solo se hace la sugerencia debido a que para sacar estos repuestos del inventario existe un procedimiento, pues cada elemento tiene un costo asociado y, por esto, se debe contar con la autorización del gerente general para aplicar el procedimiento de obsolescencia. De esta forma, es necesario realizar un análisis de inventario para el cual se deben programar los recursos y personal.

### **Método de actualización de los repuestos críticos**

El método propuesto para la actualización de los repuestos críticos dentro de la bodega de repuestos de Concretera Nacional se llama Método de Priorización de Repuestos por Criticidad y Valor Económico (PR-C&V). Este método combina dos técnicas conocidas para clasificar los repuestos. La primera técnica es XYZ, la cual consiste en determinar tres categorías (X, Y y Z) de repuestos en función de su valor financiero, el valor total de inventario se distribuye en las tres categorías mencionadas (Tabla 21).

*Tabla 21 Definición de las categorías de repuestos según su valor*

CATEGORÍA	VALOR	% VALOR TOTAL	% ARTÍCULOS
X	Alto	80	5-15
Y	Medio	15	25-35
Z	Bajo	5	50-60

### **Nota. Ramírez Solís Deivel**

El factor común y con mayor relevancia para aplicar la técnica XYZ es que la mayoría de los repuestos representan un valor elevado de inversión total y estos son los repuestos tipo X. La segunda técnica consiste en aplicar un análisis de criticidad para identificar y jerarquizar por su importancia los repuestos sobre los cuales se dirigen prioritariamente los recursos humanos, económicos y tecnológicos. En el caso de los inventarios para mantenimiento, la técnica de la criticidad aplicada consiste en definir tres categorías de materiales (1, 2 y 3) en función del costo

total por indisponibilidad del material en el almacén. Este costo se calcula multiplicando la tasa diaria de pérdida de producción (\$/día) por el tiempo total de entrega del repuesto (Tabla 22)

**Tabla 22 Definición de las categorías de repuestos según su criticidad**

CATEGORÍA	CRITICIDAD	LUCRO CESANTE \$
3	Alto	$\geq 10\ 000$
2	Medio	$1000 \leq LC < 10\ 000$
1	Bajo	$< 1000$

**Nota. Ramírez Solís Deivel**

El método PR-C&V propone un proceso, en el cual se debe asignar a cada ítem del inventario uno de los 9 códigos posibles (Figura 35) según la categoría a la que corresponda su valor y criticidad.

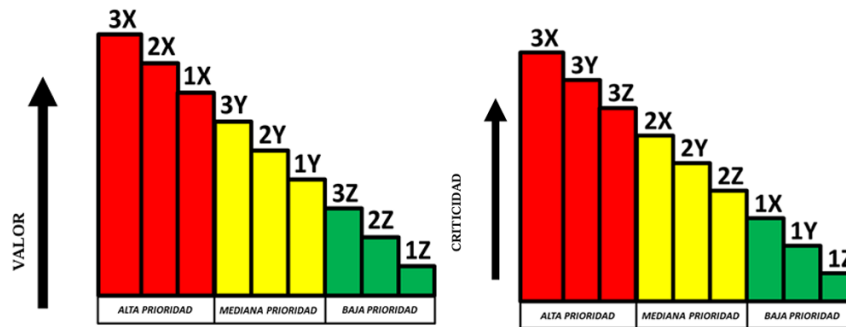
**Figura 35 Códigos para los ítems en inventario**

CRITICIDAD	3	3Z	3Y	3X
	2	2Z	2Y	2X
	1	1Z	1Y	1X
		Z	Y	X
		VALOR		

**Nota. CDI Lean Manufacturing**

Una vez que se define un orden de jerarquía, este permite asignar la importancia en cuanto a la orientación de los esfuerzos necesarios para la optimización de los inventarios. Existen dos formas en las que esta jerarquía puede quedar asignada, la primera dándole prioridad al valor del inventario y la segunda dándole prioridad a la criticidad de los repuestos (Figura 36).

Figura 36 Jerarquías definidas



### Nota. CDI Lean Manufacturing

Al analizar el método PR-C&V, a Concretera Nacional le estaría funcionando más la técnica en donde se le da la priorización al valor del inventario y criticidad de este, debido a que el repuesto más crítico con el que cuentan el proveedor no lo tiene en inventario y, por un tema de operación y de seguridad para el equipo y el personal, este repuesto se convierte en el más crítico y con un mayor costo para adquirirlo. A continuación, se realiza una jerarquía de cinco repuestos críticos aplicando el método PR-C&V.

**Tabla 23 Ejemplo de aplicación del método PR-C&V**

ÍTEM N.º	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	VALOR TOTAL	VALOR ACUMULADO	% VALOR ACUMULADO	PÉRDIDA DE PRODUCCIÓN (m³)	TIEMPO DE ENTREGA (DÍAS)	LUCRO CESANTE	CRITICIDAD	VALOR
1	Control inalámbrico de bombas telescópicas	5	\$12,000	\$60,000	\$60,000	44.44 %	240	60	14 400	3	X
2	Control de cable de bombas telescópicas	5	\$7,000	\$35,000	\$95,000	70.37 %	240	60	14 400	3	Y
3	Válvula de control hidráulico de los brazos de las bombas telescópicas	5	\$3,500	\$17,500	\$112,500	83.33 %	240	60	14 400	3	Y
4	Válvula de retención hidráulica de los brazos de las bombas telescópicas	5	\$3,000	\$15,000	\$127,500	94.44 %	240	60	14 400	3	Z

5	Válvula hidráulica de control de giro del tambor de los camiones	3	\$2,500	\$7,500	\$135,000	100.00 %	960	30	28 800	3	Z
<b>TOTAL</b>				<b>\$135,000</b>							

**Nota. Ramírez Solís Deivel**

En la Tabla 23 se observa el resultado del método PR-C&V dentro de la bodega de inventarios de Concretera Nacional. Se observa que los cinco repuestos cuentan con una criticidad alta debido a su gran importancia dentro de las labores de los equipos y el control Inalámbrico de las bombas telescópicas es que cuenta con un alto valor, ya que este representa el 60 % del inventario.

**5 S organización, orden y limpieza del taller de mantenimiento automotriz**

Otra recomendación es el reforzamiento de la metodología de las 5 S dentro del taller de mantenimiento automotriz. Esta se utiliza para gestionar los activos (personal, instalaciones y equipos) que brindan soporte a las operaciones de la empresa y del taller.

***Seiri-eliminar***

Retirar del sitio todos los objetos que no son necesarios, dejando únicamente lo ineludible, en las cantidades adecuadas y solo cuando es forzoso.

***Seiton-ordenar***

Es el arreglo de los elementos necesarios, de manera que sean fáciles de usar y estén marcados, de tal forma que sean cómodos de encontrar y quitar.

***Seiso-inspección***

Eliminar cualquier desperdicio, suciedad o material extraño al sitio de trabajo, logrando:

- Mantener limpio los equipos y. mejorar su eficiencia.
- Mantener limpios las paredes, pisos y los elementos del área.
- Detectar y eliminar los focos de generación de suciedad y contaminación.

***Seiketsu-estandarizar o mantener***

Esta S tiene como objetivo mantener, lo que ya se logró en las tres S anteriores para que se pueda lograr una mejora continua en el taller automotriz.

### *Shitsuke-disciplina*

Por último, se recomienda evitar que los procedimientos ya establecidos se ignoren y a la larga se olviden, ya que respetando cada uno de los parámetros establecidos para cada S se obtienen los beneficios esperados con la implementación de la metodología 5 S. De esta manera, para una mejora continua en la cultura de los trabajadores, se deben considerar los siguientes puntos:

1. El respeto de las normas y estándares establecidos para conservar el lugar de trabajo limpio y en excelentes condiciones.
2. Elaborar un control personal y el respeto por las normas establecidas que regulan el funcionamiento del establecimiento.
3. Promover el hábito del autocontrol, así como reflexionar sobre el nivel de cumplimiento de las normas ya establecidas.
4. Se debe comprender la importancia del respeto por los demás y por las normas establecidas para el bien del almacén de refacciones.

Para la implementación de esta metodología, se diseñó un cronograma de actividades que es comunicado a los mecánicos del taller y el cual es la base para la mejora continua. Una vez presentado el cronograma, se iniciarán las actividades para su puesta en funcionamiento y concientización, tal y como puede observarse en la Tabla 24.

**Tabla 24 Cronograma de capacitación y reforzamiento 5 S**

CRONOGRAMA DE CAPACITACIÓN Y REFORZAMIENTO 5 S								
DESCRIPCIÓN	PÚBLICO OBJETIVO	2024						
		ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO
Fase introductoria	Técnico del taller automotriz							
Generación de expectativas								
Capacitación Inicial								
Implementación Seiri								
Implementación Seiton								
Implementación Seiso								
Implementación Seiketsu								
Implementación Shitsuke								
Análisis de resultados								

**Nota. Ramírez Solís Deivel**

La capacitación y reforzamiento de las 5 S lo estaría realizando la empresa NobleProg, la cual ofrece un curso de Lean S5 que tiene una duración de 7 horas y tendría un costo de \$3,462 USD, lo que equivale a ₡1.834.407,86, tal y como se muestra en la Figura 36.

**Figura 37 Capacitación 5 S**

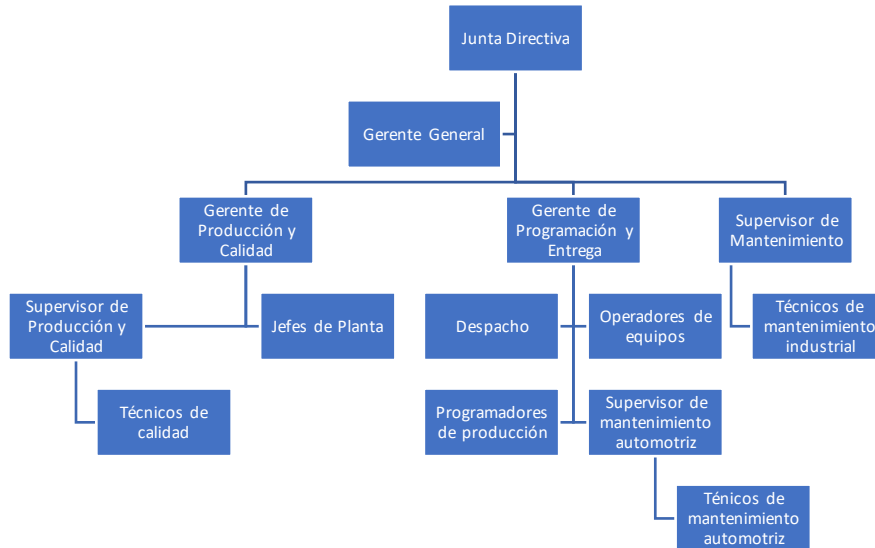
The screenshot shows the NobleProg website interface. At the top, there is a navigation bar with the NobleProg logo and links for 'Cursos de Capacitación', 'Carrera', 'Nosotros', and 'Contáctenos'. A search bar is located on the right. The main content area is titled 'Cursos de Curso de Lean S5'. Below this, there are filters for 'Privado' and 'Público', with 'Público' selected. A red box highlights the price 'Desde 3462 USD' and the duration '7 horas (usualmente 1 día, incluidas las pausas)'. The course is categorized as 'En línea' and 'Desde 2312 USD'. Below the course card, there are logos for various clients: SK, SSENSE, CISION, IKEA, Chevron, P&G, SEAGATE, IBM, tietto, and SonoSite. There is also a 'Testimonios' section with a 5-star rating and a testimonial about the course.

## NOTA: NobleProg

### Administradores del TPM

Como en todo proyecto, se debe tener un responsable que dirija al grupo de trabajo, por la magnitud del sistema TPM es necesario involucrar tanto a los mandos bajos como a los altos para llegar al éxito. En la Figura 38 se muestra el organigrama de Concretera Nacional.

**Figura 38 Administradores del TPM**



### **Nota. Ramírez Solís Deivel**

Se plantea que para el manejo y la implementación correcta del TPM este a cargo del gerente de Programación y Entrega y el supervisor de mantenimiento automotriz. Para esto, es necesario que cada área y cada uno de los involucrados trabaje en conjunto y apoyándose mutuamente.

### **Análisis económico**

Con el fin de cuantificar la implementación de la propuesta de mejora del presente capítulo, se realiza el análisis económico que incluye el costo de capacitaciones externas y costos de mano de obra de recurso interno de Concretera Nacional. Esto para realizar posteriormente el examen de costo-beneficio que traerá la puesta en funcionamiento.

### **Capacitación TPM**

Los costos de la capacitación del TPM al equipo a cargo de facilitar la implementación de la metodología al taller de mantenimiento automotriz es el primer rubro por evaluar. Esta capacitación se llevaría a cabo de forma virtual por medio de iniciativas empresariales. El costo por persona es de \$190 USD por las 50 horas dedicadas a la metodología TPM y sus principales características, como se detalla en la Figura 39:

**Figura 39 Costo de capacitación TPM**

The screenshot shows the course page for 'Mantenimiento Productivo Total (TPM)'. The course is offered by 'Iniciativas Empresariales' and 'MANAGER BUSINESS SCHOOL'. The price is listed as '190 Dólares Americanos'. The duration is '50 horas'. There are three enrollment periods: 20 de Octubre de 2023 to 28 de Enero de 2024, 24 de Noviembre de 2023 to 28 de Febrero de 2024, and 15 de Diciembre de 2023 to 28 de Marzo de 2024. A red box highlights the price '190 Dólares Americanos'. The page also includes a 'Descargar contenido del curso' button and a course poster for 'Mantenimiento Productivo Total (TPM)'.

**Nota. Iniciativas empresariales**

El equipo de trabajo del TPM consta de un total de 7 personas involucradas, para un total de \$1,330 USD, lo cual equivale a ₡704.726,30. Al tener en cuenta lo anterior, se realiza la Tabla 25 donde se resumen los costos asociados a la implementación del TPM y del *software* para el taller de mantenimiento automotriz.

**Tabla 25 Resumen de costos totales**

Resumen de costos totales	
Rubro	Costo total
Capacitación TPM-iniciativas empresariales	₡704.726,30
Capacitación 5 S-NobleProg	₡1.834.407,86
Capacitaciones de actualización técnica-INA y proveedores	₡216.200,00
Implementación del <i>software</i> -Fractal	₡285.599,61
<b>TOTAL</b>	<b>₡3.040.933,77</b>

**Nota. Ramírez Solís Deivel**

Estos costos pueden diluirse en el año donde mensualmente tendrían un presupuesto destinado para las capacitaciones, el monto diluido mensual es de ₡253.411,15, lo que es más manejable que sacar el monto total de una sola vez.

**Costo beneficio de la propuesta**

Se realiza un análisis de costo-beneficio con el objetivo de valorar la rentabilidad de la propuesta, donde se tiene como objetivo reducir al menos un 50 % el mantenimiento correctivo que se realiza dentro del taller.

Primero, se debe realizar una estimación y cuantificación de ahorros con respecto a una línea base de 4 años, para definir posteriormente los ahorros estimados que se esperan anualmente con la implementación de la metodología. Para precisar esta primera línea base se utilizaron los datos históricos estimados de costos por mantenimiento correctivo de los años 2020, 2021, 2022 y 2023, tal y como se muestra en la Tabla 26.

**Tabla 26 Costos históricos de mantenimiento correctivo**

Año	Costo en mantenimiento correctivo
2020	₡282.000.000,00
2021	₡220.000.000,00
2022	₡190.000.000,00
2023 (octubre)	₡190.000.000,00

**Nota. Ramírez Solís Deivel**

Al tener en cuenta lo anterior, se confecciona la Tabla 27 haciendo un promedio de 3 años en costos de mantenimiento correctivo. Lo anterior tiene el fin de definir la base anual para estimar los beneficios económicos que generaría la implementación del TPM dentro del taller automotriz.

**Tabla 27 Cálculo de línea base para cuantificar beneficios**

Año	Costo en mantenimiento correctivo
2020	₡282.000.000,00
2021	₡220.000.000,00
2022	₡190.000.000,00
2023 (octubre)	₡190.000.000,00
<b>Línea base promedio</b>	<b>₡294.000.000,00</b>

**Nota. Ramírez Solís Deivel**

Para llegar el porcentaje anual aproximado en la reducción de costos de mantenimiento correctivo, se tomaron en consideración los casos de éxito en empresas que han aplicado esta metodología, donde se indica principalmente que por año han logrado aumentar hasta un 35 % su productividad. Para este proyecto de investigación se fijarán metas de reducción del 17 % anual sobre la línea base establecida en la Tabla 27 hasta llegar a un total de reducción de costos del 50 % en el tercer año del inicio de la implementación inicial.

En la Tabla 28 se muestra el costo de la línea base para estimar el ahorro anual con su debido cálculo, de acuerdo con el porcentaje esperado con la implementación de la metodología. Para el 2024 no se espera ningún ahorro, ya que se debe implementar el rediseño del plan de mantenimiento.

**Tabla 28 Ahorros estimados por año de implementación**

Línea base promedio		¢294.000.000,00
Año	Porcentaje de ahorro esperado	Ahorro estimado
2024	0 %	¢ -
2025	17 %	¢49.980.000,00
2026	34 %	¢99.960.000,00
2027	50 %	¢147.000.000,00

**Nota. Ramírez Solís Deivel**

Con la Tabla 28 se realiza el cálculo del costo-beneficio estimado de la propuesta, una vez transcurridos los 3 años base para la consolidación de la metodología, donde se realiza una resta del ahorro estimado contra la inversión, para obtener el costo de beneficio final, tal como se muestra en la Tabla 29.

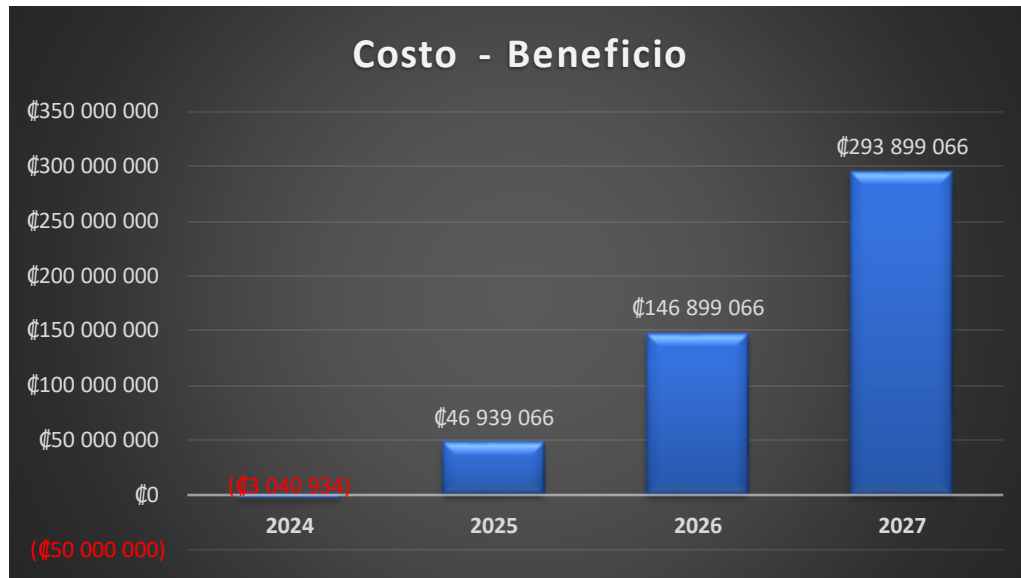
**Tabla 29 Costo beneficio de la propuesta**

Rubro	2024	2025	2026	2027	Total	C/B
Inversión	¢3.040.933,77	-	-	-	¢3.040.933,77	48,34
Ahorro estimado	-	¢49.980.000,00	¢99.960.000,00	¢147.000.000,00	¢296.940.000,00	
Ahorro neto	-¢3.040.933,77	¢49.980.000,00	¢99.960.000,00	¢147.000.000,00	¢293.899.066,23	

**Nota. Ramírez Solís Deivel**

Con el análisis del costo-beneficio de la propuesta se puede determinar que implementando la metodología del TPM el taller automotriz de Concretera Nacional se puede ahorrar ¢48,34 por cada colón invertido en esta metodología. Aunque el examen del costo-beneficio contempla 4 años de consolidación, se puede observar que a partir del 2025 se pueden obtener ahorros tangibles en los costos. Por lo tanto, se presenta la Figura 40 con el fin de ejemplificar de una mejor manera el análisis:

**Figura 40 Gráfico de costo-beneficio**



**Nota. Ramírez Solís Deivel**

Como se puede observar en la Figura 39 es a partir del año 2025 donde la Concretera estaría materializando los ahorros tangibles en los costos de mantenimiento preventivo y correctivo.

**Beneficios no tangibles**

Además de los beneficios en la reducción de costos, la implementación del TPM en el taller automotriz también incluiría beneficios cualitativos a la organización tales como:

- Mejora en las condiciones de trabajo para los técnicos del taller.
- Mejora en la calidad del servicio de mantenimiento preventivo y correctivo.
- Mejora en el control y la supervisión de los trabajos realizados.
- Mejora del conocimiento técnico del personal, volviéndose más competitivos.
- Reducción en tiempos de respuesta.
- Aprendizaje multidisciplinario continuo.
- Mejora en la cultura organizacional.

**Plan de implementación**

Para llevar a cabo de manera exitosa el proyecto dentro del taller de mantenimiento automotriz de la Concretera Nacional se propone un plan de implementación que aproximadamente

tiene la duración de 18 meses, ya que es necesario contar con la ayuda y participación de cada uno de los departamentos de la empresa.

### **Cronograma de actividades**

Es esencial detallar las principales actividades para llevar a cabo el plan de implementación del sistema de gestión o el rediseño del plan de mantenimiento propuesto, tal y como se puede observar en Figura 41.

**Figura 41 Cronograma de implementación de la propuesta**

Implementación del programa de Mantenimiento Productivo Total (TPM) en el taller de mantenimiento automotriz de Concretera Nacional																		
Actividades	Meses																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Presentar el proyecto a la empresa	■																	
Aprobación del proyecto		■																
Establecer objetivos y políticas básicas del TPM			■															
Decisión de aplicar TPM dentro del taller			■															
Proceso de difusión de la campaña del TPM			■															
Asignación del líder del proyecto				■														
Arranque formal del TPM					■													
Capacitaciones y formaciones						■	■	■										
Implementación de 5'S								■	■	■								
Reuniones de seguimiento e implementación de mejoras						■		■			■		■		■		■	
Mejora en la efectividad del plan de mantenimiento											■	■	■	■	■	■	■	■
Consolidación del TPM y revisión de la efectividad																		■
Documentación de los avances y resultados	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

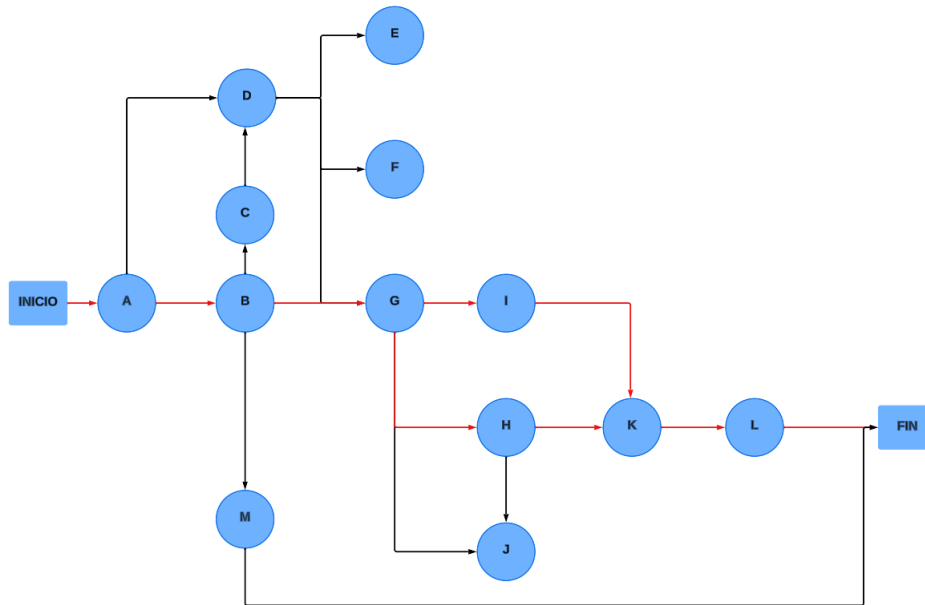
### **Nota. Ramírez Solís Deivel**

Se consideró primero llevar a cabo todas las decisiones gerenciales y las aprobaciones del proyecto, para definir posteriormente el equipo líder del TPM y empezar a difundir información para que el personal se vaya mentalizando a esta nueva forma de trabajo y minimizar, en la medida de lo posible, una resistencia al cambio. Una vez que se define y se acepta implementar el TPM es donde inicia el proceso de ejecución, con las capacitaciones al personal, empezando poco a poco a realizar el procedimiento de 5 S, el desarrollo de programas para mejorar la efectividad del plan de mantenimiento automotriz y siempre brindando seguimiento en cada paso.

### **Control de la propuesta**

Para monitorear cada avance de las actividades del cronograma (Figura 40) y asegurarse de que estas se ejecuten de la manera correcta, se implementa el método CPM con la secuencia de actividades, desde el inicio hasta el final, según se muestra en la Figura 42.

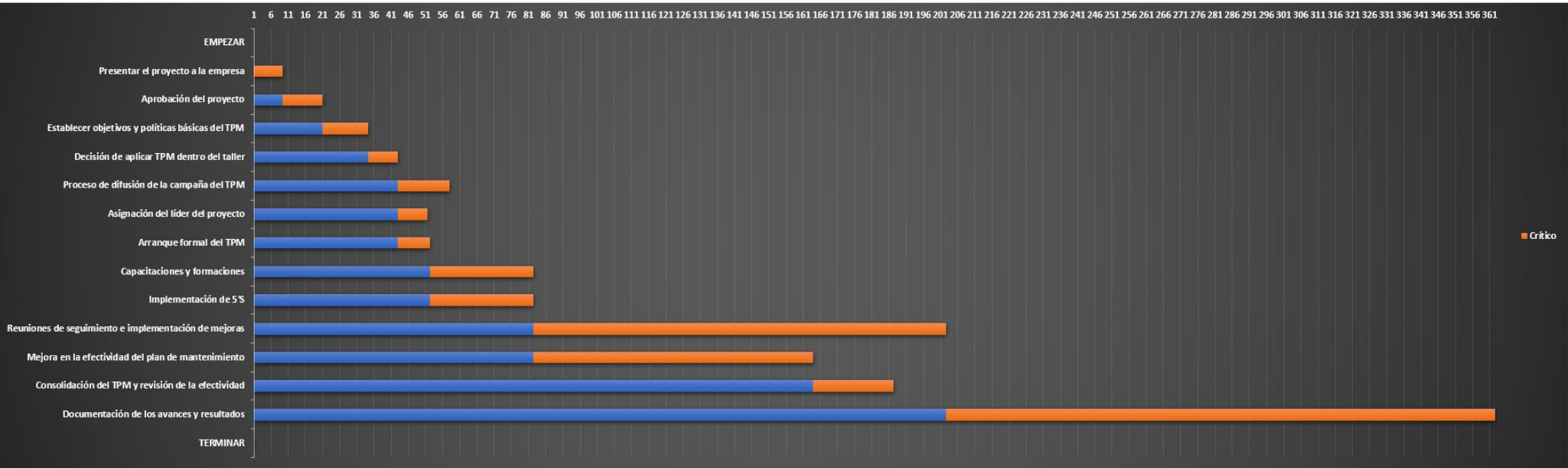
**Figura 42 Ruta crítica**



**Nota. Ramírez Solís Deivel**

Primero, se consideró reflejar los pasos del proceso de gestión de eventos junto con las predecesoras, que son las actividades que debe realizar antes de poder iniciar una tarea. Una vez establecida la ruta crítica para las actividades, se estableció una duración de 18 meses para completar a tiempo la planificación de la propuesta. Otras tareas son flexibles y el gráfico de barras (Figura 43) muestra cuánto tiempo de holgura puede permitir para esas tareas sin pasar la fecha límite de su evento.

**Figura 43 Gráfico del control de la propuesta**



**Nota. Ramírez Solís Deivel**

En la Figura 42 se pueden observar los días de holgura de cada una de las actividades, en donde la actividad que tiene más peso por realizar del cronograma de la implementación de la propuesta es la de documentación de los avances de los resultados y las reuniones de seguimiento y puesta en funcionamiento de mejoras. Estas dos actividades son las importantes, ya que sin estas no se puede avanzar de forma correcta en el proyecto.

## APÉNDICES

**Figura 44 Hoja de inspección diaria**

Nº 5012

Concretera Nacional		FORMA Nº 001-001-001-001							
Semana: Del ____ AL ____		Día							
DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INSPECCIÓN		Sección	Estado	Responsable				Numero de cambios	
#					K	M	A	V	OBSERVACIONES
1	Inspección de las luces generales	Electrico	P	Operador					
1.1	Inspeccione las luces delanteras, deben funcionar ambos faros en luz alta y baja (si no funcionan no debe operarse el camión).	Electrico	P	Operador					
1.2	Inspeccione las luces de freno (si no funcionan las luces en su totalidad no debe operarse el equipo).	Electrico	M	Operador					
1.3	Inspeccione las luces de reversa y alarma (Reporte si no funcionan las luces de reversa / La alarma de alarma debe funcionar siempre y emitir un sonido fuerte.)	Electrico	P	Operador					
1.4	Inspeccione las luces laterales (si alguna luz no funciona reportarlo, no es motivo de paro del equipo).	Electrico	P	Operador					
1.5	Inspeccione las luces direccionales (si no funcionan las luces de un lado en su totalidad, no debe operarse el equipo).	Electrico	P	Operador					
2	Revisar el nivel de aceite del motor	Radiador	P	Operador					
2.1	Inspeccione el nivel de aceite del motor (si la varilla NO marca aceite no arranque el motor, si la falta o si consulta a un profesional, no arranque hasta ser aconsejado).								
2.2	Inspeccione el nivel del refrigerante, revise estado de fajas de abarico, reporte si el nivel esta bajo (si fajas no deben tener cortes).	Radiador	P	Operador					
2.3	Inspeccione las ruedas del eje de dirección, que no estén quebradas, inspeccione los ejes (que no estén flojos o rotos).	Sistema de dirección	P	Operador					
2.4	Inspeccione los tornillos que sustentan la caja de dirección, no deben estar flojos, no debe tener golpes, tornillo quebrado (si existen tornillos quebrados no debe operarse).	Sistema de dirección	P	Operador					
3	Revisar el estado de las llantas. Verifique que no haya cortes, perforaciones, protuberancias, desgaste anormal (4 mm de profundidad REPORTAR y 2mm NO OPERAR)	Llantas	P	Operador					
3.1	Inspeccione el estado de los anillos, que no tengan golpes fisuras, cortes.	Llantas	P	Operador					
3.2	Verificar la presión de los neumáticos mientras están FRIOS (100 psi máximo)	Llantas	P	Operador					
3.3	Verificar nivel de aceite en tapa de bocina.	Eje delantero	P	Operador					
3.4	Verificar el nivel de agua destilada de la batería, inspeccionar las conexiones de la batería.	Batería	P	Operador					
3.5	Inspeccione la condición de los tanques y las mangueras de combustible.	Alimentación combustible	P	Operador					
3.7	Drene el agua acumulada en los depósitos de aire y reporte si los purges están dañados.	Neumatico	P	Operador					
4	Revisar el estado de los cinturones de seguridad y el sistema de sujeción del mismo (no debe tener cortes y desgaste en las fibras)	Cabina	P	Operador					
4.1	Arranque el motor al mínimo y verifique presión de aceite (15 psi mínimo en los camiones DM 600 S / Camión CV 713 / 105 Kpa mínimo, MP 09 / 105 Kpa mínimo)	Motor	M	Operador					
4.2	Verificar la carga del alternador en todos los camiones debe estar en 14 Voltios.	Cabina	M	Operador					
4.3	Verificar la operación de los frenos de servicio. Revise la correcta operación del estranpe. (Si existen fugas al desatrapar o al frenar no debe operar).	Cabina	M	Operador					
4.4	Verificar la carga de aire del compresor debe cargar mínimo a (50 psi en los camiones DM 600 S / En los Camión y en los MP 08 debe estar en 2.0 Kpa mínimo)	Cabina	M	Operador					
5	Inspección de los pedales delanteros, trasero y sus soportes, no deben tener desgaste ni reventaduras. La escaler de escape debe tener seguro, dispositivos antidehincamiento y tornillos de sujeción en perfecto estado.	Equipo Mecanico	P	Operador					
5.1	Revisar que el trompo esté limpio por dentro (concreto o agua). Revisar el estado general de las suspensiones.	Equipo Mecanico	P	Operador					
5.2	Revisar visualmente el estado de los rodillos del tambor. Escuche ruidos al girar para detectar ruidos excesivos en los mismos.	Rodillos	M	Operador					
5.3	Inspeccione el estado de la cámara del operador, existen reventaduras, filos cortantes, problemas de sujeción o pedales dañados (no se debe operar).	Equipo Mecanico	P	Operador					
5.4	Inspeccione la barra de transmisión del equipo hidráulico, que no tenga un movimiento excesivo, encuentre anomalías reporte y no opere el equipo.	Unidad hidráulica	P/M	Operador					
5.5	Inspeccione los tornillos de montaje del equipo de manejo al diámetro, no deben estar quebrados, flojos y debe tener todos. (De lo contrario no opere el equipo).	Equipo Mecanico	P	Operador					
5.6	Inspeccione que el radiador está bien sujeto al pedestal delantero que no tenga tornillos fallados o quebrados, que no presente ruidos al girar.	Equipo Mecanico	P	Operador					
5.7	Verificar el nivel de aceite hidráulico del depósito, si se encuentran por debajo reportarlo.	Unidad hidráulica	P	Operador					
5.8	Verificar el correcto funcionamiento del pistón de la cámara auxiliar y el buen estado del dispositivo protector de manos y dedos.	Unidad hidráulica	P	Operador					
5.9									

Nombre del operador	Antes	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO
Número							
Mo. Bn. Supervisor	Momento						

**Nota. Concretera Nacional**

**Tabla 30 Mantenimientos preventivos tipo A**

Mantenimiento preventivo A (Camiones)
<b>Motor</b>
Cambiar aceite motor y filtros
Cambiar filtros de combustibles
Cambio filtro de aire
Cambio refrigerante
Drenar depósito de combustible
<b>Inspección</b>
Soportes de motor
Limpieza filtro bomba transferencia de combustible (si aplica)
Revisar radiador
Revisar Fan-Clutch (verificar funcionamiento)
Tomar muestras de aceite

Verificar funcionamiento de freno de motor  
 Verificar funcionamiento de sistemas de aceleración y apagado  
 Verificar sistema admisión  
 Verificar sistema escape  
 Inspección fajas de abanico (bomba agua, alternador y abanico)

#### Transmisión y ejes

Cambio de cardan o reemplazo cruces de barra de acople de bomba hidráulica  
 Engrasar juntas universales y cojinetes centrales  
 Inspección estado hojas de resortes, abrazaderas y guías  
 Verificar alineación de ejes traseros  
 Revisar soportes de transmisión  
 Revisión y ajuste de embrague y engrase del rol de empuje  
 Verificar ajustes de pernos de fijación de ruedas  
 Verificar estado alineación de ruedas delanteras  
 Verificar estado de crucetas, yockes y soporte de cardan  
 Verificar estado general de ruedas  
 Verificar estado Patines de resortes  
 Verificar fugas de diferenciales  
 Verificar funcionamiento del respiradero  
 Verificar nivel y fugas de aceite en tapas de ejes  
 Verificar nivel de aceite de transmisión  
 Verificar niveles aceite y respiraderos de diferenciales  
 Verificar o lubricar estado articulaciones del varillaje (si aplica)  
 Verificar presión de aire en neumáticos  
 Verificar condiciones anotar profundidad del dibujo, se debe reemplazar cualquier llanta que este en 4 mm

#### Suspensión

Inspección estado barras, estabilizadora, tensoras y soportes.  
 Revisar ballestas, bujes, tornillos, gasas pasadores delantero y trasero  
 Revisar tuercas y tornillos amortiguadores  
 Revisión de tacones de fuelle  
 Revisar gomas de suspensión  
 Revisar bujes de extremo y central de sistema suspensión  
 Revisar soportes de muelle o ballesta

#### Frenos

Drenaje depósitos de aire  
 Lubricación sistema de frenos  
 Revisar Fugas de aire y estado de mangueras  
 Revisar funcionamiento de compresor y regulador de aire  
 Revisar funcionamiento de freno de estacionamiento  
 Revisar y ajustar actuadores de frenos  
 Verificar % de vida de las zapatas de frenos  
 Verificar posición y estado del resorte cámara de frenos  
 Verificar que la presión de aire esté gobernada a la presión requerida

Dirección
<p>Engrasar rótulas de dirección</p> <p>Revisar barras, rótulas (terminales) y bujes de la dirección</p> <p>Revisar Fugas de aceite dirección</p> <p>Revisar juego excesivo de la dirección</p> <p>Revisar nivel de aceite de la bomba de dirección</p> <p>Verificar estado de crucetas en columna de dirección</p> <p>Verificar estado de mangueras</p> <p>Verificar juego del brazo de dirección</p>
Sistema eléctrico
<p>Inspección general de luces, cableado y fusibles</p> <p>Inspección general de baterías y terminales</p> <p>Verificar funcionamiento de alarma reversa</p> <p>Verificar funcionamiento de alarmas, luces de emergencia y tablero</p> <p>Verificar el alternador, ruidos y tensión de correa</p> <p>Verificar funcionamiento de arrancador</p> <p>Revisar funcionamiento «CORTA CORRIENTE»</p> <p>Revisión de mando de alza canoas</p> <p>Revisar mandos eléctricos de mixer</p> <p>Revisar limpiaparabrisas</p> <p>Revisar sistema de comunicación GPS</p> <p>Revisar funcionamiento de alarma de entrampe</p>
Cabina
<p>Verificar soportes de cabina</p> <p>Lubricar venillas frotadoras de ventanas (cabina)</p> <p>Revisar y ajustar tapa de motor</p> <p>Revisión funcionamiento sistema de aire acondicionado</p> <p>Revisión vidrios cabina</p> <p>Revisión funcionamiento de puertas (chapas, manillas, seguro llave, alza vidrios)</p> <p>Revisión espejos retrovisores</p> <p>Revisar de indicadores</p> <p>Revisar asiento del conductor</p> <p>Revisar cinturones de seguridad</p>
Olla mezcladora
<p>Revisar fugas y estado de mangueras y tuberías</p> <p>Revisar funcionamiento de reductor y alineamiento</p> <p>Revisar funcionamiento sistema de lavado</p> <p>Revisar nivel de aceite motor de levante de canoa</p> <p>Verificar funcionamiento de mandos posteriores</p> <p>Verificar estado general de canales, tolva de carga, shuts</p> <p>Verificar estado general de rodillos, lubricación y pistas de rodadura.</p> <p>Verificar estado general de pedestal delantero y posteriormente sobre chasis y tornillería</p> <p>Verificar estado general de tanque agua y sistema presurizado</p>

Verificar estado, engrase y funcionamiento cardan de bomba hidráulica  
 Verificar funcionamiento cilindro hidráulico  
 Verificar funcionamiento Indicador vacío en la entrada bomba hidráulica  
 Verificar nivel aceite hidráulico  
 Verificar contador de medición de serpentina en sección a (cono delantero) altura no inferior a 20» de giro  
 Verificar estado de los cables de giro  
 Verificar estado de serpentinas  
 Verificar estado de electroválvulas  
 Verificar nivel de aceite de reductor  
 Verificar estado general de escaleras del equipo  
 Verificar estado general de la canasta del operador

#### Chasis

Lubricación general de todos los puntos de engrase  
 Revisar estado de defensas o parachoques (TRASERO-DELANTERO)  
 Revisar estado de guardafangos o tapabarros

#### Seguridad

Verificar estado del extintor (carga, manómetro y fecha de vencimiento)  
 Verificar estado de pasamanos en general  
 Verificar estado y funcionamiento de escaleras y estribos  
 Verificar estado de aviso seguridad y reflectivos  
 Verificar estado y funcionamiento de asientos  
 Verificar estado y funcionamiento de cinturones de seguridad  
 Verificar estado de espejos de seguridad o punto ciego  
 Verificar funcionamiento de válvula alivio tanque combustible  
 Verificar funcionamiento de válvula alivio tanque agua  
 Verificar estado aislamiento térmico en la cabina  
 Verificar estado sujetadores de canoas auxiliares  
 Verificar rejilla de seguridad de zona de trompo  
 Revisión de documentos  
 Revisión de estado de tacos o cuñas de seguridad

#### Imagen

Revisar estado de pintura del logo de la olla y logos adicionales de puertas y otros  
 Revisar estado de general de pintura y carrocería del equipo  
 Condiciones de aseo y limpieza general  
 Lavado completo de camión (olla y chasis)

### Nota. Concretera Nacional

**Tabla 31 Mantenimientos preventivos tipo B**

Mantenimiento preventivo B (Camiones)
Motor
Cambiar aceite motor y filtros
Cambiar filtros de combustibles

Cambio de filtro acondicionador de agua  
 Cambio filtro de aire  
 Cambio refrigerante  
 Drenar depósito de combustible  
 Inspección soportes de motor  
 Limpieza filtro bomba transferencia de combustible (si aplica)  
 Revisar radiador  
 Revisar Fan-Clutch (fugas, desgaste en plato y pastas)  
 Revisión de inyectores  
 Revisión de freno de motor  
 Verificar funcionamiento de freno de motor  
 Verificar funcionamiento de sistemas de aceleración y apagado  
 Verificar juego axial y radial de la turbina  
 Verificar sistema admisión  
 Verificar sistema escape

#### Transmisión y ejes

Cambio de cardan o reemplazo cruces de barra de acople de bomba hidráulica  
 Cambiar aceite de transmisión y filtro  
 Cambiar aceite de diferenciales  
 Engrasar juntas universales y cojinetes centrales  
 Inspección estado hojas de resortes, abrazaderas y guías.  
 Verificar alineación de ejes traseros  
 Revisar nivel fluido embrague (si aplica)  
 Revisar soportes de transmisión  
 Revisión y ajuste de embrague (si aplica)  
 Rotación de llantas  
 Verificar ajustes de pernos de fijación de ruedas  
 Verificar estado alineación de ruedas delanteras.  
 Verificar estado de crucetas, yockes y soporte de cardan  
 Verificar estado general de ruedas  
 Verificar estado patines de resortes  
 Verificar fugas de diferenciales  
 Verificar funcionamiento del respiradero  
 Verificar nivel y fugas de aceite en tapas de ejes  
 Verificar o lubricar estado articulaciones del varillaje (si aplica)  
 Verificar presión de aire en neumáticos  
 Verificar condiciones anotar profundidad del dibujo, se debe reemplazar cualquier llanta que este en 4 mm

#### Suspensión

Inspección estado barras, estabilizadora, tensoras y soportes.  
 Revisar ballestas, bujes, tornillos, gasas pasadores delantero y trasero  
 Reajuste de grapa de ballestas  
 Revisar tuercas y tornillos amortiguadores  
 Revisión de tacones de fuelle

Revisar gomas de suspensión  
 Revisar bujes de extremo y central de sistema suspensión  
 Revisar soportes de muelle o ballesta.

#### Frenos

Cambiar filtro de aire  
 Drenaje depósitos de aire  
 Lubricación sistema de frenos  
 Revisar fugas de aire y estado de mangueras  
 Revisar funcionamiento de compresor y regulador de aire  
 Revisar funcionamiento de freno de estacionamiento  
 Revisar nivel de fluido en frenos (si aplica)  
 Revisar y ajustar actuadores de frenos  
 Verificar % de vida de las zapatas de frenos  
 Verificar posición y estado del resorte cámara de frenos

#### Dirección

Cambiar aceite y filtro de la bomba de dirección  
 Engrasar rótulas de dirección  
 Revisar barras, rótulas (terminales) y bujes de la dirección  
 Revisar correa de la servodirección  
 Revisar fugas de aceite dirección  
 Revisar juego excesivo de la dirección  
 Verificar estado de crucetas en columna de dirección  
 Verificar estado de mangueras

#### sistema eléctrico

Inspección general de luces, cableado y fusibles.  
 Inspección general de baterías y terminales  
 Verificar funcionamiento de alarma reversa.  
 Verificar funcionamiento de alarmas, luces de emergencia y tablero  
 Verificar el alternador, ruidos y tensión de correa  
 Verificar funcionamiento de arrancador  
 Revisar funcionamiento «CORTA CORRIENTE»  
 Revisión de mando de alza canoas  
 Revisar mandos eléctricos de mixer  
 Revisar limpiaparabrisas  
 Revisar sistema de comunicación  
 Revisar funcionamiento de alarma de entrampe

#### Cabina

Verificar soportes de cabina  
 Lubricar venillas frotadoras de ventanas (cabina)  
 Revisar y ajustar tapa de motor  
 Revisión funcionamiento sistema de aire acondicionado  
 Revisión vidrios cabina  
 Revisión funcionamiento de puertas (chapas, manillas, seguro llave, alza vidrios)

Revisión de espejos retrovisores

#### Olla mezcladora

Revisar fugas y estado de mangueras y tuberías  
 Revisar base giratoria (seguro, desgaste en bujes y baleros y engrasar)  
 Revisar espesor de paredes del tambor y de aspas o serpentinas  
 Revisar funcionamiento de reductor y alineamiento  
 Revisar funcionamiento sistema de lavado  
 Revisar nivel de aceite motor de levante de canoa  
 Verificar funcionamiento de mandos posteriores  
 Verificar estado general de canales, tolva de carga, shuts  
 Verificar estado general de rodillos, lubricación y pistas de rodadura.  
 Verificar estado general de soportes delantero y posteriormente sobre chasis y tornillería  
 Verificar estado general de tanque agua y sistema presurizado  
 Verificar estado, engrase y funcionamiento Cardan de bomba hidráulica  
 Verificar funcionamiento cilindro hidráulico  
 Verificar funcionamiento indicador vacío en la entrada bomba hidráulica  
 Verificar nivel aceite hidráulico

#### Chasis

Inspección de estado general de soporte suspensión  
 Lubricación general de todos los puntos de engrase  
 Revisar estado de defensas o parachoques (TRASERO-DELANTERO)  
 Revisar estado de guardafangos o tapabarros  
 Revisar estructura de chasis  
 Revisión estado de Tornillerías

#### Seguridad

Verificar estado del extintor (carga, manómetro y fecha de vencimiento)  
 Verificar estado de pasamanos en general  
 Verificar estado y funcionamiento de escaleras y estribos  
 Verificar estado de aviso seguridad y reflectivos  
 Verificar estado y funcionamiento de asiento  
 Verificar estado y funcionamiento de cinturones de seguridad  
 Verificar estado de espejos de seguridad o punto ciego  
 Verificar funcionamiento de válvula alivio tanque combustible  
 Verificar funcionamiento de válvula alivio tanque agua  
 Verificar estado aislamiento térmico en la cabina  
 Verificar estado sujetadores de canoas auxiliares  
 Verificar rejilla de seguridad de zona de trompo  
 Revisión de documentos  
 Revisión de estado de tacos o cuñas de seguridad

#### Imagen

Revisar estado de pintura del logo de la olla y logos adicionales de puertas y otros  
 Revisar estado de general de pintura y carrocería del equipo  
 Condiciones de aseo y limpieza general

Lavado completo de camión (olla y chasis)

## Nota. Concretera Nacional

*Tabla 32 Mantenimientos preventivos tipo C*

<b>Mantenimiento preventivo C (camiones)</b>	
<b>Motor</b>	
Cambiar aceite motor y filtros	
Cambiar filtros de combustibles	
Cambio de filtro acondicionador de agua	
Cambio de repuesto mayor de fan-clutch	
Cambio filtro de aire	
Cambio refrigerante	
Cambio de correas	
Drenar depósito de combustible	
Inspección soportes de motor	
Limpieza filtro bomba transferencia de combustible (si aplica)	
Afinación y diagnóstico de motor	
Medición de gases	
Revisar radiador	
Revisión de inyectores	
Revisión de freno de motor	
Calibración freno de motor y válvulas	
Verificar funcionamiento de freno de motor	
Verificar funcionamiento de sistemas de aceleración y apagado	
Verificar juego axial y radial de la turbina	
Verificar sistema admisión	
Verificar sistema escape	
<b>Transmisión y ejes</b>	
Cambio de cardan o reemplazo cruces de barra de acople de bomba hidráulica	
Cambiar aceite de transmisión y filtro	
Cambiar aceite de diferenciales	
Alineación de ruedas delanteras y traseras	
Engrasar juntas universales y cojinetes centrales	
Inspección estado hojas de resortes, abrazaderas y guías	
Verificar alineación de ejes traseros	
Verificar o ajustar rodamientos de rueda	
Revisar nivel fluido embrague (si aplica)	
Revisar soportes de transmisión	
Revisión y ajuste de embrague (si aplica)	
Rotación de llantas	
Verificar ajustes de pernos de fijación de ruedas	
Verificar estado de crucetas, yockes y soporte de cardan	

Verificar estado general de ruedas  
 Verificar estado patines de resortes  
 Verificar fugas de diferenciales  
 Verificar funcionamiento del respiradero  
 Verificar nivel y fugas de aceite en tapas de ejes  
 Verificar o lubricar estado articulaciones del varillaje (si aplica)  
 Verificar presión de aire en neumáticos  
 Verificar estado de rodamientos de bocinas delanteras y traseras  
 Verificar condiciones anotar profundidad del dibujo, se debe reemplazar cualquier llanta que este en 4 mm

#### Suspensión

Inspección estado barras, estabilizadora, tensoras y soportes  
 Revisar ballestas, bujes, tornillos, gasas pasadores delantero y trasero  
 Reajuste de grapa de ballestas  
 Revisar tuercas y tornillos amortiguadores  
 Revisión de tacones de fuelle  
 Revisar gomas de suspensión  
 Revisar bujes de extremo y central de sistema suspensión  
 Revisar soportes de muelle o ballesta

#### frenos

Cambiar filtro de aire  
 Drenaje depósitos de aire  
 Lavar de depósitos de aire comprimido  
 Lubricación sistema de frenos  
 Revisar fugas de aire y estado de mangueras  
 Revisar funcionamiento de compresor y regulador de aire  
 Revisar funcionamiento de freno de estacionamiento  
 Revisar nivel de fluido en frenos (si aplica)  
 Revisar y ajustar actuadores de frenos  
 Verificar % de vida de las zapatas de frenos y realizar reparación si se requiere  
 Verificar posición y estado del resorte cámara de frenos

#### Dirección

Cambiar aceite y filtro de la bomba de dirección  
 Engrasar rótulas de dirección  
 Revisar rodamientos de dirección  
 Revisar barras, rótulas (terminales) y bujes de la dirección  
 Revisar correa de la servodirección  
 Revisar fugas de aceite dirección  
 Revisar juego excesivo de la dirección  
 Verificar estado de crucetas en caña dirección  
 Verificar estado de mangueras  
 Ajuste de topes de dirección.

#### Sistema eléctrico

Inspección general de luces, cableado y fusibles.

Inspección general de baterías y terminales  
 Verificar funcionamiento de alarma reversa  
 Verificar funcionamiento de alarmas, luces de emergencia y tablero  
 Verificar el alternador, ruidos y tensión de correa  
 Verificar funcionamiento de arrancador  
 Revisar funcionamiento «CORTA CORRIENTE»  
 Revisión de mando de alza canoas  
 Revisar mando eléctrico de mixer  
 Revisar limpiaparabrisas  
 Revisar sistema de comunicación  
 Reparar alternador  
 Reparar motor de bomba de levante de canal  
 Revisar funcionamiento de alarma de entrampe  
 Reparar arranque.

#### Cabina

Verificar soportes de cabina  
 Lubricar venillas frotadoras de ventanas (cabina)  
 Revisar y ajustar tapa de motor  
 Revisión funcionamiento sistema de aire acondicionado  
 Revisión vidrios cabina  
 Revisión funcionamiento de puertas (Chapas, manillas, SEGURO LLAVE, Alza vidrios)  
 Revisión espejos retrovisores

#### Olla mezcladora

Cambio de rodillos  
 Revisar fugas y estado de mangueras y tuberías.  
 Revisar base giratoria (seguro, desgaste en bujes y baleros y engrasar)  
 Revisar espesor de paredes del tambor y de aspas o serpentinas  
 Revisar funcionamiento de reductor y alineamiento  
 Revisar funcionamiento sistema de lavado  
 Revisar nivel de aceite motor de levante de canoa  
 Verificar funcionamiento de mandos posteriores.  
 Verificar estado general de canales, tolva de carga, shuts  
 Verificar estado general de rodillos, lubricación y pistas de rodadura  
 Verificar estado general de soportes delantero y Posteriormente sobre chasis y tornillería.  
 Verificar estado general de tanque agua y sistema presurizado  
 Verificar estado, engrase y funcionamiento cardan de bomba hidráulica  
 Verificar funcionamiento cilindro hidráulico  
 Verificar funcionamiento indicador vacío en la entrada bomba hidráulica  
 Verificar nivel aceite hidráulico  
 Medición de serpentina en sección A (cono delantero) altura no inferior a 20»  
 Medición de serpentina en sección B (cono central) altura no inferior a 20»  
 Medición de serpentina en sección C (cono trasero) altura no inferior a 10»  
 Medir espesores del drump secciones A, B, C deben estar en ¼»(7 mm) cuando está nuevo

Tomar registros de medidas por secciones

En un 50 % de vida útil se debe generar alertas para un próximo cambio

En 75 % de desgaste se debe realizar cambio de tambor

Chasis	
Inspección de estado general de soporte suspensión	
Lubricación general de todos los puntos de engrase	
Revisar estado de defensas o parachoques (TRASERO-DELANTERO)	
Revisar estado de guardafangos o tapabarros	
Revisar estructura de chasis	
Revisión estado de tornillerías	
seguridad	
Verificar estado del extintor (carga, manómetro y fecha de vencimiento)	
Verificar estado de pasamanos en general	
Verificar estado y funcionamiento de escaleras y estribos	
Verificar estado de aviso seguridad y reflectivos	
Verificar estado y funcionamiento de asientos.	
Verificar estado y funcionamiento de cinturones de seguridad	
Verificar estado de espejos de seguridad o punto ciego	
Verificar funcionamiento de válvula alivio tanque combustible.	
Verificar funcionamiento de válvula alivio tanque agua.	
Verificar estado aislamiento térmico en la cabina.	
Verificar estado sujetadores de canoas auxiliares	
Verificar rejilla de seguridad de zona de trompo	
Revisión de documentos	
Revisión de estado de tacos o cuñas de seguridad	
Imagen	
Revisar estado de pintura del logo de la olla y logos adicionales de puertas y otros	
Revisar estado de general de pintura y carrocería del equipo	
Condiciones de aseo y limpieza general	
Lavado completo de camión (olla y chasis)	

### Nota. Concretera Nacional

**Figura 45 Mantenimientos preventivos y correctivos segundo trimestre 2023**

	SEMANAS	TOTAL	PREV. INT. EQUIPO	PREV. INT. CAMIÓN	PREV. EXT. EQUIPO	PREV. EXT. CAMIÓN	CORREC. INT. CAMIÓN	CORREC. INT. EQUIPO	CORREC. EXT. CAMIÓN	CORREC. EXT. EQUIPO
ABRIL	Semana 13	16		1		1	7	2	1	4
	Semana 14	5					4			1
	Semana 15	9					4	4		1
	Semana 16	6				1	3			2
	Semana 17	14				1	7	4	1	2
	Semana 18	10					5	1	1	3
MAYO	Semana 19	12				1	5	5		1
	Semana 20	14					7	4		3
	Semana 21	8					4	1	1	2
	Semana 22	11		1			4	2		4
	Semana 23	6					2	2	1	1
JUNIO	Semana 24	10		2		2	4			2
	Semana 25	10		1			2	3	1	3
	Semana 26	14		2			4	4	1	3

### Nota. Ramírez Solís Deivel

**Figura 46 Registro de la programación al taller del segundo trimestre del 2023**

# CAMIÓN	SEMANA 13	SEMANA 14	SEMANA 15	SEMANA 16	SEMANA 17	SEMANA 18	SEMANA 19	SEMANA 20	SEMANA 21	SEMANA 22	SEMANA 23	SEMANA 24	SEMANA 25	SEMANA 26	
1-77		1	1	1	1	1	1				1				6
1-80					1	1				1			1	1	5
1-81							1		1	1					3
1-84						1		1		1			1	1	5
1-85	1										1			1	2
1-86			1												1
1-87		1			1	1		1	1	1	1			2	9
1-88		1	1	1	1	1	1	1		1					8
1-90							1	1	1	1	1	1	1	1	8
1-91	1	1		1				1		1		1	1		7
1-92		1	1					1	1						4
1-93		1					1			1	1	1	1	1	7
1-94				1	1			1		1					4
1-95		1			1				1		1		1		5
1-96	1			1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	11
1-97	2										1	1	1	1	6
1-98	1			1	1	1									4
1-99	1				1						1	1	1	1	6
1-100			1	1	1				1						4
1-101	1				1					1	1	1	1		6
1-102	1		1			1		1		1				1	6
1-103			1				1								2
1-104			1	1				1	1			1	1		6
1-105	1				2	1	1	1				1	1		8
1-106	1							1			1	1		1	5
1-107			1					1							2
14-15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			12
14-16						1	1	1		1				1	5
14-17	1	1	1	1	1	1	1	1					1	1	10
14-18	1	1					1	1	1	1			1		7
14-19				1		1	2				1	1	1	1	8
14-20							2		1	1	1	1	1	1	8

**Nota. Concretera Nacional**

**Figura 47 Inspección técnica Dekra segundo trimestre 2023**

# CAMIÓN	Fecha de Ingreso al Taller	Fecha de Salida del Taller	Fecha de entrada de la 1° Reprogramación	Fecha de salida de la 1° Reprogramación	Fecha de entrada de la 1° Reprogramación	Fecha de salida de la 1° Reprogramación
1-81	8/5/2023	9/5/2023	26/5/2023	29/5/2023	1/6/2023	2/6/2023
1-85	30/6/2023	1/7/2023	-	-	-	-
1-87	4/4/2023	5/4/2023	30/06/203	1/7/2023	-	-
1-88	11/4/2023	24/4/2023	26/4/2023	26/4/2023	2/5/2023	3/5/2023
1-91	17/6/2023	19/6/2023	19/6/2023	22/6/2023	-	-
1-92	3/4/2023	4/4/2032	3/4/2023	15/4/2023	-	-
1-94	21/4/2023	29/4/2023	-	-	-	-
1-96	22/4/2023	22/4/2023	2/5/2023	9/5/2023	17/5/2023	17/5/2023
1-99	29/3/2023	30/3/2023	-	-	-	-
1-100	11/4/2023	15/4/2023	19/4/2023	28/4/2023	-	-
14-16	16/5/2023	17/5/2023	-	-	-	-
14-17	31/3/2023	1/4/2023	3/4/2023	4/4/2023	-	-
14-18	11/5/2023	13/5/2023	19/5/2023	22/5/2023	-	-
14-19	5/5/2023	8/5/2023	-	-	-	-

**Nota. Ramírez Solís Deivel**



## REFERENCIAS

- Brieño, A. (2015). *Organiza una empresa mapeando sus procesos: una guía clara, práctica y sen-cilla para modelar los procedimientos de una organización*. Porrúa, GR.  
<https://pdfcoffee.com/327378416-organiza-una-empresa-mapeando-sus-procesospdf-4-pdf-free.html>
- CDI Lean Manufacturing. (2019). *CDI Lean. TPM-¿qué es?* <https://lean.cdiconsultoria.es/tpm-que-es/>
- Centro de Promoción del Concreto Coloreado. (s. f.). *Concretera Nacional S. A.*  
<http://www.coloreado.com/empresas/concretera.html>
- Escuela Posgrado de Ingeniería y Arquitectura. (2021). *Escuela posgrado de Ingeniería y Arquitectura. ¿Cómo utilizar el método CPM, paso a paso?*  
<https://postgradoingenieria.com/como-utilizar-metodo-cpm/>
- Evans, R. y Lindsay, W. (2008). *Administración y control de la calidad* (7.<sup>a</sup> ed.). Cengage Learning.
- Fabelo, O. y Sánchez, D. (2009). Propuesta de metodología para el cálculo del costo del No Mantenimiento. *Ingeniería Mecánica*, 12(1), 49-58.  
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=225114975006>
- García, J. (2011). Factores relacionados con el éxito del mantenimiento productivo total. *Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia* (60), 129-140.  
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43021583012>
- Goinard, F. y Seno, B. (2014). *Control de calidad: la caja de herramientas* (1.<sup>a</sup> ed.). Grupo Editora Patria.  
[https://books.google.co.cr/books/about/La\\_Caja\\_de\\_Herramientas\\_Control\\_de\\_Calid.html?id=6tPhBAAQBAJ&redir\\_esc=y](https://books.google.co.cr/books/about/La_Caja_de_Herramientas_Control_de_Calid.html?id=6tPhBAAQBAJ&redir_esc=y)
- Gutiérrez, H. y Salazar, R. (2013). *Control Estadístico de calidad y Seis Sigma* (2.<sup>a</sup> ed.). McGraw-Hill Interamericana.
- Hernández, J. C. y Vizán, A. (2013). *Lean Manufacturing: conceptos, técnicas e implantación* (1.<sup>a</sup> ed.). Escuela de Organización Industrail EOI.

- Hernández, R. (2014). *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill.
- Jaya Escobar, A.; Planche Cardosa, P. y Guerra Bretaña, R. (2018). El rediseño de procesos como herramienta de mejora. *Observatorio de la Economía Latinoamericana*, 1(1), 1-16.
- Kestwal, K. (2017). *Implementation of Total Productive Maintenance (TPM) in a mashine shop* [Licenciatura en Ingeniería Mecatrónica, Tallin University of Techology, Estonia].  
<https://digikogu.taltech.ee/en/Item/f081d1c2-d6cd-4cc7-aaf2-485990e87cfc>
- Llontop, L. (2018). *Propuesta de implementación de mantenimiento productivo total (TPM) en el área de extracción de jugo trapiche para medir el impacto agroindustria Pomalca SSA*. Licenciatura en Ingeniería Industrial, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.
- Lusthaus, C. (2022). *Evaluación organizacional: marco para mejorar el desempeño*. Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo.
- Martínez-Vivar, R.; Sánchez-Rodríguez, A.; Infante-Díaz, Y. y Fernández-Ochoa, Y. (2019). La mejora de la productividad del trabajo en entidades de mantenimiento automotor. *Ciencias Holguín*, 25(2), 56-69. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181559111005>
- Matos, P. y Rúben, E. (2012). Desarrollo de un programa de mantenimiento productivo total (MPT) en el área de mezclas. *Ingeniería UC*, 19(3), 66-76.  
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=70732639008>
- Méndez, A. (2021). *Algunos ejemplos de diagrama de Gantt*. Plan de mejora.  
<https://www.plandemejora.com/ejemplos-de-diagrama-de-gantt/#chicago>
- Moreira, O. (2022). *Aplicación de mantenimiento Productivo Total (TPM) para el mejoramiento de los procesos operativos del taller mecánico industrial en una unidad educativa de la ciudad de Guayaquil* [Maestría en Producción y Operaciones Industriales, Universidad Politécnica].
- Ortiz, U.; Rodríguez, C. e Izquierdo, H. (2013). Gestión de Mantenimiento en pymes industriales. *Revista Venezolana de Gerencia*, 18(61), 86-104.  
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=29026161004>
- Pérez Porto, J. y Gardey, A. (2011). *Cumplimiento-Qué es, definición y concepto*. Definicion.de.  
<https://definicion.de/cumplimiento/>

- Pérez Porto, J. y Merino, M. (2010). *Reparación-Qué es, definición y concepto*. Definición.de. <https://definicion.de/reparacion/>
- Piedra Paladines, M. F. (2005). *Gerencia estratégica de mantenimiento de la empresa Plásticos del Litoral - PLASTLIT*. Escuela Superior Politécnica del Litoral. <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/7981/1/D-39569.pdf>
- Pinargote Chóez, J.; Conforme Cedeño, G.; Pincay Pilay, M.; Romero Castro, R. y Romero Castro, V. (2020). *La gestión de proyectos desde la formación de equipos, manejo de cambios y la planificación mediante los diagramas de Gantt*. Área de Innovación y Desarrollo, S. L. <https://www.3ciencias.com/wp-content/uploads/2020/10/LA-GESTION-DE-PROYECTOS-DESDE-LA-FORMACION-DE-EQUIPOS-GESTION-DE-CAMBIOS-Y.-LA-PLANIFICACION-MEDIANTE-LOS-DIAGRAMAS-DE-GANTT.pdf>
- Predictiva21. (2021). *Optimización de inventarios de Partes y Repuestos para el mantenimiento*. Predictiva21. <https://predictiva21.com/optimizacion-inventarios-partes-repuestos-mantenimiento/>
- Progressa Lean. (2021). *Progressa Lean. Análisis de Modos de Fallo y Efectos (AMFE)*. <https://www.progressalean.com/analisis-de-modos-de-fallo-y-efectos-amfe/>
- Puentes, M. (2020). *Diseño de un manual de mantenimiento Productivo Total para las máquinas y equipos de selección y embalaje de granos en la empresa Diana Corporación, S.A.S. Seccional Siberia* [Licenciatura en Ingeniería Industrial, Universidad Cooperativa de Colombia].
- Rajadell, M. y Sánchez, J. L. (2010). *Lean Manufacturing: la evidencia de una necesidad* (1.<sup>a</sup> ed.). Díaz de Santos. <https://books.google.com.co/books?id=IR2xgsdmdUoC&printsec=copyright#v=onepage&q&f=false>
- Real Academia Española. (s. f.). *Diccionario de la lengua española*. <https://dle.rae.es/retraso>
- Realiability web. (2021). *Indicadores de confiabilidad propulsores en la gestión del mantenimiento*. <https://lc.cx/yjIMoE>
- Rendón, H. (2013). *Control estadístico de calidad*. Facultad de Minas.

Safety Culture. (2022). *Mantenimiento reactivo de averías: una guía completa.*

<https://safetyculture.com/es/temas/mantenimiento-reactivo/#:~:text=El%20mantenimiento%20por%20aver%C3%ADa%2C%20tambi%C3%A9n,el%20funcionamiento%20de%20la%20empresa.>

Santos, C. (2010). *Mantenimiento Productivo Total. Una Visión Global.* Lulu.com.

Soria Cuamacás, M. (2015). *EVALUACIÓN y propuesta de mejoramiento del sistema de control interno administrativo y financiero de la compañía Rojas & Paredes Security CIA. LTDA.* Universidad Central del Ecuador.

<http://www.dspace.uce.edu.ec:8080/bitstream/25000/8500/1/T.-UCE-0003-CA091-2015.pdf>

SPC Consulting Group.. (2022). *Los costos de mantenimiento y sus implicaciones en la industria.* SPC Consulting Group.

<https://www.scribbr.es/citar/generador/folders/78QQ1FtrolsQYmMqWXPkIA/lists/4yx8g01LCHfL3suDcT5455/>

Suñé Torrents, A.; Arcusa Postils, I.; Gil Vilda, F. y Arcusa Postils, I. (2004). *Manual Práctico de diseño de sistemas Productivos.* Díaz de Santos.

[https://books.google.co.cr/books/about/Manual\\_pr%C3%A1ctico\\_de\\_dise%C3%B1o\\_de\\_sistemas.html?hl=es&id=AkR\\_hCGsTIUC&redir\\_esc=y](https://books.google.co.cr/books/about/Manual_pr%C3%A1ctico_de_dise%C3%B1o_de_sistemas.html?hl=es&id=AkR_hCGsTIUC&redir_esc=y)

Yavarone, R. (2019). La importancia del diagnóstico eficiente en el mantenimiento industrial. *Mantenimiento industrial*, 1(11), 26-30.

Zapata, A. (2015). *Ciclo de la calidad PHVA* (1.<sup>a</sup> ed.). Universidad Nacional de Colombia.

<https://anyflip.com/xivtx/sbsh/basic>

Zelaya, A. (2018). *Propuesta para el diseño de un programa de mantenimiento en la empresa Equipos y Mantenimientos Pedro Sobalbarro Sánchez, S. A.* [Licenciatura en Ingeniería Industrial, Universidad Internacional de las Américas, Costa Rica].