

**UNIVERSIDAD CENTRAL
VICERRECTORÍA ACADÉMICA**

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**EVALUAR EL SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO
DE LA FLOTILLA VEHICULAR MEDIANTE LA APLICACIÓN
DE DMAIC Y TPM EN EL CENTRO DE MANTENIMIENTO
AUTOMOTRIZ ICE-MET**

**TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN MODALIDAD DE TESIS PARA OPTAR POR EL GRADO
ACADÉMICO DE BACHILLERATO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL**

ESTUDIANTE: IVÁN MOREIRA PEREIRA

TUTOR: ING. VERÓNICA ALVARADO SALAS

**SEDE METROPOLITANA, COSTA RICA
DICIEMBRE, 2024**

CONTENIDO

DECLARACIÓN JURADA	I
CÉDULA DE IDENTIDAD.....	II
SOLICITUD DE DEFENSA.....	III
CARTA DE APROBACIÓN DEL TUTOR	IV
CARTA DE AUTORIZACIÓN DEL LECTOR.....	V
CERTIFICADO DEL FILÓLOGO	VI
CARTA DE ENTENDIMIENTO	VII
CONTENIDO	VIII
TABLAS.....	XIV
FIGURAS.....	XVI
DEDICATORIA	XIX
AGRADECIMIENTOS	XX
EPÍGRAFE	XXI
RESUMEN.....	XXII
CAPÍTULO I. PROBLEMA.....	1
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.2 OBJETIVOS	4
1.2.1 Objetivo general	4
1.2.2 Objetivos específicos	4
1.3 JUSTIFICACIÓN	4
1.4 ANTECEDENTES	5
1.4.1 Antecedentes nacionales	5
1.4.2 Antecedentes internacionales	7
1.5 PROYECCIONES.....	8
1.5.1 Alcances	9
1.5.2 Limitaciones	9
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	10
2.1 HERRAMIENTAS INGENIERILES	11
2.1.1 Project charter.....	11

2.1.2	Análisis FODA.....	12
2.1.3	Análisis de stakeholders	12
2.1.4	Árbol CTQ	13
2.1.5	Diagrama SIPOC	14
2.1.6	Diagrama de flujo	15
2.1.7	Gráfico de barras	16
2.1.8	Gráfico de pastel.....	17
2.1.9	Indicadores de mantenimiento	18
2.1.10	Control estadístico de calidad (Minitab)	19
2.1.11	Value Stream Mapping (VSM).....	20
2.1.12	Análisis de modo y efecto de falla (AMEF)	21
2.1.13	Lluvia de ideas	22
2.1.14	Diagrama de Ishikawa.....	23
2.1.15	Multivoto.....	24
2.1.16	Diagrama de Pareto	25
2.1.17	DMAIC	26
2.1.18	Matriz RACI.....	27
2.1.19	TPM	28
2.1.20	Gemba walk	29
2.1.21	Diagrama de Gantt.....	30
2.2	IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA	31
2.2.1	Visión/misión	31
2.2.2	Antecedentes históricos	32
2.2.3	Ubicación geográfica.....	32
2.2.4	Estructura organizacional.....	33
2.2.5	Cantidad de empleados	34
2.2.6	Tipos de productos.....	34
2.2.7	Mercado de exportación.....	34
2.2.8	Descripción general del proceso productivo	34
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO		37
3.1	ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN	38

3.2 MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN	38
3.3 FUENTES DE INFORMACIÓN	39
3.3.1 Sujetos de información.....	39
3.4 VARIABLES DE ANÁLISIS	39
3.5 INSTRUMENTOS.....	42
3.5.1 Observación	42
3.5.2 Entrevista	42
3.5.3 Herramientas.....	42
3.5.3.1 Project charter.....	43
3.5.3.2 Análisis FODA.....	43
3.5.3.3 Análisis de stakeholders	44
3.5.3.4 Árbol CTQ	45
3.5.3.5 Diagrama SIPOC	46
3.5.3.6 Diagrama de flujo	47
3.5.3.7 Gráfico de barras	48
3.5.3.8 Gráfico de pastel	49
3.5.3.9 Indicadores de mantenimiento	50
3.5.3.10 Control estadístico de calidad (Minitab)	51
3.5.3.11 Value Stream Mapping (VSM).....	52
3.5.3.12 Análisis de modo y efecto de falla (AMEF)	53
3.5.3.13 Lluvia de ideas	54
3.5.3.14 Diagrama de Ishikawa.....	55
3.5.3.15 Multivoto.....	55
3.5.3.16 Diagrama de Pareto	56
3.5.3.17 DMAIC	57
3.5.3.18 Matriz RACI.....	57
3.5.3.19 TPM	58
3.5.3.20 Gemba Walk	59
3.5.3.21 Diagrama de Gantt.....	59
3.6 PROCESO PARA LA RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS	60
CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS	62

4.1 DEFINIR	63
4.1.1 Project charter.....	64
4.1.2 Análisis de stakeholders	67
4.1.3 Diagrama SIPOC	68
4.1.4 Árbol CTQ	70
4.1.5 Análisis FODA.....	71
4.1.6 Flujo del proceso PM-SAP-orden de trabajo (OT).....	72
4.2 MEDIR.....	73
4.2.1 Indicador histórico de alertas	74
4.2.2 Resultados del proceso-alertas del año 2023	74
4.2.3 Datos históricos del año 2023.....	76
4.2.4 Capacidad de producción instalada	78
4.2.5 Gráfico de tendencias y comportamientos de los datos del año 2023	79
4.2.6 Control estadístico de la calidad, medición con Minitab.....	81
4.2.7 Cálculo del índice de inestabilidad.....	83
4.2.8 Resumen de la medición con Minitab	84
4.2.9 Value Stream Mapping (VSM) del proceso PM-SAP-orden de trabajo	86
4.2.10 Análisis de modo y efecto de falla (AMEF)	89
4.3 ANALIZAR.....	94
4.3.1 Actividades más frecuentes del resultado del valor RPN.....	94
4.3.2 Sesión de lluvia de ideas	95
4.3.3 Diagrama de Ishikawa de las causas resultantes	98
4.3.4 Multivotación de los factores más significativos.....	101
4.3.5 Pareto de las causas de mayor impacto	102
4.3.6 Conclusión del capítulo IV, “Análisis de resultados”.....	104
CAPÍTULO V. PROPUESTA	105
5.1 MEJORAR.....	106
5.1.1 Matriz RACI.....	106
5.1.2 Resumen de causa-mejora-enfoque-beneficio-responsable.....	107
5.1.3 Propuestas de mejora	108
5.1.3.1 Cumplimiento de la programación del mantenimiento	108

5.1.3.2 Capacitación de procedimientos normados (c/mes)	110
5.1.3.3 Supervisión operativa y administrativa	113
5.1.3.4 Control y auditoría de la calidad	114
5.1.4 Implementación	115
5.1.5 Nuevo cálculo del cumplimiento del proceso (datos históricos del año 2024)	118
5.1.5.1 Indicador de gestión de calidad	118
5.1.6 Nuevo cálculo de la capacidad de producción instalada (actual)	119
5.1.7 Gráfico de tendencias y comportamientos de los datos del año 2024	120
5.1.8 Comparativo del cumplimiento del proceso en el año 2023 vs el año 2024 (datos históricos)	123
5.1.8.1 Cumplimiento del proceso en el año 2023	123
5.1.8.2 Cumplimiento del proceso en el año 2024	123
5.2 CONTROLAR	124
5.2.1 Control y auditoría de la programación de preventivos pendientes	125
5.2.2 Check in del cumplimiento (nueva programación)	129
5.2.3 Análisis de modo y efecto de falla (AMEF)	131
5.2.4 Comparativo de los datos históricos del año 2023 vs el año 2024	134
5.2.4.1 Cumplimiento del proceso en el año 2023	134
5.2.4.2 Cumplimiento del proceso en el año 2024	134
5.2.5 Resumen de los costos de la implementación	136
5.2.6 Rutina MP básico (TPM)	137
5.2.7 Retorno de la inversión ROI	138
5.2.8 Diagrama de Gantt	139
5.2.9 Se cumple el objetivo general	141
CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	142
CONCLUSIONES	143
RECOMENDACIONES	144
REFERENCIAS	145
APÉNDICES Y ANEXOS	153
APÉNDICE 1: GLOSARIO DE TÉRMINOS	154

APÉNDICE 2: MULTIVOTO	155
APÉNDICE 3: MATRIZ RACI	156
APÉNDICE 4: DIAGRAMA DE GANTT	157
APÉNDICE 5: CHECK IN, FEEDBACK DEL CLIENTE	158

TABLAS

Tabla 2.1: Cantidad de empleados por área.....	34
Tabla 3.1: Variables de la investigación por objetivo específico.....	41
Tabla 4.1: Control del mantenimiento preventivo del CMA-ICE-MET.....	76
Tabla 4.2: Control del mantenimiento preventivo del CMA-ICE-MET (continuación)	77
Tabla 4.3: Capacidad instalada-jornada laboral en el año 2023.....	78
Tabla 4.4: Criterios AMEF, severidad.....	89
Tabla 4.5: Criterios AMEF, frecuencia.....	90
Tabla 4.6: Criterios AMEF, detectabilidad	90
Tabla 4.7: Evaluación general AMEF para el procesamiento de AVISOS y ÓRDENES PM	92
Tabla 4.8: Resultados de la evaluación general AMEF para el proceso actual.....	93
Tabla 4.9: Análisis de las actividades más utilizadas	94
Tabla 4.10: Multivoto para las causas de mayor impacto.....	101
Tabla 5.1: Matriz RACI de la etapa de mejora.....	106
Tabla 5.2: Resumen de la causa-mejora-enfoque-beneficio-responsable.....	107
Tabla 5.3: Control del mantenimiento preventivo del CMA-ICE-MET.....	119
Tabla 5.4: Capacidad instalada-jornada laboral del año 2024 (actual).....	120
Tabla 5.5: Cumplimiento del proceso en el año 2023, antes de la implementación	123
Tabla 5.6: Cumplimiento del proceso en el año 2024, después de la implementación	124
Tabla 5.7: Comparativo del cumplimiento del proceso en el año 2023 vs el año 2024	124
Tabla 5.8: Control del mantenimiento preventivo del CMA-ICE-MET, año 2024	126
Tabla 5.9: Resultados porcentuales del check in	130
Tabla 5.10: Evaluación general AMEF después de la implementación.....	132
Tabla 5.11: Resultados de la evaluación general AMEF después de las mejoras	133
Tabla 5.12: Comparativos de RPN	133
Tabla 5.13: Cumplimiento del proceso en el año 2023, antes de la implementación y el control	134

Tabla 5.14: Cumplimiento del proceso en el año 2024, después de la implementación y control 135

Tabla 5.15: Comparativo del cumplimiento del proceso en el año 2023 vs el año 2024..... 135

Tabla 5.16: Capacidad semanal del MP programado en el año 2024 136

Tabla 5.17: Costos de implementación en el año 2024 136

Tabla 5.18 MP básico (TPM) 137

Tabla 5.19: Retorno de la inversión en el año 2024 138

FIGURAS

Figura 2.1: Ejemplo de un project charter.....	11
Figura 2.2: Ejemplo de un análisis FODA.....	12
Figura 2.3: Ejemplo de un análisis de stakeholders	13
Figura 2.4: Ejemplo de un árbol CTQ.....	14
Figura 2.5: Ejemplo de un diagrama SIPOC	15
Figura 2.6: Ejemplo un diagrama de flujo	16
Figura 2.7: Ejemplo de un gráfico de barras.....	17
Figura 2.8: Ejemplo de un gráfico de pastel	18
Figura 2.9: Ejemplo de indicadores de mantenimiento.....	19
Figura 2.10: Ejemplo de un control estadístico de calidad	20
Figura 2.11: Ejemplo de un Value Stream Mapping (VSM).....	21
Figura 2.12: Ejemplo de un análisis de modo y efecto de falla (AMEF)	22
Figura 2.13: Ejemplo de una lluvia de ideas.....	23
Figura 2.14: Ejemplo de un diagrama de Ishikawa.....	24
Figura 2.15: Ejemplo de un mulivoto	25
Figura 2.16: Ejemplo de un diagrama de Pareto	26
Figura 2.17: Ejemplo de DMAIC	27
Figura 2.18: Ejemplo de una matriz RACI	28
Figura 2.19: Ejemplo de TPM.....	29
Figura 2.20: Ejemplo de un gemba walk	30
Figura 2.21: Ejemplo de un diagrama de Gantt.....	31
Figura 2.22: Mapa satelital del plantel CMA-ICE-MET	33
Figura 2.23: Organigrama del CMA-ICE-MET	33
Figura 2.24: Flujo general del proceso productivo del CMA-ICE-MET	35
Figura 2.25: Diagrama del proceso PM-SAP-Orden de Trabajo (OT).....	36
Figura 3.1: Ejemplo del project charter vacío	43
Figura 3.2: Ejemplo de un análisis FODA vacío	44
Figura 3.3: Ejemplo de un análisis de stakeholders vacío.....	45
Figura 3.4: Ejemplo de un árbol CTQ vacío	46

Figura 3.5: Ejemplo de un diagrama SIPOC vacío	47
Figura 3.6: Ejemplo de un diagrama de flujo vacío.....	48
Figura 3.7: Ejemplo de un gráfico de barras vacío	49
Figura 3.8: Ejemplo de un gráfico de pastel vacío.....	50
Figura 3.9: Ejemplo de indicadores de mantenimiento vacío	51
Figura 3.10: Ejemplo de Minitab vacío	52
Figura 3.11: Ejemplo de un Value Stream Mapping (VSM) vacío	53
Figura 3.12: Ejemplo de un AMEF vacío	54
Figura 3.13: Ejemplo de una lluvia de ideas vacío	54
Figura 3.14: Ejemplo de un diagrama de Ishikawa vacío	55
Figura 3.15: Ejemplo de un mulivoto vacío.....	56
Figura 3.16: Ejemplo de un diagrama de Pareto vacío.....	56
Figura 3.17: Ejemplo de un DMAIC vacío	57
Figura 3.18: Ejemplo de una matriz RACI vacía.....	58
Figura 3.19: Ejemplo de un TPM vacío	58
Figura 3.20: Ejemplo de un gemba walk vacío.....	59
Figura 3.21: Ejemplo de un diagrama de Gantt vacío	60
Figura 3.22: DMAIC para la recolección y análisis de datos	61
Figura 4.1: Project charter del servicio de mantenimiento del CMA-ICE-MET	65
Figura 4.2: Análisis de stakeholders del CMA-ICE-MET	67
Figura 4.3: SIPOC del mantenimiento preventivo del CMA-ICE-MET	69
Figura 4.4: Árbol CTQ del mantenimiento preventivo del CMA-ICE-MET	71
Figura 4.5: Análisis FODA del CMA-ICE-MET	72
Figura 4.6: Flujo del proceso administrativo y operativo actual	73
Figura 4.7: Indicador del proceso-alertas del año 2023.....	74
Figura 4.8: Resultados del proceso-alertas del año 2023	75
Figura 4.9: Gráfico de las tendencias y comportamientos de los datos del año 2023....	80
Figura 4.10: Gráfico p “natural” de los mantenimientos preventivos pendientes	82
Figura 4.11: Gráfico p “especificación” de los mantenimientos preventivos pendientes.	83
Figura 4.12: Gráfico p “simulación con especificación y ajustes”	85
Figura 4.13: Value Stream Mapping (VSM) actual del proceso.....	87

Figura 4.14: Lluvia de ideas de las causas que afectan el proceso	96
Figura 4.15: Diagrama de Ishikawa para las causas que afectan el proceso	99
Figura 4.16: Pareto para las causas de mayor impacto	103
Figura 5.1: Programación PM (TX-IP02)	109
Figura 5.2: Ejecutar la programación PM (TX-IP10).....	110
Figura 5.3: Capacitación de la ejecución PM (F01-GSO-12-02. V01)	111
Figura 5.4: Capacitación de la ejecución PM (F01-GSO-12-02. V01) (continuación)...	112
Figura 5.5: Supervisión de la ejecución PM (TX-IP24).....	113
Figura 5.6: Medir la programación PM (TX-IW38).....	114
Figura 5.7: Diagrama de Gantt de la etapa de implementación	117
Figura 5.8: Gráfico de las tendencias y comportamientos de los datos del año 2024 .	121
Figura 5.9: Gráfico del control del mantenimiento preventivo del CMA-ICE-MET, año 2024.....	128
Figura 5.10: Check in, feedback del cliente en el mes de julio del año 2024	130
Figura 5.11: Diagrama de Gantt de la etapa de control.....	140

DEDICATORIA

Dedicado en memoria de mi papá, Gerardo Moreira Barrantes (Q.E.P.D. 22/10/2022), y a mi mamá, Dora Emilia Pereira Sanabria (persona con enfermedad de Alzheimer desde el deceso de mi papá en 2022), porque siempre lucharon y creyeron en mí, me apoyaron con mis estudios, y me educaron con buenas costumbres familiares y valores, para ser una persona de bien y excelente profesional.

Asimismo, a Dios y la Virgen María, por guiarme y darme las fuerzas de seguir adelante.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, a mi familia, por apoyarme en todo momento.

En especial, a la profesora Verónica, por su ayuda y guía en la realización de este proyecto. Siempre estuvo anuente a atender mis dudas y mostró una alta disposición a lo largo de estos 4 meses.

A la Universidad Central y a todos los docentes de la Escuela de Ingeniería Industrial, que, gracias a su guía, han sido los pilares fundamentales para formar a los futuros profesionales egresados de esta gran institución.

A todos, muchas gracias.

EPÍGRAFE

*“Cuando todo parezca ir en tu contra, recuerda
que el avión despegó contra el viento”.*

Henry Ford Litogot

RESUMEN

El Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) es una empresa estatal que brinda servicios de electricidad y telecomunicaciones en Costa Rica, la cual a su vez tiene a lo largo del territorio nacional centros de servicio automotriz llamados CMA, los mismos se dedican al mantenimiento preventivo y servicio de reparación de sus propios activos, tales como vehículos de carga liviana y de carga pesada multimarca.

El caso de estudio es el CMA-ICE-MET, centro de servicio automotriz, ubicado en Turrúcares de Alajuela, Costa Rica, que brinda el servicio mencionado a una considerable cantidad de vehículos de la flota institucional del ICE, actualmente 320 unidades activas. Así, el objetivo principal de este trabajo es evaluar el Sistema de Gestión de Mantenimiento de la Flotilla Vehicular, mediante la aplicación de DMAIC y TPM en el Centro de Mantenimiento Automotriz ICE-MET, y reducir el índice de los mantenimientos pendientes por realizar.

Los datos estadísticos se obtienen del periodo 2023, para procesarlos de la siguiente manera: total de mantenimientos programados por semana, mantenimientos realizados, mantenimientos pendientes de realizar y, como indicador, el peso relativo en porcentaje de los mantenimientos pendientes de realizar por semana, esto es la alerta que detona la insatisfacción de servicio al cliente e improductividad por el no cumplimiento aceptable del programa.

La metodología DMAIC y las demás herramientas ingenieriles son la clave en el desarrollo de este trabajo de investigación y propuesta de mejora de los procesos industriales, como lo es el cumplimiento del programa de plan de mantenimiento preventivo vehicular ICE.

Palabras clave: DMAIC, programación, ejecución, satisfacción del cliente, productividad y servicio de calidad.

CAPÍTULO I. PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El caso de estudio se desarrolla en el CMA-ICE-MET, centro de servicio automotriz, ubicado en Turrúcares de Alajuela, Costa Rica, este brinda el servicio de mantenimiento preventivo a una considerable cantidad de vehículos de la flota institucional ICE (Instituto Costarricense de Electricidad), que en la actualidad está constituida por 320 vehículos livianos, los mismos se encuentran al 100 % en los planes de mantenimiento activos.

Las rutinas de planes de mantenimientos que se realizan a los vehículos son preventivas, en intervalos de 6000 km, 12 000 km, 18 000 km y 24 000 km respectivamente; además, el indicador con el cual se clasifican las rutinas preventivas es por el método de ABC para el mantenimiento crítico, esto según prioridad, como se muestra:

A = alta B = mediana C = baja

El problema actual radica en el incremento del índice de los mantenimientos preventivos pendientes de realizar, que se encuentra actualmente en un 33 % promedio anual, esto de acuerdo con los datos estadísticos del programa de mantenimiento preventivo del periodo 2023.

La métrica establecida en el indicador de gestión de calidad “avance del plan de mantenimiento del SIG” señala que, del total de los mantenimientos programados, se debe cumplir al menos un 75 % el promedio anual de los mantenimientos realizados, pero en la actualidad está en un 67 % promedio anual de los mantenimientos realizados, confirmando un bajo logro porcentual según el parámetro del indicador.

Para interpretar los rangos porcentuales, en el caso del índice de los mantenimientos preventivos pendientes de realizar, sube en un 8 % promedio anual al encontrarse actualmente en un 33 % promedio anual, pero el parámetro aceptable de este índice es un 25 % promedio anual. Asimismo, en la actualidad el índice de los mantenimientos realizados baja en un 8 % promedio anual al hallarse en un 67 % promedio anual, pero el parámetro aceptable es un 75 % promedio anual.

Por lo tanto, existe un incumplimiento en la gestión del proceso de mantenimiento preventivo del CMA-ICE-MET, lo cual alerta en una no conformidad e irregularidad de procesos que se debe analizar, corregir, mejorar y controlar.

Según el indicador de gestión de calidad “avance del plan de mantenimiento del Sistema Integrado de Gestión (SIG)”, los parámetros del índice de los mantenimientos preventivos realizados son:

Sobresaliente = >80 % Aceptable = 75 % Bajo logro = <70 %

Por su parte, los parámetros del índice de los mantenimientos preventivos pendientes de realizar son:

Sobresaliente = <20 % Aceptable = 25 % Bajo logro = >30 %

Algunas posibles causas del alto índice de los mantenimientos preventivos pendientes de realizar son:

- Incumplimiento del cliente para llevar a cabo las rutinas en las fechas programadas.
- Falta de insumos para realizar los mantenimientos programados.
- Poco personal ejecutor de las rutinas de mantenimiento programadas.
- Ausencia de supervisión operativa y administrativa en la ejecución del rutinario.

Como consecuencias reales o potenciales del alto índice de pendientes de mantenimientos preventivos, la alerta del reporte de control estadístico de la calidad identifica un aumento notorio en los mantenimientos correctivos y, por tal razón, con la intención de buscar una solución a estos problemas, se inicia un plan de estudios de las posibles causas a fin de buscar incrementar la ejecución de los mantenimientos preventivos, así como la satisfacción de los clientes.

Además, los análisis ayudan a considerar el planteamiento de recomendaciones cualitativas y cuantitativas para reducir la mayor parte de los mantenimientos preventivos pendientes indicados con anterioridad. Cabe destacar que si un vehículo no tiene sus mantenimientos preventivos al día, puede causar un accidente o poner en riesgo al conductor o personas en carretera.

Por consiguiente, se efectúa un estudio aplicando la metodología DMAIC, TPM y sus herramientas ingenieriles, con el propósito de disminuir los índices de los mantenimientos

preventivos pendientes de realizar con respecto a los mantenimientos preventivos programados, lo cual impacta de manera positiva y beneficia en bajar los costos operativos, también en subir la productividad y satisfacción del cliente de la mano con el efecto directamente proporcional de bajar el índice de los mantenimientos correctivos. De este modo, se plantea: ¿Por qué no se cumplen los mantenimientos preventivos programados?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo general

Evaluar el Sistema de Gestión de Mantenimiento de la Flotilla Vehicular mediante la aplicación de la metodología DMAIC y TPM en el Centro de Mantenimiento Automotriz ICE-MET, para proponer mejoras que contribuyan a reducir el índice de los mantenimientos preventivos pendientes en al menos un 12 %.

1.2.2 Objetivos específicos

- Definir las principales razones por las cuales el sistema de programación de mantenimientos preventivos no está siendo efectivo.
- Medir, por medio de la metodología DMAIC y sus herramientas ingenieriles, el impacto que genera el problema en la institución.
- Analizar las causas encontradas e identificar por qué están sucediendo.
- Proponer mejoras que permitan mantener un nivel estable de satisfacción de servicio al cliente.
- Controlar sistemáticamente el cumplimiento de los indicadores del programa de mantenimiento preventivo y mejora continua de los procesos integrados.

1.3 JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo de investigación, aplicando la metodología DMAIC y sus herramientas ingenieriles, está orientado a la solución de una problemática real que se presenta en el CMA-ICE-MET, mediante el aporte de un análisis que permite entender la dinámica del proceso de mantenimiento de los vehículos y cómo afecta a la productividad. Todas estas

actividades se realizan con el propósito de lograr la mejora continua en la administración de fondos públicos, lo que siempre debe ser un equilibrio entre el costo y el gasto, sin lucro o rentabilidad, como sí lo es en la empresa privada.

1.4 ANTECEDENTES

1.4.1 Antecedentes nacionales

El primer antecedente corresponde a un aporte técnico de la Universidad de Costa Rica para RECOPE, denominado: *Mantenimiento de vehículos: una forma de garantizar su propia economía* y elaborado por Siles (s.f.).

En este documento, se describe muy bien el manual de inspección de control de calidad en las rutinas de mantenimiento de vehículos, para que se utilice como una guía completa con el fin de garantizar su propia economía, al seguir la estandarización de las actividades y cumplimiento de las mismas.

El segundo antecedente es el trabajo final de graduación titulado: *Establecer un sistema de evaluación de desempeño del Departamento de Servicios Técnicos de BaByliss Costa Rica, S. A.*, llevado a cabo por Valverde (2007) en la Universidad de Costa Rica.

El objetivo general es establecer un sistema de evaluación de desempeño del Departamento de Servicios Técnicos de BaByliss Costa Rica S. A. para crear una herramienta que ayude a la digitación y análisis automático de los datos del mantenimiento de la empresa y, así, calcular los índices de desempeño que orienten al personal a usar las mejores prácticas para mejorar su eficiencia.

El tercer antecedente es el trabajo final de graduación llamado: *Aseguramiento de calidad en el proceso de extrusión, para reducir la variabilidad de las dimensiones del producto del Departamento de Extrusiones, mediante la metodología DMAIC en la empresa TE Medical* y realizado por Quant (2022) en la Universidad Latina de Costa Rica.

Esta investigación se efectúa por medio de la metodología DMAIC, haciendo uso de diferentes herramientas ingenieriles y estadísticas para su desarrollo. Se enfoca en el aseguramiento de la calidad del proceso productivo del Departamento de Extrusiones en

la empresa de dispositivos médicos TE Medical, San Rafael, Costa Rica. Así mismo, hace énfasis en la necesidad de mejorar el proceso productivo para la disminución de desperdicios generados por las no conformidades dimensionales de los tubos extruidos.

El cuarto antecedente es el proyecto de graduación denominado: *Diseño de un modelo gestión en mantenimiento para la empresa MOOG Medical Devices Group*, hecho por Espinoza (2018) en el Instituto Tecnológico de Costa Rica.

En este se establece que para lograr una excelencia operacional, las compañías deben contar, para el caso del área de mantenimiento, con estrategias que permitan llevar y mantener los equipos a la condición requerida por la unidad de negocio. Es a partir de este punto donde un modelo de gestión en mantenimiento contribuye como un factor clave para alcanzar las metas y realizar el cumplimiento de objetivos que buscan el crecimiento de la organización.

Por último, el quinto antecedente es la tesis de Calderón (2022), titulada: *Actualización e implementación de manual de mantenimiento preventivo para módulo probador de máquina de prueba de microprocesadores* y elaborada en la Universidad Internacional de las Américas.

La investigación se enfoca en el proceso que involucra la implementación de las mejoras del plan a nivel corporativo. Además, el análisis de reducción de costos orientado al ahorro de repuestos mejora la vida útil de los componentes que forman parte del módulo y reduce el tiempo inactivo en máquina.

La propuesta conlleva la mejora e implementación de un plan de mantenimiento preventivo para el módulo o colateral probador perteneciente a la máquina llamada probador modular de alta densidad, para lo cual se va a generar una revisión del manual de mantenimiento actual, con la intención de aplicar mejoras al documento con base en el estudio del área respectiva, los componentes del módulo, las reparaciones correctivas actuales, los indicadores y alarmas de la máquina relacionada al módulo y, por consiguiente, la implementación del plan.

1.4.2 Antecedentes internacionales

El primer antecedente internacional corresponde el texto de Cantillo (2020), llamado: *Control de calidad en mantenimiento*.

Según esta investigación, para asegurar reparaciones de alta calidad, estándares de tiempo exactos, máxima disponibilidad del equipo, extensión del ciclo de vida del equipo y tasas eficientes de producción, es necesario desarrollar un sistema eficaz de control de la calidad para el mantenimiento. El logro de la calidad en mantenimiento y el cumplimiento de los objetivos de confiabilidad son responsabilidad del personal de mantenimiento. Un esfuerzo conjunto del personal de control de calidad, los supervisores de mantenimiento y los técnicos es esencial para garantizar un mantenimiento de alta calidad y la confiabilidad del equipo.

El segundo antecedente es la tesis denominada: *Sistema de mejora continua basado en el mantenimiento productivo total para reducir los desperdicios en el área de producción de la empresa Induamerica S.A.C.-Lambayeque 2016* y desarrollada por Maldonado y Ysique (2017) en la Universidad Señor de Sipán.

El objetivo del estudio es proponer un sistema de mejora continua basado en la filosofía de mantenimiento productivo total, para reducir los desperdicios, involucrando al personal del área de producción dentro del sistema de mejora. Así, la empresa Induamerica SAC logra que se realicen los procesos de manera ordenada y eficiente para disminuir costos y ejercer control de las áreas involucradas.

El tercer antecedente es la tesis titulada: *Propuesta de mejora de la gestión de mantenimiento para optimizar el desempeño en una unidad minera del sur del país- Arequipa 2021*, realizada por Navarro (2020) en la Universidad Continental.

En este trabajo se hace referencia a los sistemas de gestión, los cuales son herramientas necesarias para establecer las actividades por seguir en el día tras día para una explícita tarea productiva. La implantación de este sistema permite a las organizaciones optimizar sus recursos disponibles, lograr una mejora significativa en la empresa, disminuir sobrecostos y, en consecuencia, optimizar el rendimiento de dicha organización.

El cuarto antecedente es el trabajo de grado de Velandia, Saldaña y Hernández (2021), llamado: *Propuesta de mejora de la gestión para el mantenimiento de los activos en el área de taller de la empresa Solo-Toyota* y hecho en la Universidad ECCI.

En este documento se presenta una propuesta de mejora en la gestión del mantenimiento de dichos activos, esta estrategia tiene efectos positivos en las actividades diarias de la empresa y contribuye al objetivo primordial de la empresa, a saber, ofrecer el mejor servicio posventa.

El quinto antecedente se refiere al trabajo final de graduación de Ortega y Verona (2004), denominado: *Implementación de indicadores de mantenimiento en el taller industrial ADIFE LTDA* y llevado a cabo en la Universidad Tecnológica de Bolívar.

Al respecto, los autores indican en su propuesta que el principal objetivo de los indicadores es poder evaluar el desempeño del área mediante parámetros establecidos en relación con las metas, asimismo observar la tendencia en un lapso durante un proceso de evaluación.

La metodología de indicadores en fiabilidad, confiabilidad, mantenibilidad, disponibilidad y valores asociados permite elevar el nivel de confiabilidad en las decisiones que se toman alrededor de la ingeniería de fábricas, obteniendo, entre otros muchos beneficios, la disminución o eliminación de fallos, la disminución de los costos y aumentos significativos de la vida útil de los equipos, seguridad en la planeación de la producción con el indicador de disponibilidad, la elevación de la calidad y, en general, trabajar con calma y suficiente tiempo de planear todas las actividades inherentes al mantenimiento y la producción.

1.5 PROYECCIONES

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo general “evaluar el Sistema de Gestión de Mantenimiento de la Flotilla Vehicular, por medio de la utilización de la metodología DMAIC y TPM, para reducir el índice de los mantenimientos preventivos pendientes” y se orienta a la solución de una problemática real que se presenta en el CMA-ICE-MET. De este modo, se espera lograr resultados positivos con los objetivos general y específicos, para optimizar el programa de mantenimiento preventivo, tomando

en cuenta los factores más relevantes que estandaricen los criterios de las inspecciones y disminuyan los posibles errores asociados.

1.5.1 Alcances

El trabajo se enfoca en el área de servicio y mantenimiento del CMA-ICE-MET ubicado en la provincia de Alajuela, cantón de Alajuela, distrito de Turrúcares, Barrio Cebadilla, Costa Rica.

Un beneficio que obtiene la institución si implementa la propuesta planteada por medio de la utilización de la metodología DMAIC y TPM, es reducir el índice de los mantenimientos preventivos pendientes.

Al aplicar técnicas ingenieriles como DMAIC, TPM y análisis de los métodos de trabajo actuales, se hace que operativamente el Centro de Mantenimiento Automotriz sea más eficiente y se disminuyan sus costos operativos, averías, problemas de calidad y seguridad en los servicios integrales, y con la optimización de todos los recursos se logre que la flota vehicular ICE esté disponible en el momento que se requiera.

1.5.2 Limitaciones

No existieron limitaciones durante el desarrollo del presente estudio.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 HERRAMIENTAS INGENIERILES

Seguidamente se detallan las herramientas y conceptos ingenieriles tomados en cuenta para el desarrollo del presente estudio.

2.1.1 Project charter

El *project charter* establece de manera formal la existencia y el desarrollo de un proyecto; sin embargo, no es un documento técnico, no explica cómo se va a realizar el proyecto, esto se establece en el plan de acción, pero el *project charter* sí recoge la información de aspectos claves orientados al inicio del proyecto. Por tanto, es un documento donde se puede plasmar información importante para el éxito y ejecución de un proyecto dentro de la organización. El flujo normal de este documento es su desarrollo por medio del dueño del proyecto y requiere aprobación de los gerentes o jefes inmediatos como protocolo de constitución del proyecto (Hayes, 2020).

Figura 2.1: Ejemplo de un project charter

PROJECT CHARTER

NOMBRE DEL PROYECTO	SIGLAS DEL PROYECTO
EncuentraMe	EMe
DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO: ¿QUÉ, QUIÉN, CÓMO, CUÁNDO Y DÓNDE?	
<p>Que: una plataforma web para brindar ayuda a las PyMES a publicitarse en internet Quien: Los integrantes del equipo del proyecto, Cristian Ramirez Rosas y Juan Carlos Herrera Guzman Como: Se desarrollara una plataforma web, usando tecnologías web, html5 y java como principales lenguajes de programación Cuando: empezando el día 22 de septiembre con fecha de inicio hasta el 27 de noviembre del 2015 como fecha de termino del proyecto Donde: En el laboratorio de Tecnologías Web del ITM, en la ciudad de Morelia, Mich. Mexico.</p>	
DEFINICIÓN DEL PRODUCTO DEL PROYECTO: DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO, SERVICIO O CAPACIDAD A GENERAR.	
<p>Descripción del producto: Brindará 2 tipos de servicios:</p> <ol style="list-style-type: none"> es una herramienta web, el cual ayudara principalmente a las PyMES de la ciudad de Morelia para poder publicitarse y tener la ventaja de poder crear un mini sitio de internet, donde podrá extender mas su capacidad de clientes y brindar mas información de la PyME. sera un herramienta de busqueda para el publico en general para poder encontrar por medio del sitio los servicios y/o productos que las PyMES nos ofrecen y poder saber exactamente donde se encuentra ubicada la PyME y si cumple con nuestros requisitos de calidad. 	
DEFINICIÓN DE REQUISITOS DEL PROYECTO: DESCRIPCIÓN DE REQUERIMIENTOS FUNCIONALES, NO FUNCIONALES, DE CALIDAD, ETC., DEL PROYECTO/PRODUCTO.	
<p>Requerimientos funcionales: La herramienta web tendrá distintas partes funcionales entre las que destacan, registro de las PyMES por medio de un formulario web, podran hacer inicio de sesion, los usuarios no tendrán que registrarse y todos estos datos serán manejados por una base de datos, además de poder contar con las tecnologías de ubicacion en mapas. Requerimientos no funcionales: La herramienta será multiplataforma, podran usarla todo tipo de personas ya que será intuitiva, la interfaz será bastante amigable, para el facil manejo de esta. La herramienta no tendrá un costo, se maneja publicidad y la opcion de crear un micrositio si tendrá costo. Requerimientos de calidad: Se obtendra una certificación de calidad por parte de "sello de calidad" ya que es gratuita y esta contemplada como una de las mejores.</p>	
OBJETIVOS DEL PROYECTO: METAS HACIA LAS CUALES SE DEBE DIRIGIR EL TRABAJO DEL PROYECTO EN TÉRMINOS DE LA TRIPLE RESTRICCIÓN.	

Fuente: Hayes, 2020.

2.1.2 Análisis FODA

De acuerdo con Pursell (2024):

El análisis FODA es una técnica que se usa para identificar las fortalezas, las oportunidades, las debilidades y las amenazas del negocio o, incluso, de algún proyecto específico. Si bien, por lo general, se usa mucho en pequeñas empresas, organizaciones sin fines de lucro, empresas grandes y otras organizaciones; el análisis FODA se puede aplicar tanto con fines profesionales como personales.

Figura 2.2: Ejemplo de un análisis FODA

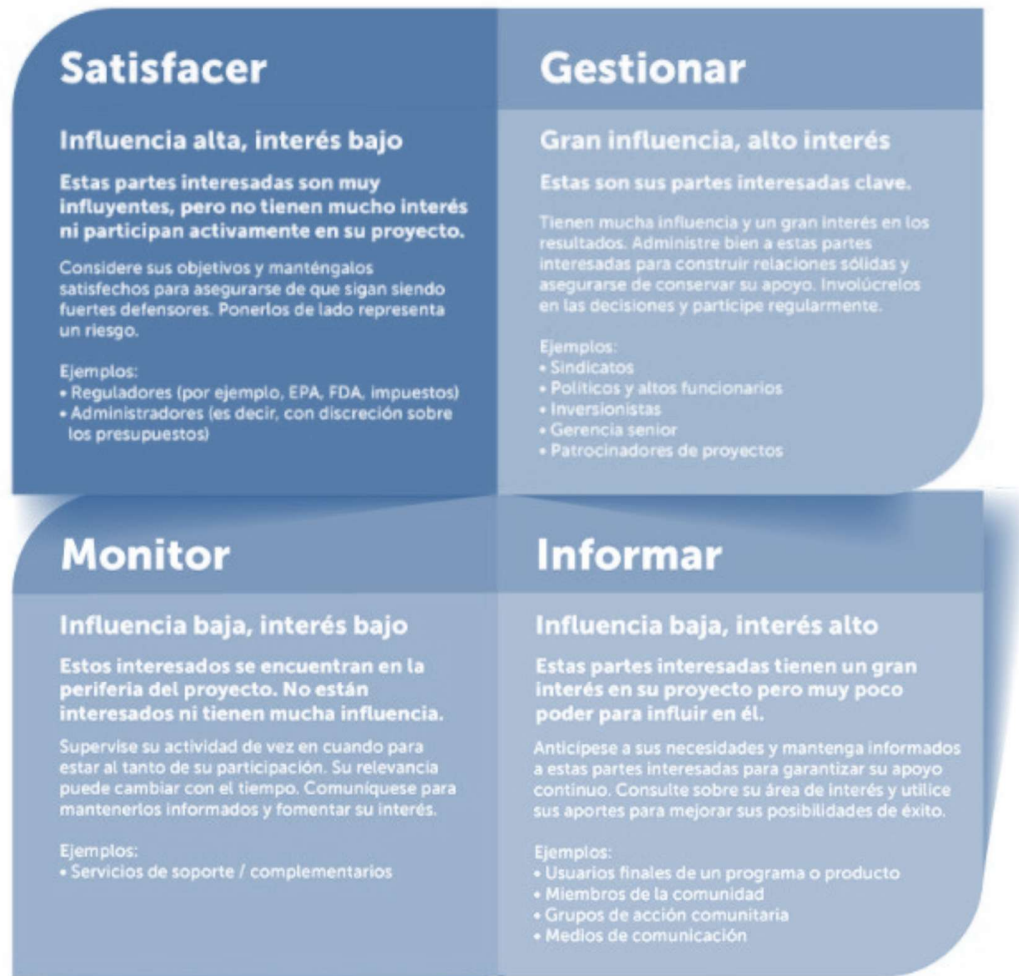


Fuente: Pursell, 2024.

2.1.3 Análisis de stakeholders

Para Lira (2021), “El análisis de *stakeholders* es la identificación, evaluación y priorización sistemáticas de todas las personas que pueden influir o que tienen interés en un proyecto, programa o empresa”.

Figura 2.3: Ejemplo de un análisis de stakeholders



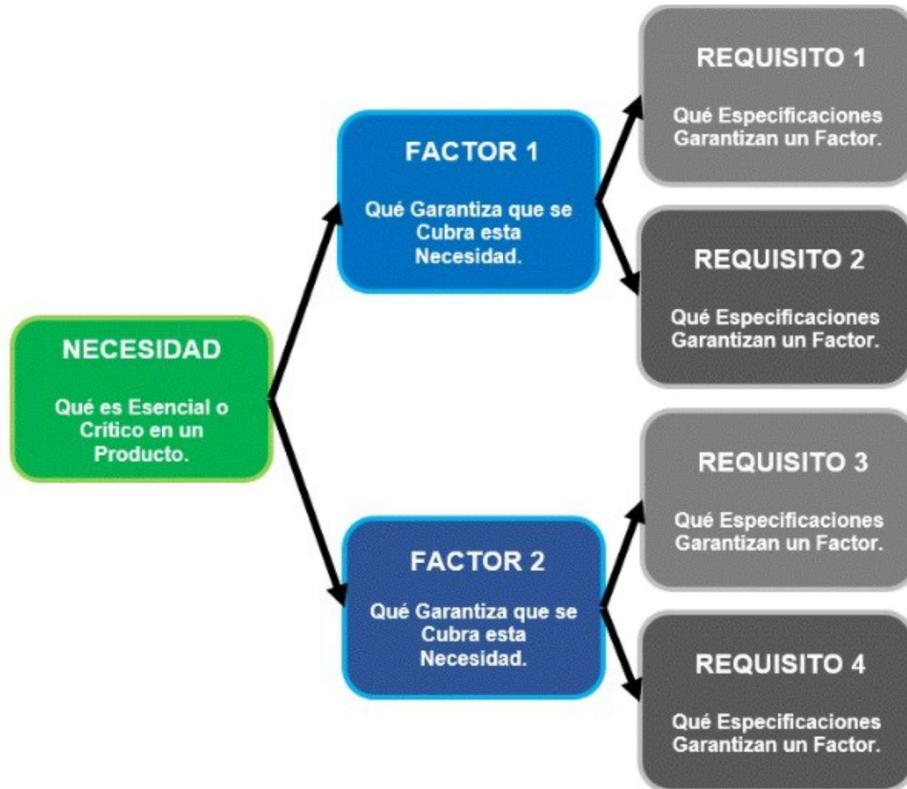
Fuente: Lira, 2021.

2.1.4 Árbol CTQ

En cuanto a esta herramienta, Global Trust Association (2019) menciona:

El árbol crítico de la calidad (CTQ, por sus siglas en inglés) es un diagrama en el que se muestran los indicadores de calidad que permiten medir y determinar la calidad de un producto y/o servicio de una forma cuantitativa y cualitativa.

Figura 2.4: Ejemplo de un árbol CTQ



Fuente: Global Trust Association, 2019.

2.1.5 Diagrama SIPOC

Respecto a este diagrama, Ortega (2024) señala:

Un diagrama SIPOC es una herramienta de calidad utilizada en la gestión de procesos para identificar y visualizar los elementos clave de un proceso. El acrónimo SIPOC se refiere a *Suppliers* (proveedores), *Inputs* (entradas), *Process* (proceso), *Outputs* (salidas) y *Customers* (clientes).

Figura 2.5: Ejemplo de un diagrama SIPOC



Fuente: Ortega, 2024.

2.1.6 Diagrama de flujo

Referente a este diagrama, Asana (2024) detalla:

En el diagrama de flujo se representan todos los pasos, las secuencias y las decisiones de un proceso o flujo de trabajo. Si bien hay muchos tipos diferentes de diagrama de flujo, el diagrama básico es un mapa de procesos en su forma más simple. Es una herramienta muy potente que se puede aplicar en muchos campos diferentes para la planificación, visualización, documentación y mejora de los procesos.

Figura 2.6: Ejemplo un diagrama de flujo

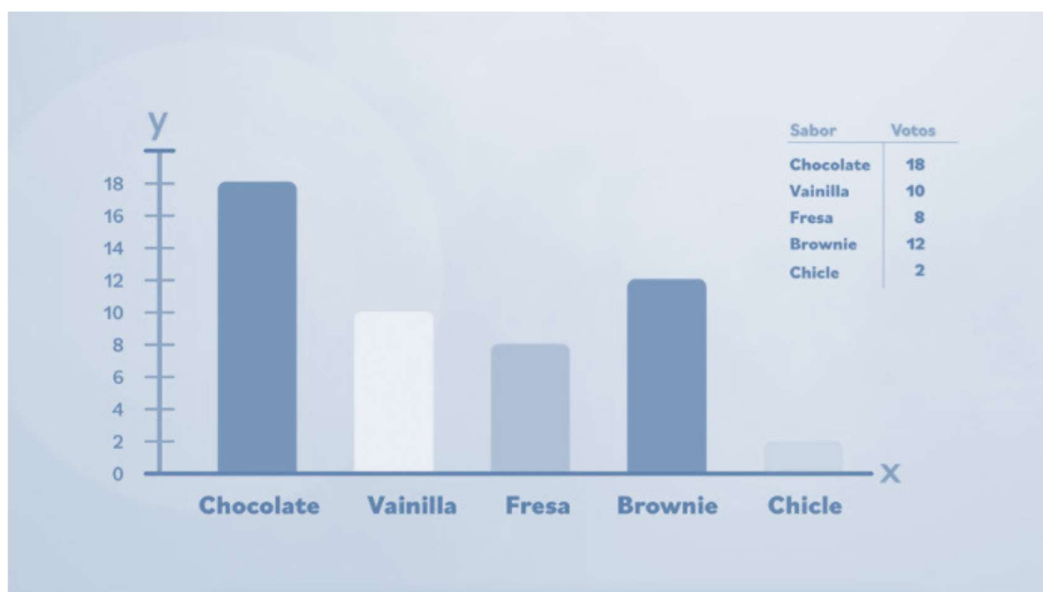


Fuente: Asana, 2024.

2.1.7 Gráfico de barras

“Un diagrama de barras es un gráfico usado para mostrar de forma resumida un grupo de datos que pueden incluir variables cualitativas y cuantitativas” (GCF Global, s.f.).

Figura 2.7: Ejemplo de un gráfico de barras



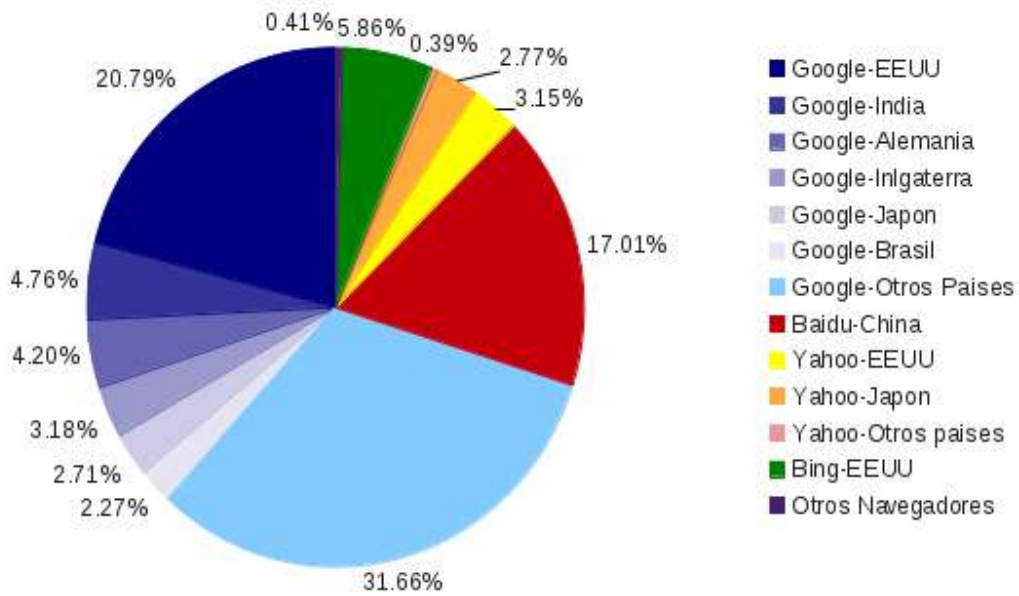
Fuente: GCF Global, s.f.

2.1.8 Gráfico de pastel

Según Memon (2023):

La definición clásica de un gráfico de pastel dice que esta herramienta de visualización de datos tiene una representación circular de datos con diferentes porciones y cantidades que constituyen un porcentaje total. Cada segmento del círculo tiene un tamaño proporcional al porcentaje del conjunto que representa.

Figura 2.8: Ejemplo de un gráfico de pastel



Fuente: Memon, 2023.

2.1.9 Indicadores de mantenimiento

Para Fractal (2024), “Los indicadores clave del rendimiento (KPI) del mantenimiento son elementos clave para proteger el bienestar de una organización. El dominio de estos puede marcar la diferencia entre un éxito rotundo y un fracaso catastrófico”.

Figura 2.9: Ejemplo de indicadores de mantenimiento



Fuente: Fractal, 2024.

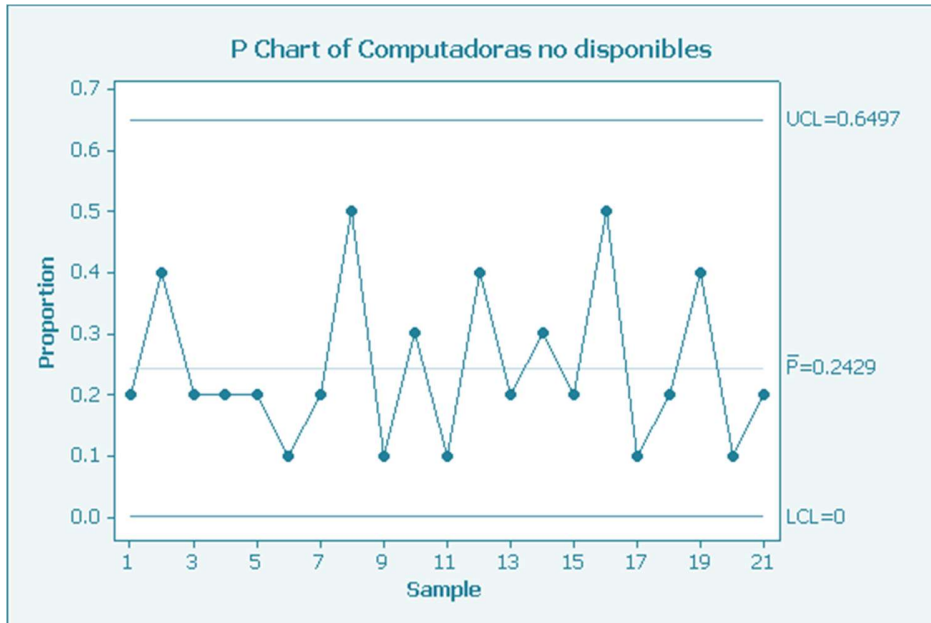
2.1.10 Control estadístico de calidad (Minitab)

En cuanto a esta instrumento, Cerem GBS (2023) describe:

El control estadístico de calidad es la aplicación o adopción de métodos y técnicas que usan esquemas matemáticos de información y los aplican a los procesos de la organización, sean estos industriales o productivos, administrativos o contables o de servicios.

Tiene como finalidad evidenciar que cada parte, de cada proceso, desempeñe sus labores correctamente y cumpla las exigencias necesarias. En otras palabras, objetivo importante del control estadístico de la calidad es reducir a niveles mínimos o ir suprimiendo de manera sistemática y continua la variabilidad dentro de los procesos que interfieran con la calidad.

Figura 2.10: Ejemplo de un control estadístico de calidad



Fuente: Cerem GBS, 2023.

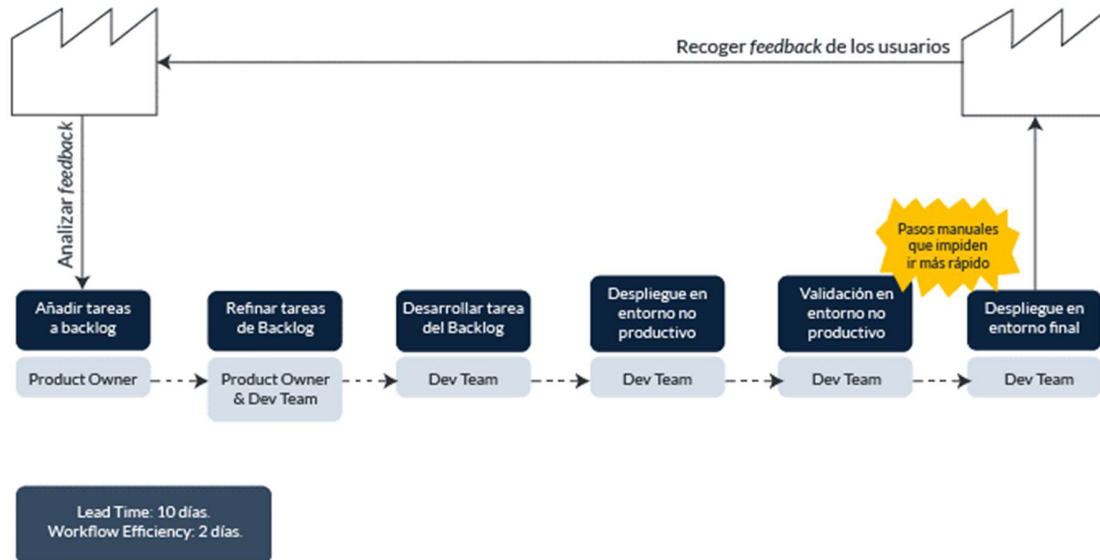
2.1.11 Value Stream Mapping (VSM)

Con relación a esta herramienta, Lean Solutions (2020b) establece:

VSM es una técnica gráfica que permite visualizar todo un proceso, así como detallar y entender completamente el flujo tanto de información como de materiales necesarios para que un producto o servicio llegue al cliente. Con esta técnica se identifican las actividades que no agregan valor al proceso y, de este modo, iniciar luego las actividades requeridas para eliminarlas.

VSM es una de las técnicas más empleadas para establecer planes de mejora, siendo muy precisa debido a que enfoca las mejoras en el punto del proceso del cual se obtienen los mejores resultados.

Figura 2.11: Ejemplo de un Value Stream Mapping (VSM)



Fuente: Lean Solutions, 2020b.

2.1.12 Análisis de modo y efecto de falla (AMEF)

Respecto a este análisis, Lean Solutions (2020a) menciona:

Tomado de los sectores que apuestan alto como la industria aeroespacial y defensa, el análisis de modo y efecto de fallos (AMEF) es un conjunto de directrices, un método y una forma de identificar problemas potenciales (errores) y sus posibles efectos en un sistema, con el fin de priorizarlos y concentrar los recursos en planes de prevención, supervisión y respuesta.

Figura 2.12: Ejemplo de un análisis de modo y efecto de falla (AMEF)



Fuente: Lean Solutions, 2020a.

2.1.13 Lluvia de ideas

“La lluvia de ideas, también llamada tormenta de ideas o *brainstorming*, es una técnica para generar ideas nuevas, espontáneas y creativas, con el fin de solucionar un problema” (EBAC, 2023).

Figura 2.13: Ejemplo de una lluvia de ideas



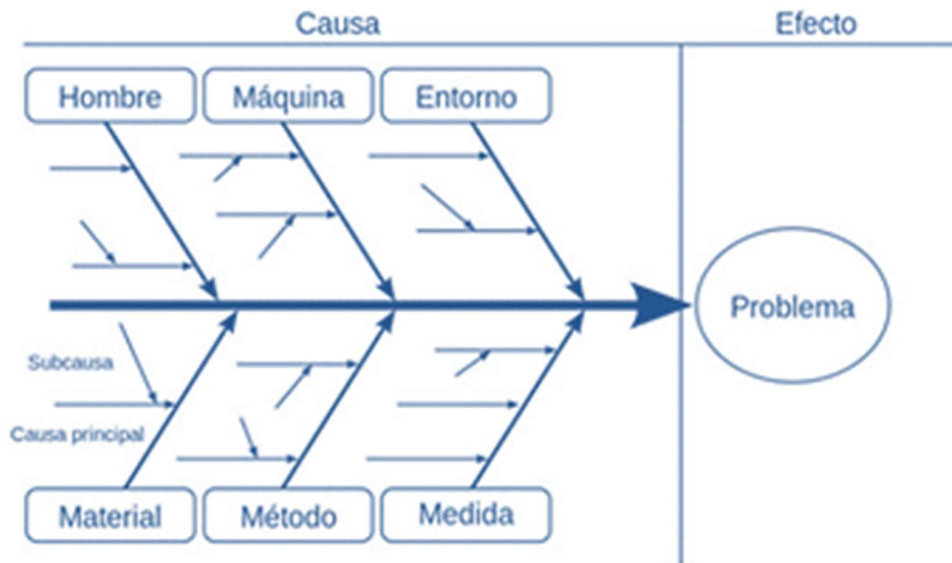
Fuente: EBAC, 2023.

2.1.14 Diagrama de Ishikawa

De acuerdo con Teoría General del Sistema (2010):

Este diagrama causal es la representación gráfica de las relaciones múltiples de causa- efecto entre las diversas variables que intervienen en un proceso. En teoría general de sistemas, un diagrama causal es un tipo de diagrama que muestra gráficamente las entradas o *inputs*, el proceso, y las salidas u *outputs* de un sistema (causa-efecto), con su respectiva retroalimentación (*feedback*) para el subsistema de control.

Figura 2.14: Ejemplo de un diagrama de Ishikawa



Fuente: Díaz, 2024.

2.1.15 Multivoto

En cuanto a esta herramienta, Aiteco Consultores (2019) señala:

La multivotación es un procedimiento sencillo y estructurado que se aplica para seleccionar, de entre una amplia lista de elementos, aquellos que son más significativos y merecen mayor consideración. Cuando disponemos de una gran cantidad de ideas u opciones la dificultad estriba en trabajar con ese alto número. Con la multivotación, esa amplia gama de elementos se reduce, lo que permite al equipo centrarse en unas pocas, más apropiadas e importantes.

Figura 2.15: Ejemplo de un multivoto

Total de tablas multivoto							25
		1	2	3	4	5	Total
A	Sistemas lentos (CRM, PSEBANK, Complementarios o Siscard).	1			6	6	13
B	Exceso de Información que maneja el asesor de servicios.	8	5	5	3		21
C	Tiempo que toma el análisis de crédito.	4	6	10	2	1	23
D	Tiempo que toma el ofrecimiento de productos adicionales.		3	8	8	1	20
E	Actualización de datos				1	2	3
F	Personal nuevo en Plataforma de servicios.		1		3	6	10
G	Exceso de productos disponibles en la oferta de plataforma.	13	9	2			24
H	Falta de capacitación.					11	11
Total		26	24	25	23	27	

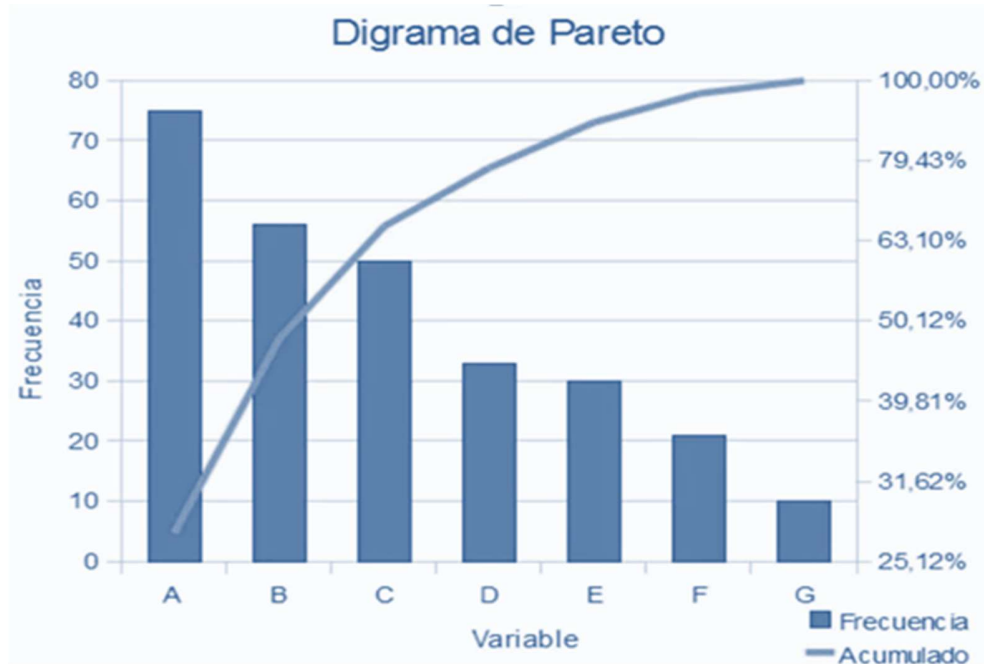
Fuente: Aiteco Consultores, 2019.

2.1.16 Diagrama de Pareto

Respecto a este diagrama, QuestionPro (2024) establece:

Un diagrama de Pareto es una técnica que permite clasificar gráficamente la información de mayor a menor relevancia, con el objetivo de reconocer los problemas más importantes en los que deberías enfocarte y solucionarlos. Esta técnica se basa en el principio de Pareto o regla 80/20, la cual establece una relación de correspondencia entre los grupos 80-20, donde el 80 % de las consecuencias provienen del 20 % de las causas.

Figura 2.16: Ejemplo de un diagrama de Pareto



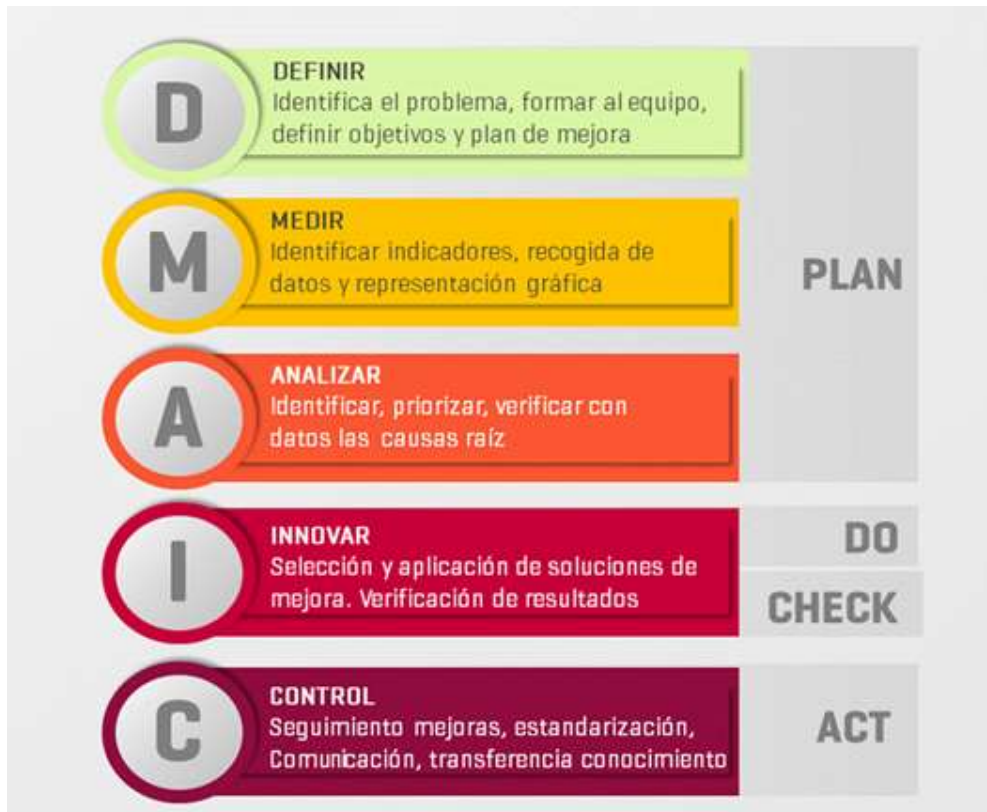
Fuente: QuestionPro, 2024.

2.1.17 DMAIC

Con relación a este método, GO Productivity (2020) explica:

El modelo DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve y Control*) o definir, medir, analizar, mejorar y controlar es una metodología diseñada específicamente para brindar una lista de instrucciones para resolver problemas de forma estructurada y enfocada en la mejora continua. Como hacen alusión sus cinco siglas, el DMAIC se trata de una secuencia de cinco pasos fundamentales en el proceso de optimización de procesos que van desde el análisis técnico de los problemas hasta su resolución final.

Figura 2.17: Ejemplo de DMAIC



Fuente: GO Productivity, 2020.

2.1.18 Matriz RACI

Rock Content (2019) indica sobre esta matriz lo siguiente:

La matriz RACI también se conoce como una matriz de asignación de responsabilidad o un gráfico de responsabilidad lineal.

Esta describe el uso de varias funciones relacionadas con las actividades realizadas en una empresa. La sigla significa:

- *Responsible* (responsable).
- *Accountable* (aprobador).
- *Consulted* (consultado).
- *Informed* (informado).

La función de la matriz es definir los roles y responsabilidades de cada persona involucrada en los proyectos y procesos de la empresa. Incluso muchas

veces un solo empleado puede ejecutar varias funciones y por eso todo necesita ser documentado.

Figura 2.18: Ejemplo de una matriz RACI

ACTIVIDAD	RESPONSABLE	DIRECTOR DE PROYECTO	GERENTE DE CONSTRUCCION	EQUIPO DE DISEÑO	EQUIPOS DE ING. ESPECIALES	EQUIPO DE CONSTRUCCION	DEPARTAMENTO DE COMPRAS
1.-DEFINIR EL ALCANCE Y WBS	R	A	C	I			
2.-CONCURSAR SERVICIOS P/ INST. ESPECIALES	C	A	I	I			R
3.-COORDINAR DISEÑO DE INGENIERIAS	I	C	R	A			
4.-ESTABLECER CRONOGRAMA DE ENTREGAS	I	A	R	C	C		I
5.-REVISAR Y APROBAR PLANOS	I	C	R	A	I		C

Fuente: Rock Content, 2019.

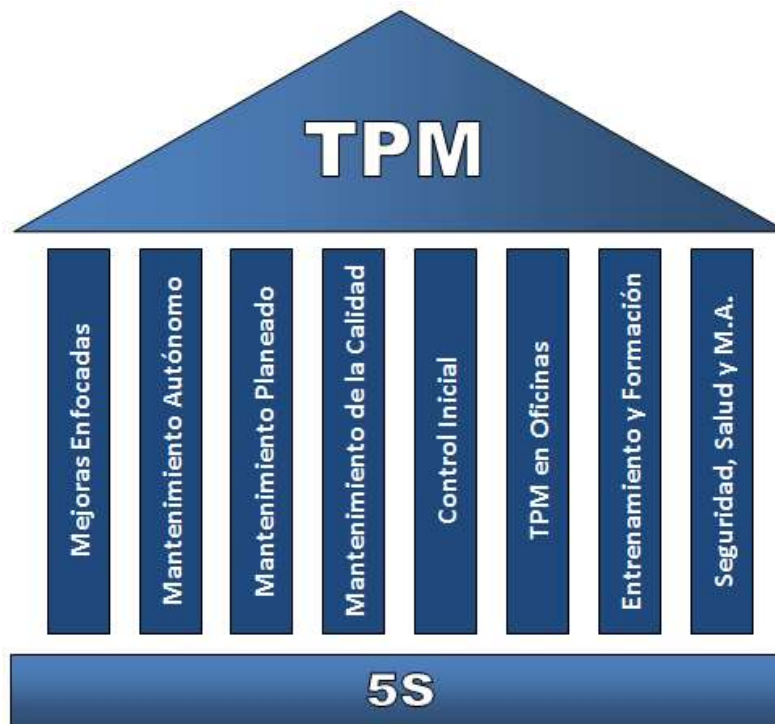
2.1.19 TPM

Production Tools (2024) detalla acerca del TPM:

El mantenimiento productivo total es una metodología de mejora que busca optimizar la eficiencia global de los equipos aumentando la disponibilidad de la maquinaria y mejorando su rendimiento y calidad; el mantenimiento productivo total “TPM”, en inglés “*Total Productive Maintenance*”, es un sistema industrial japonés desarrollado principalmente en la década de los 70, surge por la necesidad de mejorar los productos y servicios en las empresas, promoviendo la interacción del operario, la máquina y la compañía. El TPM busca la integración

de todo el personal de la compañía con el propósito de obtener una mejora en el proceso de producción a través de la eliminación de pérdidas, buscando aumentar la productividad del personal, de los equipos y de la planta en general.

Figura 2.19: Ejemplo de TPM



Fuente: Production Tools, 2024.

2.1.20 Gemba walk

De acuerdo con Naydenov (2024):

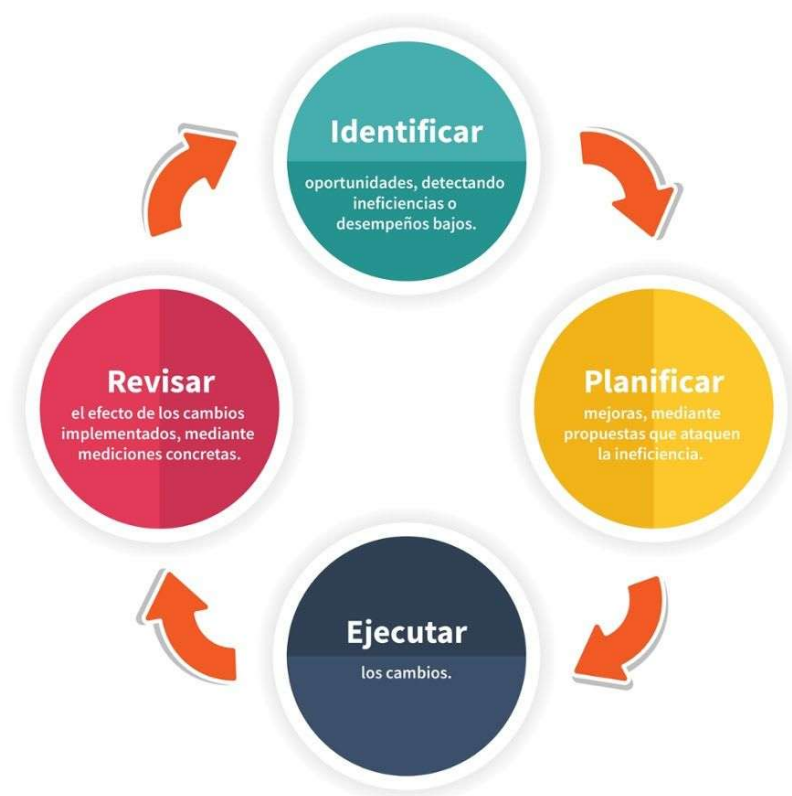
El término *gemba* proviene del japonés y significa 'el verdadero lugar'. En la gestión *lean*, *gemba* es el lugar más importante para un equipo, puesto que es el lugar donde realmente sucede el trabajo.

En otras palabras, es donde verdaderamente sucede el trabajo, es en donde puedes observarlo y analizarlo.

La caminata *gemba* es un concepto desarrollado por Taiichi Ohno, quien a menudo es considerado el padre de la producción justo a tiempo. Al desarrollar tal concepto, Ohno ofrece una oportunidad real para que los ejecutivos dejen su rutina

diaria, observen dónde verdaderamente sucede el trabajo y construyan relaciones con los trabajadores basadas en la confianza mutua.

Figura 2.20: Ejemplo de un gemba walk



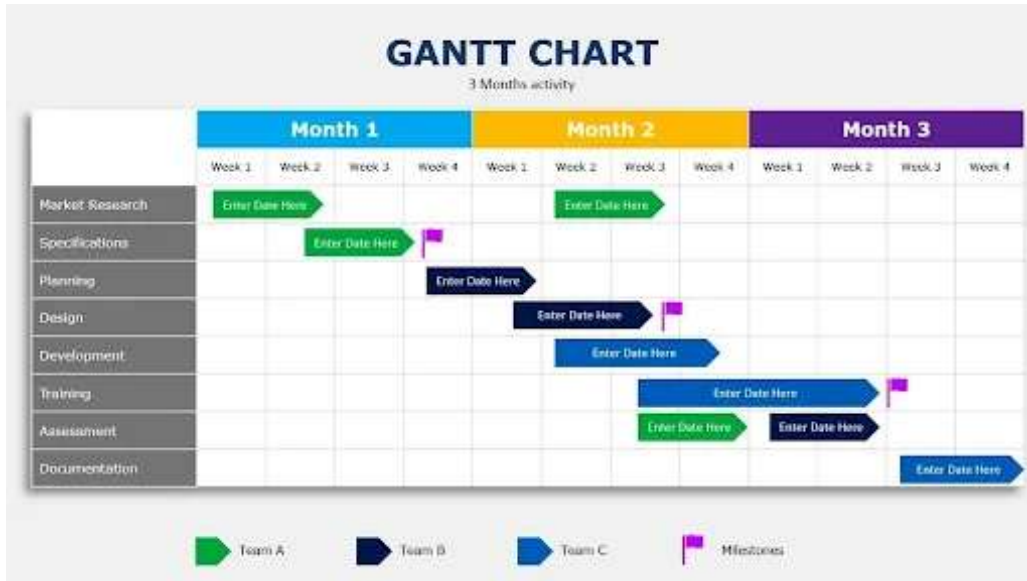
Fuente: Naydenov, 2024.

2.1.21 Diagrama de Gantt

Martins (2024) establece sobre este diagrama:

Un diagrama de Gantt es una herramienta de planificación y gestión de proyectos que te ayudará a visualizar las tareas y principales hitos de una forma práctica. Te explicamos en qué casos es más útil elaborar un diagrama de Gantt, cómo hacerlo, sus ventajas y riesgos y cómo sacarle el máximo partido.

Figura 2.21: Ejemplo de un diagrama de Gantt



Fuente: Martins, 2024.

2.2 IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA

A continuación, se exponen los detalles más importantes del CMA-ICE-MET del ICE, donde se realiza el estudio.

2.2.1 Visión/misión

Seguidamente, se indican la misión y visión del Grupo ICE, a partir de las cuales se alinean los negocios y empresas que integran el conglomerado.

Visión

“Brindar energía, conectividad y servicios digitales, seguros y sostenibles a los habitantes de Costa Rica” (Grupo ICE, 2024).

Misión

“El Grupo ICE liderará la electrificación renovable de la economía y proveerá al país de un ecosistema seguro de telecomunicaciones digitales de última generación” (Grupo ICE, 2024).

2.2.2 Antecedentes históricos

El ICE fue creado por el Decreto-Ley n.º 449 del 8 de abril de 1949. Ese año, solo el 14 % del país tenía acceso a la energía eléctrica. Hoy el servicio llega a todo el país.

En 1963, dado su éxito en la electrificación, se le asigna el desarrollo de las telecomunicaciones.

En 2008, se formaliza el Grupo ICE —integrado por el ICE, la CNFL y RACSA— mediante la Ley n.º 8660.

Por su parte, desde el año 2021, los servicios de maquinaria, equipo y vehículos CMA-ICE-MET satisfacen con oportunidad, confiabilidad y calidad las necesidades y expectativas evolutivas de todo el ICE mediante el suministro de maquinaria, equipo y servicios técnicos especializados en los talleres mecánicos con la estructura y tecnología adecuada y el mejor recurso humano.

Dentro de los talleres mecánicos, el ICE cuenta con las siguientes áreas: Taller de Maquinaria, Taller de Mantenimiento, Taller de Equipo Menor, Taller de Enderezado y Pintura, Taller de Estructuras, Taller de Precisión y Adquisición de Bienes y Servicios.

2.2.3 Ubicación geográfica

La ubicación del CMA-ICE-MET, centro de servicio automotriz, es Turrúcares de Alajuela, Costa Rica.

Figura 2.22: Mapa satelital del plantel CMA-ICE-MET

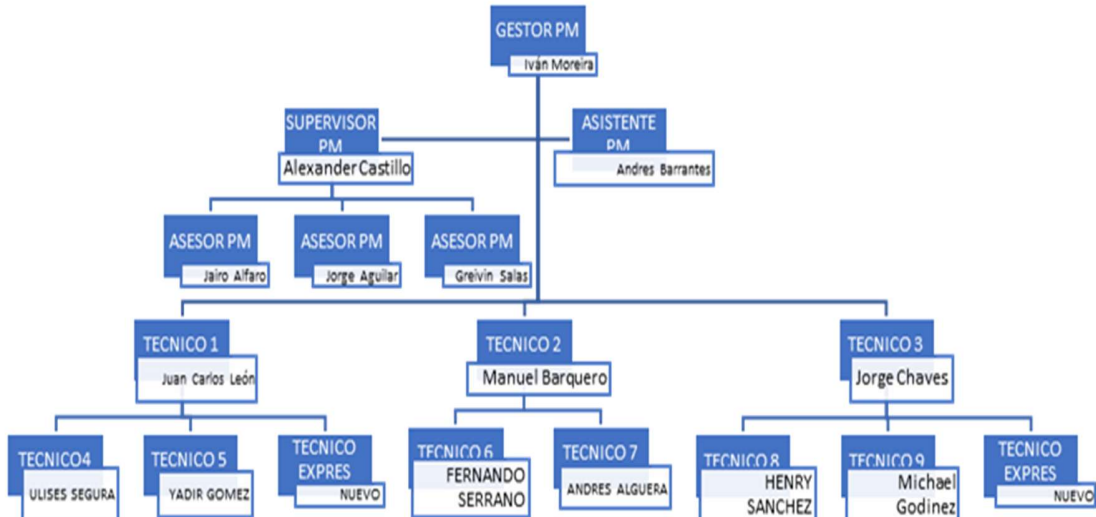


Fuente: Google Maps, 2024.

2.2.4 Estructura organizacional

El organigrama de la empresa se muestra a continuación:

Figura 2.23: Organigrama del CMA-ICE-MET



Fuente: Elaboración propia, 2024.

2.2.5 Cantidad de empleados

La cantidad de empleados por área se aprecia en la siguiente tabla:

Tabla 2.1: Cantidad de empleados por área

Puesto o área	Cantidad
Jefatura CMA-MET	1
Administrativos CMA-MET	4
Técnicos operativos CMA-MET	11
Técnico supervisor CMA-MET	1
Total	17

Fuente: Elaboración propia, 2024.

2.2.6 Tipos de productos

El grupo ICE ofrece servicios de electricidad y telecomunicaciones de vanguardia.

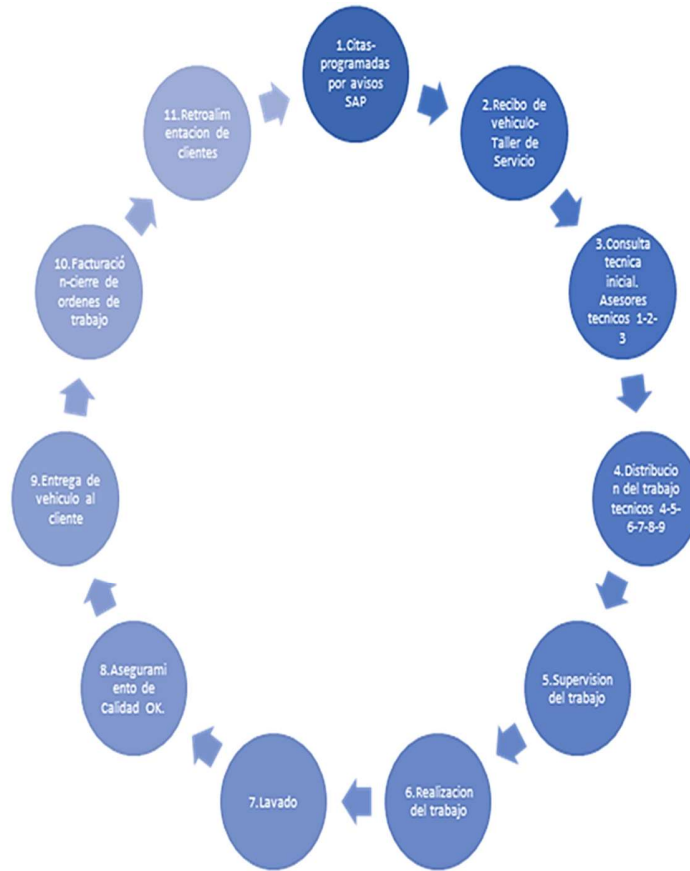
2.2.7 Mercado de exportación

El Grupo ICE es una empresa pública costarricense vital en el desarrollo socioeconómico del país, gracias a su electricidad y telecomunicaciones de vanguardia. Es una de las mayores corporaciones de su ramo en Centroamérica.

2.2.8 Descripción general del proceso productivo

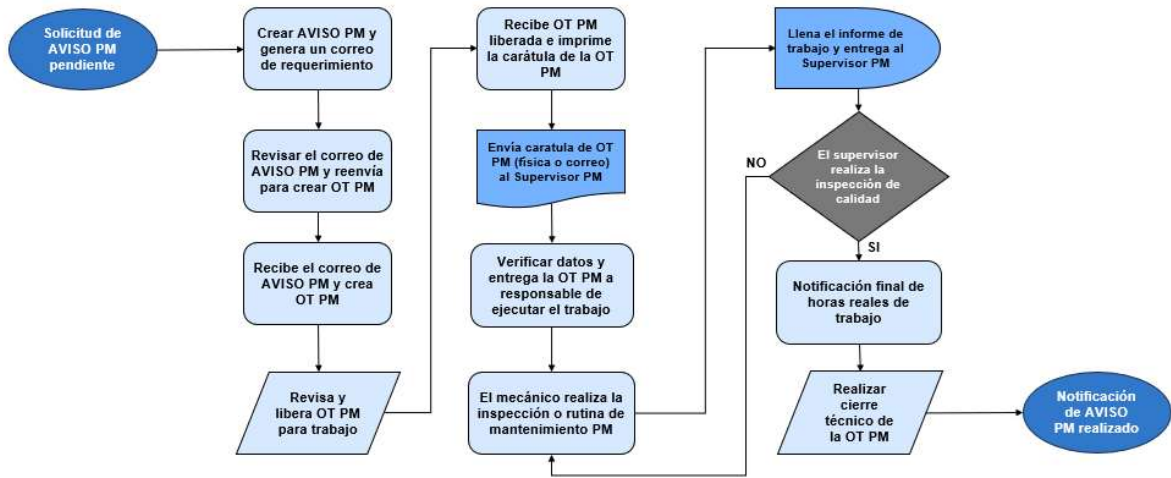
Para su operación, la administración sistematizada es mediante el flujo PM-SAP-orden de trabajo y proceso productivo del CMA-ICE-MET. Cuenta con un flujo de once pasos definidos que se indican en las siguientes figuras:

Figura 2.24: Flujo general del proceso productivo del CMA-ICE-MET



Fuente: Elaboración propia, 2024.

Figura 2.25: Diagrama del proceso PM-SAP-Orden de Trabajo (OT)



Fuente: Elaboración propia, 2024.

El estudio de este proyecto se desarrolla en el área de servicios del CMA-ICE-MET, específicamente en el proceso de inspección de rutinas de mantenimiento preventivo.

Luego del flujo general del proceso productivo del CMA-MET (figura 2.24), continua el proceso de digitación, ejemplificado analíticamente en la figura 2.25, del proceso PM-SAP-Orden de Trabajo (OT), cuando el área operativa hace el envío de los documentos físicos al área de registros administrativos a los asistentes PM.

Una vez que esta documentación es recibida por el personal del área administrativa del CMA-ICE-MET y revisada por el supervisor PM para avalar el trabajo realizado y finalizado, o bien, seguir a una segunda etapa de continuación por pedido de repuestos, se archivan los documentos en carpetas digitales para una última revisión más la obtención de las firmas de aceptación por parte del gestor PM.

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

3.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

El enfoque de este proyecto es una investigación cualitativa y cuantitativa (mixta), ya que el proceso investigado corresponde a características por atributos según los controles SAP-ERP del mantenimiento preventivo programado, realizado y pendiente, las cuales se verifican sistemáticamente y se auditan con la información física de los registros productivos del CMA-ICE-MET.

La investigación beneficia a la institución si se implementa la propuesta planteada por medio de la utilización de la metodología DMAIC, TPM y con el análisis de los métodos de trabajo actuales para reducir el índice de los mantenimientos preventivos pendientes. Al aplicar técnicas ingenieriles como DMAIC, TPM y el análisis de los métodos de trabajo actuales, operativamente el Centro de Mantenimiento Automotriz es más eficiente y disminuye sus costos operativos, averías, problemas de calidad y seguridad en los servicios integrales, y con la optimización de todos los recursos logra que la flota vehicular ICE esté disponible en el momento que se requiera.

Al respecto, Vera (2024) menciona: “[...] la investigación cualitativa es aquella donde se estudia la calidad de las actividades, relaciones, asuntos, medios, materiales o instrumentos en una determinada situación o problema, suele utilizar a menudo como complemento a la investigación cuantitativa”.

3.2 MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN

Hay diferentes tipos de investigaciones, estas se clasifican en descriptivas, exploratorias, proyectivas, explicativas y correlaciones.

Por su parte, el método o diseño, según Hernández et al. (2014), “se refiere al plan o estrategia concebida para obtener la información que se desea con el fin de resolver el planteamiento del problema” (p. 128).

Ahora bien, los sujetos de información son las personas objeto de estudio, de igual modo se les conoce como población o universo. De acuerdo con Barrantes (2014), “La población: conjunto de elementos que tienen características en común [...] Pueden ser finitas o infinitas” (p.135).

Además, Barrantes (2014) señala: “La recolección de datos es un proceso tan importante como los anteriores y requiere de prudencia, paciencia y orden. Esto implica la necesidad

de utilizar instrumentos capaces de captarlos tal cual son, con sus medidas apropiadas y su exacto valor” (p. 193).

El proceso investigado corresponde a características por atributos según los controles SAP-ERP del mantenimiento preventivo programado, realizado y pendiente, las cuales se verifican sistemáticamente y se auditan con la información física de los registros productivos del CMA-ICE-MET.

La utilización de la metodología DMAIC, TPM y el análisis de los métodos de trabajo actuales son la clave para la propuesta de reducir el índice de los mantenimientos preventivos pendientes, empleando dentro de este estudio diversas herramientas ingenieriles.

3.3 FUENTES DE INFORMACIÓN

En este caso de estudio, las fuentes de información son personas y se cuenta con consentimientos informados. Asimismo, el tipo de muestreo realizado es una encuesta cerrada en la que se solicita a 80 personas, entre clientes, operarios y administrativos, que indiquen, según su experiencia, solo la opción que consideren más relevante.

También el proceso investigado corresponde a características por atributos de acuerdo con los controles SAP-ERP del mantenimiento preventivo programado, realizado y pendiente, las cuales se verifican sistemáticamente y se auditan con la información física de los registros productivos del CMA-ICE-MET.

3.3.1 Sujetos de información

Los sujetos de información son el personal administrativo y operativo del Grupo ICE.

3.4 VARIABLES DE ANÁLISIS

Dependiendo del enfoque, se definen variables (cuantitativo) o categorías de análisis (cualitativo). En cuanto a las variables, debe aparecer una definición conceptual, operacional e instrumental. Hernández et al. (2014) explican que la definición conceptual es brindar el significado teórico; la operacional son las actividades u operaciones para medir variables, y la instrumental se refiere a indicar cuáles ítems del instrumento guardan relación con la variable.

Respecto a las categorías de análisis, las cuales se derivan del contenido de cada objetivo específico, se realiza una definición conceptual a la luz de la línea teórica que se ha asumido para la acción investigativa. Gracias a estas definiciones, se elaboran los ítems de los instrumentos con mayor precisión.

A continuación, se detalla la caracterización de las variables de análisis y su relación con los objetivos específicos del estudio. Las variables colaboran en el inicio de una investigación ya que por medio de las mismas se puede definir, medir, analizar, mejorar y controlar el proyecto en estudio.

Tabla 3.1: Variables de la investigación por objetivo específico

Objetivo específico	Variable	Definición conceptual	Operacionalización	Instrumentalización
Definir las principales razones por las cuales el sistema de programación de mantenimientos preventivos no está siendo efectivo.	Factores	Elementos y circunstancias que provocan resultados.	Analizar el estado actual del proceso.	Project <i>charter</i> . Análisis FODA. Análisis de <i>stakeholders</i> . Árbol CTQ. Diagrama SIPOC. Diagrama de flujo.
Medir , por medio de la metodología DMAIC y sus herramientas ingenieriles, el impacto que genera el problema en la institución.	Datos	Características de la calidad que pueden ser expresadas como una medición. Se monitorea la media y su variabilidad.	Identificar con las medidas si el proceso está o no operando en su valor central y la variabilidad para determinar qué tanto se alejan los datos de la media en el proceso.	Indicador histórico de alertas. Datos históricos, control estadístico. Gráfico de tendencia y comportamiento. Cálculo de la capacidad instalada. Gráficos de Minitab. <i>Value Stream Mapping</i> . AMEF.
Analizar las causas encontradas e identificar por qué están sucediendo.	Causas	Razón por la que suceden los eventos.	Desarrollar herramientas para determinar las causas de los errores.	Entrevista. Evento <i>kaizen</i> . Gemba <i>walk</i> . Lluvia de ideas. Diagrama de Ishikawa. Multivoto. Diagrama de Pareto.
Proponer mejoras que permitan mantener un nivel estable de satisfacción de servicio al cliente. Controlar sistemáticamente el cumplimiento de los indicadores del programa de mantenimiento preventivo y mejora continua de los procesos integrados.	Propuesta	Medidas para la búsqueda de soluciones.	Mejorar, controlar y medir los cambios de los resultados obtenidos.	DMAIC. Matriz RACI. TPM. Acción remedial. Diagrama de Gantt. <i>Check-in</i> . Control semanal. Reuniones semanales. Auditorías de control de calidad.

Fuente: Elaboración propia, 2024.

3.5 INSTRUMENTOS

Para recopilar la información necesaria de este proyecto, se emplean diferentes métodos de estudio con instrumentos como: entrevistas y herramientas ingenieriles. A continuación, se exponen algunos instrumentos utilizados.

3.5.1 Observación

Se lleva a cabo un análisis detallado de los procesos realizados por el equipo de servicio de mantenimiento en el CMA-ICE-MET.

Respecto a la observación, Barrantes (2014) explica:

[...] la ciencia comienza con la observación y, finalmente, tiene que volver a ella para su validación final. En cualquier sector de la investigación científica, cabe la observación para descubrir y poner en evidencia las condiciones de los fenómenos (puede ser cotidiana o científica). Ambas se utilizan para obtener conocimientos, pero la segunda es la que debe aplicarse en la investigación (p. 259).

De esta manera, la observación de los procesos indica de manera objetiva y con evidencia real si el proceso actual es el correcto o si existen posibilidades de mejora.

3.5.2 Entrevista

El proceso de entrevista se efectúa de forma directa con el personal del servicio de mantenimiento en el CMA-ICE-MET, dado que el error de no ejecución de actividades rutinarias preventivas ocurre desde el área de servicios de mantenimiento en el CMA-ICE-MET. El método es una encuesta cerrada y se solicita a 80 personas, entre clientes, operarios y administrativos, que indiquen según su experiencia solo la opción que consideren más relevante.

3.5.3 Herramientas

Se utilizan distintas herramientas ingenieriles para lograr el análisis y mejora de los procesos. Seguidamente, se brindan los formatos de las herramientas vacíos.

3.5.3.1 Project charter

El *project charter* establece de manera formal la existencia y el desarrollo de un proyecto, sin embargo, no es un documento técnico, no explica cómo se lleva a cabo el proyecto, esto se establece en el plan de acción, pero el *project charter* sí recoge la información de aspectos claves orientados al inicio del proyecto (Hayes, 2020).

Figura 3.1: Ejemplo del project charter vacío

Nombre del Proyecto		Líder del proyecto					
Fecha de inicio		Fecha final					
Problema		Proceso					
		Alcance del proyecto					
Meta del proyecto		Beneficio para el cliente					
Equipo de trabajo		Resultados de negocio					
Calendario	Lista de actividades, fechas y tareas del proyecto						
	Etapas	Entregables y actividades	Requerimientos	Fecha inicio	Fecha final	Responsable del proyecto	Jefatura Superior
	Definir						
	Medir						
	Analizar						
	Mejorar						
Controlar							

Fuente: Elaboración propia, 2024.

3.5.3.2 Análisis FODA

“El análisis FODA es una técnica que se usa para identificar las fortalezas, las oportunidades, las debilidades y las amenazas del negocio o, incluso, de algún proyecto específico” (Pursell, 2024).

Figura 3.2: Ejemplo de un análisis FODA vacío

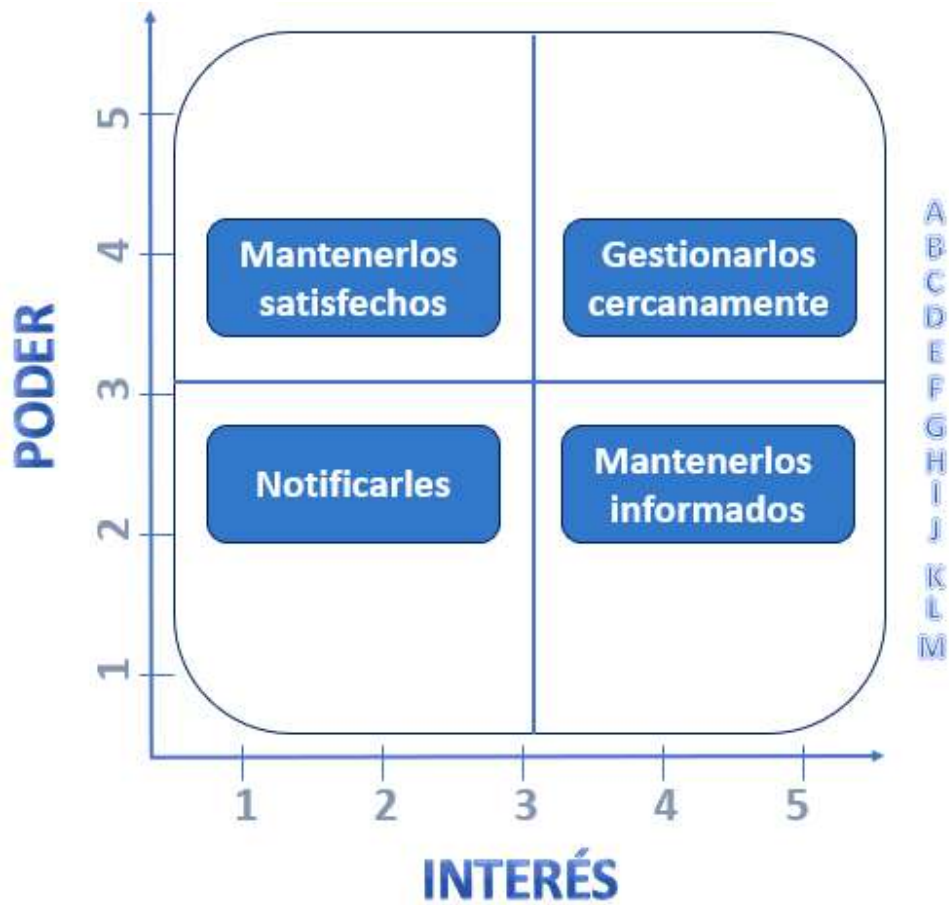
ANÁLISIS FODA	
Fortalezas	Debilidades
Oportunidades	Amenazas

Fuente: Elaboración propia, 2024.

3.5.3.3 Análisis de stakeholders

Para Lira (2021), “el análisis de *stakeholders* es la identificación, evaluación y priorización sistemáticas de todas las personas que pueden influir o que tienen interés en un proyecto, programa o empresa”.

Figura 3.3: Ejemplo de un análisis de stakeholders vacío



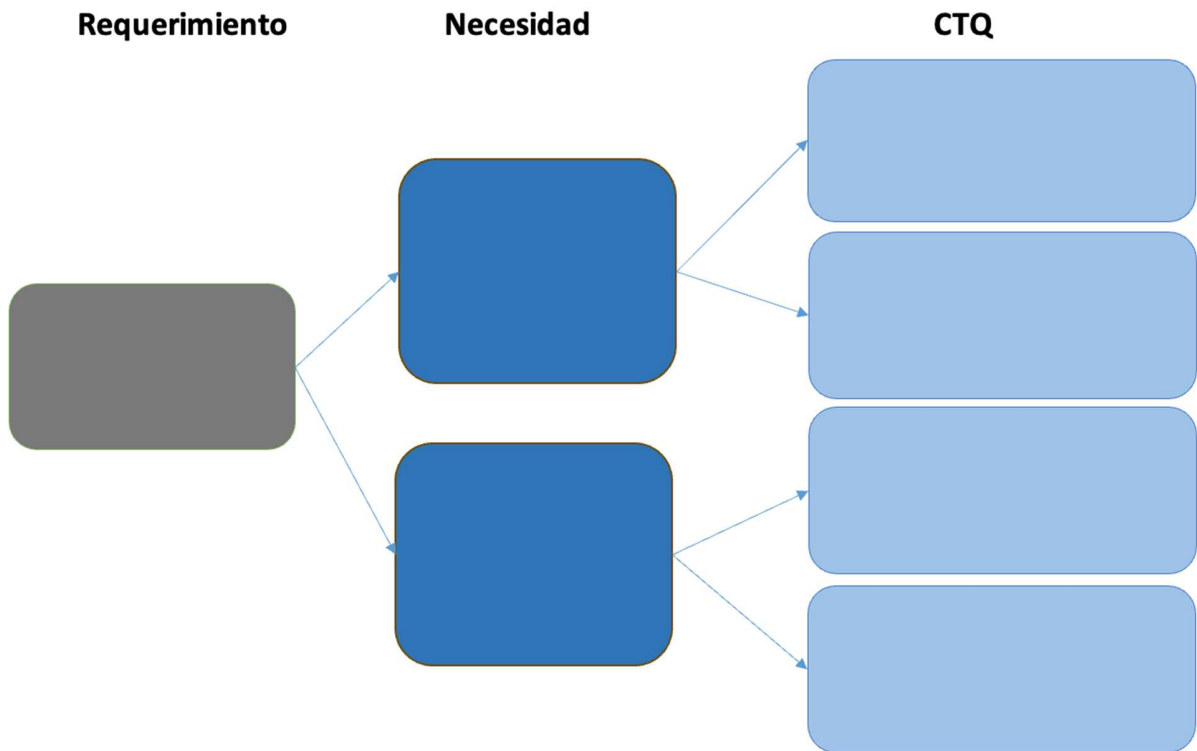
Fuente: Elaboración propia, 2024.

3.5.3.4 Árbol CTQ

En cuanto a esta herramienta, Global Trust Association (2019) menciona:

El árbol crítico de la calidad (CTQ, por sus siglas en inglés) es un diagrama en el que se muestran los indicadores de calidad que permiten medir y determinar la calidad de un producto y/o servicio de una forma cuantitativa y cualitativa.

Figura 3.4: Ejemplo de un árbol CTQ vacío



Fuente: Elaboración propia, 2024.

3.5.3.5 Diagrama SIPOC

De acuerdo con Ortega (2024), “Un diagrama SIPOC es una herramienta de calidad utilizada en la gestión de procesos que se utiliza para identificar y visualizar los elementos clave de un proceso”.

Figura 3.5: Ejemplo de un diagrama SIPOC vacío



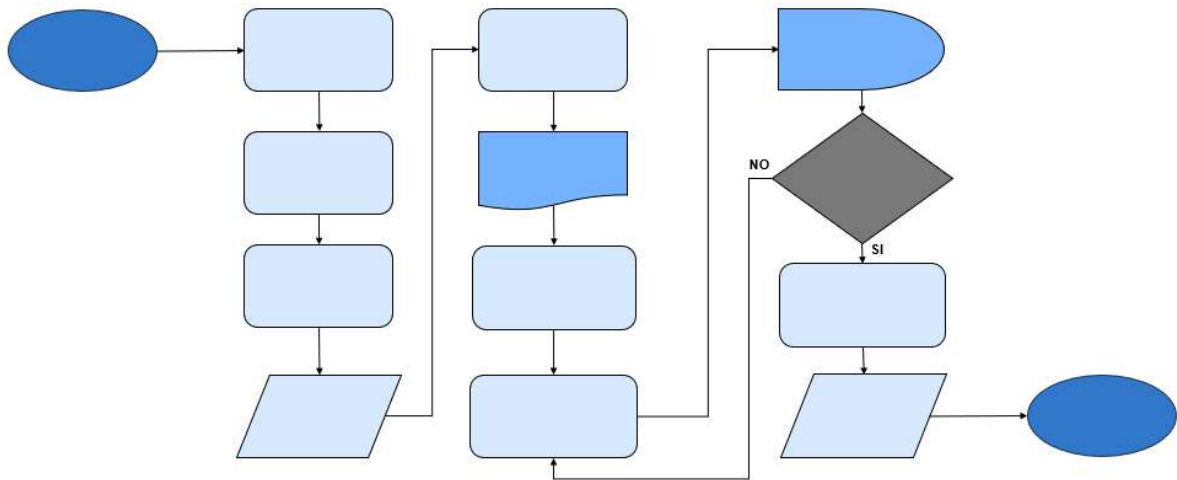
Fuente: Elaboración propia, 2024.

3.5.3.6 Diagrama de flujo

Referente a este diagrama, Asana (2024) detalla:

En el diagrama de flujo se representan todos los pasos, las secuencias y las decisiones de un proceso o flujo de trabajo. Si bien hay muchos tipos diferentes de diagrama de flujo, el diagrama básico es un mapa de procesos en su forma más simple.

Figura 3.6: Ejemplo de un diagrama de flujo vacío

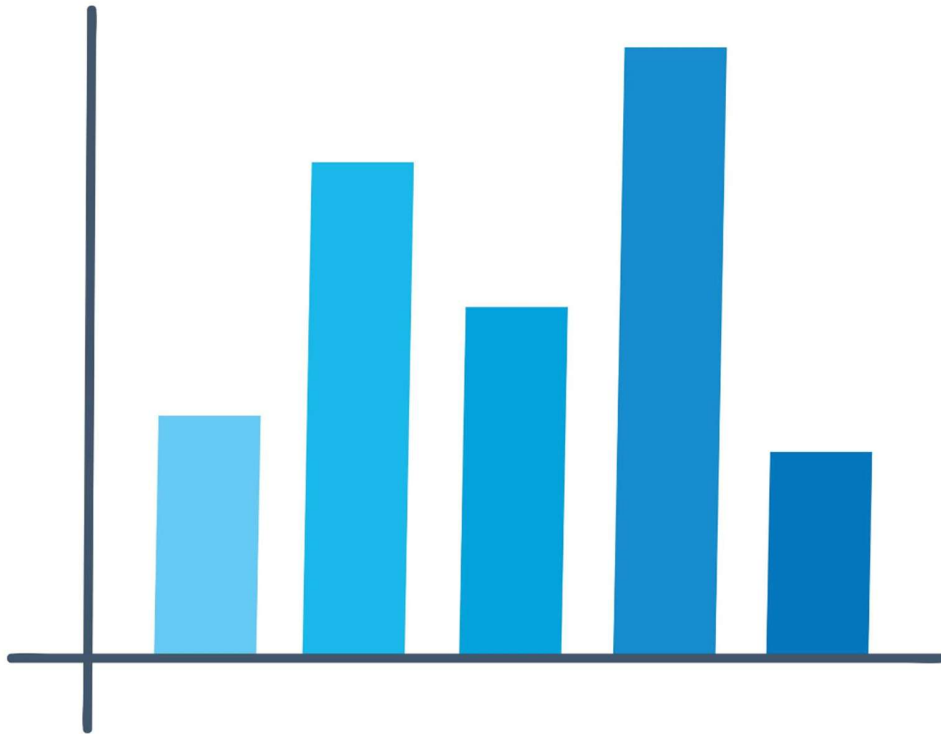


Fuente: Elaboración propia, 2024.

3.5.3.7 Gráfico de barras

“Un diagrama de barras es un gráfico usado para mostrar de forma resumida un grupo de datos que puede incluir variables cualitativas y cuantitativas” (GCF Global, s.f.).

Figura 3.7: Ejemplo de un gráfico de barras vacío



Fuente: Elaboración propia, 2024.

3.5.3.8 Gráfico de pastel

Según Memon (2023):

Esta herramienta de visualización de datos tiene una representación circular de datos con diferentes porciones y cantidades que constituyen un porcentaje total. Cada segmento del círculo tiene un tamaño proporcional al porcentaje del conjunto que representa.

Figura 3.8: Ejemplo de un gráfico de pastel vacío



Fuente: Elaboración propia, 2024.

3.5.3.9 Indicadores de mantenimiento

Para Fracttal (2024), “Los indicadores clave del rendimiento (KPI) del mantenimiento son para proteger el bienestar de una organización. El dominio de estos puede marcar la diferencia entre un éxito rotundo y un fracaso catastrófico”.

Figura 3.9: Ejemplo de indicadores de mantenimiento vacío

Ítem	Indicador	Forma de calculo
Indicador de tipo operativo		
1	Disponibilidad de equipo	$DISP = \frac{\sum(HCAL - HTMN)}{\sum HCAL} \times 100$
2	Calidad relacionada con el uso	$CALU = \frac{HTMN}{HTRO}$
3	Efectividad	$EFCT = \frac{Pr\ oducción}{HTMN}$
Indicadores económicos		
4	Costo de mantenimiento por facturación	$CMFT(\%) = \frac{CTMN}{FTEP} \times 100$
5	Costo operativo de disponibilidad	$CODI = \frac{CTMN}{ORP}$
6	Costo operativo por producción	$COPR = \frac{CTMN}{PROD}$
7	Componente del costo de mantenimiento	$CCMN = \frac{CTMN}{CTPR} \times 100$
8	Costo de mano de obra externa	$CMOE = \frac{\sum CMOC}{\sum(CMOC + CMOP)} \times 100$
9	Costo de mantenimiento con relación a la producción	$CMRP = \frac{CTMN}{P RTP} \times 100$
Indicadores para equipos		
10	Tiempo medio entre correctivos	$TMPC = \frac{\sum HRMC}{NTMP}$
Indicadores de mano de obra		
11	Trabajos en mantenimiento correctivo	$TBMC = \frac{\sum HHMC}{\sum HHDP} \times 100$
12	Tasa de frecuencia de accidente	$TFAC = \frac{NACD}{HHTB} \times 10^6$
13	Tasa de gravedad de accidente	$TGAC = \frac{\sum HHAC}{HHTB} \times 10^6$
14	Tasa de horas extras	$Tasa\ de\ horas\ extras = \frac{HHET}{HHTB}$

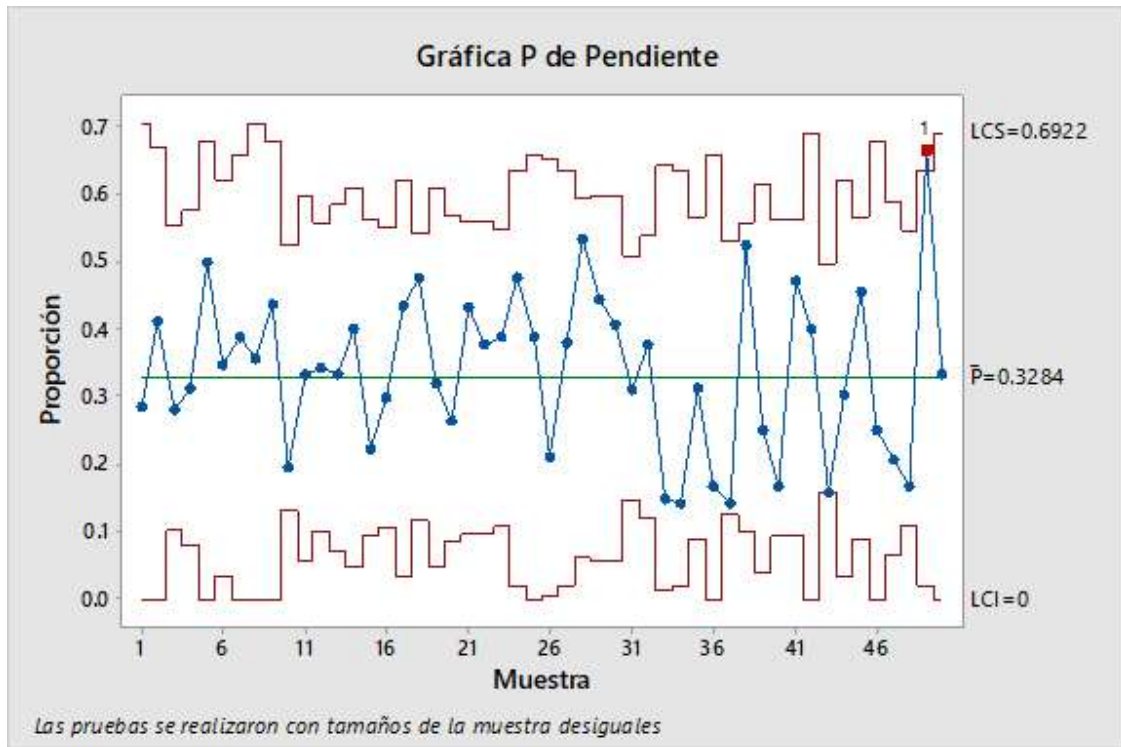
Fuente: Elaboración propia, 2024.

3.5.3.10 Control estadístico de calidad (Minitab)

En cuanto a esta instrumento, Cerem GBS (2023) describe:

El control estadístico de calidad es, por lo tanto, la aplicación o adopción de métodos y técnicas que usan esquemas matemáticos de información y los aplican a los procesos de la organización, sean estos industriales o productivos, administrativos o contables o de servicios.

Figura 3.10: Ejemplo de Minitab vacío



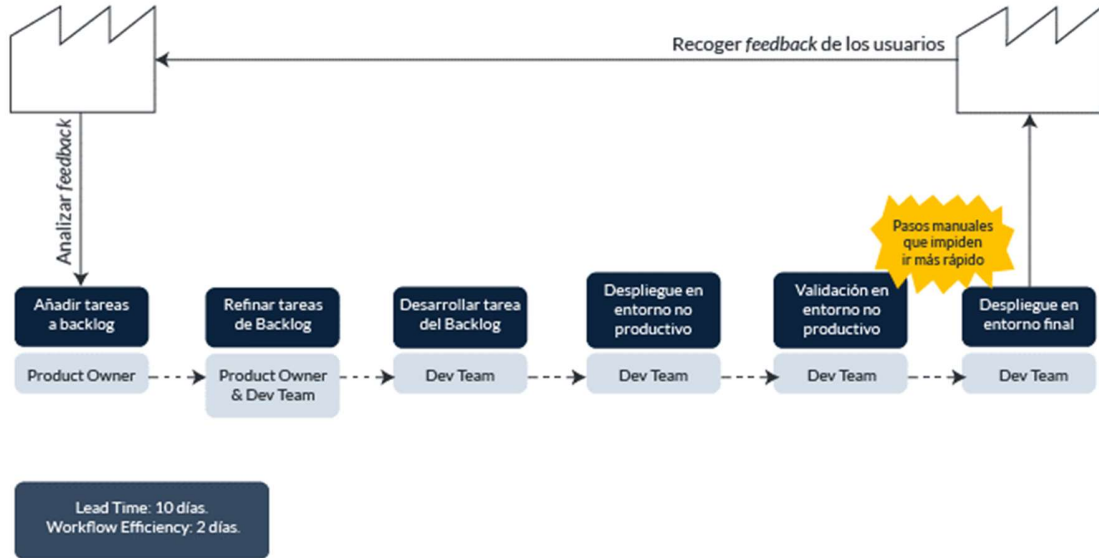
Fuente: Elaboración propia, 2024.

3.5.3.11 Value Stream Mapping (VSM)

Con relación a esta herramienta, Lean Solutions (2020b) establece:

VSM es una técnica gráfica que permite visualizar todo un proceso, así como detallar y entender completamente el flujo tanto de información como de materiales necesarios para que un producto o servicio llegue al cliente. Con esta técnica se identifican las actividades que no agregan valor al proceso y, de este modo, iniciar luego las actividades requeridas para eliminarlas.

Figura 3.11: Ejemplo de un Value Stream Mapping (VSM) vacío



Fuente: Elaboración propia, 2024.

3.5.3.12 Análisis de modo y efecto de falla (AMEF)

Respecto a este análisis, Lean Solutions (2020a) menciona:

Tomado de los sectores que apuestan alto como la industria aeroespacial y defensa, el análisis de modo y efecto de fallos (AMEF) es un conjunto de directrices, un método y una forma de identificar problemas potenciales (errores) y sus posibles efectos en un sistema, con el fin de priorizarlos y concentrar los recursos en planes de prevención, supervisión y respuesta.

Figura 3.12: Ejemplo de un AMEF vacío

Modo de falla potencial y análisis de efectos (AMEF)								
Función	Modo de Falla Potencial	Efectos potenciales o fallas	Sev	Causa potencial	Ocurre	Controles actuales	Detec	RPN

Fuente: Elaboración propia, 2024.

3.5.3.13 Lluvia de ideas

“La lluvia de ideas, también llamada tormenta de ideas o *brainstorming*, es una técnica para generar ideas nuevas, espontáneas y creativas, con el fin de solucionar un problema” (EBAC, 2023).

Figura 3.13: Ejemplo de una lluvia de ideas vacío

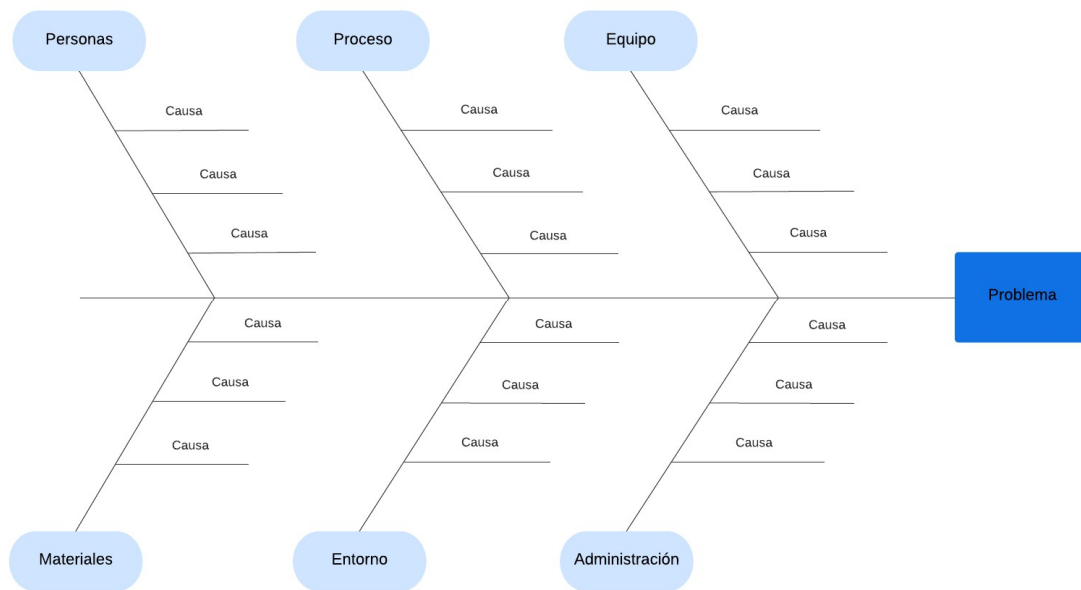


Fuente: Elaboración propia, 2024.

3.5.3.14 Diagrama de Ishikawa

De acuerdo con Teoría General del Sistema (2010): “Este diagrama causal es la representación gráfica de las relaciones múltiples de causa-efecto entre las diversas variables que intervienen en un proceso”.

Figura 3.14: Ejemplo de un diagrama de Ishikawa vacío



Fuente: Elaboración propia, 2024.

3.5.3.15 Multivoto

En cuanto a esta herramienta, Aiteco Consultores (2019) señala: “La multivotación es un procedimiento sencillo y estructurado que se aplica para seleccionar, de entre una amplia lista de elementos, aquellos que son más significativos y merecen mayor consideración”.

Figura 3.15: Ejemplo de un multivoto vacío

CATEGORÍAS	Mantenimientos preventivos pendientes	Multivotación:					
Afinidad:	Causas posibles:	Nombre 1	Nombre 2	Nombre 3	Nombre 4	Nombre 5	Total
	Causa 1	0	0	0	0	0	0
	Causa 2	0	0	0	0	0	0
	Causa 3	0	0	0	0	0	0
	Causa 4	0	0	0	0	0	0
	Causa 5	0	0	0	0	0	0
	Causa 6	0	0	0	0	0	0
	Causa 7	0	0	0	0	0	0
	Causa 8	0	0	0	0	0	0
	Causa 9	0	0	0	0	0	0
	Causa 10	0	0	0	0	0	0
		0	0	0	0	0	0

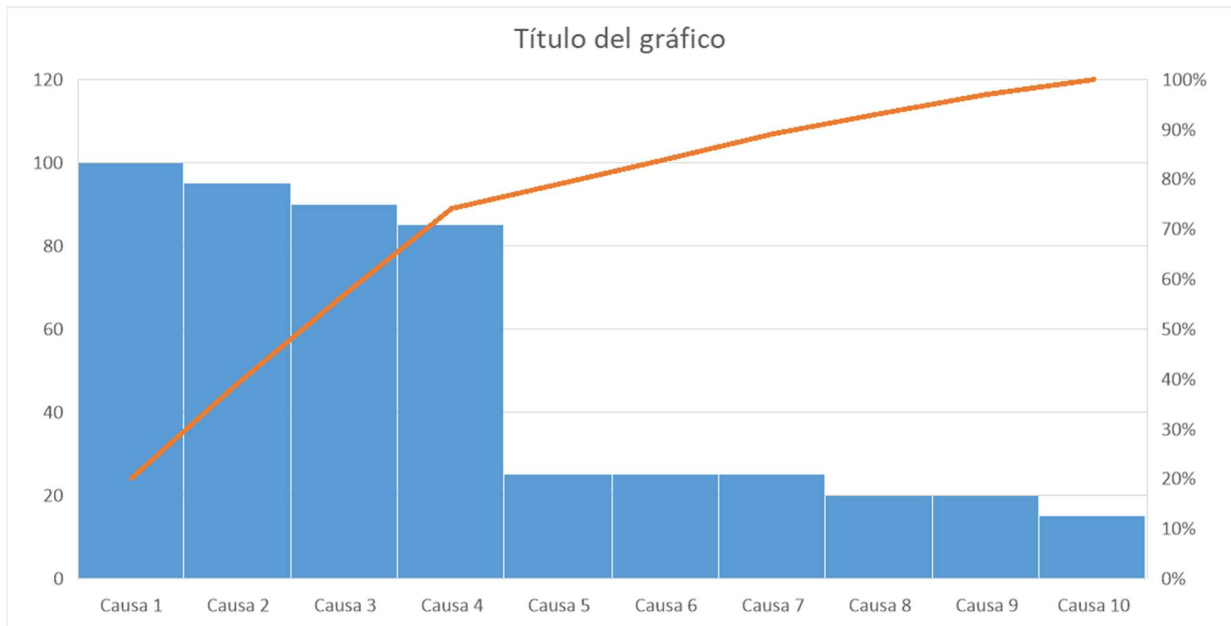
Fuente: Elaboración propia, 2024.

3.5.3.16 Diagrama de Pareto

Respecto a este diagrama, QuestionPro (2024) establece:

Un diagrama de Pareto es una técnica que permite clasificar gráficamente la información de mayor a menor relevancia, con el objetivo de reconocer los problemas más importantes en los que deberías enfocarte y solucionarlos, donde el 80 % de las consecuencias provienen del 20 % de las causas.

Figura 3.16: Ejemplo de un diagrama de Pareto vacío



Fuente: Elaboración propia, 2024.

3.5.3.17 DMAIC

Con relación a este método, GO Productivity (2020) explica:

El modelo DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve y Control*) o definir, medir, analizar, mejorar y controlar es una metodología diseñada específicamente para brindar una lista de instrucciones para resolver problemas de forma estructurada y enfocada en la mejora continua.

Figura 3.17: Ejemplo de un DMAIC vacío

Definir	
Medir	
Analizar	
Mejorar	
Controlar	

Fuente: Elaboración propia, 2024.

3.5.3.18 Matriz RACI

“La matriz RACI también se conoce como una matriz de asignación de responsabilidad o un gráfico de responsabilidad lineal” (Rock Content, 2019).

Figura 3.18: Ejemplo de una matriz RACI vacía

Rol	Supervisor PM	Técnico Líder PM	Técnico Líder PM	Asistente PM	Asesor PM	Gestor PM	Director de Proyecto
Actividad / Nombre	Nombre 1	Nombre 2	Nombre 3	Nombre 4	Nombre 5	Nombre 6	Nombre 7
Actividad 1							
Actividad 2							
Actividad 3							
Actividad 4							
Actividad 5							
Actividad 6							
Actividad 7							

R=Responsable A=Aprobador C=Consultado I=Informado

Fuente: Elaboración propia, 2024.

3.5.3.19 TPM

“El mantenimiento productivo total es una metodología de mejora que busca optimizar la eficiencia global de los equipos aumentando la disponibilidad de la maquinaria y mejorando su rendimiento y calidad” (Production Tools, 2024).

Figura 3.19: Ejemplo de un TPM vacío

Mantenimiento Autónomo				Meses																	
ITEM	PARTE	ACTIVIDAD	FRECUENCIA																		
1	Baleros y correderas de las suspensiones motorizadas	Limpieza de cada una de las partes y verificar que no estén dañados.	DIARIO	P																	
2	Manómetros de la unidad de perforación.	Verificar que no estén dañados y que funcionen correctamente.	DIARIO	R																	
3	Sujetadores de antorcha	Limpieza de cada una de las partes y verificar que no estén dañados.	DIARIO	P																	
4	Baleros de desplazamiento longitudinal y transversal	Limpieza de cada una de las partes y verificar que no estén dañados.	DIARIO	R																	
5	Cremalleras y piñones.	Limpieza de cada una de las partes y verificar que no estén dañados.	DIARIO	P																	
				R																	
Mantenimiento Preventivo																					
ITEM	PARTE	ACTIVIDAD	FRECUENCIA	P																	
6	Cremalleras y piñones.	Verificar que no estén sueltos y/o flojos	MENSUAL	R																	
7	Micos de fin de carrera	Que se puedan activar libremente y funcionen en forma correcta.	MENSUAL	P																	
8	Cable de acero de movimiento transversal del brazo	Verificar que no este dañado y/o desgastado	MENSUAL	R																	
		Verificar la tensión del cable		P																	
9			MENSUAL	R																	
10			CUATRIMESTRAL	P																	
11			SEMESTRAL	R																	
12			SEMESTRAL	P																	
13			SEMESTRAL	R																	
14			SEMESTRAL	P																	
				R																	

Fuente: Elaboración propia, 2024.

3.5.3.20 Gemba Walk

De acuerdo con Naydenov (2024), “En la gestión *lean*, *gemba* es el lugar más importante para un equipo, puesto que es el lugar donde realmente sucede el trabajo”. La caminata *gemba* proporciona datos reales.

Figura 3.20: Ejemplo de un gemba walk vacío

Caminata Gemba (Camina, Observa, Piensa y Hace)		Área <input type="text"/>	Observación <input type="text"/>
		Proceso <input type="text"/>	Fecha <input type="text"/>
Camina & Observa			
Descripción del problema y medición de la afectación ?		Ilustración del Proceso - Use diagrama de flujo o mapa de procesos, etc.	
Categoría del problema			
Calidad <input type="text"/>	Desperdicio <input type="text"/>		
Costo <input type="text"/>	Seguridad & Salud de Trabajo <input type="text"/>		
Envío <input type="text"/>	Satisfacción del cliente <input type="text"/>		
Eficiencia <input type="text"/>	Otra descripción <input type="text"/>		
Acciones correctivas provisionales y resultados rápidos			
Que?	Como?	Cuando?	Estatus
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Fuente: Elaboración propia, 2024.

3.5.3.21 Diagrama de Gantt

Martins (2024) describe: “Un diagrama de Gantt es una herramienta de planificación y gestión de proyectos que ayudará a visualizar las tareas y principales hitos de una forma práctica”.

Figura 3.21: Ejemplo de un diagrama de Gantt vacío

Lista de actividades, fechas y % avance del proyecto							GANTT-2024										
							Definir		Medir		Analizar		Mejorar		Controlar		% avance
Fases	Actividades	Entregables	Fecha inicio	Fecha final	Responsable	Jefatura Superior	ene-24	ene-24	feb-24	mar-24	abr-24	abr-24	may-24	jun-24	jun-24	ago-24	
Definir																	0%
Medir																	0%
Analizar																	0%
Mejorar																	0%
Controlar																	0%
							D		M		A		I		C		0%

Fuente: Elaboración propia, 2024.

3.6 PROCESO PARA LA RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS

El análisis y recolección de datos se establece por medio del método DMAIC, el cual brinda el paso a paso para la recolección de evidencia objetiva del proceso de servicio de mantenimiento en el CMA-ICE-MET.

Figura 3.22: DMAIC para la recolección y análisis de datos



Fuente: Elaboración propia, 2024.

CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 DEFINIR

La presente investigación se lleva a cabo en el proceso de servicio de mantenimiento preventivo del CMA-ICE-MET, Turrúcares de Alajuela, Costa Rica.

El problema actual radica en el incremento del índice de los mantenimientos preventivos pendientes de realizar, el cual se encuentra actualmente en un 33 % promedio anual, según los datos estadísticos del programa de mantenimiento preventivo del periodo 2023. Al respecto, la métrica establecida en el indicador de gestión de calidad “avance del plan de mantenimiento del SIG” señala que del total de los mantenimientos programados, se debe cumplir al menos un 75 % el promedio anual de los mantenimientos realizados y actualmente se encuentra en un 67 % el promedio anual de los mantenimientos realizados, lo que confirma un bajo logro porcentual de acuerdo con el parámetro del indicador.

Para interpretar los rangos porcentuales, en el caso del índice de los mantenimientos preventivos pendientes de realizar, este sube en un 8 % promedio anual al encontrarse actualmente en un 33 % promedio anual, pero el parámetro aceptable de este índice es un 25 % promedio anual.

Además, actualmente el índice de los mantenimientos realizados baja en un 8 % promedio anual al encontrarse en un 67 % promedio anual, pero el parámetro aceptable es un 75 % promedio anual.

Por lo tanto, existe un incumplimiento en la gestión del proceso de mantenimiento preventivo del CMA-ICE-MET, lo cual alerta en una no conformidad e irregularidad de procesos que se debe analizar, corregir, mejorar y controlar.

Según el indicador de gestión de calidad “avance del plan de mantenimiento del Sistema Integrado de Gestión (SIG)”, los parámetros del índice de los mantenimientos preventivos realizados son:

Sobresaliente = >80 % Aceptable = 75 % Bajo logro = <70 %

Asimismo, los parámetros del índice de los mantenimientos preventivos pendientes de realizar son:

Sobresaliente = <20 % Aceptable = 25 % Bajo logro = >30 %

Por los parámetros mencionados, con base en el indicador de gestión de calidad y por medio de la utilización del método DMAIC, se desarrolla un estudio de la característica de la cantidad de mantenimientos preventivos pendientes, con el fin de poder encontrar las causas del problema y mejorar el servicio al punto de que el cliente esté satisfecho con el servicio recibido, además de mejorar los índices de ejecución de los mantenimientos pendientes de realizar.

4.1.1 Project charter

Mediante la herramienta de planificación del trabajo, se determina el objetivo principal del proyecto y los colaboradores involucrados o que participan en la investigación.

A continuación, se muestra el *project charter* correspondiente a este proyecto:

Figura 4.1: Project charter del servicio de mantenimiento del CMA-ICE-MET

Nombre del Proyecto	EVALUAR EL SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE LA FLOTILLA VEHICULAR MEDIANTE LA APLICACIÓN DE DMAIC Y TPM EN EL CENTRO DE MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ ICE-MET	Líder del proyecto	Iván Moreira Pereira				
Fecha de inicio	1-ene-24	Fecha final	31-ago-24				
Problema	Cumplimiento de la programación de mantenimiento preventivo. Revisar y ajustar la Programación periódica del sistema SAP-ERP. Ejecutar Rutinas periódicas o planes programados.	Proceso	Servicio de mantenimiento preventivo vehículos CMA-ICE-MET				
		Alcance del proyecto	Área de mantenimiento preventivo CMA-ICE-MET				
Meta del proyecto	Disminuir el índice de mantenimientos programados pendientes de realizar en el servicio de vehículos en el CMA-ICE-MET	Beneficio para el cliente	Aumentar la capacidad del proceso y mejorar los controles de calidad, además de ahorros por eficiencia				
Equipo de trabajo	Alexander Castillo Campos Juan Carlos León Contrillo Manuel Barquero Cortés Andrés Barrantes Dávila Jairo Alfaro Vargas	Resultados de negocio	Modificar Programación planes mantenimiento PM-SAP-ERP (TX-IP02)				
			Ejecutar Programación planes mantenimiento PM-SAP-ERP (TX-IP10)				
			Analizar Programación planes mantenimiento PM-SAP-ERP (TX-IP24)				
			Medir Programación planes mantenimiento PM-SAP-ERP (TX-IW38)				
			Controlar Planes mantenimiento PM-SAP-ERP				
Calendario	Lista de actividades, fechas y tareas del proyecto						
	Etapas	Entregables y actividades	Requerimientos	Fecha inicio	Fecha final	Responsable del proyecto	Jefatura Superior
	Definir	Completar Project Chárter	Integración de subprocesos Servicio	1-ene-24	31-ene-24	Iván Moreira Pereira	Director de Proyecto ICE-MET
	Medir	Proceso actividades dinámicas SAP-ERP-PM	Integración de subprocesos Servicio	1-feb-24	31-mar-24	Iván Moreira Pereira	Director de Proyecto ICE-MET
	Analizar	Datos estadísticos de programación mantenimiento preventivo	Informes SAP-ERP y registros productivos CMA-ICE-MET	1-abr-24	30-abr-24	Iván Moreira Pereira	Director de Proyecto ICE-MET
	Mejorar	Implementar mejoras en la ejecución mantenimiento preventivo	Disminuir el índice de mantenimientos pendientes	1-may-24	30-jun-24	Iván Moreira Pereira	Director de Proyecto ICE-MET
Controlar	Reportes dinámicos SAP-ERP-PM cumplimiento de mantenimiento preventivo	Indicadores Gestión Integral Mantenimiento Preventivo	1-jul-24	31-ago-24	Iván Moreira Pereira	Director de Proyecto ICE-MET	

Fuente: Elaboración propia, 2024.

A continuación, se explica el *project charter* que evalúa, por medio de la aplicación de DMAIC y TPM, el Sistema de Gestión de Mantenimiento de la Flotilla Vehicular en el Centro de Mantenimiento Automotriz ICE-MET.

La fecha de inicio de análisis es el mes de enero de 2024 y el proyecto está liderado por la figura del gestor de mantenimiento como responsable de un grupo de personas administrativas y operativas, entre las cuales se pueden mencionar de manera general los supervisores, asistentes y técnicos como equipo de trabajo, quienes con sus respectivas actividades dentro de sus funciones del proceso actual tienen como objetivo principal o meta disminuir el índice de los mantenimientos programados pendientes de realizar en el servicio de vehículos en el CMA-ICE-MET.

Lo anterior se lleva a cabo por el problema identificado al cierre del año 2023, a saber, el incumplimiento de la programación del mantenimiento preventivo, según datos históricos SAP-ERP y la alerta de control de calidad, que demuestran un índice de 33 % promedio anual de los mantenimientos pendientes de realizar, por ende, el parámetro está fuera del rango de cumplimiento aceptable del indicador del Sistema Integrado de Gestión, que indica como mínimo aceptable un 25 % promedio anual de los mantenimientos pendientes de realizar.

El desarrollo de las etapas de la metodología DMAIC y sus herramientas ingenieriles sirven como guía durante todo el proceso para efectuar esta investigación y, a la vez, encontrar propuestas de mejora al problema planteado. El control y mantener dichas propuestas de mejora es en beneficio de los clientes, como lo son las gerencias de Electricidad, Generación, Telecomunicaciones, Distribución y Comercialización, entre otras del Grupo ICE, las cuales reciben del área de servicios de mantenimiento un aumento en la capacidad del proceso y mejoras en los controles de calidad, además de ahorros por eficiencia al mantener una mayor cantidad de vehículos institucionales siempre disponibles, lo expuesto en busca de la continuidad del negocio de cada área del ICE.

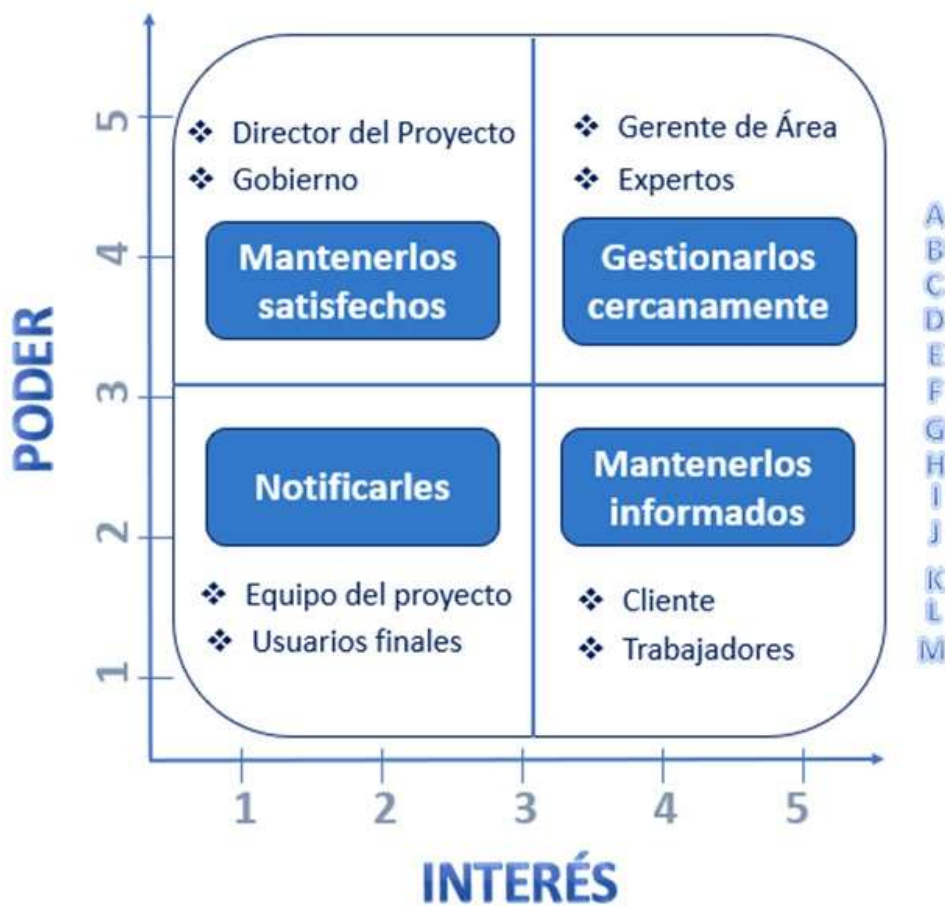
De este modo, se define un calendario por etapas, actividades entregables, responsables y fechas de cumplimiento. También cabe resaltar que el proyecto de investigación cuenta con la aprobación del director del proyecto ICE-MET como jefatura superior y figura de

alto poder e interés, quien apoya, supervisa y controla en cada etapa y avances del *project charter* constituido, según la referencia de la figura 4.1.

4.1.2 Análisis de stakeholders

Se hace un análisis de *stakeholders* para tener presente cuáles son los involucrados, tanto internos como externos a la institución, y la relación de estos con el proyecto. Cabe señalar que los *stakeholders* son definidos por el SIG, Sistema Integrado de Gestión interno del ICE, y se acata la política establecida.

Figura 4.2: Análisis de stakeholders del CMA-ICE-MET



Fuente: Elaboración propia, 2024.

Resumiendo la figura anterior, en cuanto a la clasificación del análisis de *stakeholders*, la escala numérica utilizada es del 1 al 5, donde 1 es el valor más bajo y 5 el más alto, referenciados en el eje (y) escala de poder y el eje (x) escala de interés.

Así, en la primera posición, correspondiente al cuadrante superior derecho, con alto poder e interés se agrega al ingeniero Ronny Rojas Cordero como gerente del área y, en la segunda posición, ubicada en el cuadrante superior izquierdo, con alto poder y bajo interés está el ingeniero Juan Carlos Varela Araya como director del proyecto.

Por su parte, en la tercera posición, correspondiente al cuadrante inferior derecho, con bajo poder y alto interés está la figura del cliente ingeniero Verny Rojas Vásquez como gerente de electricidad, y en cuarta posición, ubicada en el cuadrante inferior izquierdo, con bajo poder y bajo interés se agrega al supervisor PM Alexander Castillo Campos como figura principal del equipo del proyecto.

La clasificación general se describe en la matriz de *stakeholders*:

- Alto poder–alto interés: involucrar y gestionarlos cercanamente.
- Alto poder–bajo interés: involucrar y mantenerlos satisfechos.
- Bajo poder–alto interés: mantener informados.
- Bajo poder–bajo interés: notificarles.

4.1.3 Diagrama SIPOC

Al tener claros los niveles de decisión, los interesados internos y externos, además de su poder de acción, ahora se describe, identifica y visualiza cada elemento del proceso en el diagrama SIPOC:

Figura 4.3: SIPOC del mantenimiento preventivo del CMA-ICE-MET



Fuente: Elaboración propia, 2024.

A continuación, se detalla el diagrama SIPOC anterior:

Proveedores

El módulo PM SAP ERP y el planificador de mantenimiento preventivo suministran el producto o insumo del proceso, llamado aviso PM, por ejemplo:

- AVISO Z5 PM-SAP: servicio de mantenimiento correctivo, nomenclatura SAP.
- AVISO Z6 PM-SAP: servicio de mantenimiento preventivo, nomenclatura SAP.
- AVISO Z7 PM-SAP: servicio de atención de averías, nomenclatura SAP.

Entradas

Las órdenes planificadas de mantenimientos rutinarios y preventivos son los insumos o recursos que se necesitan para iniciar el proceso. Estas incluyen datos, materiales, información, tiempo, entre otros. Asimismo, establecen los recursos imprescindibles por ejecutar, tales como:

- ORDEN ZM12 PM-SAP (mantenimiento preventivo): actividades de periodicidad y frecuencia definidas en un tiempo determinado, y son realizadas por personal interno.
- ORDEN ZM07 PM-SAP (mantenimiento rutinario): actividades de periodicidad y frecuencia definidas en un tiempo determinado, y son llevadas a cabo por personal interno.
- ORDEN ZM11 PM-SAP (mantenimiento correctivo): actividades de periodicidad y frecuencia indefinidas, como los servicios de atención de averías; además, son ejecutadas por personal interno.

Procesos

Estos corresponden a las citas programadas-AVISOS SAP, recibo de vehículos en el taller, consulta y asesoría técnica inicial, distribución del trabajo a los técnicos, supervisión del trabajo, realización del trabajo, lavado de vehículos, y aseguramiento de calidad OK.

Salidas

Referente a las salidas, estas son vehículos reparados, mantenimientos realizados según rutina por frecuencia, calidad del servicio ejecutado, y facturación-cierre de órdenes de trabajo.

Clientes

Los clientes del proceso son las gerencias de Electricidad, Generación, Telecomunicaciones, Distribución y Comercialización, entre otras del Grupo ICE. A partir de clientes satisfechos, se obtiene retroalimentación de estos sobre el servicio realizado, así como seguridad y confianza hacia el CMA-ICE-MET.

4.1.4 Árbol CTQ

Para determinar los indicadores que muestran la calidad que debe tener el servicio, se utiliza un árbol CTQ:

Figura 4.4: Árbol CTQ del mantenimiento preventivo del CMA-ICE-MET



Fuente: Elaboración propia, 2024.

En la fase del definir, los CTQ se usan como un método para analizar los requerimientos del cliente a lo largo del proceso y asegurar que la organización trabaje en lo que es realmente crítico para la misma y el cliente, y busque un balance entre ambos.

A continuación, se describen los principales elementos de la figura 4.4:

- **Requerimiento:** cumplir con la programación de los mantenimientos preventivos.
- **Necesidad:** busca la voz del cliente (VOC) como la supervisión administrativa y operativa en la ejecución del rutinario y el seguimiento de los controles estadísticos de la calidad.
- **CTQ:** identifica y prioriza cada necesidad específica del cliente con la capacitación de procedimientos, la mejora de la satisfacción del cliente, la reasignación del personal ejecutor y la confirmación de los controles de retroalimentación por medio de correos electrónicos.

4.1.5 Análisis FODA

Se utiliza un análisis FODA para identificar cuáles son las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas del CMA-ICE-MET en su área de estudio.

Figura 4.5: Análisis FODA del CMA-ICE-MET

ANÁLISIS FODA	
Fortalezas	Debilidades
La Administración apoya la mejora continua	Falta capacitación administrativa y operativa
Calidad del recurso humano y nivel profesional	Desconocimiento parcial del personal, aumento de correctivos
Rutinas de mantenimiento estandarizadas	Resistencia al cambio tecnológico para control y seguimiento
Centro especializado en servicio técnico	Retroalimentación al cliente, falla el canal de comunicación
Oportunidades	Amenazas
Mejorar la planificación de mantenimiento	Mejor oferta de servicios externos
Disminuir el índice de servicios pendientes	Competencia con costos administrativos y operativos menores
Ampliar stock de materiales e insumos	Tecnología de vanguardia, mejor control y seguimiento operativo
Aumentar la disponibilidad de la flota vehicular	Perdida de confianza de los clientes, por baja calidad de servicio

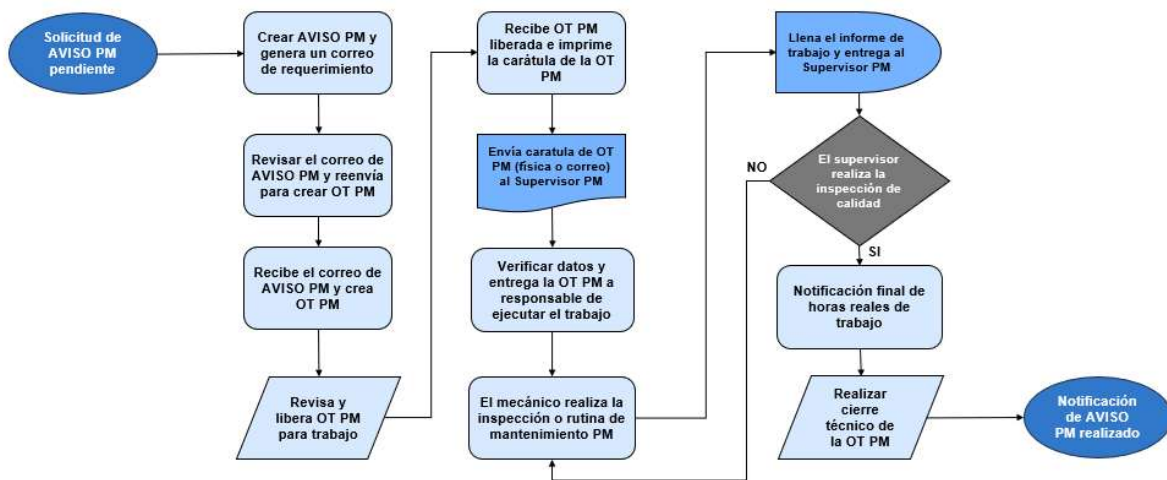
Fuente: Elaboración propia, 2024.

Ampliando el análisis FODA de la figura 4.5, se emplean las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas como pilares que dan contexto a la situación de la organización. Al respecto, a nivel interno se valoran las fortalezas y debilidades; mientras que a nivel externo se considera el posible impacto de las amenazas y oportunidades.

4.1.6 Flujo del proceso PM-SAP-orden de trabajo (OT)

En la figura 4.6, se detalla el flujo del proceso PM-SAP-orden de trabajo, específicamente en la etapa donde participan los actores principales del proceso administrativo-operativo de la gestión de mantenimiento preventivo en las actividades rutinarias del CMA-ICE-MET. Cabe mencionar que se realiza en corte, seccionado, para continuar con el enfoque de la investigación.

Figura 4.6: Flujo del proceso administrativo y operativo actual



Fuente: Elaboración propia, 2024.

El estudio de este proyecto se desarrolla en el área de servicios del CMA-ICE-MET, concretamente en el proceso de inspección de rutinas de mantenimiento preventivo.

Luego del flujo general del proceso productivo del CMA-MET, continua el proceso de digitación, ejemplificado analíticamente en la figura 4.6, del proceso PM-SAP-orden de trabajo (OT), cuando el área operativa hace el envío de los documentos físicos al área de registros administrativos a los asistentes PM.

Una vez que esta documentación es recibida por el personal del área administrativa del CMA-ICE-MET y revisada por el supervisor PM para avalar el trabajo realizado y finalizado, o bien, seguir a una segunda etapa de continuación por pedido de repuestos, se archivan los documentos en carpetas digitales para una última revisión más la obtención de firmas de aceptación por parte del gestor PM.

4.2 MEDIR

En esta segunda etapa de la metodología DMAIC, se cuantifica el impacto que el problema presentado tiene en el cumplimiento de las metas y objetivos del proceso.

A continuación, primero se expone el indicador histórico de las alertas del año 2023.

4.2.1 Indicador histórico de alertas

Los indicadores clave del rendimiento (KPI) del mantenimiento son elementos esenciales para proteger el bienestar de una organización.

Figura 4.7: Indicador del proceso-alertas del año 2023

Sistema Integrado de Gestion (SIG) Indicadores del Proceso - Alertas 2023									
Rangos de aceptación - Mantenimientos preventivos realizados									
PROCESO	Indicador	Plazo de Meta	Sobresaliente	Aceptable	Bajo	Fuente de Información	Fórmula	Frecuencia Reporte del Avance	Responsable del envío de datos SAP-ERP
Gestión de Calidad	Avance del plan de mantenimiento del SIG	Anual	>80%	75%	<70%	Indicadores MR-MP-MC del CMA-ICE-MET	Actividades ejecutadas/actividades planificadas *100	Trimestral	Ivan Moreira Pereira

Fuente: Elaboración propia, 2024.

De acuerdo con la métrica establecida en el indicador de gestión de calidad “avance del plan de mantenimiento del SIG”, del total de los mantenimientos programados, se debe cumplir en al menos un 75 % del promedio anual de los mantenimientos realizados. Ahora bien, según el indicador de gestión de calidad “avance del plan de mantenimiento del Sistema Integrado de Gestión (SIG)”, los parámetros del índice de los mantenimientos preventivos realizados son:

Sobresaliente = >80 % Aceptable = 75 % Bajo logro = <70 %

4.2.2 Resultados del proceso-alertas del año 2023

El dominio de los indicadores clave del rendimiento (KPI) del mantenimiento pueden marcar la diferencia entre un éxito rotundo y un fracaso catastrófico (Fractal, 2024).

Figura 4.8: Resultados del proceso-alertas del año 2023

Resultados 2023												
I Trim	Observaciones	% Cumplimiento	II Trim	Observaciones	% Cumplimiento	III Trim	Observaciones	% Cumplimiento	IV Trim	% Cumplimiento	Observaciones	Promedio
75%	Se aplica por trimestre	63%	75%	Se aplica por trimestre	65%	75%	Se aplica por trimestre	67%	75%	71%	Se aplica por trimestre	67%

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Para interpretar los rangos porcentuales, se destaca que el índice de los mantenimientos realizados baja en un 8 % promedio anual al encontrarse en un 67 % promedio anual, pero el parámetro aceptable es un 75 % promedio anual.

Por lo tanto, tomando como base los resultados de promedios anuales del 2023, existe un incumplimiento en la gestión del proceso de mantenimiento preventivo del CMA-ICE-MET, lo cual alerta en una no conformidad e irregularidad de procesos que se debe analizar, corregir, mejorar y controlar.

Según el indicador de gestión de calidad “avance del plan de mantenimiento del Sistema Integrado de Gestión (SIG)”, los parámetros del índice de los mantenimientos preventivos realizados son:

Sobresaliente = >80 % Aceptable = 75 % Bajo logro = <70 %

Con base en el índice anterior de los mantenimientos preventivos realizados, se analiza también el índice de los mantenimientos preventivos pendientes de realizar y sus parámetros son:

Sobresaliente = <20 % Aceptable = 25 % Bajo logro = >30 %

Por los parámetros mencionados basados en el indicador de gestión de calidad, se lleva a cabo un estudio de la característica de la cantidad de mantenimientos preventivos pendientes, lo anterior por medio del método DMAIC, con el propósito de encontrar las causas del problema y mejorar el servicio al punto en que el cliente esté satisfecho con

este, además de mejorar los índices de ejecución de los mantenimientos pendientes de realizar.

4.2.3 Datos históricos del año 2023

En la siguiente tabla se aprecia, en el transcurso de las semanas del año 2023 (periodo de medición de los datos), el rango del porcentaje promedio de los mantenimientos programados, realizados y pendientes de realizar, según el control del mantenimiento preventivo CMA-ICE-MET:

Tabla 4.1: Control del mantenimiento preventivo del CMA-ICE-MET

2023 mantenimiento preventivo de vehículos ICE-MET				
Semanas	MP programado	Realizado	Pendiente	% pendiente
1	14	10	4	29 %
2	17	10	7	41 %
3	39	28	11	28 %
4	32	22	10	31 %
5	16	8	8	50 %
6	23	15	8	35 %
7	18	11	7	39 %
8	14	9	5	36 %
9	16	9	7	44 %
10	51	41	10	20 %
11	27	18	9	33 %
12	38	25	13	34 %
13	30	20	10	33 %
15	25	15	10	40 %
16	36	28	8	22 %
17	40	28	12	30 %
18	23	13	10	43 %
19	44	23	21	48 %
20	25	17	8	32 %

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Tabla 4.2: Control del mantenimiento preventivo del CMA-ICE-MET (continuación)

2023 mantenimiento preventivo de vehículos ICE-MET				
Semanas	MP programado	Realizado	Pendiente	% pendiente
21	34	25	9	26 %
22	37	21	16	43 %
23	37	23	14	38 %
24	41	25	16	39 %
25	21	11	10	48 %
26	18	11	7	39 %
27	19	15	4	21 %
28	21	13	8	38 %
29	28	13	15	54 %
30	27	15	12	44 %
31	27	16	11	41 %
32	61	42	19	31 %
33	45	28	17	38 %
34	20	17	3	15 %
35	21	18	3	14 %
36	35	24	11	31 %
37	18	15	3	17 %
38	49	42	7	14 %
39	38	18	20	53 %
40	24	18	6	25 %
41	36	30	6	17 %
42	36	19	17	47 %
43	15	9	6	40 %
44	69	58	11	16 %
45	23	16	7	30 %
46	35	19	16	46 %
47	16	12	4	25 %
48	29	23	6	21 %
49	42	35	7	17 %
50	21	7	14	67 %
51	15	10	5	33 %
Total general	1486	998	488	33 %

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Así, en el transcurso de las semanas del año 2023 (etapa de medición), el rango del porcentaje promedio de los mantenimientos pendientes de realizar es de un 33 % con

respecto a la cantidad total de los mantenimientos programados y se ha mantenido la tendencia.

4.2.4 Capacidad de producción instalada

Seguidamente, se presenta la tabla de la jornada laboral utilizada para el análisis, tomando en cuenta los datos de las tablas 4.1 y 4.2 de los datos históricos del año 2023, denominadas: “Control del mantenimiento preventivo del CMA-ICE-MET”, que cuantifican el promedio anual de los mantenimientos programados (MP) por semana, lo cual arroja el dato de la cantidad de personas en la jornada laboral efectiva que se requieren para ejecutar los mantenimientos programados.

Tabla 4.3: Capacidad instalada-jornada laboral en el año 2023

Total de MP programados en el año 2023	1486 servicios
Cantidad promedio anual de MP programados por semana	29,14
Promedio de horas por MP programado	5,00
Días de trabajo por semana	5,00
Horas efectivas por día	8,00
Cantidad de personas por día para realizar los MP programados	3,64

Fuente: Elaboración propia, 2024.

De acuerdo con la tabla anterior, la cantidad total de MP programados corresponde a 1486 servicios.

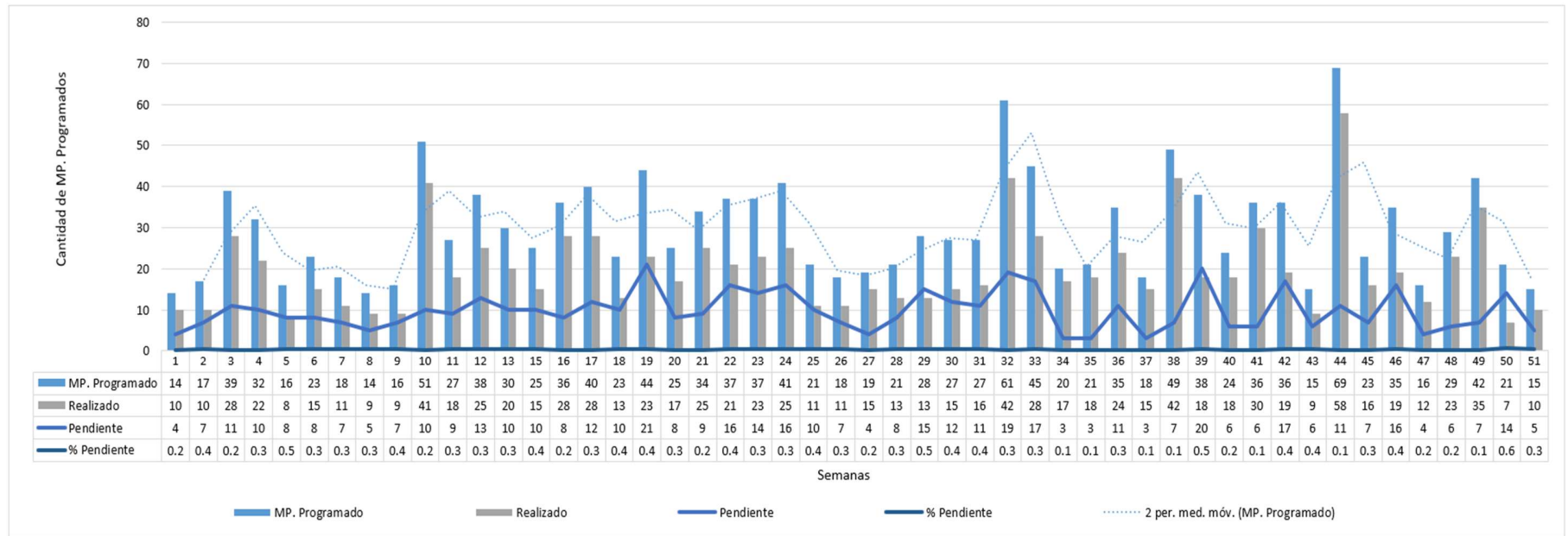
Ahora bien, se efectúa el cálculo del promedio anual de MP programado por semana igual a 29,14 servicios; se agrega el dato promedio de horas por MP programado, que corresponde a 5 horas; se toma en cuenta el dato de 5 días de trabajo por semana, y finalmente las horas efectivas por día de 8 horas, discriminando tiempos de descanso, alimentación e improductividad.

Al considerar todos los datos anteriores, se calcula la cantidad de personas necesarias para llevar a cabo los MP programados por semana, según el promedio anual, y el resultado es de 3,64 personas por semana.

4.2.5 Gráfico de tendencias y comportamientos de los datos del año 2023

En la siguiente figura del gráfico de barras combinado, tomando como referencia los datos de las tablas 4.1 y 4.2, denominadas “Control del mantenimiento preventivo del CMA-ICE-MET”, se aprecian las tendencias y comportamientos de forma clara, así como los rangos del porcentaje promedio de los mantenimientos programados, realizados y pendientes de realizar:

Figura 4.9: Gráfico de las tendencias y comportamientos de los datos del año 2023



Fuente: Elaboración propia, 2024.

Seguidamente, se exponen los rangos del porcentaje promedio de los mantenimientos programados, realizados y pendientes de realizar del gráfico anterior en orden según la escala de colores, con el fin de hacer más amigable su interpretación:

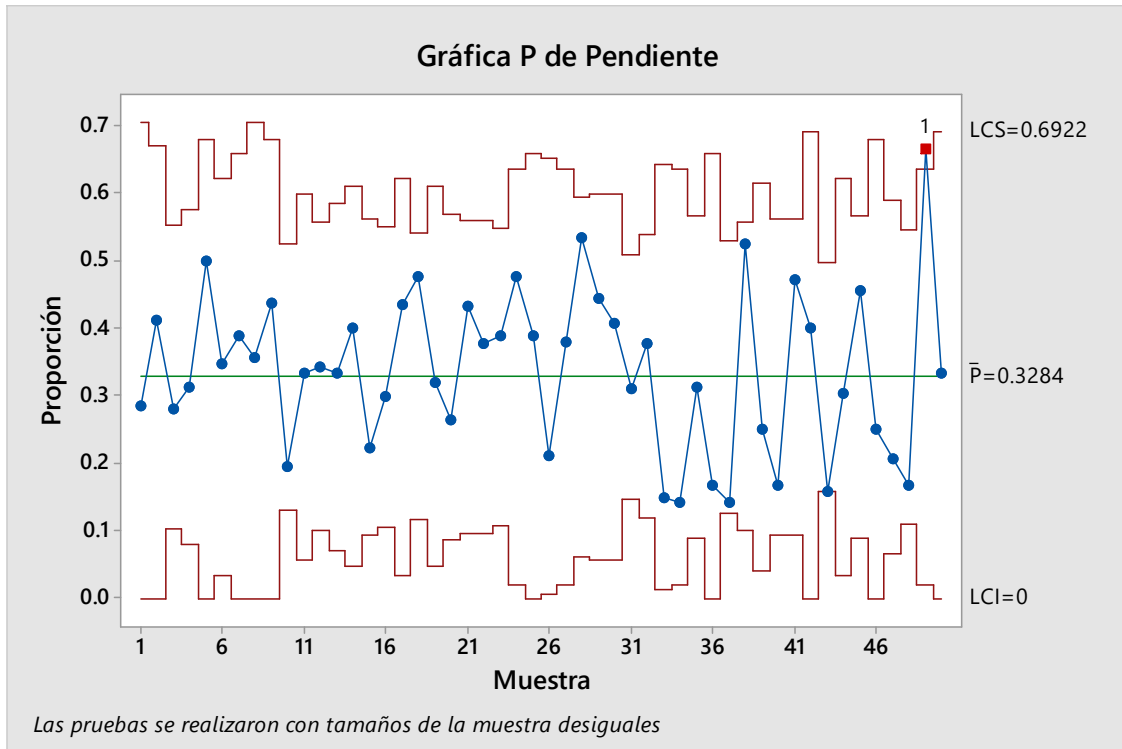
- **MP programados:** representados por la leyenda de color azul oscuro, posicionada en la primera serie del eje vertical (y), se observa que no se mantiene constante por semanas del eje horizontal (X) y sobrepasa la capacidad instalada-jornada laboral del año 2023.
- **MP realizados:** representados por la leyenda de color gris, posicionada en la segunda serie del eje vertical (y), se observa que no se mantiene constante por semanas del eje horizontal (X) y no se cumple con el indicador de gestión de calidad del año 2023.
- **MP pendientes:** representados por la leyenda de color azul claro, posicionada en la tercera serie del eje vertical (y), se observa que no se mantiene constante por semanas del eje horizontal (X) y no se cumple con el indicador de gestión de calidad del año 2023.
- **% MP pendientes:** representados por la línea de tendencia de color azul oscuro, la cual no se mantiene constante por semanas del eje horizontal (X), por lo que no se cumple con el indicador de gestión de calidad “avance del plan de mantenimiento del SIG” del año 2023.

4.2.6 Control estadístico de la calidad, medición con Minitab

Se utiliza la herramienta *software* estadístico Minitab para realizar los cálculos que:

Tiene[n] como finalidad evidenciar que cada parte, de cada proceso, desempeñe sus labores correctamente y cumpla las exigencias necesarias. En otras palabras, el objetivo importante del control estadístico de la calidad es reducir a niveles mínimos o ir suprimiendo de manera sistemática y continua la variabilidad dentro de los procesos que interfieran con la calidad (Cerem GBS, 2023).

Figura 4.10: Gráfico p “natural” de los mantenimientos preventivos pendientes



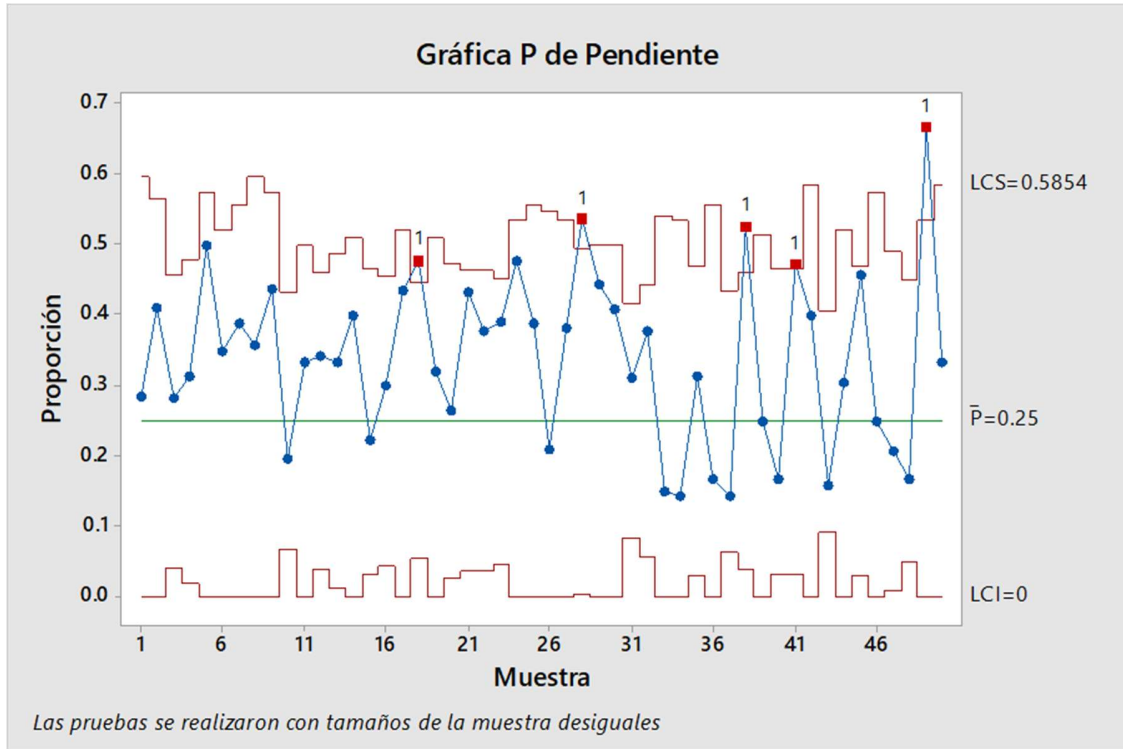
Fuente: Elaboración propia, 2024.

Interpretación

Al observar el **gráfico p** de los mantenimientos preventivos pendientes de realizar, se tiene un porcentaje de pendientes promedio de 32.84 %, con un límite superior de control más reciente de 69.22 % y un límite inferior de control más reciente de 0 %. No se distinguen tendencias ni peculiaridades, pero hay un punto por encima del límite superior de control que es la muestra 49. Por lo tanto, el proceso no está bajo control estadístico en la proporción de los mantenimientos pendientes de realizar. Como conclusión, el proceso no está estable.

A continuación, se efectúa la medición de la característica de calidad con el gráfico de control para atributos "especificación real del indicador de calidad del CMA-ICE-MET", utilizando el *software* estadístico Minitab:

Figura 4.11: Gráfico p “especificación” de los mantenimientos preventivos pendientes



Fuente: Elaboración propia, 2024.

Interpretación

Al observar el **gráfico p** de los mantenimientos preventivos pendientes de realizar, se tiene un porcentaje de pendientes promedio con la especificación aplicada de 25 %, con un límite superior de control más reciente de 58.54 % y un límite inferior de control más reciente de 0 %. No se aprecian tendencias ni peculiaridades, pero hay 5 puntos por encima del límite superior de control que son las muestras 18, 28, 38, 41 y 49. Por consiguiente, el proceso no está bajo control estadístico en la proporción de los mantenimientos pendientes de realizar. Como conclusión, el proceso no está estable.

4.2.7 Cálculo del índice de inestabilidad

La fórmula para calcular el índice de inestabilidad es la siguiente:

$$Inestabilidad = \frac{Puntos\ fuera}{Total\ de\ puntos} * 100$$

Sustituyendo los valores, se obtiene entonces:

$$Inestabilidad = \frac{5}{51} * 100 = 9.80 \%$$

4.2.8 Resumen de la medición con Minitab

(p-natural-especificado-ajustado)

Se emplea la herramienta *software* estadístico Minitab para efectuar los cálculos. Así, en la actualidad se tiene un porcentaje promedio de los mantenimientos preventivos pendientes de realizar de 32.84 %, sin embargo, se desea bajar ese porcentaje promedio de preventivos pendientes de realizar a un 25 %, que es la especificación real del "indicador de calidad del CMA-ICE-MET", con el fin de cumplir con la métrica de calidad evaluada, mejorar la satisfacción del cliente, reducir costos y, proporcionalmente, aumentar la productividad.

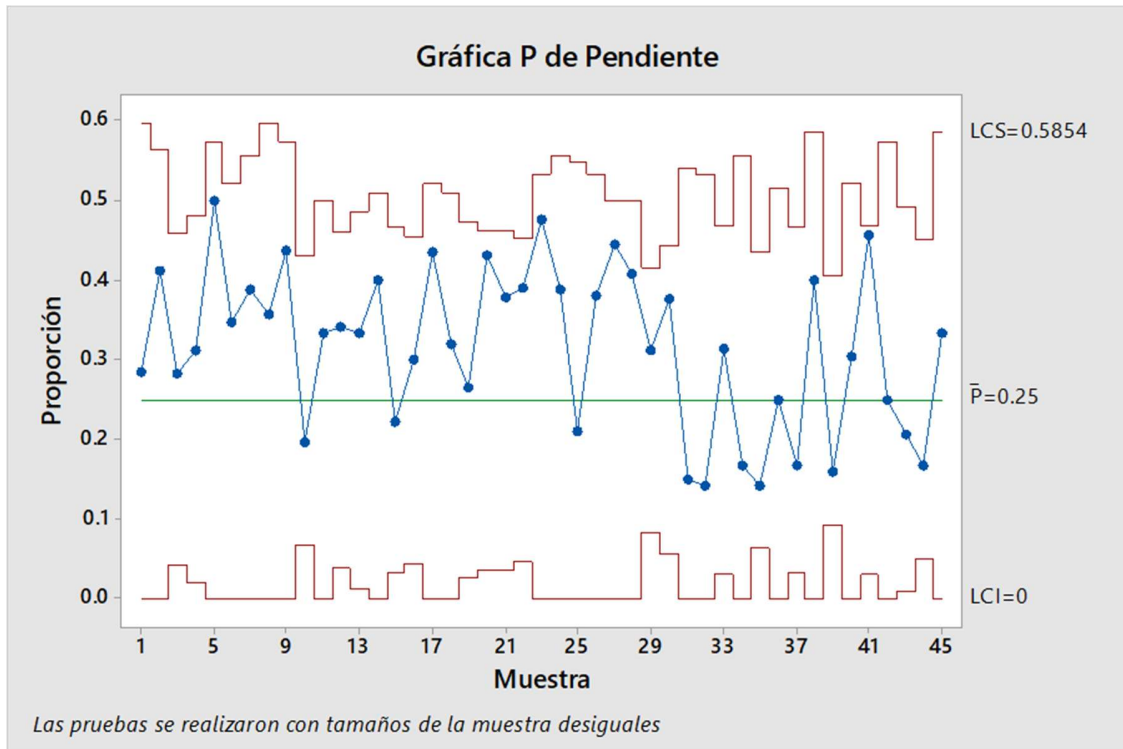
Después de aplicar un porcentaje de pendientes promedio con la especificación aplicada de 25 %, se obtiene que el proceso no está bajo control estadístico en la proporción de los mantenimientos pendientes de realizar, porque hay 5 puntos por encima del límite superior de control, que son las muestras 18, 28, 38, 41 y 49.

Posteriormente, se mide el índice de inestabilidad, el cual indica un 9.80 %, esto se refiere a una medición de qué tan inestable es un proceso, con lo cual se pueden diferenciar los procesos que de manera esporádica tengan puntos o señales especiales de variación, de los que con frecuencia funcionan en presencia de causas especiales de variación.

Se procede a realizar una medición simulada ajustada con un porcentaje de pendientes promedio con la especificación real aplicada de 25 % y se excluyen las muestras 18, 28, 38, 41 y 49.

A continuación, se expone la medición de la característica de calidad con el gráfico de control para atributos "especificación y ajuste del indicador de calidad del CMA-ICE-MET", utilizando el *software* estadístico Minitab:

Figura 4.12: Gráfico p “simulación con especificación y ajustes”



Fuente: Elaboración propia, 2024.

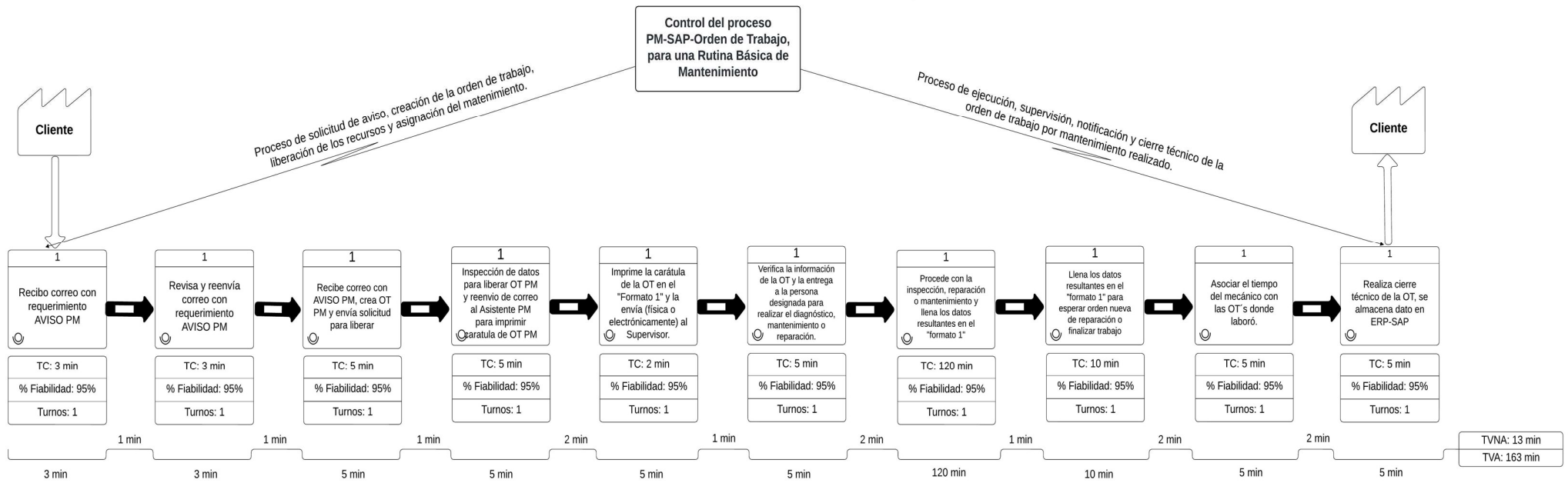
Interpretación de la simulación con especificación y ajustes

Al observar el **gráfico p** de los mantenimientos preventivos pendientes de realizar, se tiene un porcentaje de pendientes promedio con la especificación aplicada de 25 %, con un límite superior de control más reciente de 58.54 % y un límite inferior de control más reciente de 0 %. No se observan tendencias ni peculiaridades, tampoco hay puntos fuera de los límites de control. Por lo tanto, el proceso en “simulación con especificación y ajustes” estaría bajo control estadístico en la proporción de los mantenimientos pendientes de realizar. Como conclusión, en la simulación con especificación y ajustes de medición con Minitab, el proceso alcanza su estabilidad.

4.2.9 Value Stream Mapping (VSM) del proceso PM-SAP-orden de trabajo

Con el objetivo de visualizar los pasos y mediciones de una manera más gráfica y exacta, se realiza un VSM del proceso PM-SAP-orden de trabajo para una rutina básica de mantenimiento, el cual se aprecia en la siguiente figura:

Figura 4.13: Value Stream Mapping (VSM) actual del proceso



Fuente: Elaboración propia, 2024.

A continuación, se detalla la duración de cada una de las partes del proceso PM-SAP-orden de trabajo para una rutina básica de mantenimiento:

- **Recibir el correo del requerimiento para el AVISO PM:** esta parte tarda en promedio 3 minutos, ya que el solicitante recibe la solicitud del cliente, crea el AVISO PM y reenvía el correo con el requerimiento SAP-ERP.
- **Recibir, revisar y reenviar del correo con el requerimiento del AVISO PM:** normalmente, los AVISOS PM tienen instrucciones cortas y abreviadas, por lo que el supervisor tarda alrededor de 3 minutos revisándolos para determinar qué información es necesaria para la solicitud de crear la ORDEN PM.
- **Recibir el correo con el AVISO PM para crear la ORDEN PM:** el asistente recibe el correo con el AVISO PM, crea la ORDEN PM en el SAP-ERP y envía un correo con la solicitud de liberar la ORDEN PM. Esta parte abarca en promedio 5 minutos.
- **Inspeccionar los datos para liberar la ORDEN PM:** el gestor debe buscar el número de ORDEN PM, inspeccionar, liberar y luego reenviar el correo al asistente para imprimir la carátula de la ORDEN PM. Esta acción puede tomar alrededor de 5 minutos.
- **Imprimir la carátula de la ORDEN PM:** en este paso el asistente imprime la carátula y la envía (física o electrónicamente) al supervisor, esto tarda cerca de 2 minutos.
- **Verificar la información de la ORDEN PM:** el supervisor entrega la carátula de la ORDEN PM a la persona designada para realizar el diagnóstico, mantenimiento o reparación. Esta acción puede tomar aproximadamente 5 minutos.
- **Proceder con la inspección, reparación o mantenimiento:** por lo general, el mecánico ejecuta la rutina básica de mantenimiento en 120 minutos promedio.
- **Llenar los datos resultantes de la rutina básica:** en el "formato 1" para esperar la orden nueva de reparación o finalizar trabajo. En esta acción tarda alrededor de 10 minutos.
- **Asociar el tiempo del mecánico en la ORDEN PM donde laboró:** el supervisor recibe el "formato 1" lleno, verifica que cumpla con todo el protocolo de calidad y procede con la notificación de mano de las horas reales ejecutadas por el mecánico. Este paso abarca 5 minutos.

- **Realizar el cierre técnico de la ORDEN PM:** con la notificación o asociación del tiempo real de ejecución por parte del supervisor, el gestor debe buscar el número de ORDEN PM en el SAP-ERP, con el propósito de hacer el cierre técnico. Esta acción puede tomar alrededor de 5 minutos.

Adicional, se lleva a cabo el análisis de modo y efecto de falla (AMEF), con el fin de establecer cuáles son los pasos más críticos del proceso actual y confirmar si la posibilidad de falla disminuye una vez que la mejora se implementa.

4.2.10 Análisis de modo y efecto de falla (AMEF)

Para hacer este análisis, se utilizan las siguientes escalas de criticidad, creadas con el criterio experto de los asistentes, supervisores y gestores del Departamento de Mantenimiento Preventivo del CMA-ICE-MET.

Tabla 4.4: Criterios AMEF, severidad

Severidad	
Baja	El cliente no nota el problema o no se molesta por ello
Media	El cliente nota el problema y está molesto
Alta	La empresa pierde el negocio con el cliente, la satisfacción del cliente impacta negativamente
Crítica	El cliente emprende acciones legales contra la empresa

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Por medio de la anterior escala, se mide la severidad en la que se puede incurrir si se comete un error en el procesamiento del caso, donde 1 es una severidad baja, la cual el cliente posiblemente no nota o no le moleste el error, y 5 es una severidad crítica, donde el cliente puede tomar acciones legales en contra de la compañía.

Seguidamente, se expone la escala de frecuencia en la que se clasifican los errores:

Tabla 4.5: Criterios AMEF, frecuencia

Frecuencia	AMEF
Ocurrencia mensual (ocurrencia 0 %-45 % del tiempo)	1-2
Ocurrencia semanal (ocurrencia 45 %-75 % del tiempo)	3
Ocurrencia diaria (ocurrencia 75 %-100 % del tiempo)	4-5

Fuente: Elaboración propia, 2024.

A partir de la escala anterior, se mide la frecuencia con la que un error puede suceder, donde 1 es la calificación mínima con una frecuencia mensual y 5 la más alta con una ocurrencia diaria.

A continuación, se presenta la escala de criterios para la detectabilidad de un error:

Tabla 4.6: Criterios AMEF, detectabilidad

Detectabilidad	AMEF
Los controles tienen una buena posibilidad de detectar (sin detección 0 % al 45 % del tiempo)	1-2
Los controles pueden detectar la existencia de un fallo (sin detección del 45 % al 75 % del tiempo)	3-4
Sin controles conocidos o posibilidad de detección muy remota (sin detección del 75 % al 100 % del tiempo)	5

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Según esta escala, se determina si se cuenta con sistemas o políticas de defectabilidad de errores al momento de incurrir en estos, donde 1 es cuando sí existe un control que detecte el error y 5 cuando no existe un control que pueda detectarlo.

Explicadas todas las escalas utilizadas para efectuar el análisis, seguidamente se exponen los datos obtenidos respecto a la evaluación AMEF para el procesamiento de AVISOS PM recibidos y el tratamiento de las ÓRDENES PM en el departamento.

Tabla 4.7: Evaluación general AMEF para el procesamiento de AVISOS y ÓRDENES PM

Modo de falla potencial y análisis de efectos (AMEF)								
Función	Modo de Falla Potencial	Efectos potenciales o fallas	SAV	Causa potencial	Ocurre	Controles actuales	Detec	RPN
Citas Programadas-AVISOS SAP	No se crearon los AVISOS SAP	Incumplimiento de planificación	4	Desfase en la liberación de la orden planificada	4	Planificador de mante prev	5	80
Citas Programadas-AVISOS SAP	No se activan las reservas y los pedidos de partes	Los materiales y repuestos no se cargan	5	En espera de materiales y repuestos	5	Planificador de mante prev	3	75
Citas Programadas-AVISOS SAP	No se verifica capacidad de recurso humano	Ordenes pendientes de planificar	4	En espera de mano de obra	4	Planificador de mante prev	4	64
Recibo de vehículos en el taller	No se presentó	Incumplimiento de mantenimiento	3	Desfase en la agenda productiva	5	Control diario de agenda	4	60
Recibo de vehículos en el taller	Se presentó, pero no pudo quedarse	Reprogramar la demanda no ejecutada	3	Desfase en el registro de ausencias	4	Control diario de agenda	4	48
Recibo de vehículos en el taller	No se recibió el vehículo	Reprogramar la demanda no ejecutada	3	No hay asignación de recursos	3	Control diario de agenda	5	45
Consulta y Asesoría técnica inicial	No había repuestos	Atraso en la entrega del vehículo	4	No hay vehículo disponible	2	No hay control	5	40
Consulta y Asesoría técnica inicial	Falta herramienta especial	No se realiza servicio básico de rutina	4	Falta de entrenamiento	2	No hay control	5	40
Consulta y Asesoría técnica inicial	Equipo o maquina no disponible	Se realiza servicio parcial	4	Falta de planificación	2	No hay control	5	40
Distribución del trabajo a los técnicos	No había capacidad instalada	Mantenimientos pendientes de realizar	3	Desfase en la agenda productiva	4	Control semanal de agenda	3	36
Distribución del trabajo a los técnicos	No aplica el paso a paso completo	Errores por omisión	3	Técnico no enfocado	3	Control semanal de agenda	4	36
Distribución del trabajo a los técnicos	Recargo de trabajos diarios	No se realiza servicio básico de rutina	3	Desfase en la agenda productiva	4	Control semanal de agenda	3	36
Supervisión del trabajo	No se aplico el control de calidad al servicio ejecutado	Aumenta el índice de no conformidades	3	No hay vehículo disponible	3	Control mensual de agenda	3	27
Supervisión del trabajo	Falta capacidad de los puestos de trabajo asignados	Aumenta el índice de pendientes	3	Supervisor no enfocado	3	Control mensual de agenda	3	27
Supervisión del trabajo	No se cumplen los horarios de trabajo	Incumplimiento de planificación	3	Técnico no enfocado	3	Control mensual de agenda	3	27
Realización del trabajo	Desconocimiento técnico del personal operativo	Aumento de correctivos	3	Reproceso de trabajos	3	Control mensual de agenda	3	27
Realización del trabajo	Desconocimiento administrativo del personal operativo	Errores por omisión	3	Perfil técnico no adecuado	3	Control mensual de agenda	3	27
Realización del trabajo	No se utilizan los materiales y suministros correctos	Errores por omisión	3	Perfil técnico no adecuado	3	Control mensual de agenda	3	27
Lavado de vehículos	No se realizo el lavado después del mantenimiento	Incumplimiento de procedimientos	3	Insatisfacción del cliente	2	Control mensual de agenda	3	18
Lavado de vehículos	Se realiza el lavado parcial después del mantenimiento	Prisa y descuido en la tarea	3	Reproceso de trabajos	2	Control mensual de agenda	3	18
Lavado de vehículos	No se utilizan los materiales y suministros correctos	Errores por omisión	3	Reproceso de trabajos	2	Control mensual de agenda	3	18
Aseguramiento de calidad OK	Resistencia al cambio tecnológico para control y seguim.	Aumento de errores en las rutinas	3	Informe incompleto de trabajo	3	Control semanal de agenda	2	18
Aseguramiento de calidad OK	No se aplico el control de calidad al servicio ejecutado	Aumenta el índice de no conformidades	3	No se cumple con el Indicador de gestión	3	Control semanal de agenda	2	18
Aseguramiento de calidad OK	Se aplica el control de seguridad parcial	Aumenta el Riesgo de accidentabilidad	3	Accidente por negligencia	3	Control semanal de agenda	2	18
Notificación final de horas reales	No se asocia el tiempo del mecánico en las OTS laboradas	Aumenta el índice de improductividad	2	Desfase en la agenda productiva	2	Control diario de agenda	4	16
Notificación final de horas reales	Digita la notificación incorrecta	Información incorrecta	3	Supervisor no enfocado	1	Control diario de agenda	3	9
Notificación final de horas reales	Envía la notificación incorrecta	Puesto de trabajo incorrecto	1	Falta de entrenamiento	1	Control diario de agenda	4	4
Realiza cierre técnico de la Orden de Trabajo SAP	No se realiza el cierre técnico de la Orden de Trabajo	Incumplimiento de indicador de Gestión	2	No se almacena dato en ERP-SAP	2	Control mensual de agenda	4	16
Realiza cierre técnico de la Orden de Trabajo SAP	Se realiza el cierre técnico sin repuestos y materiales	Los materiales y repuestos no se cargan	3	No se almacena dato en ERP-SAP	1	Control mensual de agenda	3	9
Realiza cierre técnico de la Orden de Trabajo SAP	Se realiza el cierre técnico sin puesto de trabajo	No se contabiliza puesto de trabajo	2	No se almacena dato en ERP-SAP	1	Control mensual de agenda	3	6

Fuente: Elaboración propia, 2024.

En la tabla anterior, se aprecian todos los resultados obtenidos del AMEF, en donde se tabula la función realizada por varios actores y todas las acciones que pueden causar un error durante el procesamiento de AVISOS PM recibidos y tratamiento de las ÓRDENES PM en el departamento, así como también los efectos generados por estos errores.

A continuación, se muestra la columna de causa potencial, en la misma se establece la razón por la que se incurre en dicho error y, por último, se encuentra la columna que señala los controles actuales para detectar el error.

Cada una de las columnas mencionadas tiene una calificación dada por las escalas de criterio explicadas antes. Una vez que las calificaciones se determinan, se multiplican estos valores para obtener el RPM (por su sigla en inglés *Risk Priority Number*), el mismo indica en cuáles acciones hay más riesgo cuando se comete un error. Completada la evaluación general para el proceso actual del procesamiento de AVISOS PM recibidos y tratamiento de las ÓRDENES PM, se analiza la información obtenida, la cual se expone en el siguiente cuadro:

Tabla 4.8: Resultados de la evaluación general AMEF para el proceso actual

Actividades	Severidad	Ocurrencia	Detectabilidad	RPN
Citas programadas-AVISOS SAP	13	13	12	219
Recibo de vehículos en el taller	9	12	13	153
Consulta y asesoría técnica inicial	12	6	15	120
Distribución del trabajo a los técnicos	9	11	10	108
Supervisión del trabajo	9	9	9	81
Realización del trabajo	9	9	9	81
Aseguramiento de la calidad OK	9	9	6	54
Lavado de vehículos	9	6	9	54
Realiza el cierre técnico de la orden de trabajo SAP	7	4	10	31
Notificación final de las horas reales	6	4	11	29
Total general	92	83	104	930

Fuente: Elaboración propia, 2024.

En cuanto a la tabla anterior, el resultado del valor RPN del proceso actual es de 930 y las acciones más riesgosas son:

- **Citas programadas-AVISOS SAP:** con un valor de 219 RPN.
- **Recibo de vehículos en el taller:** con un valor de 153 RPN.

- **Consulta y asesoría técnica inicial:** con un valor de 120 RPN.
- **Distribución del trabajo a los técnicos:** con un valor de 108 RPN.

4.3 ANALIZAR

Se efectúa un análisis de por qué sucede esta problemática actual y se experimenta este impacto (lo obtenido en el definir y medir).

En esta etapa se lleva a cabo el análisis de la información recolectada para determinar las causas raíz de los defectos y oportunidades de mejora.

Luego, se tamizan las oportunidades de mejora de acuerdo con su importancia para el cliente, y se identifican y validan sus causas de variación.

4.3.1 Actividades más frecuentes del resultado del valor RPN

Según la tabla 4.8, presentada en la etapa anterior, las actividades más frecuentes del resultado del valor RPN en el proceso actual son las cuatro primeras. Por esta razón, se toman en cuenta y se examinan más a detalle con la finalidad de establecer cuál o cuáles pueden ser las más aptas para una posible mejora:

Tabla 4.9: Análisis de las actividades más utilizadas

Actividades	RPN total	Frecuencia	Acumulado
Citas programadas-AVISOS SAP	219	24 %	24 %
Recibo de vehículos en el taller	153	16 %	40 %
Consulta y asesoría técnica inicial	120	13 %	53 %
Distribución del trabajo a los técnicos	108	12 %	65 %
Supervisión del trabajo	81	9 %	73 %
Realización del trabajo	81	9 %	82 %
Aseguramiento de la calidad OK	54	6 %	88 %
Lavado de vehículos	54	6 %	94 %
Realizar el cierre técnico de la orden de trabajo SAP	31	3 %	97 %
Notificación final de las horas reales	29	3 %	100 %
Total general	930	100 %	

Fuente: Elaboración propia, 2024.

La tabla anterior explica cada una de las actividades más utilizadas en el último año, además se consulta a las gerentes del departamento acerca de cuáles son las

posibilidades de poder mejorar alguna de las mismas. Al respecto, con base en su criterio experto, ellas mencionan que las acciones más aptas por mejorar son “citas programadas-AVISOS SAP” y “recibo de vehículos en el taller”, pues estas actividades dependen totalmente del solicitante y el supervisor, no se involucra al asistente ni a los gestores PM.

Ahora bien, debido a que los mantenimientos preventivos pendientes de realizar por “citas programadas-AVISOS SAP” son los más frecuentes y su volumen es mucho mayor a las acciones de “recibo de vehículos en el taller”, se decide que la posible mejora se enfoca en “citas programadas-AVISOS SAP”.

Se efectúa una reunión *kaizen* con los solicitantes y supervisores PM, donde se realiza un *gemba walk* y más tarde se ejecuta una sesión de lluvia de ideas, con el objetivo de establecer todas las posibles causas que afectan los mantenimientos preventivos pendientes de llevar a cabo por medio de las citas programadas-AVISOS SAP.

4.3.2 Sesión de lluvia de ideas

En la siguiente figura, se muestran las diez causas resultantes de la sesión hecha, según el criterio experto de los participantes:

Figura 4.14: Lluvia de ideas de las causas que afectan el proceso



Fuente: Elaboración propia, 2024.

Seguidamente, se detalla cada una de las causas:

Incumplimiento del cliente en rutinas programadas

En algunas ocasiones se debe a la falta o inexistencia de retroalimentación y confirmación de la asistencia.

Falta de insumos para realizar los mantenimientos programados

Puede ser desde no tener herramientas especializadas, consumibles, repuestos, lubricantes o cualquier material necesario para la rutina.

Poco personal ejecutor de las rutinas de mantenimiento programadas

El cálculo de personal por la demanda de servicios no es el correcto, se tiene actualmente un promedio semanal de 29.14 rutinas para 3.64 técnicos de servicio por día.

Ausencia de supervisión operativa y administrativa

El supervisor no tiene claros sus alcances y la supervisión es escasa o nula.

Falta de seguimiento de los controles estadísticos de la calidad

Los controles de calidad en los que se reflejan los resultados obtenidos en el proceso de mantenimiento son deficientes.

Descuido en la capacitación de procedimientos normados

Se han presentado rotaciones del personal operativo, esto genera una sensación de falta de experiencia y que no se realicen las rutinas ejecutadas con anterioridad.

Falta de herramientas básicas para la ejecución de los preventivos

Se identifican escasez de herramientas manuales o de mano, utilizadas para llevar a cabo, de manera más apropiada, sencilla y con el uso de menor energía, las rutinas básicas.

Baja satisfacción del servicio al cliente, saturación de talleres

La insatisfacción del cliente se refiere a ciertas experiencias negativas y al comportamiento decepcionado del cliente con el producto o servicio.

Mantenimientos correctivos en aumento, flota vehicular antigua

Los costos altos al extender el ciclo de vida del vehículo se reflejan en el aumento de correctivos, mayor riesgo de accidentes y mayor contaminación.

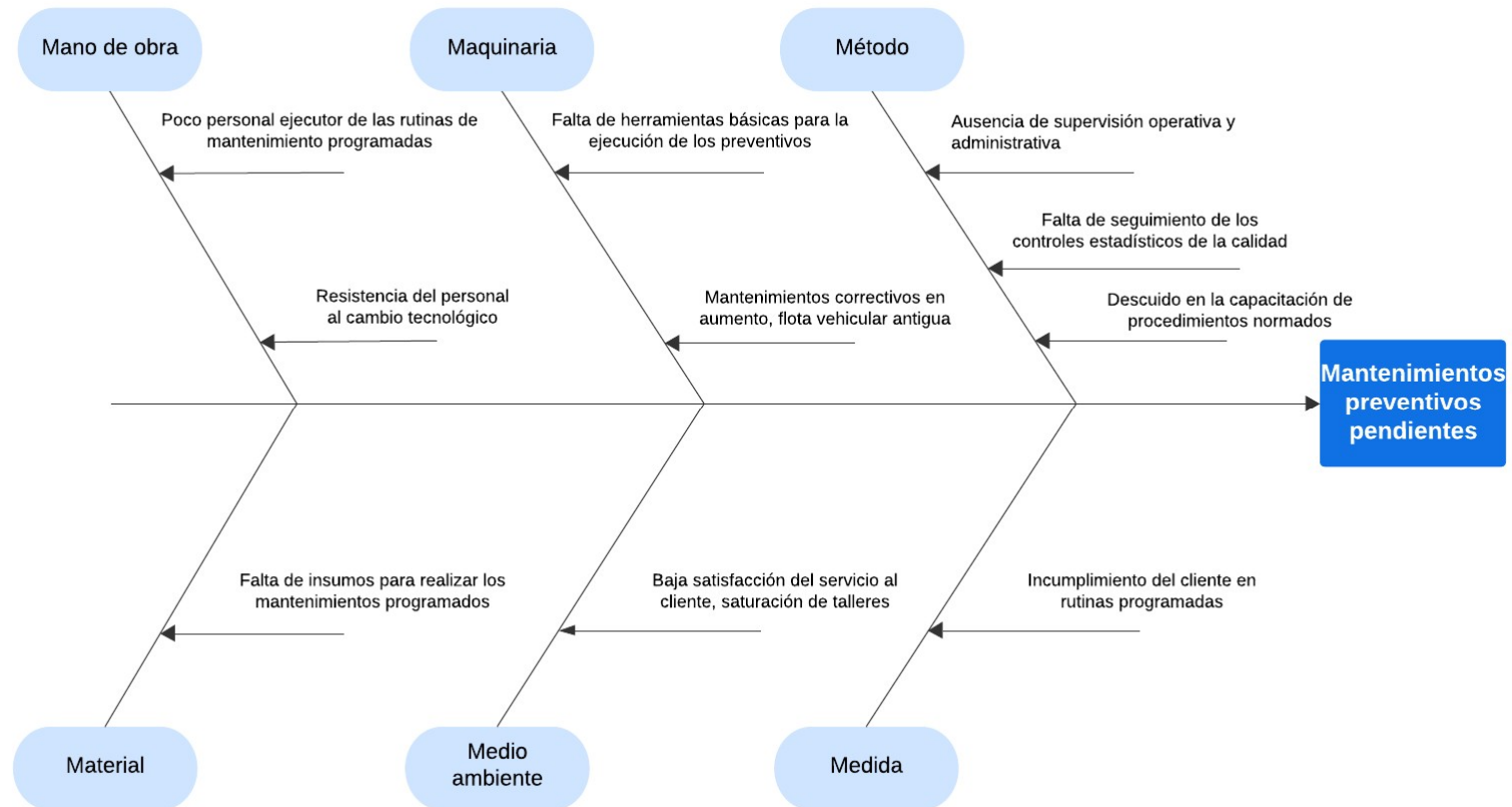
Resistencia del personal al cambio tecnológico

Se evidencia un obstáculo al desarrollo de nuevas metas, métodos o cualquier otra variación que se plantee. El cambio es gradual por la salida de los colaboradores con más antigüedad.

4.3.3 Diagrama de Ishikawa de las causas resultantes

A continuación, las causas resultantes de la lluvia de ideas se agrupan por afinidad en un diagrama de Ishikawa:

Figura 4.15: Diagrama de Ishikawa para las causas que afectan el proceso



Fuente: Elaboración propia, 2024.

Seguidamente, se detalla cada una de las causas señaladas en el diagrama de Ishikawa:

Diagrama de Ishikawa (6M)

Mano de obra

Implica al personal involucrado en ese proceso. Las causas que afectan son:

- **Poco personal ejecutor** de las rutinas de mantenimiento programadas.
- **Resistencia del personal** al cambio tecnológico.

Maquinaria

Se trata del equipo técnico o tecnológico requerido para ese proceso. Las causas que afectan son:

- **Falta de herramientas básicas** para la ejecución de los preventivos.
- **Mantenimientos correctivos** en aumento, pero la flota vehicular es antigua.

Método

Se refiere a las acciones llevadas a cabo para ejecutar un proceso. Las causas que afectan son:

- **Ausencia de supervisión** operativa y administrativa.
- **Falta de seguimiento** de los controles estadísticos de la calidad.
- **Descuido en la capacitación** de procedimientos normados.

Materiales

Corresponde a cualquier accesorio, instrumento o material necesario para que el proceso se realice. La causa que afecta es:

- **Falta de insumos** para hacer los mantenimientos programados.

Medio ambiente

Consiste en el contexto, espacio o lugar. La causa que afecta es:

- **Baja satisfacción del servicio al cliente**, saturación de talleres.

Medición

Aquí se contempla el control para lograr el proceso. La causa que afecta es:

- **Incumplimiento del cliente** en rutinas programadas.

Con el propósito de brindarle valor a cada una de las causas ya citadas, se lleva a cabo un multivoto para determinar cuáles factores son más significativos.

4.3.4 Multivotación de los factores más significativos

Para realizar este multivoto, se toma el criterio experto de los solicitantes, asistentes y supervisores que trabajan en el Departamento de Mantenimiento Preventivo y unidades de negocio del Grupo ICE, al ser quienes conocen a fondo el proceso en estudio.

A cada persona se le indica que asigne en orden descendente el valor para cada causa, iniciando en 20 para aquella que consideran de mayor afectación e impacto en el proceso PM-SAP-orden de trabajo (OT)-rutina básica, y finalizando en 0 para la que califiquen de menor afectación. Ver en el apéndice 2 el formulario vacío del multivoto utilizado para la votación de los actores PM, descritos anteriormente.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de la sesión de multivotación:

Tabla 4.10: Multivoto para las causas de mayor impacto

CATEGORÍAS	Mantenimientos preventivos pendientes	Multivotación:					
Afinidad:	Causas posibles:	Paola	Orlando	Jonathan	Silvia	Alexander	Total
Medición	Incumplimiento del cliente en rutinas programadas	20	20	20	20	20	100
Material	Falta de insumos para realizar los mantenimientos programados	0	5	5	5	5	20
Mano de obra	Poco personal ejecutor de las rutinas de mantenimiento programadas	5	0	5	5	10	25
Método	Ausencia de supervisión operativa y administrativa	20	20	20	15	15	90
Método	Falta de seguimiento de los controles estadísticos de la calidad	15	15	15	20	20	85
Método	Descuido en la capacitación de procedimientos normados	20	20	15	20	20	95
Máquina	Falta de herramientas básicas para la ejecución de los preventivos	5	10	0	5	5	25
Medio Ambiente	Baja satisfacción del servicio al cliente, saturación de talleres	5	0	5	5	5	20
Máquina	Mantenimientos correctivos en aumento, flota vehicular antigua	5	0	10	0	0	15
Mano de obra	Resistencia del personal al cambio tecnológico	5	10	5	5	0	25
		100	100	100	100	100	500

Fuente: Elaboración propia, 2024.

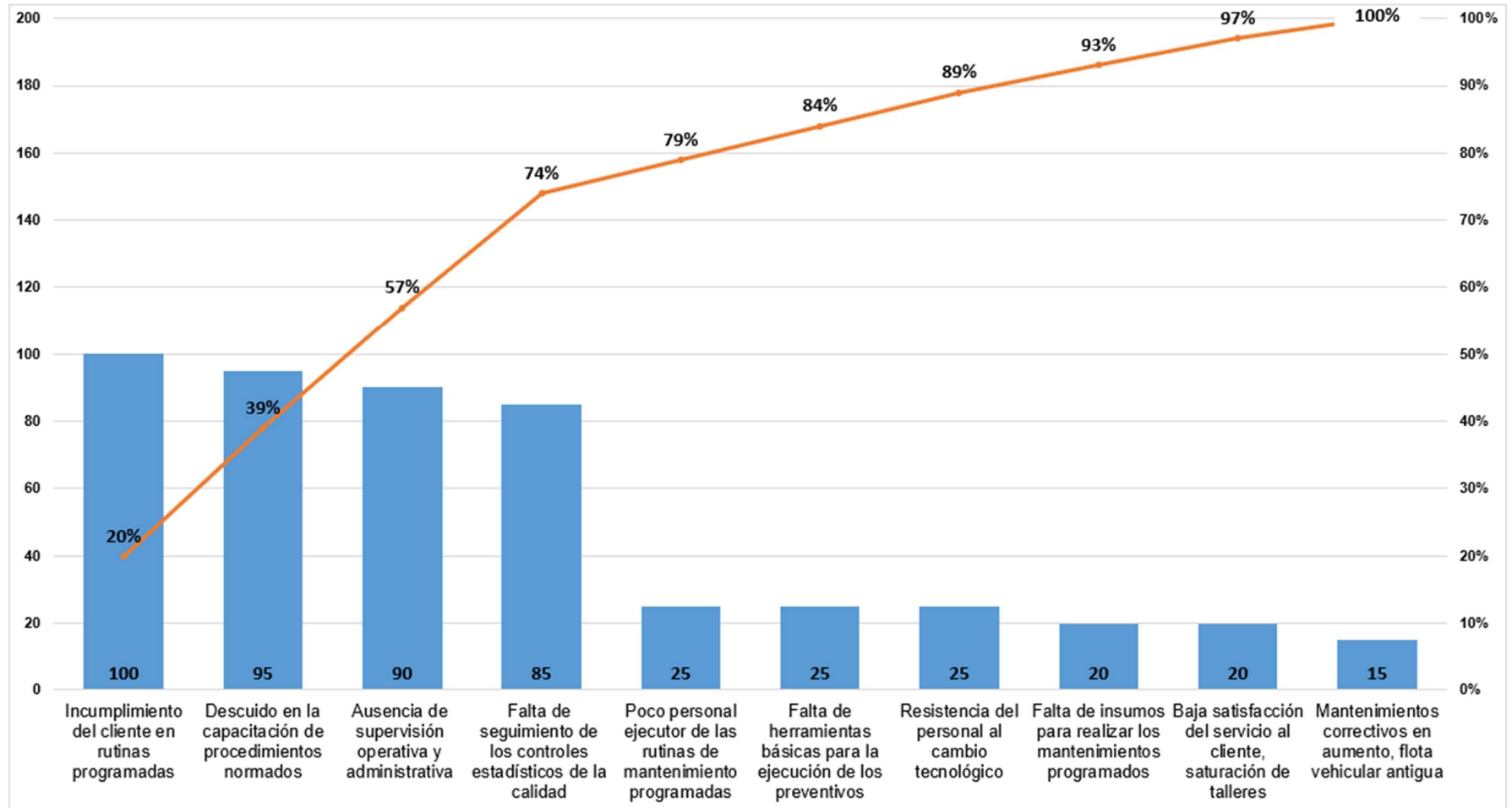
A partir de los resultados obtenidos del multivoto, se calcula el porcentaje de representación de cada una de las causas y su valor acumulado; de esta manera, se ordenan los valores iniciando con la causa de mayor impacto, tal como se muestra en la siguiente figura del Pareto.

4.3.5 Pareto de las causas de mayor impacto

La siguiente figura permite clasificar gráficamente la información de mayor a menor relevancia, con el objetivo de reconocer los problemas más importantes en los que deben enfocarse los esfuerzos para solucionarlos.

Al respecto, QuestionPro (2024) señala sobre esta herramienta: “Esta técnica se basa en el principio de Pareto o regla 80/20, la cual establece una relación de correspondencia entre los grupos 80-20, donde el 80 % de las consecuencias provienen del 20 % de las causas” .

Figura 4.16: Pareto para las causas de mayor impacto



Fuente: Elaboración propia, 2024.

Como se aprecia en la figura 4.16 del Pareto anterior, las causas más significativas que afectan el proceso de mantenimiento preventivo PM son las siguientes:

- **Incumplimiento del cliente en rutinas programadas**, con un valor de 20 %.
- **Descuido en la capacitación de procedimientos normados**, con un valor de 19 %.
- **Ausencia de supervisión operativa y administrativa**, con un valor de 18 %.
- **Falta de seguimiento de los controles estadísticos de calidad**, con un valor de 17 %.

Estas causas suman un 74 % acumulado del total del problema en estudio.

En cuanto a la tabla 4.8, “Resultados de la evaluación general AMEF para el proceso actual”, el resultado del valor RPN del proceso actual es de 930 y las acciones más riesgosas son:

- **Citas programadas-AVISOS SAP**: con un valor de 219 RPN.
- **Recibo de vehículos en el taller**: con un valor de 153 RPN.
- **Consulta y asesoría técnica inicial**: con un valor de 120 RPN.
- **Distribución del trabajo a los técnicos**: con un valor de 108 RPN.

4.3.6 Conclusión del capítulo IV, “Análisis de resultados”

Se desarrollan las tres primeras etapas del DMAIC, definiendo, midiendo y analizando los resultados. Así, se describen las causas más significativas que afectan el proceso de mantenimiento preventivo PM (figura 4.16) y las acciones más riesgosas (tabla 4.8), lo cual es objeto de la propuesta para mejorar en la próxima etapa.

En el capítulo V, “Propuesta”, se continúa con el desarrollo de las dos últimas etapas del DMAIC, al plantear mejoras y controles para atacar las causas críticas encontradas.

CAPÍTULO V. PROPUESTA

5.1 MEJORAR

Como introducción, en esta etapa del DMAIC, se plantean las soluciones a las causas críticas del capítulo anterior y se detalla muy claramente cómo realizar estas mejoras. Al respecto, al ser un proceso que se lleva a cabo utilizando la computadora y el teléfono, ya se cuenta con el sistema SAP-ERP.

A continuación, se indica el orden de los cambios para mejorar:

- Cambio en el sistema SAP.
- Correo de alerta al cliente.
- Revisión de la implementación y tiempos.
- Realizar una lista completa de requerimientos para el cambio en el sistema SAP.

5.1.1 Matriz RACI

Seguidamente, se muestra una tabla con los nombres y roles de las personas involucradas en esta etapa, además de una matriz RACI para conocer el grado de responsabilidad de las mismas en los cambios para mejorar:

Tabla 5.1: Matriz RACI de la etapa de mejora

Rol	Supervisor PM	Técnico Líder PM	Técnico Líder PM	Asistente PM	Asesor PM	Gestor PM	Director de Proyecto
Actividad / Nombre	Alexander Castillo	Juan Carlos León	Manuel Barquero	Andrés Barrantes	Jairo Alfaro	Iván Moreira	Juan Carlos Varela
Modificar Programación planes mantenimiento	R	C	I	I	I	C	I
Ejecutar Programación planes mantenimiento	I	R	I	I	I	C	I
Analizar Programación planes mantenimiento	C	C	R	C	C	C	I
Medir Programación planes mantenimiento	C	C	C	R	C	C	I
Controlar Planes mantenimiento	I	C	C	C	R	A	I
Medición de mejoras & implementación	I	I	I	I	I	R	A
Reporte de resultados	I	I	I	I	I	R	A

R=Responsable A=Aprobador C=Consultado I=Informado

Fuente: Elaboración propia, 2024.

En la tabla anterior, se indica el supervisor, técnicos, asistente, asesor y gestor responsables del desarrollo de la mejora para este proceso. Referente a esto, el director del proyecto solo debe estar informado del proceso de la mejora y, al final, en la medición, implementación y reporte de resultados, aprobarlos.

5.1.2 Resumen de causa-mejora-enfoque-beneficio-responsable

Tabla 5.2: Resumen de la causa-mejora-enfoque-beneficio-responsable

Causa	Propuesta de Mejora	Enfoque	Beneficio	Responsable
Incumplimiento del cliente en rutinas programadas	Cambio en el sistema SAP	Sistema SAP-ERP	Envío de correo de alerta al cliente al momento de programar una rutina	Alexander Castillo Campos
Descuido en la capacitación de procedimientos normados	Cambio en el sistema SAP	Sistema SAP-ERP	Aplicar la hoja de ruta al momento de asignar una rutina	Juan Carlos León Conitrillo
Ausencia de supervisión operativa y administrativa	Cambio en el sistema SAP	Sistema SAP-ERP	Seguimiento y control al ejecutar la rutina asignada	Manuel Barquero Cortés
Falta de seguimiento de los controles estadísticos de calidad	Cambio en el sistema SAP	Sistema SAP-ERP	Monitorear la programación y confirmar la rutina realizada y pendiente	Andrés Barrantes Dávila

Fuente: Elaboración propia, 2024.

En relación con el proceso actual, los cambios propuestos en el sistema SAP-ERP pueden influir en cuatro actividades que se deben realizar para mejorar la programación, ejecución y control de los mantenimientos preventivos. En la tabla anterior también se mencionan brevemente los beneficios y responsables.

Incumplimiento del cliente en las rutinas programadas

Se revisa con el asesor PM la opción del envío de un correo informativo, sin costo adicional, al Outlook del cliente. Esto asegura el seguimiento y monitoreo constante del proceso administrativo y operativo del cumplimiento semanal de las rutinas. La responsabilidad recae sobre la figura del supervisor PM Alexander Castillo Campos.

Descuido en la capacitación de procedimientos normados

La actividad de cambio en el sistema consiste en aplicar la hoja de ruta al momento de asignar una rutina. Lo anterior asegura el seguimiento y comprobación de conocimientos del personal administrativo y operativo en el tipo de rutinas por frecuencia. La responsabilidad recae sobre la figura del técnico líder PM Juan Carlos León Conitrillo.

Ausencia de supervisión operativa y administrativa

El seguimiento y control semanal, además de las reuniones con los subalternos en la ejecución del rutinario asignado a diario, se proponen como la guía al analizar la programación de planes de mantenimiento PM-SAP-ERP, con el fin de reducir el índice de los mantenimientos preventivos pendientes. La responsabilidad recae sobre la figura del técnico líder PM Manuel Barquero Cortés.

Falta de seguimiento de los controles estadísticos de calidad

El reforzamiento del control y auditoría de la calidad, mediante la programación de planes de mantenimiento y solicitudes de avisos semanales en el sistema SAP-ERP, tiene como beneficio la mejora en el monitoreo de la programación y confirma la rutina realizada y pendiente. La responsabilidad recae sobre la figura del asistente PM Andrés Barrantes Dávila.

En relación con el proceso actual, los cambios propuestos en el sistema SAP-ERP pueden influir en cuatro actividades que se deben llevar a cabo para mejorar la programación, ejecución y control de los mantenimientos preventivos, las cuales se detallan con anterioridad en el resumen de causa-mejora-enfoque-beneficio-responsable.

5.1.3 Propuestas de mejora

A continuación, se brindan las propuestas de mejora para las causas más significativas finales que afectan el proceso de mantenimiento preventivo PM.

5.1.3.1 Cumplimiento de la programación del mantenimiento

En la **causa número 1**, se encuentra el incumplimiento del cliente de realizar las rutinas en las fechas programadas. Por lo tanto, se propone la mejora en la actividad de cambio en el sistema SAP, que es modificar la programación de los planes de mantenimiento PM-SAP-ERP en la transacción (TX-IP02). El responsable de ejecutarlo a nivel de sistema-operativo-administrativo es el supervisor PM Alexander Castillo Campos.

Así, el sistema retroalimenta al cliente para hacer las rutinas en las fechas programadas, con el envío de un correo sin costo adicional. Lo expuesto asegura el seguimiento y monitoreo constante sobre el proceso administrativo y operativo semanal.

La siguiente figura indica la transacción SAP (TX-IP02) y la evidencia de un correo enviado al cliente para llevar a cabo la rutina en la fecha programada:

Figura 5.1: Programación PM (TX-IP02)



Fuente: Grupo ICE, 2024.

5.1.3.2 Capacitación de procedimientos normados (c/mes)

La **causa número 2** describe un descuido en la capacitación de procedimientos normados al personal administrativo y operativo. Por consiguiente, se propone la mejora en la actividad de cambio en el sistema para mejorar la ejecución de la programación de planes de mantenimiento PM-SAP-ERP en la transacción (TX-IP10).

El responsable de ejecutarlo a nivel de sistema y planta es el técnico líder PM Juan Carlos León Conitrillo, con el seguimiento en la comprobación de conocimientos del personal administrativo y operativo en estos temas. Lo anterior asegura el seguimiento y comprobación mensual según el tipo de rutinas por frecuencia.

Figura 5.2: Ejecutar la programación PM (TX-IP10)


The screenshot displays the SAP 'Programar plan de mantenimiento preventivo' (TX-IP10) interface. The title bar shows 'Programar plan de mantenimiento preventivo: Plan estrategia 0000000073'. Below the title, there are navigation buttons: 'Inicio', 'Inicio en el ocio', 'Inicio de nuevo', 'Toma de mantenimientos manual', and 'Lista resumen progr.mantenimiento'. The main area shows 'Plan mant.prev.' with the value '7383' and 'Máquina' as 'Daihatsu Delta 14B'. There are tabs for 'Llamadas programadas', 'Llamadas manuales', 'Parám.programación plan mantenimiento', and 'Datos adicionales plan de mantenimientos'. The 'Contador' field shows '29495' and 'Kilómetros de operación MTTD'. The 'Valor total cont.' is '292644 MM'. The main table, 'Lista programación', contains the following data:

N...	FechaPrev.	Fecha de toma	Fecha de co...	Paquet.venid.	Cl.programación/Status	Desv...	Unidad	Valor co...
1	13.07.2018		21.11.2018	A3	InicCiclo_Concl.		131 Df	
2	19.10.2018		18.12.2018	A3	InicCiclo_Concl.		60 Df	
3	18.03.2019		12.06.2019	A2	Programado_Concl.		86 Df	
4	27.11.2019		05.12.2019	A1	Programado_Concl.		8 Df	
5	10.08.2020		25.08.2020	A0	Programado_Concl.		15 Df	
6	26.08.2020		17.09.2020	A3	Programado_Concl.		22 Df	
7	22.08.2021		22.08.2021	A0	Programado_Concl.		0 Df	
8	08.02.2022		30.11.2021	A1	Programado_Concl.		70-Df	
9	22.02.2022		06.04.2022	A2	Programado_Concl.		43 Df	
10	07.04.2022		15.07.2022	A3	Programado_Concl.		99 Df	
11	16.07.2022		15.11.2023	A0	Programado_Concl.		487 Df	
12	18.02.2024			A2	Programado,tomado			
13	08.06.2024	28.05.2024		A0	Programado_Espera			
14	28.09.2024	17.09.2024		A3	Programado_Espera			

Fuente: Grupo ICE, 2024.

Para la capacitación, se utiliza el Formulario de Inspección F01-GSO-12-02. V01 (sin costo adicional, la capacitación es parte de las funciones diarias del personal).

Figura 5.3: Capacitación de la ejecución PM (F01-GSO-12-02. V01)

	INSTITUTO COSTARRICENSE DE ELECTRICIDAD INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN		Código: F01-GSO-12-02
	Titulo Formulario de Inspección para vehículos ICE-CMA-MET		Versión: 01
			Página 1 de 2
Solicitud de cambio N°: EEMD-GSO-CSO-2021	Elaborado por: Sistema de Gestión Integral de Procesos	Aprobado por: Coordinación General de Proyectos	Rige a partir de 10/12/2022

Proyecto	Lugar de la inspección	Fecha y hora de la inspección
Tipo de vehículo	Marca y modelo	Número de placa


Coloque una "X" según corresponda la acción en los puntos de chequeo (SI, NO, N/A)

N.º	Sistema	Puntos por chequear	Si	No	NA
1	Motor	Niveles aceite			
2		Tensión de fajas			
3		Drena trampa de agua del combustible			
4		Fugas en la admisión, escape ó turbo			
5		Golpes o ruidos anormales			
6	Transmisión	Fugas en los sistemas de transmisión			
7		Barras tensoras (bujes)			
8		Bujes de resortes o Ballestas			
9		Sistema de embrague			
10		Amortiguadores de hule			
11		Golpes o ruidos anormales			
12		Holgura en palanca de cambios			
13		Estado y presión de los neumáticos			
14	Frenos	Fugas de líquido de frenos			
15		Nivel de líquido de frenos			
16		Estado de freno de estacionamiento			
17		Estado de frenado			
18	Dirección	Nivel de aceite y fugas			
19		Mangueras y acoples			
20		Articulaciones y barras			
21		Caja de dirección			
22	Eléctrico	Batería y canasta			
23		Pito			
24		Luces en general			
25		Aire acondicionado			
26	Carrocería	Limpia parabrisas			
27		Colilla de mantenimiento			

© Documento Normativo Propiedad del ICE, prohibida su reproducción total o parcial sin autorización

Fuente: Grupo ICE, 2024.

Figura 5.4: Capacitación de la ejecución PM (F01-GSO-12-02. V01) (continuación)

	Título Formulario de inspección para vehículos ICE-MET	Versión 02	Código F01-GSO-12-02
		Página 2 de 2	

28	Asiento y cinturón			
29	Espejos retrovisores			
30	Condición de la batea			
31	Estado de la cabina			
32	Condición de puertas y ventanas			
33	Manómetros del tablero			

Observaciones

Estado de cumplimiento $\frac{\text{N}^\circ \text{ acciones conformes ()}}{\text{N}^\circ \text{ total acciones evaluadas ()} - \text{N}^\circ \text{ total de NA ()}} \times 100 =$

Control de firmas		
Nombre de los evaluadores Gestión de Calidad	Puesto	Firma
1. Estefanie Leandro Mata	Gestor de Calidad	
2. Carlos Arce Rojas	Gestor de Calidad	
Nombre de los evaluados operativos CMA	Puesto	Firma
1. Manuel Barquero Cortes	Técnico Mantenimiento	
2. Juan Carlos Leon Conittrilo	Técnico Líder	
Nombre de los responsables CMA	Puesto	Firma
1. Andres Barrantes Davila	Asistente PM	
2. Alexander Castillo Campos	Supervisor PM	
3. Ivan Moreira Pereira	Gestor PM	

© Documento Normativo Propiedad del ICE, prohibida su reproducción total o parcial sin autorización

Fuente: Grupo ICE, 2024.

5.1.3.3 Supervisión operativa y administrativa

En cuanto a la **causa número 3**, la ausencia de supervisión operativa y administrativa en la ejecución del rutinario, se propone la mejora en la actividad de analizar la programación de planes de mantenimiento PM-SAP-ERP en la transacción (TX-IP24).

El responsable de ejecutarlo a nivel de sistema y planta es el técnico líder PM Manuel Barquero Cortes, con esto se logra el seguimiento y control semanal, además de reuniones con los subalternos en la ejecución del rutinario.

Figura 5.5: Supervisión de la ejecución PM (TX-IP24)

Resumen progr.manten.forma de lista: Lst.res.programación mantenimiento

Posición de mantenimiento Planes de mantenimiento

ID	Ce.cocta	CpoCl	PLMent.	Orden	Equipo	Fecha *	MP coma	Tit.pou.mantenim.	Cl.	Ck.	CaPl	GP	Emps/Inputs	Última orden	GrpRuta	C. Emp.	AMs	Modificado el	Modificado por	Entr.
EG270048	7158	7383	10700004901	2003048		13.07.2018	1	MR Dabhuu Delta 148	ZM17	2800	0801	060	000000007033	10700065955	VCA04K2	SR	001	06.08.2021	110200021	KM_002
EG270048	7158	7383	11200004428	2003048			1	MP Dabhuu Delta 148	ZM12	2800	0801	060	000000007033	11200133987	VCA04K2	RM	001	06.08.2021	110200021	KM_002
EG270048	7158	7383	10700006156	2003048		16.08.2019	90.000.000	MR Dabhuu Delta 148	ZM17	2800	0801	060	000000007033	10700065955	VCA04K2	SR	001	06.08.2021	110200021	KM_002
EG270048	7158	7383	11200004716	2003048			90.000.000	MP Dabhuu Delta 148	ZM12	2800	0801	060	000000007033	11200133987	VCA04K2	RM	001	06.08.2021	110200021	KM_002
EG270048	7158	7383	10700007168	2003048		19.10.2018	2	MR Dabhuu Delta 148	ZM17	2800	0801	060	000000007033	10700065955	VCA04K2	SR	001	06.08.2021	110200021	KM_002
EG270048	7158	7383	11200004825	2003048			2	MP Dabhuu Delta 148	ZM12	2800	0801	060	000000007033	11200133987	VCA04K2	RM	001	06.08.2021	110200021	KM_002
EG270048	7158	7383	10700012375	2003048		18.03.2019	3	MR Dabhuu Delta 148	ZM17	2800	0801	060	000000007033	10700065955	VCA04K2	SR	001	06.08.2021	110200021	KM_002
EG270048	7158	7383	11200008586	2003048			3	MP Dabhuu Delta 148	ZM12	2800	0801	060	000000007033	11200133987	VCA04K2	RM	001	06.08.2021	110200021	KM_002
EG270048	7158	7383	10700021190	2003048		27.11.2019	4	MR Dabhuu Delta 148	ZM17	2800	0801	060	000000007033	10700065955	VCA04K2	SR	001	06.08.2021	110200021	KM_002
EG270048	7158	7383	11200020031	2003048			4	MP Dabhuu Delta 148	ZM12	2800	0801	060	000000007033	11200133987	VCA04K2	RM	001	06.08.2021	110200021	KM_002
EG270048	7158	7383	11200049908	2003048		10.08.2020	5	MP Dabhuu Delta 148	ZM12	2800	0801	060	000000007033	11200133987	VCA04K2	RM	001	06.08.2021	110200021	KM_002
EG270048	7158	7383	10700029216	2003048			5	MR Dabhuu Delta 148	ZM17	2800	0801	060	000000007033	10700065955	VCA04K2	SR	001	06.08.2021	110200021	KM_002
EG270048	7158	7383	10700020427	2003048		26.08.2020	6	MR Dabhuu Delta 148	ZM17	2800	0801	060	000000007033	10700065955	VCA04K2	SR	001	06.08.2021	110200021	KM_002
EG270048	7158	7383	11200023262	2003048			6	MP Dabhuu Delta 148	ZM12	2800	0801	060	000000007033	11200133987	VCA04K2	RM	001	06.08.2021	110200021	KM_002
EG270048	7158	7383	10700040815	2003048		06.08.2021	7	MR Dabhuu Delta 148	ZM17	2800	0801	060	000000007033	10700065955	VCA04K2	SR	001	06.08.2021	110200021	KM_002
EG270048	7158	7383	11200077390	2003048			7	MP Dabhuu Delta 148	ZM12	2800	0801	060	000000007033	11200133987	VCA04K2	RM	001	06.08.2021	110200021	KM_002
EG270048	7158	7383	11200082262	2003048		25.10.2021	8	MP Dabhuu Delta 148	ZM12	2800	0801	060	000000007033	11200133987	VCA04K2	RM	001	06.08.2021	110200021	KM_002
EG270048	7158	7383	10700043322	2003048		27.10.2021	8	MR Dabhuu Delta 148	ZM17	2800	0801	060	000000007033	10700065955	VCA04K2	SR	001	06.08.2021	110200021	KM_002
EG270048	7158	7383	11200090511	2003048		26.01.2022	9	MP Dabhuu Delta 148	ZM12	2800	0801	060	000000007033	11200133987	VCA04K2	RM	001	06.08.2021	110200021	KM_002
EG270048	7158	7383	10700045913	2003048			9	MR Dabhuu Delta 148	ZM17	2800	0801	060	000000007033	10700065955	VCA04K2	SR	001	06.08.2021	110200021	KM_002
EG270048	7158	7383	11200099989	2003048		19.05.2022	10	MP Dabhuu Delta 148	ZM12	2800	0801	060	000000007033	11200133987	VCA04K2	RM	001	06.08.2021	110200021	KM_002
EG270048	7158	7383	10700047900	2003048		21.05.2022	10	MR Dabhuu Delta 148	ZM17	2800	0801	060	000000007033	10700065955	VCA04K2	SR	001	06.08.2021	110200021	KM_002
EG270048	7158	7383	11200102100	2003048		12.10.2022	11	MP Dabhuu Delta 148	ZM12	2800	0801	060	000000007033	11200133987	VCA04K2	RM	001	06.08.2021	110200021	KM_002
EG270048	7158	7383	10700050668	2003048			11	MR Dabhuu Delta 148	ZM17	2800	0801	060	000000007033	10700065955	VCA04K2	SR	001	06.08.2021	110200021	KM_002
EG270048	7158	7383	11200133987	2003048		21.12.2022	12	MP Dabhuu Delta 148	ZM12	2800	0801	060	000000007033	11200133987	VCA04K2	RM	001	06.08.2021	110200021	KM_002
EG270048	7158	7383	10700066595	2003048		18.02.2024	12	MR Dabhuu Delta 148	ZM17	2800	0801	060	000000007033	10700065955	VCA04K2	SR	001	06.08.2021	110200021	KM_002
EG270048	7158	7383		2003048		11.05.2024	13	MP Dabhuu Delta 148	ZM12	2800	0801	060	000000007033	11200133987	VCA04K2	RM	001	06.08.2021	110200021	KM_002
EG270048	7158	7383		2003048			13	MR Dabhuu Delta 148	ZM17	2800	0801	060	000000007033	10700065955	VCA04K2	SR	001	06.08.2021	110200021	KM_002
EG270048	7158	7383		2003048		30.08.2024	14	MP Dabhuu Delta 148	ZM12	2800	0801	060	000000007033	11200133987	VCA04K2	RM	001	06.08.2021	110200021	KM_002
EG270048	7158	7383		2003048			14	MR Dabhuu Delta 148	ZM17	2800	0801	060	000000007033	10700065955	VCA04K2	SR	001	06.08.2021	110200021	KM_002
EG270048	7158	7383		2003048		20.12.2024	15	MP Dabhuu Delta 148	ZM12	2800	0801	060	000000007033	11200133987	VCA04K2	RM	001	06.08.2021	110200021	KM_002
EG270048	7158	7383		2003048			15	MR Dabhuu Delta 148	ZM17	2800	0801	060	000000007033	10700065955	VCA04K2	SR	001	06.08.2021	110200021	KM_002
EG270048	7158	7383		2003048		10.04.2025	16	MP Dabhuu Delta 148	ZM12	2800	0801	060	000000007033	11200133987	VCA04K2	RM	001	06.08.2021	110200021	KM_002
EG270048	7158	7383		2003048			16	MR Dabhuu Delta 148	ZM17	2800	0801	060	000000007033	10700065955	VCA04K2	SR	001	06.08.2021	110200021	KM_002

Fuente: Grupo ICE, 2024.

5.1.3.4 Control y auditoría de la calidad

La **causa número 4** describe la falta de seguimiento de los controles estadísticos de la calidad actuales. De esta manera, se propone la actividad de medir la programación de los planes de mantenimiento PM-SAP-ERP con la transacción (TX-IW38). El responsable de ejecutarlo a nivel de sistema y planta es el asistente PM Andrés Barrantes Dávila. Con el reforzamiento del control y auditoría de la calidad, por medio de la programación de planes de mantenimiento y solicitudes de avisos semanales, se puede mejorar el seguimiento y monitoreo actual en conjunto con soporte técnico SIG, lo cual forma parte del indicador mensual, trimestral y anual.

Figura 5.6: Medir la programación PM (TX-IW38)

Co...	Equipo	PP	PL.MantPrv	Cl.orden	Orden	Texto breve	Status del sistema	Inic.extr.	Liber.	A
31...										
						MR Yamaha XTZ-125	ABIE EDET IHMI MACO PREC	28.03.2024		B
		2024				CAMBIO DE ACEITE Y MTTO	ABIE KKMP PREC	21.03.2024		A
						MR Isuzu NPS 75L	ABIE EDET IHMI MACO PREC	10.02.2024		A
						MR Nissan Frontier YD25DD-NP300	ABIE EDET IHMI MACO PREC	08.02.2024		A
						MR Mitsubishi L200 4D56 DI-D	ABIE EDET IHMI MACO PREC	25.03.2024		A
						MR Mitsubishi L200 4D56 DI-D	ABIE EDET IHMI MACO PREC	26.02.2024		A
						MR Nissan Frontier YD25DD-NP300	ABIE EDET IHMI MACO PREC	31.03.2024		A
						MR Nissan Frontier YD25DD-NP300	ABIE EDET IHMI MACO PREC	19.01.2024		A
						MR Nissan Frontier YD25DD-NP300	ABIE EDET IHMI MACO PREC	23.02.2024		A
						MR Nissan Frontier YD25DD-NP300	ABIE EDET IHMI MACO PREC	04.03.2024		A
						MR Nissan Frontier YD25DD-NP300	ABIE EDET IHMI MACO PREC	04.03.2024		A
						MR Nissan Frontier YD25DD-NP300	ABIE EDET IHMI MACO PREC	29.03.2024		A
						MR Nissan Frontier YD25DD-NP300	ABIE EDET IHMI MACO PREC	27.03.2024		A
						MR Nissan Frontier YD25DD-NP300	ABIE EDET IHMI MACO PREC	22.03.2024		A
						MR Nissan Tida HR16	ABIE EDET IHMI MACO PREC	26.03.2024		A
						MR Isuzu NPS 71H 4HG-1	ABIE EDET IHMI MACO PREC	26.02.2024		A
						MR Hino 300 N04C-VB	ABIE EDET IHMI MACO PREC	18.03.2024		A
						MR Kenworth T800	ABIE EDET IHMI MACO PREC	27.03.2024		A
						MR Hino 300 N04C-VB	ABIE EDET IHMI MACO PREC	15.02.2024		A
						MR Freightliner M2 MBE4000	ABIE EDET IHMI MACO PREC	26.02.2024		A
						MR Hino 300 N04C-VB	ABIE EDET IHMI MACO PREC	08.02.2024		A
						MR Suzuki APV G16AID	ABIE EDET IHMI MACO PREC	27.02.2024		A
						MR Suzuki APV G16AID	ABIE EDET IHMI MACO PREC	26.02.2024		A
						MR Suzuki APV G16AID	ABIE EDET IHMI MACO PREC	01.04.2024		A
						MR Suzuki Kingquad 400FS	ABIE EDET IHMI MACO PREC	25.03.2024		B
						MR Suzuki Jimny M13A	ABIE EDET IHMI MACO PREC	01.04.2024		A
						MR Suzuki Jimny M13A	ABIE EDET IHMI MACO PREC	24.02.2024		A
						MR Suzuki APV G16AID	ABIE EDET IHMI MACO PREC	13.03.2024		B
						MR Mitsubishi L200 4D56 DI-D	ABIE EDET IHMI MACO PREC	15.03.2024		B
						MR Mitsubishi L200 4D56 DI-D	ABIE EDET IHMI MACO PREC	08.02.2024		C
						MR Nissan Frontier YD25DDTI NP300	ABIE EDET IHMI MACO PREC	29.03.2024		B
						MR Nissan Frontier YD25DDTI NP300	ABIE EDET IHMI MACO PREC	29.03.2024		B
						MR Hino 300 N04C-VB	ABIE EDET IHMI MACO PREC	31.01.2024		A
						MR Hino 300 N04C-VB	ABIE EDET IHMI MACO PREC	17.03.2024		B
						MR Nissan Frontier YD25DDTI	ABIE EDET IHMI MACO PREC	08.02.2024		A
		2024				Balanc, rot y alin llantas vh 8903	ABIE KKMP NLIQ PREC	01.03.2024		A
						MR Hino 300 N04C-VB	ABIE EDET IHMI MACO PREC	14.02.2024		A
						MR Hino 300 N04C-VB	ABIE EDET IHMI MACO PREC	14.02.2024		A
						MR Nissan Frontier YD25DDTI	ABIE EDET IHMI MACO PREC	29.03.2024		A
						MR Nissan Frontier YD25DDTI	ABIE EDET IHMI MACO PREC	27.03.2024		A

Fuente: Grupo ICE, 2024.

5.1.4 Implementación

En relación con el proceso actual, los cambios propuestos en el sistema SAP-ERP pueden influir en cuatro actividades que se deben realizar para mejorar la programación, ejecución y control de los mantenimientos preventivos.

En la tabla 5.2 se mencionan brevemente los beneficios y responsables; por consiguiente, ahora se explica cómo se implementa cada una.

Incumplimiento del cliente en las rutinas programadas

Se revisa con el asesor PM la opción del envío de un correo informativo, sin costo adicional, al Outlook del cliente. Lo anterior asegura el seguimiento y monitoreo constante del proceso administrativo y operativo del cumplimiento semanal de las rutinas. La responsabilidad recae sobre la figura del supervisor PM Alexander Castillo Campos.

Descuido en la capacitación de procedimientos normados

La actividad de cambio en el sistema consiste en aplicar la hoja de ruta al momento de asignar una rutina. Esto asegura el seguimiento y comprobación de los conocimientos del personal administrativo y operativo en el tipo de rutinas por frecuencia. La responsabilidad recae sobre la figura del técnico líder PM Juan Carlos León Conitrillo.

Ausencia de supervisión operativa y administrativa

El seguimiento y control semanal, además de las reuniones con los subalternos en la ejecución del rutinario asignado a diario, se proponen como la guía al analizar la programación de planes de mantenimiento PM-SAP-ERP, con el fin de reducir el índice de los mantenimientos preventivos pendientes. La responsabilidad recae sobre la figura del técnico líder PM Manuel Barquero Cortés.

Falta de seguimiento de los controles estadísticos de calidad

El reforzamiento del control y auditoría de la calidad, por medio de la programación de planes de mantenimiento y solicitudes de avisos semanales en el sistema SAP-ERP, tiene como beneficio la mejora en el monitoreo de la programación y confirma la rutina

realizada y pendiente. La responsabilidad recae sobre la figura del asistente PM Andrés Barrantes Dávila.

A continuación, se muestra un diagrama de Gantt con las actividades, entregables, fechas y responsables de la implementación en la etapa de mejora, así como el porcentaje de avance.

Figura 5.7: Diagrama de Gantt de la etapa de implementación

Lista de actividades, fechas y % avance del proyecto							GANTT-2024							% avance
							Implemetar por semana							
Fases	Actividades	Entregables	Fecha inicio	Fecha final	Responsables de cada fase	Jefatura Superior	may-24		jun-24					
Mejorar	Cumplimiento de programación, seguimiento por correo	Envío de correo de alerta al cliente al momento de programar una rutina	1-may-24	17-may-24	Alexander Castillo	Ivan Moreira	█	█					100%	
	Capacitación en procedimientos normados	Aplicar la hoja de ruta al momento de asignar una rutina	20-may-24	31-may-24	Juan Carlos León	Ivan Moreira			█	█			100%	
	Control semanal y seguimiento de reuniones con los subalternos en la ejecución del rutinario	Seguimiento y control al ejecutar la rutina asignada	1-jun-24	14-jun-24	Manuel Barquero	Ivan Moreira					█	█	100%	
	Reforzar el control y auditoria de la calidad	Monitorear la programación y confirmar la rutina realizada y pendiente	17-jun-24	30-jun-24	Andrés Barrantes	Ivan Moreira						█	█	100%
												100%		

Fuente: Elaboración propia, 2024.

5.1.5 Nuevo cálculo del cumplimiento del proceso (datos históricos del año 2024)

Una vez ejecutadas las actividades propuestas de mejora del diagrama de Gantt, en la etapa de implementación, se calcula de nuevo el cumplimiento del proceso para comprobar que las mejoras implementadas funcionan.

Antes de continuar con la medición, se considera el parámetro de medición, según el indicador de gestión para el año 2024.

5.1.5.1 Indicador de gestión de calidad

En el “avance del plan de mantenimiento del Sistema Integrado de Gestión (SIG)”, los parámetros del índice de los mantenimientos preventivos realizados son:

Sobresaliente = >80 % Aceptable = 75 % Bajo logro = <70 %

Con base en el índice anterior de los mantenimientos preventivos realizados, se analiza también el índice de los mantenimientos preventivos pendientes de realizar, y sus parámetros son:

Sobresaliente = <20 % Aceptable = 25 % Bajo Logro = >30 %

En la siguiente tabla se muestra de forma clara, tomando en cuenta el transcurso de las semanas del año 2024 (periodo de medición de los datos, correspondiente a los meses de mayo y junio), el rango del porcentaje promedio de los mantenimientos programados, realizados y pendientes de realizar, según el control del mantenimiento preventivo del CMA-ICE-MET que se describe seguidamente:

Tabla 5.3: Control del mantenimiento preventivo del CMA-ICE-MET

2024 mantenimiento preventivo de vehículos ICE-MET				
Semanas	MP programado	Realizado	Pendiente	% pendiente
17	30	27	3	10 %
18	32	27	5	16 %
19	33	24	9	27 %
20	35	28	7	20 %
21	31	25	6	19 %
22	30	23	7	23 %
23	34	30	4	12 %
24	29	24	5	17 %
Total general	254	208	46	18 %

Fuente: Elaboración propia, 2024.

En la tabla anterior se aprecia cómo en el transcurso de la semana 17 a la semana 24 del año 2024 (periodo de medición de los datos, correspondiente a los meses de mayo y junio respectivamente), el rango del porcentaje promedio de los mantenimientos pendientes de realizar es de un 18 % con respecto a la cantidad total de los mantenimientos programados; por consiguiente, el indicador en este periodo de medición es sobresaliente por ser menor que un 20 %.

Adicional, se hace un nuevo análisis de la capacidad de producción instalada.

5.1.6 Nuevo cálculo de la capacidad de producción instalada (actual)

A continuación, se expone la tabla de la jornada laboral utilizada para el análisis, considerando los datos de la tabla 5.3 de los datos históricos del año 2024 (periodo de medición de los datos, correspondiente a los meses de mayo y junio), del control del mantenimiento preventivo del CMA-ICE-MET, que específicamente cuantifica el promedio anual de los mantenimientos programados (MP) por semana, lo cual arroja el dato de la cantidad de personas en la jornada laboral efectiva requeridas para llevar a cabo los mantenimientos programados.

Tabla 5.4: Capacidad instalada-jornada laboral del año 2024 (actual)

Total de MP programados en los meses mayo a junio 2024	254 servicios
Cantidad promedio anual de MP programados por semana	31,75
Promedio de horas por MP programado	5,00
Días de trabajo por semana	5,00
Horas efectivas por día	8,00
Cantidad de personas por día para realizar los MP programados	3,97

Fuente: Elaboración propia, 2024.

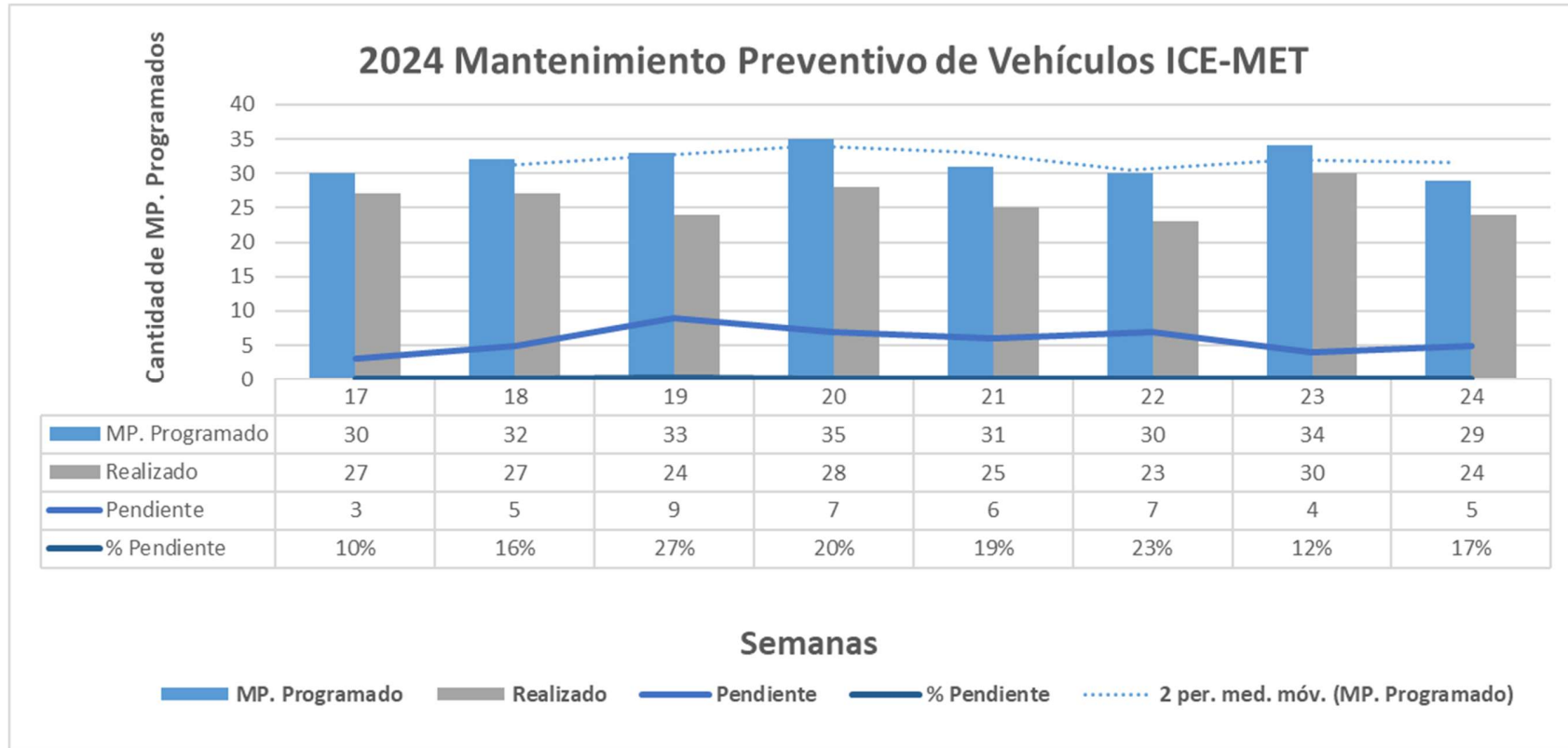
En la tabla anterior de la capacidad instalada-jornada laboral del año 2024, se expone la cantidad total de MP programados, correspondientes a 254 servicios; se realiza el cálculo del promedio anual de MP programados por semana, igual a 31,75 servicios; se agrega el dato promedio de las horas por MP programado, correspondiente a 5 horas; además se incluye el dato de 5 días de trabajo por semana; finalmente, las horas efectivas por día de 8 horas, discriminando tiempos de descanso, alimentación e improductividad.

Al tomar en cuenta todos estos datos, se procede con el cálculo de la cantidad de personas necesarias para efectuar los MP programados por semana, según el promedio anual; el resultado es de 3,97 personas por semana.

5.1.7 Gráfico de tendencias y comportamientos de los datos del año 2024

En el siguiente gráfico de barras combinado, tomando como referencia los datos del año 2024 de la tabla 5.3, “Control del mantenimiento preventivo del CMA-ICE-MET” (periodo de medición de los datos, correspondiente a los meses de mayo y junio), se indican las tendencias y comportamientos, adicional de los rangos del porcentaje promedio de los mantenimientos programados, realizados y pendientes de realizar:

Figura 5.8: Gráfico de las tendencias y comportamientos de los datos del año 2024



Fuente: Elaboración propia, 2024.

Seguidamente, se exponen los rangos del porcentaje promedio de los mantenimientos programados, realizados y pendientes de realizar del gráfico anterior en orden según la escala de colores, con el fin de hacer más amigable su interpretación

- **MP programados:** representados por la leyenda de color azul oscuro, posicionada en la primera serie del eje vertical (y), se observa que no se mantiene constante por semanas del eje horizontal (X) y sobrepasa levemente la capacidad instalada-jornada laboral del año 2024 en 3,25 mantenimientos de promedio anual.
- **MP realizados:** representados por la leyenda de color gris, posicionada en la segunda serie del eje vertical (y), se observa que no se mantiene constante por semanas del eje horizontal (X), pero sí cumple con el indicador de gestión de calidad del año 2024, el cual indica que el rango del porcentaje promedio de los mantenimientos realizados es de un 82 % con respecto a la cantidad total de los mantenimientos programados. Por consiguiente, el indicador en este periodo de medición es sobresaliente por ser mayor que un 80 %.
- **MP pendientes:** representados por la leyenda de color azul claro, posicionada en la tercera serie del eje vertical (y), se observa que no se mantiene constante por semanas del eje horizontal (X), pero sí se cumple con el indicador de gestión de calidad del año 2024, como se observa en el siguiente dato del porcentaje de los mantenimientos preventivos pendientes de realizar.
- **% MP pendientes:** representados por la línea de tendencia de color azul oscuro, la cual no se mantiene constante por semanas del eje horizontal (X), pero sí se cumple con el indicador de gestión de calidad “avance del plan de mantenimiento del SIG” 2024, este señala que el rango del porcentaje promedio de los mantenimientos pendientes de realizar es de un 18 % con respecto a la cantidad total de los mantenimientos programados. Por lo tanto, el indicador en este periodo de medición es sobresaliente por ser menor que un 20 %.

5.1.8 Comparativo del cumplimiento del proceso en el año 2023 vs el año 2024 (datos históricos)

A continuación, se hace un nuevo análisis comparativo del cumplimiento del proceso en el año 2023 vs el año 2024 (datos históricos), para la muestra exacta según el comparativo.

5.1.8.1 Cumplimiento del proceso en el año 2023

En la siguiente tabla, se muestra el cumplimiento del proceso en el año 2023 de la semana 17 a la semana 24 (periodo de medición de los datos, correspondiente a los meses de mayo y junio respectivamente), donde el rango del porcentaje promedio de los mantenimientos pendientes de realizar es de un 38 % con respecto a la cantidad total de los mantenimientos programados. De este modo, el indicador en este periodo de medición es “bajo logro” por ser mayor que un 30 %.

Tabla 5.5: Cumplimiento del proceso en el año 2023, antes de la implementación

2023 mantenimiento preventivo de los vehículos ICE-MET				
Semanas	MP programado	Realizado	Pendiente	% pendiente
17	40	28	12	30 %
18	23	13	10	43 %
19	44	23	21	48 %
20	25	17	8	32 %
21	34	25	9	26 %
22	37	21	16	43 %
23	37	23	14	38 %
24	41	25	16	39 %
Total general	281	175	106	38 %

Fuente: Elaboración propia, 2024.

5.1.8.2 Cumplimiento del proceso en el año 2024

La tabla 5.6 expone el cumplimiento del proceso en el año 2024, de la semana 17 a la semana 24 (periodo de medición de los datos, correspondiente a los meses de mayo y junio respectivamente); así, el rango del porcentaje promedio de los mantenimientos pendientes de realizar es de un 18 % con respecto a la cantidad total de los

mantenimientos programados. Por consiguiente, el indicador en este periodo de medición es sobresaliente por ser menor que un 20 %.

Tabla 5.6: Cumplimiento del proceso en el año 2024, después de la implementación

2024 mantenimiento preventivo de vehículos ICE-MET				
Semanas	MP programado	Realizado	Pendiente	% pendiente
17	30	27	3	10 %
18	32	27	5	16 %
19	33	24	9	27 %
20	35	28	7	20 %
21	31	25	6	19 %
22	30	23	7	23 %
23	34	30	4	12 %
24	29	24	5	17 %
Total general	254	208	46	18 %

Fuente: Elaboración propia, 2024.

En la siguiente tabla, se aprecia un comparativo del cumplimiento del proceso en el año 2023 de la semana 17 a la semana 24 (meses mayo y junio) vs el cumplimiento del proceso en el año 2024 (meses mayo y junio), donde la mejora representa un 20 % de disminución del porcentaje promedio anual de los mantenimientos preventivos pendientes de realizar en el año 2024 con respecto al año 2023, esto después de la etapa de implementación de la propuesta de mejoras en el periodo de medición correspondiente a los meses de mayo y junio del año 2024.

Tabla 5.7: Comparativo del cumplimiento del proceso en el año 2023 vs el año 2024

MP pendiente 2023	MP pendiente 2024	Mejora (%)
38 %	18 %	20 %

Fuente: Elaboración propia, 2024.

5.2 CONTROLAR

En esta etapa del proceso se indica cómo se pueden controlar las mejoras planteadas en la etapa anterior, con el propósito de obtener un resultado positivo de los cambios hechos.

A continuación, se detalla el orden para controlar las mejoras:

- Se realizan revisiones y auditorías internas para comprobar que las mejoras implementadas siguen en pie.
- También, se le da seguimiento a la programación de los mantenimientos para confirmar si se están cumpliendo.
- Se efectúa un *check-in* una vez al mes con los clientes para conocer su opinión con respecto a la nueva programación de los mantenimientos y el correo que reciben.
- Se muestran los resultados del primer *check-in*, según el *feedback* de los clientes, para conocer su opinión sobre este nuevo implemento y manera de trabajar.
- Se lleva a cabo un resumen de los costos totales, cuantificación de los beneficios de la implementación y control.
- Se calcula un retorno de la inversión ROI.
- Se define un plan de plazos de implementación de cada alternativa (Gantt) final, con todas las mejoras.
- Se plantean las siguientes preguntas: ¿Cuánto se estima que se reducirá el problema?, ¿se cumplió la meta del objetivo general?

A continuación, se describen las propuestas para controlar las mejoras planteadas al proceso de mantenimiento preventivo PM.

5.2.1 Control y auditoría de la programación de preventivos pendientes

En esta propuesta de control, los datos recolectados del SAP-ERP se exportan a un reporte de Excel y se interpretan en la siguiente tabla, además de graficar el control del mantenimiento preventivo semanal del año 2024, con el fin de dar seguimiento y monitoreo para los ajustes necesarios en el proceso como parte de la auditoría de la programación de los mantenimientos preventivos pendientes.

Tabla 5.8: Control del mantenimiento preventivo del CMA-ICE-MET, año 2024

2024 mantenimiento preventivo de vehículos ICE-MET				
Semanas	MP programado	Realizado	Pendiente	% pendiente
1	30	22	8	27 %
2	35	27	8	23 %
3	35	26	9	26 %
4	32	23	9	28 %
5	31	24	7	23 %
6	32	25	7	22 %
7	34	26	8	24 %
8	30	22	8	27 %
9	35	27	8	23 %
10	33	28	5	15 %
11	30	25	5	17 %
12	32	27	5	16 %
13	34	28	6	18 %
14	31	24	7	23 %
15	35	28	7	20 %
16	31	26	5	16 %
17	30	27	3	10 %
18	32	27	5	16 %
19	33	24	9	27 %
20	35	28	7	20 %
21	31	25	6	19 %
22	30	23	7	23 %
23	34	30	4	12 %
24	29	24	5	17 %
25	28	23	5	18 %
26	33	26	7	21 %
27	35	30	5	14 %
28	33	30	3	9 %
29	32	30	2	6 %
30	30	27	3	10 %
31	33	30	3	9 %
32	35	31	4	11 %
Total general	1033	843	190	18 %

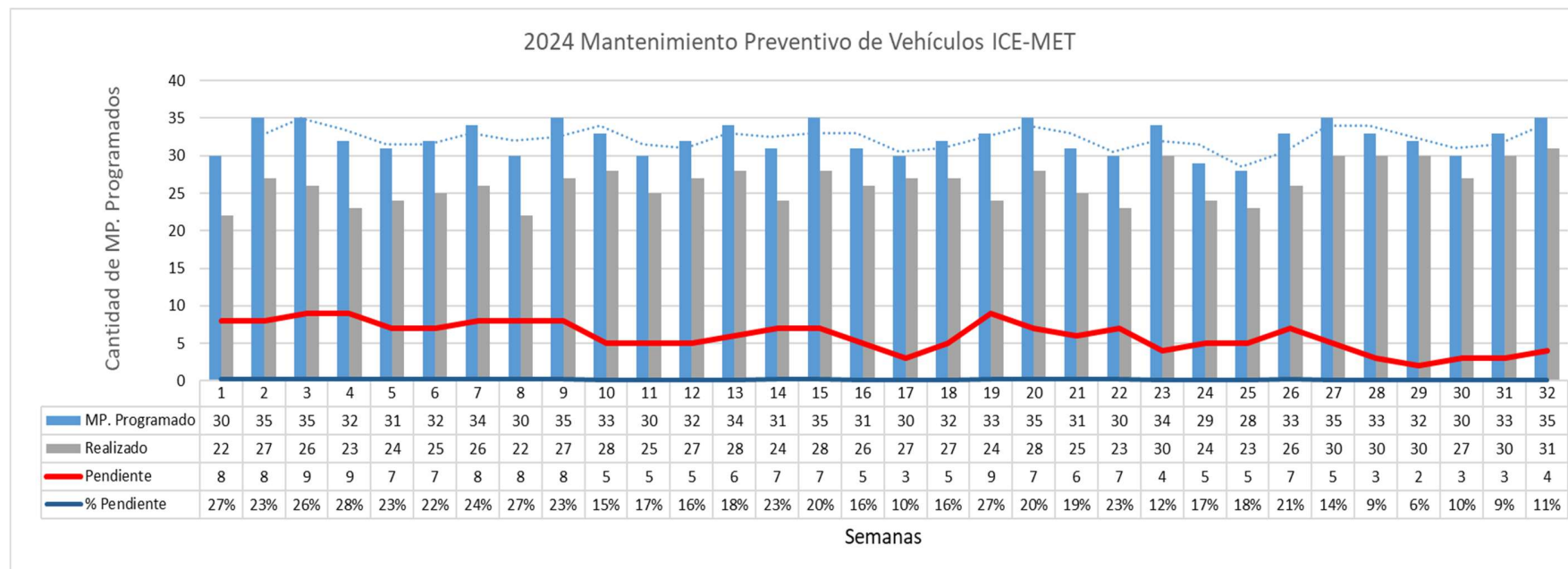
Fuente: Elaboración propia, 2024.

En la tabla anterior, se muestra la evolución del proceso en el año 2024, desde la semana 1 hasta la semana 32 (periodo de medición de los datos, correspondiente a los meses de

enero a agosto del 2024 respectivamente). En cuanto a esto, el porcentaje promedio anual de los mantenimientos pendientes de realizar es de un 18 % con respecto a la cantidad total de los mantenimientos programados. Por consiguiente, el indicador en este periodo de medición es sobresaliente por ser menor que un 20 %.

A continuación, se adjunta el gráfico de control del mantenimiento preventivo semanal del año 2024, con el objetivo de dar seguimiento y monitoreo para efectuar los ajustes necesarios en el proceso como parte de la auditoría de programación de los mantenimientos preventivos pendientes.

Figura 5.9: Gráfico del control del mantenimiento preventivo del CMA-ICE-MET, año 2024



Fuente: Elaboración propia, 2024.

En el gráfico anterior del control del mantenimiento preventivo del CMA-ICE-MET del año 2024, como auditoría de programación, se muestra el seguimiento y monitoreo desde la semana 1 a la semana 32 del año 2024.

El porcentaje promedio anual de los mantenimientos pendientes de realizar es de un 18 % con respecto a la cantidad total de los mantenimientos programados; por lo tanto, el indicador en este periodo de medición es sobresaliente por ser menor que un 20 %.

Referente a los parámetros, según el indicador de gestión de calidad “avance del plan de mantenimiento del Sistema Integrado de Gestión (SIG)”, los parámetros del índice de los mantenimientos preventivos pendientes de realizar son:

Sobresaliente = <20 % Aceptable = 25 % Bajo logro = >30 %

Seguidamente, y en orden de las mejoras planteadas en la etapa anterior, se describe el *check-in*, el cual se efectúa una vez al mes con los clientes para conocer su opinión en cuanto a la nueva programación de los mantenimientos y el correo que reciben.

Se muestran los resultados del primer *check-in*, según el *feedback* de los clientes, para conocer su opinión sobre este nuevo implemento y manera de trabajar.

5.2.2 Check in del cumplimiento (nueva programación)

El *check in* del cumplimiento surge como herramienta para medir la satisfacción del cliente, al seguir la programación de mantenimientos y confirmar que sí se están cumpliendo. Al respecto, se plantean las siguientes 5 preguntas y las respuestas son 3 opciones: “estoy de acuerdo”, “no estoy de acuerdo” y “neutral”.

Preguntas :

1. ¿Qué opina del seguimiento del cumplimiento de citas por correo?
2. ¿Qué opina de la configuración de recordatorios de correo electrónico?
3. ¿Qué opina de establecer el período de tiempo para enviar el correo electrónico?
4. ¿Qué opina sobre agregar un mensaje personalizado en el correo electrónico?
5. ¿Qué opina de la nueva manera de trabajar en el CMA-ICE-MET?

Los resultados del primer *check in* se aprecian en la figura 5.10:

Figura 5.10: Check in, feedback del cliente en el mes de julio del año 2024

CHECK IN (Feedback del cliente) mes de julio 2024							
Preguntas:	¿Qué opina?	Paola	Orlando	Jonathan	Silvia	Alexander	Total
1	Seguimiento de cumplimiento de citas por correo	3	3	3	2	3	14
2	Configuración de recordatorios de correo electrónico	2	3	2	3	3	13
3	Establecer el período de tiempo para enviar el correo electrónico	1	1	1	1	1	5
4	Agregar un mensaje personalizado en el correo electrónico	3	2	3	3	3	14
5	La nueva manera de trabajar en el CMA-ICE-MET	3	3	3	3	2	14
Totales:		12	12	12	12	12	60
Respuestas:	Opción	Puntuación					
1	Estoy de acuerdo	3					
2	No estoy de acuerdo	2					
3	Neutral	1					

Fuente: Elaboración propia, 2024.

En la figura anterior, se muestran los resultados del primer *check in*, correspondiente al mes de julio del 2024. En cuanto a este, se solicita el *feedback* de los clientes para conocer su opinión sobre este nuevo implemento, el cual se hace en una tabla con las preguntas, por ejemplo: “¿Qué opina?” y las respuestas son cerradas con las siguientes opciones: “estoy de acuerdo” con un valor de 3 puntos, “no estoy de acuerdo” con un valor de 2 puntos y, por último, “neutral” con un valor de 1 punto; de este modo, la tabla arroja si los clientes están contentos con esta nueva manera de trabajar.

Adicional, se brinda una tabla con los resultados porcentuales del *check in*:

Tabla 5.9: Resultados porcentuales del check in

Preguntas:	¿Qué opina?	Ocurrencia	Frecuencia	Acumulado
1	Seguimiento de cumplimiento de citas por correo	14	23%	23%
2	Agregar un mensaje personalizado en el correo electrónico	14	23%	47%
3	La nueva manera de trabajar en el CMA-ICE-MET	14	23%	70%
4	Configuración de recordatorios de correo electrónico	13	22%	92%
5	Establecer el período de tiempo para enviar el correo electrónico	5	8%	100%
Totales:		60	100%	

Fuente: Elaboración propia, 2024.

En relación con la tabla anterior, los resultados de la evaluación general del *check in* hecho a los clientes del CMA-ICE-MET para el proceso actual arrojan un valor del proceso actual de 60 puntos y los valores porcentuales acumulados son aceptables en satisfacción del cliente, con un valor de 92 % del total acumulado.

5.2.3 Análisis de modo y efecto de falla (AMEF)

Se lleva a cabo el análisis de modo y efecto de falla (AMEF) nuevamente, con el propósito de confirmar si la posibilidad de falla disminuye una vez que las mejoras son implementadas.

Para hacer este análisis, se utilizan las escalas de criticidad, severidad y frecuencia del primer del análisis.

A continuación, se indican los datos obtenidos:

Tabla 5.10: Evaluación general AMEF después de la implementación

Modo de falla potencial y análisis de efectos (AMEF)								
Función	Modo de Falla Potencial	Efectos potenciales o fallas	Sev	Causa potencial	Ocurre	Controles actuales	Defec	RPN
Citas Programadas-AVISOS SAP	No se crearon los AVISOS SAP	Incumplimiento de planificación	4	Desfase en la liberación de Ots	4	Planificador de mante prev	5	80
Recibo de vehículos en el taller	No se presentó	Incumplimiento de mantenimiento	3	Desfase en la agenda productiva	5	Control diario de agenda	4	60
Consulta y Asesoría técnica inicial	No había repuestos	Atraso en la entrega del vehículo	4	No hay vehículo disponible	2	No hay control	5	40
Distribución del trabajo a los técnicos	No había capacidad instalada	Mantenimientos pendientes de realizar	3	Desfase en la agenda productiva	4	Control semanal de agenda	3	36
Distribución del trabajo a los técnicos	Recargo de trabajos diarios	No se realiza servicio básico de rutina	3	Desfase en la agenda productiva	4	Control semanal de agenda	3	36
Supervisión del trabajo	No se aplico el control de calidad al servicio ejecutado	Aumenta el índice de no conformidades	3	No hay vehículo disponible	3	Control mensual de agenda	3	27
Supervisión del trabajo	No se cumplen los horarios de trabajo	Incumplimiento de planificación	3	Técnico no enfocado	3	Control mensual de agenda	3	27
Realización del trabajo	Desconocimiento técnico del personal operativo	Aumento de correctivos	3	Reproceso de trabajos	3	Control mensual de agenda	3	27
Realización del trabajo	No se utilizan los materiales y suministros correctos	Errores por omisión	3	Perfil técnico no adecuado	3	Control mensual de agenda	3	27
Lavado de vehículos	No se realizo el lavado después del mantenimiento	Incumplimiento de procedimientos	3	Insatisfacción del cliente	2	Control mensual de agenda	3	18
Lavado de vehículos	No se utilizan los materiales y suministros correctos	Errores por omisión	3	Reproceso de trabajos	2	Control mensual de agenda	3	18
Aseguramiento de calidad OK	Resistencia al cambio tecnológico en control y seguim.	Aumento de errores en las rutinas	3	Informe incompleto de trabajo	3	Control semanal de agenda	2	18
Aseguramiento de calidad OK	Se aplica el control de seguridad parcial	Aumenta el Riesgo de accidentabilidad	3	Accidente por negligencia	3	Control semanal de agenda	2	18
Notificación final de horas reales	No se asocia el tiempo del mecánico en las Ots laboradas	Aumenta el índice de improductividad	2	Desfase en la agenda productiva	2	Control diario de agenda	4	16
Notificación final de horas reales	Envía la notificación incorrecta	Puesto de trabajo incorrecto	1	Falta de entrenamiento	1	Control diario de agenda	4	4
Realiza cierre técnico de la Orden de Trabajo SAP	No se realiza el cierre técnico de la Orden de Trabajo	Incumplimiento de indicador de Gestión	2	No se almacena dato en ERP-SAP	2	Control mensual de agenda	4	16
Realiza cierre técnico de la Orden de Trabajo SAP	Se realiza el cierre técnico sin puesto de trabajo	No se contabiliza puesto de trabajo	2	No se almacena dato en ERP-SAP	1	Control mensual de agenda	3	6

Fuente: Elaboración propia, 2024.

En el cuadro anterior, se aprecian todos los resultados obtenidos del AMEF, en donde se tabula la función realizada por varios actores y todas las acciones que pueden causar un error durante el procesamiento de AVISOS PM recibidos y tratamiento de las ÓRDENES PM en el departamento, así como también los efectos generados por estos errores. Completada la evaluación general para el proceso actual de procesamiento de AVISOS PM recibidos y tratamiento de las ÓRDENES PM, se analiza la información obtenida, la cual se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 5.11: Resultados de la evaluación general AMEF después de las mejoras

Actividades	Severidad	Ocurrencia	Detectabilidad	RPN total
Citas programadas-AVISOS SAP	4	4	5	80
Distribución del trabajo a los técnicos	6	8	6	72
Recibo de vehículos en el taller	3	5	4	60
Realización del trabajo	6	6	6	54
Supervisión del trabajo	6	6	6	54
Consulta y asesoría técnica inicial	4	2	5	40
Aseguramiento de la calidad OK	6	6	4	36
Lavado de vehículos	6	4	6	36
Realizar el cierre técnico de la orden de trabajo SAP	4	3	7	22
Notificación final de las horas reales	3	3	8	20
Total general	48	47	57	474

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Según la tabla anterior, el resultado de RPN del proceso con las mejoras implementadas es de 474; por consiguiente, con esta mejora se obtiene una disminución de los riesgos del proceso en un 51 %:

Tabla 5.12: Comparativos de RPN

RPN original	RPN nuevo	Mejora (%)
930	474	51%

Fuente: Elaboración propia, 2024.

5.2.4 Comparativo de los datos históricos del año 2023 vs el año 2024

En las siguientes secciones se exponen los datos de los mantenimientos antes y después de las mejoras y el control, para hacer una tabla de comparativos y demostrar los resultados.

5.2.4.1 Cumplimiento del proceso en el año 2023

En la siguiente tabla, se indica el cumplimiento del proceso en el año 2023 de la semana 25 a la semana 32 (periodo de medición de los datos, correspondiente a los meses de julio y agosto respectivamente), cuando el rango de porcentaje promedio de los mantenimientos pendientes de realizar es de un 39 % con respecto a la cantidad total de los mantenimientos programados. Por consiguiente, el indicador en este periodo de medición es “bajo logro” por ser mayor que un 30 %.

Tabla 5.13: Cumplimiento del proceso en el año 2023, antes de la implementación y el control

2023 mantenimiento preventivo de vehículos ICE-MET				
Semanas	MP programado	Realizado	Pendiente	% pendiente
25	21	11	10	48 %
26	18	11	7	39 %
27	19	15	4	21 %
28	21	13	8	38 %
29	28	13	15	54 %
30	27	15	12	44 %
31	27	16	11	41 %
32	61	42	19	31 %
Total general	222	136	86	39 %

Fuente: Elaboración propia, 2024.

5.2.4.2 Cumplimiento del proceso en el año 2024

En la siguiente tabla, se muestra el cumplimiento del proceso en el año 2024 de la semana 25 a la semana 32 (periodo de medición de los datos, correspondiente a los meses de julio y agosto respectivamente), cuando el rango de porcentaje promedio de los mantenimientos pendientes de realizar es de un 12 % con respecto a la cantidad total

de los mantenimientos programados. Por lo tanto, el indicador en este periodo de medición es sobresaliente por ser menor que un 20 %.

Tabla 5.14: Cumplimiento del proceso en el año 2024, después de la implementación y control

2024 mantenimiento preventivo de vehículos ICE-MET				
Semanas	MP programado	Realizado	Pendiente	% pendiente
25	28	23	5	18 %
26	33	26	7	21 %
27	35	30	5	14 %
28	33	30	3	9 %
29	32	30	2	6 %
30	30	27	3	10 %
31	33	30	3	9 %
32	35	31	4	11 %
Total general	259	227	32	12 %

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Por su parte, la siguiente tabla es un comparativo del cumplimiento del proceso en el año 2023, de la semana 25 a la semana 32 (meses julio y agosto), vs el cumplimiento del proceso en el año 2024 (meses julio y agosto), cuando la mejora representa un 27 % de diferencia del porcentaje promedio anual de los mantenimientos preventivos pendientes de realizar en el año 2024 con respecto al año 2023, esto después de la etapa de implementación y control de la propuesta de mejoras en el periodo de medición correspondiente a los meses de julio y agosto 2024.

Tabla 5.15: Comparativo del cumplimiento del proceso en el año 2023 vs el año 2024

MP pendiente 2023	MP pendiente 2024	Mejora (%)
39 %	12 %	27 %

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Ahora, con el fin de establecer el ahorro producido por la implementación de las mejoras, se toma en cuenta el incremento en la capacidad de producción experimentado después

de la mejora. El número considerado es la diferencia en el MP programado gracias a los cambios:

Tabla 5.16: Capacidad semanal del MP programado en el año 2024

Capacidad semanal del MP programado			
Sin mejora	Con mejora	Diferencia	Mejora (%)
222	259	37	17 %

Fuente: Elaboración propia, 2024.

5.2.5 Resumen de los costos de la implementación

A continuación, se presenta el resumen de los costos de la implementación según los datos recolectados del sistema SAP-ERP, para identificar los alcances de las mejoras propuestas en la gestión del mantenimiento preventivo en el año 2024:

Tabla 5.17: Costos de implementación en el año 2024

Capacitación-Implementación & Control						
Causas	Ideas	Acción remedial	Hrs	Costo	Cant.	Costo total
Incumplimiento del cliente en rutinas programadas	Mejorar la planificación de mantenimiento	Cumplimiento de programación, seguimiento por correo	2	€ 10 000,00	5	€ 100 000,00
Descuido en la capacitación de procedimientos normados	Falta Capacitación administrativa y operativa	Capacitación en procedimientos normados	10	€ 10 000,00	20	€ 2 000 000,00
Ausencia de supervisión operativa y administrativa	Subir la disponibilidad de flota vehicular	Control semanal y seguimiento de reuniones con los subalternos en la ejecución del rutinario	3	€ 10 000,00	17	€ 510 000,00
Falta de seguimiento de los controles estadísticos de la calidad	Bajar el índice de servicios pendientes	Reforzar el control y auditoría de la calidad	4	€ 10 000,00	10	€ 400 000,00
			19			€ 3 010 000,00

Fuente: Elaboración propia, 2024.

En la tabla anterior se describen las causas, ideas, acciones remediales, horas de capacitación, costo por hora, cantidad de personas y la sumatoria que se traduce en el costo total de la capacitación al personal administrativo y operativo, con el objetivo de implementar las mejoras propuestas.

5.2.6 Rutina MP básico (TPM)

Los pilares del mantenimiento productivo total (TPM) se aplican en la rutina MP y se efectúa una breve reseña de la actividad y costo unitario del mantenimiento preventivo MP básico, lo cual sirve de referencia para el cálculo del ahorro significativo.

Los pilares (TPM) son:

- 1) Mejoras enfocadas.
- 2) Mantenimiento rutinario.
- 3) Mantenimiento planificado.
- 4) Mantenimiento de calidad.

Tabla 5.18 MP básico (TPM)

MP básico	Horas/hombre	Costo	Costo total
Mano de obra	5,00	₡ 20 000,00	₡ 100 000,00
Repuestos	*	₡ 105 000,00	₡ 105 000,00
Materiales	**	₡ 75 000,00	₡ 75 000,00
Insumos	***	₡ 25 000,00	₡ 25 000,00
		Totales	₡ 305 000,00

Fuente: Elaboración propia, 2024.

Referente a la tabla anterior, se describe:

En primera instancia, la mano de obra, equivalente a 5 horas/hombre, con un costo unitario de ₡ 20 000,00, para un costo total de ₡ 100 000,00.

*El segundo rubro corresponde a repuestos, tales como filtros, sellos y tapones que incluye la rutina básica, con un costo total de ₡ 105 000,00.

**En tercera instancia, se encuentran los materiales, tales como lubricantes, fluidos y grasas, con un costo total de ₡ 75 000,00.

***Finalmente, el rubro de insumos, misceláneos y consumibles básicos del MP básico tiene un costo total de ₡ 25 000,00.

Todo lo anterior para un total de ₡ 305 000,00.

5.2.7 Retorno de la inversión ROI

Con respecto al retorno de la inversión, según lo adelantado en el resumen de costos totales, los datos recolectados son del sistema SAP-ERP y se migran a reportes de Excel para hacer más fácil y amigable su interpretación. La información es veraz y proviene de los registros productivos del CMA-ICE-MET.

A continuación, se presenta el desglose de los costos:

Del proceso en el año 2023 tabla 5.13, en el mes de agosto respectivamente, la cantidad de mantenimientos pendientes equivale a 57/mes y su costo unitario es de ₡ 305 000,00; por consiguiente, el costo total es de ₡ 17 385 000,00/mes.

Del proceso en el año 2024 tabla 5.14, en el mes de agosto respectivamente, la cantidad de mantenimientos pendientes equivale a 12/mes y su costo unitario es de ₡ 305 000,00; así, el costo total es de ₡ 3 660 000,00/mes.

Por lo tanto, la diferencia de los costos totales en el mes de agosto del año 2023 y el año 2024 equivale a un ahorro significativo de ₡ 13 725 000,00/mes, después de la implementación y control de los mantenimientos pendientes de realizar.

En la etapa de implementación de las mejoras y control en el año 2024 tabla 5.17, los costos asociados de inversión son de ₡ 3 010 000, 00/mes.

A partir de estos datos, se realiza el cálculo del retorno de la inversión:

Tabla 5.19: Retorno de la inversión en el año 2024

$$ROI = \frac{\text{Costos de Implementación}}{\text{Ahorros obtenidos/mes}}$$

$$ROI = \frac{₡3\,010\,000,00}{₡13\,725\,000,00/\text{mes}}$$

$$ROI = 0.22 \text{ meses} \approx 6,80 \text{ días}$$

Fuente: Elaboración propia, 2024.

5.2.8 Diagrama de Gantt

El siguiente diagrama de Gantt indica las actividades, entregables, fechas y responsables en la etapa de control, además del porcentaje de avance.

Figura 5.11: Diagrama de Gantt de la etapa de control

Lista de actividades, fechas y % avance del proyecto							GANTT-2024												% avance
							Implementar por semana						Controlar por semana						
Fases	Actividades	Entregables	Fecha inicio	Fecha final	Responsables de cada fase	Jefatura Superior	may-24		jun-24		jul-24		ago-24						
Mejorar	Cumplimiento de programación, seguimiento por correo	Envío de correo de alerta al cliente al momento de programar una rutina	1-may-24	17-may-24	Alexander Castillo	Ivan Moreira	XX	XX									100%		
	Capacitación en procedimientos normados	Aplicar la hoja de ruta al momento de asignar una rutina	20-may-24	31-may-24	Juan Carlos León	Ivan Moreira			XX	XX							100%		
	Control semanal y seguimiento de reuniones con los subalternos en la ejecución del rutinario	Seguimiento y control al ejecutar la rutina asignada	1-jun-24	14-jun-24	Manuel Barquero	Ivan Moreira				XX	XX						100%		
	Reforzar el control y auditoría de la calidad	Monitorear la programación y confirmar la rutina realizada y pendiente	17-jun-24	30-jun-24	Andrés Barrantes	Ivan Moreira					XX	XX					100%		
Controlar	Controlar Planes mantenimiento	Exportar los reportes dinámicos SAP-ERP-PM del cumplimiento de mantenimiento preventivo	1-jul-24	15-jul-24	Jairo Alfaro	Ivan Moreira						XX	XX				100%		
	Medición de mejoras & implementación	Validar los parámetros de disminución del índice de mantenimientos pendientes	16-jul-24	31-jul-24	Ivan Moreira	Juan Carlos Varela							XX	XX			100%		
	Reporte de resultados	Resumen de costos totales	1-ago-24	16-ago-24	Ivan Moreira	Juan Carlos Varela								XX	X		80%		
	Seguimiento de Indicadores Gestión Integral Mantenimiento Preventivo	Retorno de la inversión ROI	19-ago-24	31-ago-24	Ivan Moreira	Juan Carlos Varela									X	XX	80%		
							I						C						95%

Fuente: Elaboración propia, 2024.

La implementación y control de las actividades se encuentra en un 95 % de ejecución y se estima cumplir al 100 % antes de terminar el año 2024.

El proceso de mantenimiento es dinámico y participa todo el personal operativo y administrativo del CMA-ICE-MET y el personal del área de gestión de calidad, así como se cuenta con la supervisión del avance por parte del director del proyecto ICE-MET.

5.2.9 Se cumple el objetivo general

Se confirma que el objetivo general del presente estudio, a saber, disminuir el índice de los mantenimientos preventivos pendientes en al menos un 12 %, se alcanza con éxito, debido a que con las propuestas planteadas en la investigación se logra disminuir el índice de los mantenimientos preventivos pendientes en el periodo de implementación y control del año 2024 (tabla 5.15). Además, se obtiene un aumento en la capacidad semanal del MP programado en el periodo de implementación y control del año 2024, equivalente a un 17 % de mejora (tabla 5.16).

CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A continuación, se detallan las principales conclusiones y recomendaciones obtenidas en el desarrollo del presente estudio.

Conclusiones

- Se destacó la importancia de haber utilizado el control estadístico por atributo de calidad.
- Un elemento clave fue el monitoreo constante sobre el proceso administrativo y operativo.
- A partir de las consultas frecuentes realizadas a los trabajadores, por medio de *gemba walks* y reuniones *kaizen*, se obtuvo una mejor data.
- Mediante el análisis FODA se evidenció que una de las fortalezas de la institución son las rutinas de mantenimiento estandarizadas, sin embargo, una de sus debilidades es el personal con algún grado desconocimiento.
- Al aplicar el método árbol CTQ, se observó que para poder brindar un seguimiento de los controles estadísticos de la calidad actuales, se requiere retroalimentar al cliente para llevar a cabo las rutinas en las fechas programadas, con el fin de reducir los pendientes.
- Con el objetivo de visualizar los pasos y mediciones de una manera más gráfica y exacta, se realizó un *Value Stream Mapping* (VSM) del proceso PM-SAP-orden de trabajo para una rutina básica de mantenimiento.
- Adicional, se hizo de nuevo la evaluación AMEF para tener una realimentación de esta mejora, con el propósito de mantener un resultado positivo de los cambios hechos.
- Con la finalidad de asignarle un valor económico representativo a la mejora, se efectuó un análisis de costos asociados a las fases “mejorar” y “controlar” y se obtuvo que el monto invertido sería de ₡ 3 010 000,00.
- Por lo tanto, la diferencia de los costos totales en el mes de agosto del año 2023 y el año 2024 equivale en un ahorro significativo de ₡ 13 725 000,00/mes, después de la implementación y control de los mantenimientos preventivos pendientes de realizar.
- El retorno de la inversión (ROI) se recupera en 0.22 meses \approx 6,80 días.

Recomendaciones

- Cumplir la programación de mantenimientos. Al respecto, se debe reducir el incumplimiento del cliente acerca de realizar las rutinas en las fechas programadas, pues es una causa con un peso relativo importante dentro del análisis de Pareto 80/20.
- Capacitar en los procedimientos normados, por el descuido o ausencia de seguimiento en la comprobación de los conocimientos del personal administrativo y operativo en estos temas. Asimismo, se recomienda dar un seguimiento y comprobación mensual.
- En cuanto a la supervisión operativa y administrativa, se recomienda hacer un control semanal y seguimiento de las reuniones con los subalternos en la ejecución del rutinario.
- Reforzar el control y auditoría de la calidad, al haberse evidenciado como parte de las causas críticas la falta de seguimiento de los controles estadísticos de la calidad actuales. Referente a esto, solicitar soporte técnico al SIG.
- Reasignar personal ejecutor en picos de programación con poco personal ejecutor en las rutinas de mantenimiento programadas.
- Dar el seguimiento de la metodología TPM, en busca de la integración de todo el personal del Grupo ICE, con el propósito de lograr una mejora continua en el proceso de producción por medio de la eliminación de pérdidas, con lo que se aumente siempre la productividad del personal, los equipos y el CMA-ICE-MET en general.

REFERENCIAS

Libros

Barrantes, R. (2014). *Investigación: un camino al conocimiento. Un enfoque cualitativo, cuantitativo y mixto*. EUNED.

Bernal, C. (2010). *Metodología de la investigación: administración, economía, humanidades y ciencias sociales*. Pearson Educación.

Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, M. (2014). *Metodologías de la investigación*. (6° ed.). McGraw Hill.

Molina, Z. (1997). *Planeamiento Didáctico: Fundamentos, principios, estrategias y procedimientos para su desarrollo*. Primera edición, EUNED.

Proyectos de investigación

Altuna, L. y Alva, I. (2018). *Lead time y su influencia en el nivel de servicio de las empresas de servicio de entrega rápida para las importaciones de Estados Unidos*. [Trabajo de graduación para optar por el título de Negocios Internacionales, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.

Blandón, J. (2017). *Disminución del tiempo de ensamble del cuello de botella en las líneas de producción de fórceps*. [Trabajo de graduación de Ingeniería Industrial, Universidad Central]. Repositorio de la Universidad Central.

Calderón, D. (2022). *Actualización e implementación de manual de mantenimiento preventivo para módulo probador de máquina de prueba de microprocesadores*. [Tesis para optar por el grado de Bachillerato en Ingeniería Electromecánica, Universidad Internacional de las Américas].
<https://repositorio.ecci.edu.co/handle/001/2581>

- Espinoza, C. (2018). *Diseño de un modelo gestión en mantenimiento para la empresa MOOG Medical Devices Group*. [Proyecto de graduación para optar por el grado de Licenciatura, Tecnológico de Costa Rica]. https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/10455/disenomodelogestionmantenimientoempresa_moog_medical_devices_group.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Maldonado, A. y Ysique, S. (2017). *Sistema de mejora continua basado en el mantenimiento productivo total para reducir los desperdicios en el área de producción de la empresa Induamerica S.A.C.-Lambayeque 2016*. [Tesis para optar por el título profesional de Ingeniero Industrial, Universidad Señor de Sipán]. <https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/4069/TESIS-FINAL-MALDONADO-YSIQUE.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Monge, N. (2024). *Estudio de cargabilidad eléctrica de un condominio vertical ubicado en Escazú para suplir energía a un centro de carga con cargadores inteligentes marca Wallbox*. [Trabajo final de graduación para optar por el grado de Bachillerato en Ingeniería Electromecánica, Universidad Internacional de las Américas]. <http://repositorio.uia.ac.cr:8080/server/api/core/bitstreams/90cff0ce-eab6-43ef-afa1-06ea04efb33e/content>
- Navarro, C. (2020). *Propuesta de mejora de la gestión de mantenimiento para optimizar el desempeño en una unidad minera del sur del país-Arequipa 2021*. [Tesis para optar por el título profesional de Ingeniero Industrial, Universidad Continental]. <https://repositorio.ecci.edu.co/handle/001/2581>
- Ortega, M. y Verona, E. (2004). *Implementación de indicadores de mantenimiento en el taller industrial ADIFE LTDA*. [Trabajo final de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Industrial con Énfasis en Mejora Continua, Universidad Tecnológica de Bolívar]. <https://biblioteca.utb.edu.co/notas/tesis/0026254.pdf>

Quant, S. (2022). *Aseguramiento de calidad en el proceso de extrusión, para reducir la variabilidad de las dimensiones del producto del Departamento de Extrusiones, mediante la metodología DMAIC en la empresa TE Medical*. [Trabajo final de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Industrial con Énfasis en Mejora Continua, Universidad Latina de Costa Rica]. TFG_Ulatina_Suiyen_Quant_Melendez_2014022417.pdf

Rabanales, M. (2016). *Diseño de la investigación del desarrollo de un modelo de pronósticos por medio del método ABC para la reducción de merma por daño de productos cárnicos en un supermercado*. [Tesis de graduación de Ingeniería Industrial, Universidad de San Carlos de Guatemala]. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3334_IN.pdf

Valverde, O. (2007). *Establecer un sistema de evaluación de desempeño del Departamento de Servicios Técnicos de BaByliss Costa Rica, S. A.* [Trabajo final de graduación para optar por el grado de Magíster en Administración y Dirección de Empresas, Universidad de Costa Rica]. <https://www.kerwa.ucr.ac.cr/server/api/core/bitstreams/54797274-70b5-4676-b3c3-d7f184eba179/content>

Velandia, P., Saldaña, J. y Hernández, C. (2021). *Propuesta de mejora de la gestión para el mantenimiento de los activos en el área de taller de la empresa Solo-Toyota*. [Trabajo de grado, Universidad ECCI]. <https://repositorio.ecci.edu.co/handle/001/2581>

Fuentes de Internet

Aiteco Consultores. (2019). *Multivotación: seleccionando las mejores ideas*. <https://www.aiteco.com/multivotacion-seleccionando-las-mejores-ideas/>

Asana. (2024). *¿Qué es un diagrama de flujo y cómo hacerlo?* <https://asana.com/es/resources/what-is-a-flowchart>

Asq Org. (2005). *El retorno de inversión*. <http://asq.org/quality-progress/2005/05/problem-solving/el-retorno-de-inversion.html>

Cantillo, J. (2020). *Control de calidad en mantenimiento*. <https://es.linkedin.com/pulse/control-de-calidad-en-mantenimiento-jose-cantillo>

Castillero, O. (s.f.). *Registro anecdótico: qué es y cómo se usa en psicología y educación*. <https://psicologiaymente.com/clinica/registro-anecdótico>

Cerem GBS. (2023). *Control estadístico de calidad: ¿Cuál es su importancia dentro del mundo empresarial?* <https://www.cerem.es/blog/control-estadístico-de-calidad-cual-es-su-importancia-dentro-del-mundo-empresarial>

Díaz, G. (2024). *Los 5 porqués*. <https://terotecnic.com/category/mejora-continua/>

EAE. (2023). *¿Qué es un project charter?* <https://retos-operaciones-logistica.eae.es/que-es-un-project-charter/>

EBAC. (2023). *Qué es la lluvia de ideas y cómo hacerla: técnicas y ejemplos*. <https://ebac.mx/blog/que-es-la-lluvia-de-ideas>

Fractal. (2024). *5 indicadores clave en el departamento de mantenimiento*. <https://www.fractal.com/es/guias-mantenimiento/indicadores-de-mantenimiento>

Fundación Wikimedia. (2015). *Diagrama de Ishikawa*. https://es.wikipedia.org/wiki/Diagrama_de_Ishikawa

GCF Global. (s.f.). *¿Qué es un gráfico de barras?* <https://edu.gcfglobal.org/es/estadistica-basica/que-es-un-grafico-de-barras/1/#>

Global Trust Association. (2019). *El árbol CTQ (Critical to Quality)*.
<https://globaltrustassociation.org/es/el-arbol-ctq-critical-to-quality/>

GO Productivity. (2020). *What is DMAIC?* <https://goproductivity.ca/blog/6187/what-is-dmaic/>

Gómez, A. (2016). *Herramienta de planificación: diagrama de Gantt*.
http://asesordecalidad.blogspot.com/2016/12/herramienta-de-planificacion-diagrama.html#.Xu_GzGhKjIU

Hayes, D. (2000). Evaluation and application of a project charter template to improve the project planning process. *Project Management Journal*, 31(1), 14–23.
<https://www.pmi.org/learning/library/project-charter-template-improving-planning-process-1986>

Lean Solutions (2020a). *AMEF análisis de modo y efecto de falla*.
<https://leansolutions.co/conceptos-lean/lean-manufacturing/amef-analisis-de-modo-y-efecto-de-falla/>

Lean Solutions. (2020b). *VSM, Value Stream Mapping*. <http://leansolutions.co/conceptos-lean/lean-manufacturing/vsm-value-stream-mapping/>

Lira, A. (2021). *¿Cómo hacer un análisis de stakeholders?*
<https://www.expoknews.com/como-hacer-un-analisis-de-stakeholders/>

Martins, J. (2024). *Diagrama de Gantt: qué es y cómo crear uno con ejemplos*.
<https://asana.com/es/resources/gantt-chart-basics>

Memon, M. (2023). *Cómo y cuándo usar un gráfico de pastel*.
<https://visme.co/blog/es/grafico-de-pastel/>

- Microsoft Forms. (2024). *Entrevista satisfacción al cliente*.
https://forms.office.com/Pages/DesignPageV2.aspx?origin=rpp&rpsession=7575a1e8-a91c-43f2-a1ad-96dfb8fdaca3&rpring=Business&templateorigin=rpp&subpage=design&tfrom=rpp&id=Jn3bx_phjKW3JUM27o_K0C7rsNoFLmRMprmR5ALZB4JUMkxMMjU1UjVO UTIGWTdSMko0MEsyRUJYUy4u
- Naydenov, P. (2024). *¿Qué es gemba?* <https://businessmap.io/es/gestion-lean/mejora-continua/caminata-gemba>
- Ortega, C. (2024). *Diagrama SIPOC: qué es y cómo crearlo*.
[https://www.questionpro.com/blog/es/diagrama-sipoc/#:~:text=Un%20diagrama%20SIPOC%20es%20una,\)%20y%20Customers%20\(clientes\)](https://www.questionpro.com/blog/es/diagrama-sipoc/#:~:text=Un%20diagrama%20SIPOC%20es%20una,)%20y%20Customers%20(clientes))
- Ortega, S., Ortiz, S., Ramírez, K. y Silva, L. (2016). *Investigación cualitativa, cuantitativa y mixta*. <https://www.slideshare.net/LizbethSilva2/investigacin-cualitativa-cuantitativa-y-mixta>
- Production Tools. (2024). *Mantenimiento productivo total (TPM)*.
[https://productiontools.es/lean/tpm-mantenimiento-productivototal/#:~:text=El%20Mantenimiento%20Productivo%20Total%20\(TPM,garantizar%20la%20productividad%20y%20calidad](https://productiontools.es/lean/tpm-mantenimiento-productivototal/#:~:text=El%20Mantenimiento%20Productivo%20Total%20(TPM,garantizar%20la%20productividad%20y%20calidad)
- Pursell, S. (2024). *Análisis FODA personal: definición, pasos y ejemplos*.
<https://blog.hubspot.es/marketing/foda-personal>
- QuestionPro. (2024). *¿Qué es el diagrama de Pareto?*
<https://www.questionpro.com/blog/es/diagrama-de-pareto/>

Rock Content. (2019). *Aprende cómo distribuir mejor las responsabilidades con la matriz RACI*. <https://rockcontent.com/es/blog/matriz-raci/>

Safety Culture. (2024). *Una guía completa para todo lo que necesita saber para qué son las 5S en el lugar de trabajo*. <https://safetyculture.com/es/temas/5s-lean/>

Siles, H. (s.f.). *Mantenimiento de vehículos: una forma de garantizar su propia economía*. Universidad de Costa Rica. <https://www.recope.go.cr/wp-content/uploads/2012/11/FOLLETODSE.pdf>

Teoría General del Sistema. (2010). *Diagramas causales*. <http://teoriageneralsistema.blogspot.com/2010/11/diagramas-causales-un-diagrama-causal.html>

Vera, L. (2024). *Investigación cualitativa*. https://www.trabajosocial.unlp.edu.ar/uploads/docs/velez_vera__investigacion_cualitativa_pdf.pdf

APÉNDICES Y ANEXOS

APÉNDICE 1: Glosario de términos

- **ICE:** Instituto Costarricense de Electricidad.
- **CMA:** centros de servicio automotriz.
- **MET:** maquinaria, equipo y talleres.
- **SAP:** sistemas, aplicaciones y productos en procesamiento de datos.
- **ERP:** planificación de recursos empresariales.
- **TX:** transacción SAP.
- **AVISO Z5 PM-SAP:** servicio de mantenimiento correctivo, nomenclatura SAP.
- **AVISO Z6 PM-SAP:** servicio de mantenimiento preventivo, nomenclatura SAP.
- **AVISO Z7 PM-SAP:** servicio de atención de averías, nomenclatura SAP.
- **OT:** orden de trabajo, nomenclatura SAP.
- **Solicitante PM:** personal administrativo.
- **Asistente PM:** personal administrativo.
- **Asesor PM:** personal técnico administrativo.
- **Supervisor PM:** personal técnico administrativo.
- **Gestor PM:** jefatura del CMA-ICE-MET.
- **Director del proyecto ICE-MET:** jefatura superior del CMA-ICE-MET.
- **Mantenimiento preventivo:** actividades de periodicidad y frecuencia definidas en un tiempo determinado. Estas son actividades realizadas por personal interno.
- **Mantenimiento rutinario:** actividades de periodicidad y frecuencia definidas en un tiempo determinado. Estas son actividades realizadas por personal interno.
- **Indicadores de procesos apoyo-gestión de calidad:** parámetros de medida del Sistema Integrado de Gestión, cumplimiento del plan de mantenimiento.
- **SIG:** Sistema Integrado de Gestión-procesos internos del ICE.
- **ROI (*Return On Investment*):** retorno de la inversión.

APÉNDICE 2: Multivoto

Figura 3.15: Ejemplo de un mulivoto vacío

CATEGORÍAS	Mantenimientos preventivos pendientes	Multivotación:					
Afinidad:	Causas posibles:	Nombre 1	Nombre 2	Nombre 3	Nombre 4	Nombre 5	Total
	Causa 1	0	0	0	0	0	0
	Causa 2	0	0	0	0	0	0
	Causa 3	0	0	0	0	0	0
	Causa 4	0	0	0	0	0	0
	Causa 5	0	0	0	0	0	0
	Causa 6	0	0	0	0	0	0
	Causa 7	0	0	0	0	0	0
	Causa 8	0	0	0	0	0	0
	Causa 9	0	0	0	0	0	0
	Causa 10	0	0	0	0	0	0
		0	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia, 2024.

APÉNDICE 3: Matriz RACI

Figura 3.18: Ejemplo de una matriz RACI vacía

Rol	Supervisor PM	Técnico Líder PM	Técnico Líder PM	Asistente PM	Asesor PM	Gestor PM	Director de Proyecto
Actividad / Nombre	Nombre 1	Nombre 2	Nombre 3	Nombre 4	Nombre 5	Nombre 6	Nombre 7
Actividad 1							
Actividad 2							
Actividad 3							
Actividad 4							
Actividad 5							
Actividad 6							
Actividad 7							

R=Responsable A=Aprobador C=Consultado I=Informado

Fuente: Elaboración propia, 2024.

APÉNDICE 4: Diagrama de Gantt

Figura 3.21: Ejemplo de un diagrama de Gantt vacío

Lista de actividades, fechas y % avance del proyecto							GANTT-2024										
							Definir		Medir		Analizar		Mejorar		Controlar		% avance
Fases	Actividades	Entregables	Fecha inicio	Fecha final	Responsable	Jefatura Superior	ene-24	ene-24	feb-24	mar-24	abr-24	abr-24	may-24	jun-24	jul-24	ago-24	
Definir																	0%
Medir																	0%
Analizar																	0%
Mejorar																	0%
Controlar																	0%
							D	M	A	I	C	0%					

Fuente: Elaboración propia, 2024.

APÉNDICE 5: Check in, feedback del cliente

Figura 5.9: Ejemplo de check in, feedback del cliente vacío

CHECK-IN (Feedback del cliente) xx xxxx							
Preguntas:	¿Qué opina?	Nombre 1	Nombre 2	Nombre 3	Nombre 4	Nombre 5	Total
1							
2							
3							
4							
5							
Totales:		0	0	0	0	0	0
Respuestas:	Opción	Puntuación					
1	Estoy de acuerdo	x					
2	No estoy de acuerdo	x					
3	Neutral	x					

Preguntas:	¿Qué opina?	Ocurrencia	Frecuencia	Acumulado
1				
2				
3				
4				
5				
Totales:		0	100%	

Fuente: Elaboración propia, 2024.