

UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA

CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL

Mejora en el Proceso de Asignación y Control de
Recursos en los Hangares de COOPESA durante el
Segundo Cuatrimestre de 2025.

PROYECTO DE GRADUACIÓN PARA OPTAR
POR EL GRADO DE LICENCIATURA EN
INGENIERÍA INDUSTRIAL.

PERTENECE A:

ARIANA LEIVA ROSALES

TUTOR:

ING. RUDDY ALFREDO IRÍAS ALPIZAR

ALAJUELA, 2025

I. DECLARACIÓN JURADA

DECLARACIÓN JURADA

Yo Ariana Leiva Rosales mayor de edad, portador de la cédula de identidad número 1-1841-0212 egresado de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Hispanoamericana, hago constar por medio de éste acto y debidamente apercibido y entendido de las penas y consecuencias con las que se castiga en el Código Penal el delito de perjurio, ante quienes se constituyen en el Tribunal Examinador de mi trabajo de tesis para optar por el título de Licenciatura, juro solemnemente que mi trabajo de investigación titulado:

Mejora en el Proceso de Asignación y Control de Recursos en los Hangares de COOPESA durante el Segundo Cuatrimestre de 2025, es una obra original que ha respetado todo lo preceptuado por las Leyes Penales, así como la Ley de Derecho de Autor y Derecho Conexos número 6683 del 14 de octubre de 1982 y sus reformas, publicada en la Gaceta número 226 del 25 de noviembre de 1982; incluyendo el numeral 70 de dicha ley que advierte; artículo 70. Es permitido citar a un autor, transcribiendo los pasajes pertinentes siempre que éstos no sean tantos y seguidos, que puedan considerarse como una producción simulada y sustancial, que redunde en perjuicio del autor de la obra original. Asimismo, quedo advertido que la Universidad se reserva el derecho de protocolizar este documento ante Notario Público. en fe de lo anterior, firmo en la ciudad de San José, a los 15 días del mes de marzo del año dos mil veinte seis



Firma del estudiante

Cédula 1-1841-0212

II. CARTA DEL TUTOR

CARTA DEL TUTOR

Heredía, 19 de Febrero de 2026

Estimado señor:

El estudiante **Ariana Leiva Rosales**, cédula de identidad número **1-1841-0212**, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado **Mejora en el Proceso de Asignación y Control de Recursos en los Hangares de COOPESA durante el Segundo Cuatrimestre de 2025**, el cual ha elaborado para optar por el grado académico de **Licenciatura** en Ingeniería Industrial.

En mi calidad de tutor, he verificado que se han hecho las correcciones indicadas durante el proceso de tutoría y he evaluado los aspectos relativos a la elaboración del problema, objetivos, justificación; antecedentes, marco teórico, marco metodológico, tabulación, análisis de datos; conclusiones y recomendaciones.

De los resultados obtenidos por el postulante, se obtiene la siguiente calificación:

a)	ORIGINALIDAD DEL TEMA	10%	10%
b)	CUMPLIMIENTO DE ENTREGA DE AVANCES	20%	20%
c)	COHERENCIA ENTRE LOS OBJETIVOS, LOS INSTRUMENTOS APLICADOS Y LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACION	30%	25%
d)	RELEVANCIA DE LAS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	20%	18%
e)	CALIDAD, DETALLE DEL MARCO TEORICO	20%	18%
	TOTAL		91%

En virtud de la calificación obtenida, se avala el traslado al proceso de lectura.

Atentamente,

Nombre Ruddy Irias Alpizar
Cédula identidad 1-1293-0062
Carné Colegio Profesional IPIN-27215

RUDDY
ALFREDO
IRIAS
ALPIZAR
(FIRMA)

Firmado digitalmente por
 RUDDY
 ALFREDO IRIAS
 ALPIZAR (FIRMA)
 Fecha:
 2026.02.19
 14:57:46 -06'00'

III. CARTA DEL LECTOR

San José, 07 de febrero de 2026

Señores
Departamento de Registro
Universidad Hispanoamericana

Estimados señores:

En calidad de lector del proyecto de graduación presentado por la estudiante **Ariana Leiva Rosales**, titulado "**Mejora en el Proceso de Asignación y Control de Recursos en los Hangares de COOPESA durante el Segundo Cuatrimestre de 2025**" para optar por el grado de **Licenciatura en Ingeniería Industrial**, he verificado que se han hecho las correcciones indicadas durante el proceso y he evaluado aspectos relativos a la elaboración del problema, objetivos, justificación; antecedentes, marco teórico, marco metodológico, tabulación, análisis de datos; conclusiones y recomendaciones.

Es por esta razón que considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser trasladado al proceso de revisión por el filólogo.

Atentamente,

**NAHUM
MONTIEL
SALAS**  Digitally signed by
NAHUM MONTIEL
SALAS
Date: 2026.04.28
18:08:39 -06'00'

Ing. Nahum Montiel Salas, MBA.

Cédula: 3030980713

Camé CITEC: IPI-41226

IV. CARTA DE AUTORIZACION PARA LICENCIA DE TFG FINAL

**UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA
CENTRO DE INFORMACION TECNOLOGICO (CENIT)
CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA LA CONSULTA, LA
REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA
DE LOS TRABAJOS FINALES DE GRADUACION**

San José, 01 de mayo de 2026


Señores:
Universidad Hispanoamericana
Centro de Información Tecnológico (CENIT)

Estimados Señores:

El suscrito (a) Ariana Leiva Rosales con número de identificación 1-1841-0212 autor (a) del trabajo de graduación titulado Mejora en el Proceso de Asignación y Control de Recursos en los Hangares de COOPESA durante el Segundo Cuatrimestre de 2025 presentado y aprobado en el año 2026 como requisito para optar por el título de Licenciatura; (SI / NO) autorizo al Centro de Información Tecnológico (CENIT) para que con fines académicos, muestre a la comunidad universitaria la producción intelectual contenida en este documento.

De conformidad con lo establecido en la Ley sobre Derechos de Autor y Derechos Conexos N° 6683, Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica.

Cordialmente,


1-1841-0212
Firma y Documento de Identidad

V. DEDICATORIA

Dedico este trabajo, en primer lugar, a Dios, por ser el centro de todo, por concederme la sabiduría, la fortaleza y la perseverancia necesarias para culminar este proceso académico.

A mí misma, por la constancia, el esfuerzo y la disciplina demostrados a lo largo de este camino, incluso en los momentos de mayor exigencia.

A mis padres, Liliana y Mario, por su apoyo incondicional, sus valores y su confianza permanente en mis capacidades.

A mis hermanas, Andrea y Constanza, por su compañía, motivación y apoyo constante, que fueron fundamentales durante el desarrollo de este proyecto.

VI. AGRADECIMIENTO

Agradezco profundamente a Dios, por guiar cada etapa de este proceso y brindarme la claridad necesaria para avanzar y aprender.

A mi familia, por su respaldo emocional, comprensión y acompañamiento durante todo el desarrollo de este proyecto de graduación.

A los trabajadores de COOPESA, que me abrieron las puertas y brindaron ayuda para poder realizar este trabajo en la organización.

De manera especial, agradezco a mi tutor Ing. Ruddy Alfredo Irías Alpízar, por su orientación, observaciones y consejos profesionales, los cuales contribuyeron significativamente al fortalecimiento y calidad del presente trabajo.

ÍNDICE DE CONTENIDO

I.	DECLARACIÓN JURADA.....	ii
II.	CARTA DEL TUTOR.....	iii
III.	CARTA DEL LECTOR.....	iv
IV.	CARTA DE AUTORIZACION PARA LICENCIA DE TFG FINAL.....	v
V.	DEDICATORIA	vi
VI.	AGRADECIMIENTO	vii
	ACRÓNIMOS Y SIGLAS	vii
	RESUMEN EJECUTIVO	viii
	CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO	1
	Sección 1.1 Descripción General del Proyecto	2
	Sección 1.2 Identificación de la organización donde se realiza el proyecto	2
	1.2.1 Descripción General de la Organización.....	3
	1.2.2 Antecedentes del contexto de la empresa o institución	4
	Sección 1.3 Planteamiento del problema	5
	1.3.1 Definición y medición del problema	5
	1.3.2 Justificación del proyecto.....	10
	Sección 1.4 Objetivos del proyecto.....	11
	1.4.1 Objetivo general	11
	1.4.2 Objetivos específicos.....	12
	Sección 1.5 Alcances y limitaciones	12
	1.5.1 Alcances	12
	1.5.2 Limitaciones	13

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	14
Sección 2.1 Marco conceptual general relativo a la carrera	15
2.1.1 Ingeniería Industrial	15
2.1.2 Gestión de materiales	16
2.1.3 Industria Aeronáutica y Mantenimiento de Aeronaves	18
2.1.4 Herramientas Ingenieriles.....	19
Sección 2.2 Marco conceptual atinente a la gestión del proyecto	25
2.2.1 Metodología DMAIC:	25
2.2.2 Gestión del cambio organizacional	27
Sección 2.3 El marco conceptual referente al impacto del proyecto.....	28
Sección 2.4 Antecedentes de proyectos o experiencias semejantes	30
2.4.1 Antecedente #1: Implementación de sistemas de control de inventario en el servicio de Despacho de Materiales y Suministros de Bodega de Enfermería del Área de Salud San Isidro de Heredia-CCSS	30
2.4.2 Antecedente #2: Optimización del proceso de gestión de mantenimiento preventivo (Gamarra, 2020)	32
2.4.3 Antecedente #3: Diseño e implementación de un programa de 5S en el Hangar de mantenimiento de AERIS Holding Costa Rica (2015).....	33
2.4.4 Comparación de Antecedentes	33
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE TRABAJO	35
Sección 3.1 Metodología para la definición del problema	36
Sección 3.2 Metodología para la medición y respaldo cualitativo de proyecto.	38
Sección 3.3 Metodología para la propuesta de mejora, construcción o puesta en práctica de un nuevo proceso, producto o servicio.....	39
Sección 3.4 Metodología para la implementación del proyecto.....	40

Sección 3.5 Metodología para la verificación, aseguramiento, control y seguimiento de resultados	42
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE CAUSA RAÍZ	46
Sección 4.1 Análisis descriptivo de la situación actual.....	47
4.1.1 Observaciones en el “Tool Room”	47
4.1.2 Observaciones en el Almacén Central.....	47
Sección 4.3 Análisis del proceso actual	48
4.3.1 Estudio de tiempos	48
4.3.2 Análisis de Causa- Efecto (Ishikawa)	51
4.3.2 Diagrama de Pareto	54
4.3.3 5 Porqués	58
Sección 4.4 Vinculación de hallazgos con los objetivos específicos	60
CAPÍTULO V: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN	62
Sección 5.1. Diseño de la solución propuesta	63
5.1.1 Propuesta I: Estandarización y mejora del proceso manual actual.....	64
5.1.2 Propuesta II: Implementación de un software de gestión digital.....	67
5.1.3 Comparación entre Propuesta I y II.....	67
Sección 5.2 Plan de implementación.....	69
5.2.1 Riesgos potenciales y plan de mitigación.....	70
Sección 5.3 Evaluación económica del proyecto	72
Sección 5.4 Control y seguimiento	75
5.4.1 Herramientas de control	78
Sección 5.5 Beneficios esperados	80
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	81

Sección 6.1 Conclusiones.....	82
6.1.1 Conclusión relacionada con el objetivo 1: Definir los problemas en la gestión de órdenes de trabajo y control de materiales en COOPESA.....	82
6.1.2 Conclusión relacionada con el objetivo 2: Identificar los factores que influyen en los tiempos de espera, interrupciones y seguimiento de materiales, para el establecimiento de una línea base del proceso actual.....	82
6.1.3 Conclusión relacionada con el objetivo 3: Analizar las causas raíz que generan ineficiencias en la asignación de recursos y ejecución de tareas.....	83
6.1.4 Conclusión relacionada con el objetivo 4: Mejorar el flujo de trabajo en la disponibilidad de materiales y herramientas, para la reducción de tiempos improductivos.....	83
6.1.5 Conclusión relacionada con el objetivo 5: Controlar la sostenibilidad de las mejoras mediante seguimiento de indicadores y ajuste de procesos.....	84
Sección 6.2 Recomendaciones	84
CAPÍTULO VII: BIBLIOGRAFÍA	88
CAPÍTULO VIII: ANÉXOS	92
8.1 Tabla de duplicación de ítems.....	93
8.2 Imágenes del sistema.....	93

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Instalaciones de COOPESA en el Aeropuerto Internacional Juan Santamaría	3
Figura 2 Diagrama de flujo actual del proceso de solicitud de materiales en Almacén Central	6
Figura 3 Diagrama de flujo actual del proceso de solicitud de materiales en “Tool Room”	7
Figura 4 SIPOC	7
Figura 5 DMAIC	27
Figura 6 Diagrama de Gantt	44
Figura 7 Diagrama de Ishikawa	52
Figura 8 Diagrama de Pareto.....	57
Figura 9. 5 Porqués	59
Figura 10 Causas raíz.....	63
Figura 11 Diagrama de flujo del proceso estandarizado del área de Almacén	65
Figura 12 Diagrama de flujo del proceso estandarizado del área de “Tool Room”	66
Figura 13 Cartel de protocolos.....	75
Figura 14 Add Inventory Request Detail	93
Figura 15 Move and Bin Asset.....	94

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Síntomas- Causas- Consecuencias	10
Tabla 2 Comparación de Antecedentes	34
Tabla 3 Etapa Definir de la metodología DMAIC	36
Tabla 4 Etapa Medir de la metodología DMAIC	38
Tabla 5 Etapa Analizar de la metodología DMAIC	39
Tabla 6 Etapa Mejorar de la metodología DMAIC	41
Tabla 7 Etapa Controlar de la metodología DMAIC.....	42
Tabla 8 Estimación promedio de tiempos operativos en la gestión de materiales	49

Tabla 9 Resumen estadístico descriptivo de la variabilidad del proceso de gestión de materiales	50
Tabla 10 Escala de valoración cualitativa	55
Tabla 11 Priorización de Causas	55
Tabla 12 Comparación entre Propuesta I y Propuesta II	68
Tabla 13 Tabla de plan de implementación.....	69
Tabla 14 Matriz de Riesgo y Plan de Mitigación	71
Tabla 15 Evaluación Económica del Proyecto	73
Tabla 16 Ejemplo de Reporte de Seguimiento de KPIs	77
Tabla 17 Acciones de gestión del cambio basadas en el modelo ADKAR.....	79
Tabla 18 Tabla de Priorización (Impacto vs Urgencia).....	87
Tabla 19 Duplicación de ítems	93

ACRÓNIMOS Y SIGLAS

COOPESA: Cooperativa Autogestionaria de Servicios Aeroindustriales.

DMAIC: Define, Measure, Analyze, Improve and Control.

EASA: European Union Aviation Safety Agency.

FAA: Federal Aviation Administration.

KPI: Key Performance Indicator

ROI: Retorno de la Inversión

SIPOC: Proveedores, Entradas, Procesos, Salidas y Clientes

SMS: Safety Management System.

SRM: Safety Risk Management.

TH: Talento Humano.

Tool Room: Cuarto de Herramientas

RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto se desarrolla en COOPESA R.L., empresa dedicada al mantenimiento aeronáutico con certificaciones FAA y EASA. En los hangares persisten procesos manuales que afectan la trazabilidad y la eficiencia operativa. El uso simultáneo de registros en papel y sistemas digitales genera errores y demoras en la entrega de materiales y herramientas. Esta situación provoca tiempos improductivos, errores en la documentación, baja visibilidad del inventario y un impacto económico negativo, afectando la productividad y la capacidad de cumplir con los plazos establecidos.

El diagnóstico confirma que estas prácticas provocan aproximadamente 90 horas improductivas por día, lo que representa cerca de 2.300 horas al mes. Esta situación genera pérdidas estimadas entre USD 100.000 y 135.000 mensuales, sin incluir reprocesos o materiales mal registrados. Las cifras evidencian la necesidad urgente de estandarizar y mejorar el proceso.

El objetivo general del proyecto es optimizar la eficiencia operativa en los hangares de COOPESA mediante la mejora de la gestión de órdenes de trabajo y control de materiales, aplicando la metodología DMAIC.

La propuesta analiza las causas raíz, mide los tiempos improductivos y rediseña los flujos de trabajo. Además, incorpora acciones de estandarización y la futura transición hacia un sistema digital integrado. Se espera reducir los tiempos de espera, mejorar la exactitud de los registros y fortalecer el cumplimiento normativo. Estas mejoras incrementarán la productividad del personal técnico y disminuirán los costos operativos.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO

Sección 1.1 Descripción General del Proyecto

En COOPESA, los técnicos de mantenimiento enfrentan dificultades en la gestión de órdenes de trabajo y el control de materiales, lo que genera retrasos operativos e ineficiencias en el seguimiento de recursos críticos. Actualmente, los procedimientos manuales reducen la eficiencia en la ejecución del mantenimiento aeronáutico.

El proyecto buscará analizar y optimizar la gestión de órdenes de trabajo y el control de insumos en los hangares de COOPESA. A través de la metodología DMAIC, se identificarán las principales problemáticas que afectan la productividad. Se medirán indicadores clave y se evaluarán estrategias de mejora para reducir tiempos de espera, minimizar pérdidas de información y optimizar la asignación de recursos.

El estudio abarca el análisis de datos operativos, la identificación de oportunidades de mejora y la evaluación de la sostenibilidad de los cambios implementados. Con ello, se busca fortalecer la eficiencia operativa y la gestión de recursos en los procesos de mantenimiento aeronáutico.

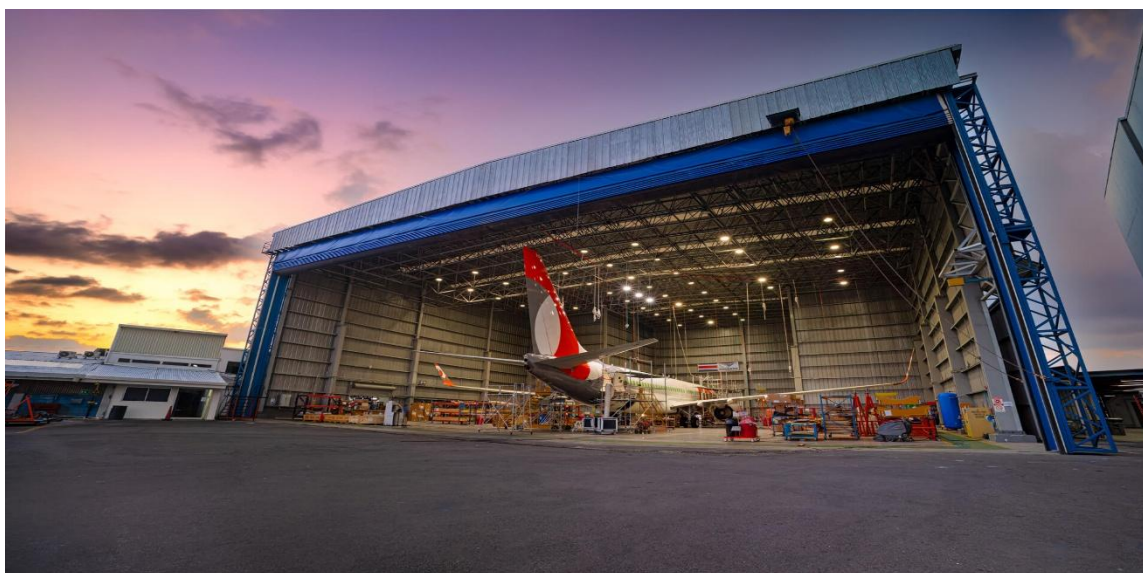
Sección 1.2 Identificación de la organización donde se realiza el proyecto

COOPESA R.L. se encuentra ubicada dentro del Aeropuerto Internacional Juan Santamaría en Costa Rica. Su ubicación estratégica facilita la prestación de servicios de mantenimiento a nivel nacional e internacional, con acceso directo a la infraestructura aeroportuaria.

La cooperativa se dedica a proporcionar soluciones para la seguridad y eficiencia operativa de las aeronaves. Con servicios que incluyen mantenimiento preventivo y correctivo, modificaciones estructurales, pintura aeronáutica y certificaciones bajo normativas internacionales como la FAA (Federal Aviation Administration) y la EASA (European Union Aviation Safety Agency).

COOPESA R.L, se distingue por su modelo de gestión cooperativo, en el que los trabajadores son socios de la empresa, lo que fomenta el compromiso y la calidad en los servicios prestados. Gracias a su experiencia y posicionamiento en la industria, la empresa ha logrado consolidarse como una pieza clave en el mantenimiento aeronáutico en América Latina.

Figura 1 Instalaciones de COOPESA en el Aeropuerto Internacional Juan Santamaría



Fuente: COOPESA

1.2.1 Descripción General de la Organización

Misión de la empresa

Brindar servicios de mantenimiento aeronáutico con altos estándares de calidad, seguridad y eficiencia, garantizando la operatividad y seguridad de las aeronaves a nivel global.

Visión de la empresa

Ser la empresa líder en mantenimiento aeronáutico en América Latina, destacándose por su innovación, calidad en el servicio y compromiso con la seguridad aérea.

La cooperativa cuenta con una estructura organizativa bien definida. Su consejo de administración es el órgano responsable de la toma de decisiones estratégicas y supervisión general. La Gerencia General, administra y coordina las operaciones, apoyándose en áreas especializadas como Mantenimiento, Ingeniería, Calidad, Planificación y Logística.

Además, la empresa tiene un departamento de Seguridad y Cumplimiento, que asegura el cumplimiento de las normativas aeronáuticas, así como un equipo de Recursos Humanos y Finanzas encargado de la gestión del personal y las operaciones económicas.

Actualmente, cuenta con aproximadamente de 942 empleados, distribuidos en distintas áreas operativas. Entre los principales perfiles destacan técnicos en mantenimiento aeronáutico, ingenieros aeronáuticos, especialistas en logística y planeación, inspectores de calidad y personal administrativo. La combinación de estos profesionales permite garantizar un servicio óptimo para las aeronaves que ingresan a mantenimiento.

Los servicios de COOPESA abarcan mantenimiento de aeronaves, modificaciones y reconfiguración de cabinas, inspecciones certificadas, aplicación de pintura y acabados exteriores, además de gestión de repuestos y logística aeronáutica. Estos servicios se ofrecen a aerolíneas comerciales, operadores privados y entidades gubernamentales, asegurando siempre el cumplimiento de las regulaciones internacionales del sector.

1.2.2 Antecedentes del contexto de la empresa o institución

COOPESA R.L fue fundada en 1963 con el objetivo de ofrecer servicios de mantenimiento aeronáutico en Costa Rica. Inicialmente, su operación estaba enfocada en el mantenimiento de aeronaves locales, pero con el paso del tiempo, la empresa amplió su alcance para atender a aerolíneas internacionales, convirtiéndose en un referente del sector en América Latina.

A lo largo de los años, COOPESA ha evolucionado significativamente en términos de tecnología y capacidad operativa. En sus inicios, contaba con un equipo reducido de técnicos, pero hoy en día posee una infraestructura avanzada con hangares modernos y un equipo altamente capacitado. Su crecimiento ha sido impulsado por la obtención de certificaciones internacionales, lo que ha permitido ampliar su cartera de clientes y ofrecer servicios especializados a grandes aerolíneas.

En cuanto a su evolución en productos y servicios, COOPESA comenzó ofreciendo únicamente mantenimiento básico y reparaciones menores. Sin embargo, actualmente ha diversificado su portafolio, incluyendo inspecciones certificadas, modificaciones estructurales, pintura aeronáutica y gestión logística de repuestos.

Además, la empresa ha implementado procesos de innovación y digitalización para mejorar la eficiencia en sus servicios y garantizar el cumplimiento de los estándares internacionales más exigentes.

Sección 1.3 Planteamiento del problema

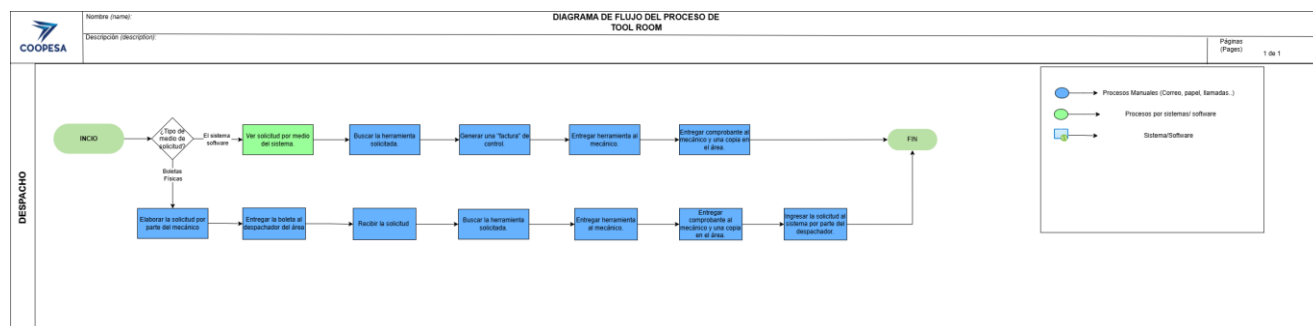
1.3.1 Definición y medición del problema

En COOPESA R.L., a pesar de los esfuerzos realizados para implementar sistemas digitales en la gestión de materiales y herramientas, como Applex en el área de Almacén, persiste una fuerte cultura organizacional basada en prácticas manuales. En particular, en el “Tool Room”, los técnicos de mantenimiento continúan utilizando boletas físicas para realizar solicitudes, incluso contando con un sistema disponible.

Esta resistencia al cambio y la falta de seguimiento efectivo a los flujos digitales establecidos han mantenido procesos obsoletos que afectan directamente la eficiencia operativa y el seguimiento de los recursos.

En el Almacén, los desplazamientos físicos de los técnicos para recoger materiales causan interrupciones en la ejecución de tareas de mantenimiento. Esta situación genera tiempos improductivos que afectan la eficiencia general de los hangares, lo cual será cuantificado y analizado en el Capítulo IV correspondiente al diagnóstico de la situación actual.

Figura 3 Diagrama de flujo actual del proceso de solicitud de materiales en “Tool Room”



Fuente: Elaboración Propia

El proceso de solicitud, preparación y entrega de herramientas y materiales en los hangares de COOPESA R.L. involucra a varias áreas. Los técnicos generan las solicitudes que activan el flujo. Almacén Central y "Tool Room" atienden esos requerimientos y suministran los recursos necesarios.

Para mostrar esta interacción de forma sencilla, se elaboró un diagrama SIPOC. El instrumento permite identificar a los proveedores, las entradas, las actividades principales, las salidas y los clientes del proceso. Esta representación ofrece una visión global del sistema donde se originan las ineficiencias analizadas en este proyecto.

Figura 4 SIPOC



Fuente: Elaboración Propia

La primera columna identifica a los Suppliers, quienes proveen la información o los recursos necesarios para iniciar el proceso. En este caso, los técnicos generan la solicitud y las áreas de Almacén y “Tool Room” suministran los materiales y herramientas requeridas.

La segunda columna muestra los Inputs, que representan las entradas del proceso. Estas entradas incluyen la solicitud del técnico, los datos del JOB, el Part Number y la información del inventario. Estos elementos permiten que el proceso se active y continúe sin interrupciones.

En la columna central se observan las actividades principales del Process. Este bloque resume lo que ocurre desde que se recibe la solicitud hasta que se entrega el recurso. Aquí se incluyen la validación, la búsqueda del material, su preparación, el registro en el sistema y la entrega final.

La siguiente columna corresponde a los Outputs. Estas son las salidas o resultados generados por el proceso. Entre ellas se encuentran el material o herramienta entregada, la actualización del registro y el seguimiento del recurso.

Finalmente, la columna de Customers identifica a los clientes internos que reciben las salidas del proceso. En este caso, los técnicos, ingeniería y planificación dependen de estos resultados para continuar con las actividades de mantenimiento y control.

A partir de esta estructura, es posible identificar los puntos donde se generan inconsistencias y fallos en el seguimiento de la información. Además, la falta de seguimiento preciso de los materiales y herramientas utilizados incrementa el riesgo de errores en los registros de inventario. Esto afecta potencialmente los procesos de auditoría y control de calidad requeridos por normativas internacionales como las de la FAA y la EASA.

Aunque no se ha documentado aún un impacto directo en retrasos de entrega de aeronaves, los análisis realizados muestran que esta ineficiencia acumulada puede derivar en una disminución significativa de la productividad y un aumento de los costos operativos de COOPESA R.L.

Ambas situaciones provocan consecuencias relevantes como las que se muestran a continuación:

- Tiempos improductivos elevados, debido a desplazamientos innecesarios de los técnicos hacia el Almacén o “Tool Room”.
- Pérdida de trazabilidad de los materiales y herramientas, lo que incrementa el riesgo de errores en la documentación, inventarios incorrectos y dificultades futuras en auditorías o inspecciones de calidad.
- Impacto económico indirecto, relacionado con el uso de papel, tiempo administrativo adicional y posibles desperdicios por falta de control adecuado.

Para mejorar la claridad en la delimitación del problema y facilitar el análisis estructurado de la situación actual, los síntomas observados, sus causas y las consecuencias operativas asociadas se resumen en la siguiente tabla 1.

Tabla 1 Síntomas- Causas- Consecuencias

Síntomas	Causas	Consecuencias
Uso de fichas físicas para solicitar herramientas y materiales.	Cultura organizacional y resistente al cambio digital.	Tiempo improductivo por desplazamientos innecesarios.
Solicitudes duplicadas o con errores.	Falta de seguimiento y controles en Applex y “Tool Room”.	Discrepancias en inventario, reprocesos, errores en auditorías.
Técnicos interrumpen su trabajo para ir al Almacén.	Desconocimiento o no aplicación del proceso digital.	Incumplimientos en tiempos de entrega de mantenimiento.

Fuente: Elaboración Propia

1.3.2 Justificación del proyecto

El análisis de la gestión de materiales y herramientas en COOPESA permitirá identificar oportunidades de mejora para optimizar la asignación de recursos en los hangares. Esto contribuirá a minimizar los tiempos improductivos. Al abordar las deficiencias en la trazabilidad y sincronización de materiales, se podrá mejorar la eficiencia en la ejecución de las órdenes de trabajo. Este enfoque impactará positivamente en la productividad operativa y en la planificación del mantenimiento.

Además, contar con datos sobre los tiempos de espera y errores en la rastreabilidad de materiales permitirá tomar decisiones más informadas. Esto facilitará la mejora en la gestión de recursos y la

coordinación entre el Almacén y los técnicos. Como resultado, se reducirán las pérdidas de tiempo y los errores administrativos. Asimismo, se favorecerá un uso más eficiente de los insumos y un mejor cumplimiento de los plazos de mantenimiento.

Según estimaciones realizadas en conjunto con uno de los involucrados en el proyecto, se identificó una pérdida aproximada de 90 horas diarias. Esto corresponde a tiempos improductivos de los técnicos. En términos mensuales, equivale a alrededor de 2.300 horas, que podrían ser mejor aprovechadas si existiera un sistema digital eficiente.

Al valorar económicamente este tiempo, se estima que COOPESA deja de facturar entre 100.000 y 135.000 dólares mensuales. Esta estimación no incluye aún las pérdidas relacionadas con materiales no cobrados por ausencia de trazabilidad. Estas cifras deben interpretarse como estimaciones preliminares basadas en observación directa y juicio experto. Su finalidad es contextualizar el impacto operativo del problema.

Este análisis reafirma la necesidad de implementar un sistema que permita registrar, controlar y dar seguimiento oportuno al flujo de materiales en los hangares. Desde el punto de vista organizacional, esta iniciativa contribuirá a optimizar los procesos internos de COOPESA. Asimismo, promoverá una mejor cultura operativa en la asignación de materiales y en la gestión de tiempo de trabajo de los técnicos.

Sección 1.4 Objetivos del proyecto

1.4.1 Objetivo general

Optimizar la eficiencia operativa en la gestión de materiales y herramientas en los hangares de COOPESA R.L. durante el segundo cuatrimestre de 2025, de modo que los tiempos improductivos por

solicitudes y recogida de insumos se reduzcan y las inconsistencias en la trazabilidad de los recursos disminuyan.

1.4.2 Objetivos específicos

- Definir los problemas en la gestión de órdenes de trabajo y control de materiales en COOPESA.
- Identificar los factores que influyen en los tiempos de espera, interrupciones y seguimiento de materiales, para el establecimiento de una línea base del proceso actual.
- Analizar las causas raíz que generan ineficiencias en la asignación de recursos y ejecución de tareas.
- Mejorar el flujo de trabajo en la disponibilidad de materiales y herramientas, para la reducción de tiempos improductivos.
- Controlar la sostenibilidad de las mejoras mediante seguimiento de indicadores y ajuste de procesos.

Sección 1.5 Alcances y limitaciones

1.5.1 Alcances

Este proyecto se enfocará en la mejora de la gestión de órdenes de trabajo y el seguimiento de materiales en los hangares de COOPESA. Se analizarán los procesos actuales de asignación de recursos a los técnicos de mantenimiento, identificando las principales causas de retrasos y pérdidas de información. A partir de los hallazgos, se definirán oportunidades de mejora para optimizar la eficiencia operativa en la disponibilidad de herramientas y materiales.

El estudio abarca la recopilación y análisis de datos clave, incluyendo tiempos de espera, interrupciones en la ejecución de tareas y precisión en el registro de materiales utilizados. Además, se evaluarán estrategias para la sostenibilidad de las mejores implementadas y su alineación con las necesidades operativas de COOPESA.

1.5.2 Limitaciones

Las limitaciones del proyecto corresponden a factores externos e internos que podrían afectar el alcance, la ejecución y la recolección de información durante el desarrollo del estudio. A continuación, se detallan las principales restricciones identificadas.

- Acceso limitado a datos internos necesarios para las mediciones del proyecto.
- Posible resistencia al cambio por parte del personal involucrado en los procesos actuales.
- Variabilidad operativa causada por factores externos como clima o disponibilidad de hangares.
- Limitaciones en capacitación técnica para adoptar nuevos procesos o herramientas digitales.
- Distancias físicas entre hangares que afectan el desplazamiento entre ellos.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

Sección 2.1 Marco conceptual general relativo a la carrera

2.1.1 Ingeniería Industrial

La ingeniería industrial es una rama de la ingeniería que se enfoca en el diseño, mejora e instalación de sistemas integrados de personas, materiales, información, equipos y energía. Su propósito es optimizar procesos mediante el uso eficiente de los recursos, aumentando la productividad y la calidad en diversos sectores industriales y de servicios (Bibilonia, 2022).

En esta misma línea, Babilonia (2022) señala que la ingeniería industrial tiene como finalidad asegurar procesos eficientes y sostenibles dentro de las organizaciones, mediante la adecuada integración de recursos técnicos, humanos y tecnológicos.

Dentro del ámbito profesional, el ingeniero industrial actúa como un agente de cambio, capaz de diagnosticar problemas en procesos organizacionales y proponer soluciones técnicas viables, contribuyendo al desarrollo competitivo y sostenible de las organizaciones (Briceño, 2023).

Para cumplir este rol, el ingeniero industrial se apoya en habilidades para liderar equipos, implementar tecnologías y desarrollar sistemas de control y mejora continua. Tales como los principios de Lean Manufacturing, Six Sigma y metodologías de mejora de procesos. Estos procesos pueden incluir operaciones físicas, químicas, mecánicas o electrónicas, y requieren una planificación estructurada para garantizar la eficiencia, calidad y cumplimiento de los objetivos organizacionales.

Desde la perspectiva de la ingeniería industrial, como plantea Curtis et al. (2022) las herramientas estadísticas y los modelos de simulación permiten analizar el comportamiento de procesos industriales para facilitar su optimización. En este sentido, herramientas como:

- Mapeo de procesos (Value Stream Mapping)
- Diagrama de flujo
- Análisis de tiempos y movimientos
- Simulaciones computacionales

Los procesos industriales no se limitan al sector manufacturero. Como menciona el autor “La aplicación de herramientas propias de la ingeniería industrial permite identificar oportunidades de mejora mediante el análisis sistemático de procesos y el uso eficiente de los recursos disponibles” (Socconini Pérez Gómez, 2020, p. 34). También abarcan operaciones en áreas como logística, salud, servicios financieros, mantenimiento aeronáutico como es el caso de COOPESA R.L.

2.1.2 Gestión de materiales

La gestión de materiales es una función esencial en la ingeniería industrial que se enfoca en planificar, organizar y controlar el flujo de materiales e insumos dentro de una organización. Su objetivo principal es asegurar la disponibilidad de materiales adecuados en la cantidad, calidad y tiempo requerido, al menor costo posible, sin afectar la continuidad del proceso productivo (Solís, 2025).

Una adecuada gestión de materiales permite minimizar el capital invertido en inventarios, reducir desperdicios, evitar faltantes. Asimismo, optimiza el uso del espacio y abarca actividades como la planificación de requerimientos de materiales (MRP), control de inventarios, abastecimiento, almacenamiento y distribución (Guevara et al., 2024). De esta misma manera, se rescata que “Un sistema adecuado de control de inventarios permite minimizar pérdidas, reducir costos operativos y asegurar la disponibilidad oportuna de materiales para la prestación de los servicios” (Rodríguez Román, 2024, p. 67).

En entornos de mantenimiento aeronáutico, como el de COOPESA R.L, la trazabilidad de materiales es crítica para cumplir con normativas internacionales. Asimismo, resulta fundamental para evitar errores

que comprometan la seguridad operativa. La implementación de sistemas eficientes de control de materiales permite reducir costos asociados a pérdidas, reprocesos y tiempos muertos, mejorando así la productividad global del sistema.

2.1.3.1 Software en inventarios

El uso de software especializado para la gestión de inventarios se ha convertido en una herramienta indispensable para las organizaciones modernas. Estos sistemas permiten registrar, rastrear y controlar en tiempo real los movimientos de inventario, brindando información clave para la toma de decisiones estratégicas (Boute et al., 2022). Asimismo, se rescata que “El rol de la ingeniería industrial trasciende lo operativo, al convertirse en un soporte estratégico para la toma de decisiones orientadas a la calidad, la productividad y la eficiencia organizacional” (Briceño, 2023, p. 152).

Algunas de las funcionalidades comunes de estos sistemas incluyen la codificación de productos, el seguimiento de existencias, la generación automática de órdenes de compra. También abarca la rotación de inventarios y el control de vencimientos. Entre los softwares más utilizados se encuentran:

SAP

Oracle

NetSuite

Odoo

Sistemas más especificados como AMOS o TRAXXALL

Estos se utilizan principalmente en el sector aeronáutico. La digitalización de la gestión de inventarios, además de mejorar la precisión de los datos permite reducir tiempos operativos, disminuir el riesgo de errores humanos y facilitar auditorías. Es así también que “La gestión eficiente de materiales en las cadenas de suministro contribuye no solo a la optimización de procesos, sino también al fortalecimiento de prácticas sostenibles dentro de las organizaciones” (Guevara, Bonilla & Ospina, 2024, p. 18).

2.1.3 Industria Aeronáutica y Mantenimiento de Aeronaves

La industria aeronáutica se dedica al diseño, fabricación, operación, mantenimiento y certificación de aeronaves, representando un sector altamente regulado tecnológicamente avanzado. Esta industria es estratégica tanto en el ámbito civil como militar, y depende del cumplimiento riguroso de estándares internacionales en seguridad, eficiencia y calidad (Law et al., 2022). En resumen, “La industria aeronáutica se caracteriza por operar bajo estrictos estándares de seguridad y regulación, debido a que cualquier falla en sus procesos puede generar consecuencias significativas en términos operativos y humanos” (Law et al., 2022, p. 5).

Uno de los pilares fundamentales de esta industria es el mantenimiento aeronáutico. Este comprende un conjunto de actividades técnicas destinadas a preservar o restaurar la aeronavegabilidad de los aviones, garantizando su funcionamiento seguro y confiable. Las acciones de mantenimiento se clasifican generalmente en preventivas y correctivas, e incluyen inspecciones periódicas, reparaciones, reemplazos de componentes, y modificaciones estructurales o funcionales (FAA, 2020).

En este contexto, las organizaciones dedicadas al mantenimiento aeronáutico, como COOPESA R.L, deben estar certificadas por autoridades internacionales como la FAA de Estados Unidos o la EASA. Estas entidades regulan los procedimientos técnicos y operativos. Las normativas de la EASA establecen requisitos para asegurar el rastreo de materiales, el control documental, la gestión de la calidad y la formación continua del personal técnico. Estas condiciones son fundamentales garantizar la aeronavegabilidad continua de las aeronaves (EASA, 2023).

De esta manera es que se puede mencionar que “El mantenimiento de aeronaves constituye un elemento esencial para garantizar la aeronavegabilidad, la confiabilidad técnica y la seguridad de las operaciones aéreas” (Loureiro, 2021, p. 32). La eficiencia en el mantenimiento aeronáutico depende en gran medida

de una adecuada gestión de recursos, digitalizados de procesos, planificación de tareas y disponibilidad de herramientas.

2.1.4 Herramientas Ingenieriles

En la ingeniería industrial, las herramientas ingenieriles son fundamentales para analizar y mejorar los procesos organizacionales. Estas permiten representar, medir y optimizar sistemas productivos y de servicios mediante el uso de métodos gráficos, estadísticos y analíticos. Asimismo, facilitan la toma de decisiones basadas en datos objetivos y en la comprensión del comportamiento real de los procesos.

2.1.4.1 Diagrama de flujo

El diagrama flujo es una herramienta gráfica que describe visualmente los pasos secuenciales de un proceso. Para ello, utiliza símbolos estandarizados como rectángulos (procesos), rombos (decisiones), flechas (flujo de la información), entre otros. Este recurso permite identificar redundancias, pasos innecesarios o puntos críticos donde se generan cuellos de botella.

Gracias a su claridad, es útil en procesos de mejora continua, estandarización de procedimientos, capacitaciones y auditorías internas. En este sentido, se puede rescatar que “La aplicación de herramientas ingenieriles en la gestión de materiales permite mejorar el control de inventarios, reducir pérdidas y optimizar la disponibilidad de recursos en los procesos operativos” (Solís, 2025, p. 56). Es común utilizarlo en etapas tempranas de metodologías como DMAIC o Kaizen para entender la situación de un proceso antes de implementar cambios (Curtis et al., 2022).

En el sector aeronáutico, los diagramas de flujo son utilizados para representar procesos críticos dentro de los sistemas de gestión. La FAA emplea flujogramas en su modelo oficial de SMS, particularmente en el componente de SRM. En este componente se detalla la secuencia del análisis de riesgos a través de un proceso visual que comprende identificar peligros, analizar riesgos, evaluar su severidad, tomar

decisiones de control, implementarlas y monitorear su desempeño (Sistema de Gestión de la Seguridad | Administración Federal de Aviación, s. f.).

Esta representación gráfica facilita la comprensión operativa, estandariza la toma de decisiones y asegura la trazabilidad en entornos donde la seguridad y la confiabilidad son fundamentales.

2.1.4.2 Estudio de tiempos

El estudio de tiempos es una técnica que permite determinar el tiempo estándar que una persona o máquina tarda en completar una tarea bajo condiciones normales de trabajo. Se utiliza para establecer niveles de desempeño, identificar demoras y proponer mejoras que reduzcan tiempos muertos o movimientos innecesarios. Además, se puede rescatar que “El estudio de tiempos permite analizar la duración de las actividades con el fin de establecer estándares de desempeño y mejorar la eficiencia de los procesos productivos y de servicios” (Socconini Pérez Gómez, 2020, p. 17).

Esta herramienta es clave para calcular la capacidad de producción, balancear líneas de trabajo. Asimismo, permite determinar necesidades de personal y establecer estándares de productividad. Se basa en la observación indirecta y en el uso de cronómetros o sistemas digitales de captura de datos, (Nielbel & Frievalds, 2014).

2.1.4.3 Lluvia de ideas

La lluvia de ideas o “*brainstorming*” en inglés es una técnica creativa utilizada para generar un conjunto amplio de propuestas, soluciones o enfoques frente a un problema específico. Su propósito principal es promover la participación libre y espontánea de los integrantes de un equipo, permitiendo expresar ideas sin filtros ni juicios durante la fase inicial del análisis.

Posteriormente, estas ideas son evaluadas, filtradas y estructuradas para identificar aquellas con mayor potencial o viabilidad operativa. Como mencionan autores “La lluvia de ideas es una técnica utilizada

para generar múltiples alternativas de solución a partir de la participación de los miembros del equipo, favoreciendo el análisis colectivo de los problemas” (Briceño, 2023, p. 147).

En el ámbito industrial y de mejora continua, esta herramienta es útil para recopilar opiniones diversas y estimular la innovación dentro de los equipos de trabajo, especialmente en etapas de definición o diagnóstico de problemas.

2.1.4.4 Ishikawa

El diagrama de Ishikawa, también llamado diagrama de espina de pescado o de causa-efecto, es una herramienta utilizada para identificar, organizar y representar visualmente las posibles causas que contribuyen a un problema específico. Su estructura gráfica permite clasificar las causas en categorías como métodos, maquinaria, mano de obra, materiales, entorno y medición. Esto facilita un análisis estructurado y lógico del problema.

Esta herramienta es fundamental dentro de los procesos de mejora continua, ya que ayuda a enfocar los esfuerzos del equipo en las raíces del problema en lugar de en sus síntomas. En el entorno aeronáutico, el diagrama de Ishikawa es ampliamente utilizado para el análisis de causa raíz dentro de los Sistemas de Gestión de la Seguridad Operacional. Según (Jiang et al., 2022), esta herramienta permite organizar visualmente categorías como factores humanos, procedimientos, entorno operativo, herramienta y equipos.

De esta manera, “El diagrama de Ishikawa facilita la identificación y organización de las posibles causas de un problema, permitiendo un análisis estructurado de los factores que influyen en un proceso” (Socconini Pérez Gómez, 2020, p. 86). Este enfoque contribuye a la identificación de causas latentes y contribuye a la toma de decisiones informada durante investigaciones internas. Además, su empleo se

alinea con los principios de la OACI y la FAA para el tratamiento sistemático de riesgos en operaciones aeronáuticas.

2.1.4.5 5 Porqués

La técnica de los cinco porqués consiste en formular sucesivas preguntas sobre la causa de un problema hasta llegar a su origen raíz. Se inicia con una declaración del problema, y posteriormente, se pregunta reiteradamente "¿por qué?" hasta obtener una causa que no dependa de otro factor previo. En este sentido, se puede rescatar que "La técnica de los cinco porqués permite profundizar en las causas de un problema mediante un cuestionamiento secuencial, orientado a identificar la causa raíz de las desviaciones del proceso" (Cabral et al., 2024, p. 3).

Este enfoque permite descubrir relaciones de causa-efecto que no son evidentes a simple vista. La simplicidad de la técnica la convierte en una herramienta efectiva dentro de metodologías como DMAIC y Kaizen. Asimismo, resulta especialmente útil en procesos de manufactura, mantenimiento y control de calidad.

2.1.4.6 Diagrama de Pareto

El Diagrama de Pareto es una herramienta básica de la calidad que permite priorizar los problemas de un proceso mediante la organización de datos de mayor a menor frecuencia. Su fundamento se basa en el Principio de Pareto, también denominado regla 80-20, que establece que una minoría de causas concentra la mayor parte de los efectos dentro de un sistema.

En este sentido, Crespo y Franco (2022) explican que pocos elementos generan la mayor parte del efecto, mientras que el resto de los elementos propician muy poco del efecto total. En una línea similar, también se menciona que "El diagrama de Pareto es una herramienta que permite priorizar las causas de un problema, enfocando los esfuerzos de mejora en aquellos factores que generan el mayor impacto" (Loureiro, 2021, p. 30).

Gracias a esta capacidad de priorización, el Diagrama de Pareto se utiliza ampliamente en metodologías como DMAIC, especialmente durante la fase de análisis, apoyando decisiones fundamentadas en evidencia cuantitativa.

En el sector aeronáutico, herramientas como el diagrama de Pareto se emplean sistemáticamente para priorizar fallas, identificar causas raíz, entre otras cosas. Laureiro (2021) demuestra su aplicación en la empresa NetJets, donde el diagrama se utilizó para determinar los fallos que concentraban la mayor proporción de incidentes.

2.1.4.7 Entrevistas

La entrevista es una técnica de recolección de información utilizada para obtener datos cualitativos mediante el diálogo directo entre un entrevistador y un participante. Su propósito es explorar percepciones, experiencias, opiniones y conocimientos relacionados con un proceso o situación específica. De esta manera, permite comprender aspectos que no siempre pueden observarse de manera directa. En este sentido, autores señalan que “Las entrevistas constituyen una técnica eficaz para la recopilación de información cualitativa, al permitir conocer la percepción y experiencia de los participantes involucrados en los procesos” (Curtis et al., 2022, p. 3910).

Existen tres tipos principales de entrevistas, diferenciadas por su nivel de estructura. La entrevista estructurada utiliza un conjunto fijo de preguntas aplicadas de manera uniforme a todos los participantes, lo que facilita la comparación entre respuestas.

La entrevista semiestructurada combina preguntas guías con la flexibilidad de profundizar en aspectos emergentes según la interacción. Esto permite obtener información más amplia sin perder la dirección del estudio. Por su parte, la entrevista no estructurada adopta un formato abierto y conversacional, ideal

para explorar temas complejos o poco definidos, ya que permite que el entrevistado exprese libremente sus ideas.

El uso de entrevistas resulta especialmente valioso en investigaciones aplicadas a procesos operativos. Esto se debe a que facilita identificar prácticas reales, percepciones del personal y factores humanos que influyen en el desempeño del sistema. Esta técnica complementa otras herramientas de análisis como la observación directa, las mediciones o los diagramas de causa raíz. De esta forma, proporciona una visión integral que enriquece la comprensión del proceso evaluado.

2.1.4.8 SIPOC

El diagrama SIPOC es una herramienta de calidad utilizada para obtener una visión clara y estructurada de un proceso antes de iniciar un proyecto de mejora. Su nombre corresponde a las siglas de Suppliers (proveedores), Inputs (entradas), Process (proceso), Outputs (salidas) y Customers (clientes), lo que refleja los elementos esenciales que intervienen en cualquier flujo operativo.

Esta herramienta permite representar de manera gráfica cómo funciona un proceso desde sus entradas hasta las salidas. Asimismo, incluye la identificación de quién provee los recursos necesarios y quién recibe los resultados del proceso. Su objetivo principal es ofrecer una comprensión global del sistema, identificar los componentes críticos y visualizar conexiones clave entre las partes involucradas.

Es así como “El diagrama SIPOC permite visualizar de forma general un proceso mediante la identificación de proveedores, entradas, actividades, salidas y clientes, facilitando la comprensión del flujo del proceso” (Socconini Pérez Gómez, 2020, p. 87). Al mostrar el proceso de forma resumida y ordenada, el SIPOC facilita detectar posibles áreas de mejora, puntos de control y oportunidades para optimizar la calidad y la eficiencia.

Sección 2.2 Marco conceptual atinente a la gestión del proyecto

La gestión de proyectos requiere del uso de metodologías estructuradas que permitan abordar problemas complejos de forma sistemática. Entre las distintas metodologías que se pueden implementar, la metodología DMAIC se ha consolidado como una de las más utilizadas dentro de enfoques de mejora continua como Six Sigma. Esta metodología facilita la toma de decisiones basadas en datos y la implementación de soluciones sostenibles en el tiempo.

2.2.1 Metodología DMAIC:

DMAIC es un acrónimo que representa las cinco fases:

- Definir (Define)
- Medir (Measure)
- Analizar (Analyze)
- Mejorar (Improve)
- Controlar (Control)

El objetivo de esta metodología es resolver problemas de calidad, eficiencia o desempeño mediante una estructura clara y repetible.

- **Definir:** En esta etapa se delimita el problema, se establecen los objetivos del proyecto y se identifican los clientes internos o externos afectados. También se desarrolla un plan de trabajo y un mapa general del proceso.

En el contexto del presente proyecto, el problema se define como la pérdida de eficiencia operativa en los hangares, causada por una gestión manual de órdenes de trabajo y materiales. En esta fase se delimitará el alcance del proyecto, se identificarán los involucrados y se establecerán los objetivos clave de mejora.

- **Medir:** En esta fase, se recopilan datos relevantes sobre el proceso actual, estableciendo una línea base que permita identificar la magnitud del problema. Es fundamental garantizar la confiabilidad de los datos recolectados para evitar errores en el diagnóstico.

Para este proyecto, se recopilarán datos cuantitativos y cualitativos sobre los tiempos improductivos, errores en la documentación y frecuencia de solicitudes manuales. Esta información permitirá establecer una línea base del desempeño actual y cuantificar la magnitud del problema.

- **Analizar:** En esta etapa se identifican las causas raíz del problema mediante el uso de herramientas como diagramas de Ishikawa, análisis de Pareto o gráficos de dispersión. El enfoque se centra en entender por qué ocurre el problema y dónde intervenir.

Se utilizarán herramientas como diagramas de causa-efecto, los 5 porqués o Pareto para identificar las causas raíz de las ineficiencias. Entre los factores a analizar estarían la falta de registro digital, la comunicación deficiente entre áreas y la ausencia de visualización del estatus de los materiales.

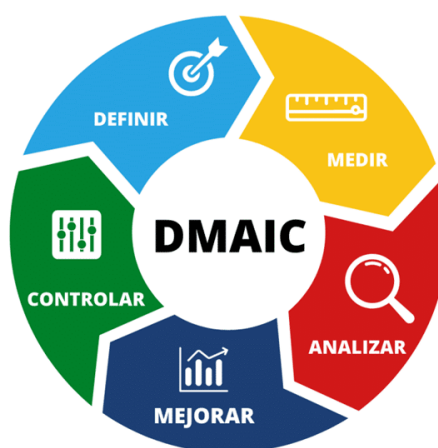
- **Mejorar:** Se diseñan e implementan soluciones basadas en el análisis previo. Las mejoras deben validarse mediante pruebas piloto o simulaciones que aseguren su eficacia antes de ser aplicarlas a gran escala.

A partir del análisis, se propondrán soluciones como la implementación de un sistema digital de gestión de materiales y órdenes de trabajo. Estas acciones buscarían reducir el tiempo improductivo, mejorar el control y aumentar el registro de insumos.

- **Controlar:** Finalmente, se establecen mecanismos para mantener las mejoras logradas en el tiempo. Su fortaleza radica en la orientación a resultados y en el uso riguroso de datos para la toma de decisiones (Cabral et al., 2024).

Finalmente, se establecerán indicadores clave de desempeño (KPIs), como el tiempo promedio de atención de una solicitud, porcentaje de órdenes digitalizadas o reducción de reprocesos. Asimismo, se diseñarán mecanismos de seguimiento para asegurar la sostenibilidad de las mejoras implementadas.

Figura 5 DMAIC



Fuente: DPSys Academy. (s. f.).

2.2.2 Gestión del cambio organizacional

La gestión del cambio organizacional constituye una metodología esencial para asegurar que las mejoras implementadas en los procesos empresariales sean comprendidas, adoptadas y sostenidas por el personal involucrado. En proyectos industriales, la gestión del cambio busca reducir la resistencia de los colaboradores ante nuevas herramientas, tecnologías o procedimientos. De esta manera, se garantiza la continuidad y efectividad de las iniciativas de mejora.

De acuerdo con Soller (2024), “el modelo ADKAR es utilizado principalmente en iniciativas de cambio centradas en las personas y destaca la importancia de abordar los factores humanos en los procesos de transformación” (p. 1623). Este enfoque coloca al individuo como el eje del cambio organizacional, reconociendo que toda mejora tecnológica o de proceso será exitosa únicamente si quienes la ejecutan adoptan nuevos comportamientos y competencias.

Asimismo, cabe rescatar que “Las organizaciones que gestionan adecuadamente el cambio incrementan su capacidad de adaptación, mejoran su desempeño y reducen el impacto negativo de las transformaciones internas” (Torres, 2025, p. 39). El modelo ADKAR, desarrollado por *Jeff Hiatt* y difundido por la empresa Prosci Inc., se compone de cinco etapas: Conciencia, Deseo, Conocimiento, Habilidad y Refuerzo.

Según Torres (2025), el Modelo ADKAR permite a los líderes y equipos de gestión del cambio centrar sus actividades en lo que impulsará el cambio individual, para lograr resultados organizacionales exitosos. Cada una de sus etapas responde a una necesidad específica:

- **Conciencia:** comprender por qué el cambio es necesario.
- **Deseo:** generar motivación y compromiso para participar en el cambio.
- **Conocimiento:** brindar información y capacitación sobre cómo realizarlo.
- **Habilidad:** desarrollar las competencias necesarias para ejecutar el cambio.
- **Refuerzo:** establecer mecanismos que consoliden los nuevos hábitos y eviten retrocesos.

Sección 2.3 El marco conceptual referente al impacto del proyecto

Comprender el impacto de un proyecto es esencial dentro del enfoque ingenieril, ya que permite anticipar sus beneficios, justificar su ejecución y establecer mecanismos para evaluar su sostenibilidad. Desde la perspectiva de la ingeniería industrial, el impacto no solo se limita a resultados financieros. También abarca mejoras operativas, fortalecimiento organizacional, cumplimiento normativo y sostenibilidad a

largo plazo. Como se menciona, además, “Los proyectos de mejora generan impacto cuando logran transformar los procesos organizacionales, alineando los objetivos estratégicos con resultados operativos medibles” (Briceño, 2023, p. 145).

A nivel operativo, los proyectos orientados a la mejora de procesos generan impactos significativos en la eficiencia, productividad y calidad. De esta manera es que se puede rescatar que “La implementación de herramientas de gestión permite mejorar la eficiencia operativa y fortalecer la toma de decisiones basada en información confiable” (Solís, 2025, p. 24).

Cuando un sistema se digitaliza o automatiza, se reduce el tiempo improductivo, se mejora la disponibilidad de información en tiempo real. Asimismo, se agiliza el flujo de trabajo, lo que permite eliminar cuellos de botella y facilitar la toma de decisiones basadas en datos objetivos. El impacto económico suele medirse en función del retorno sobre la inversión (ROI), los ahorros generados y la reducción de costos asociados a la ineficiencia, reprocesos o pérdidas de materiales.

La implementación de herramientas digitales para el control de inventarios y tareas permite minimizar errores humanos, disminuir el desperdicio de insumos y mejorar la planificación financiera. Además, un sistema digital puede generar beneficios adicionales indirectos, como la reducción del uso de papel, el ahorro en espacio físico y la disminución del tiempo requerido para búsquedas de información o preparación de reportes.

Estos impactos no siempre se reflejan de forma inmediata, pero sí contribuyen a una operación más rentable y sostenible en el mediano y largo plazo (Guevara et al., 2024). En la misma línea, se comenta que “Las iniciativas orientadas a la mejora de procesos contribuyen al desarrollo de prácticas sostenibles, al optimizar el uso de recursos y reducir desperdicios en las organizaciones” (Guevara, Bonilla & Ospina, 2024, p. 30).

Desde el punto de vista organizacional, los proyectos de mejora impulsan el cambio cultural hacia una mentalidad basada en la calidad, la eficiencia y la mejora continua. La participación del personal en el diagnóstico, implementación y control del proyecto fortalece sus competencias técnicas y genera sentido de pertenencia.

A nivel de impacto normativo, en industrias reguladas como la aeronáutica, el impacto del proyecto también se vincula con el cumplimiento de normativas y estándares internacionales. Instituciones como la FAA o la EASA exigen trazabilidad documental, control de procesos y registros detallados para garantizar la seguridad operativa.

En este contexto, se rescata que “El impacto de un proyecto se evidencia en su capacidad para generar mejoras sostenidas que fortalezcan el desempeño organizacional a corto y largo plazo” (Briceño, 2023, p. 152). Implementar soluciones tecnológicas que aseguren este control permite a organizaciones como COOPESA R.L. mantener sus certificaciones, evitar sanciones y aumentar su competitividad en el mercado internacional.

Sección 2.4 Antecedentes de proyectos o experiencias semejantes

2.4.1 Antecedente #1: Implementación de sistemas de control de inventario en el servicio de Despacho de Materiales y Suministros de Bodega de Enfermería del Área de Salud San Isidro de Heredia-CCSS

El proyecto desarrollado por Rodríguez Román (2024) responde a una problemática recurrente en el área de bodega de la Caja Costarricense de Seguro Social (CCSS). En dicho contexto, se identificaron deficiencias en el control de inventarios, tiempos de atención prolongados, pérdidas de insumos y vencimientos de materiales médicos.

Esta situación generaba un impacto directo en la calidad de atención a los usuarios del Área de Salud San Isidro de Heredia. Acorde con el autor “La implementación de un sistema de control de inventarios en el servicio de despacho de materiales permitió mejorar la disponibilidad de insumos y reducir los problemas asociados a la gestión manual de existencias” (Rodríguez Román, 2024, p. 23).

El objetivo principal del proyecto fue optimizar los procesos de inventario de mejora continua, específicamente el ciclo DMAIC de Six Sigma. Para ello, se utilizaron herramientas como SIPOC, Diagrama de Ishikawa, Diagrama de Pareto y la metodología 5S. Estas herramientas permitieron identificar la raíz de los problemas y diseñar una solución factible y medible.

Este proyecto logró una optimización significativa en el servicio de despacho de materiales y suministros del Área de Salud San Isidro de Heredia (CCSS). Gracias a la implementación de un sistema de control de inventario basado en la metodología DMAIC, el tiempo de despacho de materiales se redujo en un 30 %, pasando de un promedio de 20 minutos a 14 minutos por solicitud atendida.

En palabras del autor “La implementación de un sistema de control de inventarios en el servicio de despacho de materiales permitió mejorar la disponibilidad de insumos y reducir los problemas asociados a la gestión manual de existencias” (Rodríguez Román, 2024, p. 74). Además, el porcentaje de discrepancias en los registros de inventario disminuyó de un 15 % a un 5 %, mejorando sustancialmente la precisión de los datos en el sistema.

A nivel de eficiencia operativa, se evidenció una reducción en los incidentes de vencimiento de materiales, bajando de un 12 % a un 3 %, lo que representó un ahorro estimado de ¢1 800 000 en insumos no desperdiciados en solo seis meses posteriores a la implementación. La mejora en el registro de la

información también permitió a la institución fortalecer sus procesos de auditoría interna, cumpliendo de manera más estricta con los estándares de control exigidos por la CCSS.

2.4.2 Antecedente #2: Optimización del proceso de gestión de mantenimiento preventivo (Gamarra, 2020)

La tesis de Gamarra (2020), presentada en la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, desarrolló una propuesta de optimización para el proceso de mantenimiento preventivo en una empresa de servicios logísticos aeronáuticos. Se aplicaron herramientas Lean Six Sigma, como el mapeo de procesos y análisis de capacidad, buscando reducir los tiempos de servicio y mejorar la eficiencia del mantenimiento preventivo.

Como se menciona, “La optimización del proceso de mantenimiento preventivo se orientó a mejorar la planificación, ejecución y control de las actividades, con el fin de reducir fallas y tiempos de inactividad” (Gamarra, 2020, p. 27). El proyecto permitió reducir en un 34 % el tiempo promedio de ejecución de mantenimientos preventivos, pasando de 12 horas a 7,9 horas por tarea. Asimismo, se registró una disminución del 22 % en la tasa de fallas imprevistas, evidenciando una mejora significativa en la confiabilidad de los equipos luego de la intervención en los procesos.

En términos financieros, la optimización generó un ahorro aproximado del 12 % en los costos anuales de mantenimiento, representando un ahorro efectivo de más de USD 45,000 para la organización. En palabras de la persona autora, se rescata que “Una gestión adecuada del mantenimiento preventivo contribuye a incrementar la confiabilidad de los equipos y a optimizar los recursos utilizados en las organizaciones” (Gamarra, 2020, p. 89).

Estos resultados demuestran la importancia de aplicar metodologías de mejora continua no solo para ser más eficiente en el tiempo operativo, sino también para impactar directamente en los indicadores económicos de las empresas aeronáuticas.

2.4.3 Antecedente #3: Diseño e implementación de un programa de 5S en el Hangar de mantenimiento de AERIS Holding Costa Rica (2015)

Este proyecto de graduación se enfocó en la aplicación de la metodología 5S en el Hangar de Mantenimiento de AERIS Holding Costa Rica, gestor del Aeropuerto Internacional Juan Santamaría. El objetivo principal fue mejorar la organización del espacio físico y la eficiencia operativa mediante la implementación de prácticas de mejora continua.

La implementación de la metodología 5S permitió una reducción significativa en el tiempo perdido buscando herramientas y materiales, estimado en un 25%. Además, se logró una disminución del 30% en el espacio ocupado por elementos innecesarios, optimizando así el uso del área de trabajo. La estandarización de procesos y la mejora en la organización contribuyeron a un ambiente de trabajo más eficiente y seguro, alineándose con los objetivos de mejora continua en operaciones de mantenimiento.

2.4.4 Comparación de Antecedentes

A continuación, se presenta una tabla comparativa que resume los antecedentes vinculados al presente proyecto. Se analizan el objetivo, los hallazgos claves y su aplicabilidad al caso de COOPESA. Esta comparación permite identificar cómo estudios previos han abordado problemáticas similares y cuáles han sido sus resultados.

Tabla 2 Comparación de Antecedentes

Autor/ Año	Objetivo del estudio	Resultados clave	Aplicación al proyecto actual
Rodríguez Román (2024)	Implementar un sistema de control de inventario con trazabilidad en una empresa local.	Reducción de errores de registro, mejora en auditorías, ahorro de tiempo.	Refuerza la necesidad de digitalizar el control de materiales en COOPESA.
Gamarra Saldarriaga (2020)	Optimizar el mantenimiento preventivo en aviación mediante herramientas de calidad.	Aumento en eficiencia operativa y reducción de costos por fallos no detectados.	Similar a la operación de COOPESA en términos de mantenimiento aeronáutico.
Instituto Tecnológico de Costa Rica (2015)	Aplicar la metodología 5S y herramientas de mejora continua en bodegas y almacenes.	Mejora en orden, limpieza, reducción de tiempos muertos y control visual.	Apoya la organización del “Tool Room” y Almacén en el entorno de mantenimiento de COOPESA.

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE TRABAJO

Este capítulo describe la ruta metodológica utilizada para abordar el proyecto de mejora continua en la gestión de materiales y herramientas en los hangares de COOPESA R.L. El objetivo principal es optimizar la asignación y control de recursos. La estrategia se estructuró con base en la metodología DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar), ampliamente reconocida en el ámbito de la ingeniería industrial para proyectos de mejora de procesos.

Cada fase fue abordada mediante el uso de herramientas de calidad específicas. Su selección respondió al tipo de información a analizar, los objetivos definidos y la naturaleza del proceso operativo dentro del entorno aeronáutico.

Sección 3.1 Metodología para la definición del problema

Durante esta fase se buscó identificar claramente el problema que afecta la eficiencia operativa relacionada con el seguimiento y el uso de materiales por parte de los técnicos de mantenimiento. Se definieron los flujos desde la emisión de órdenes de trabajo hasta la entrega de insumos, permitiendo delimitar el área crítica de intervención.

Tabla 3 Etapa Definir de la metodología DMAIC

Objetivo específico	Actividades	Herramientas	Descripción	Plazos	Responsables
<i>Definir los problemas en la gestión de órdenes de trabajo y control de materiales en COOPESA.</i>	<i>Mapear el proceso actual de solicitud y entrega de materiales.</i>	<i>Diagrama de Flujo/ SIPOC</i>	<i>Esto permite la visualización de las entradas y el flujo de procesos de las áreas actuales.</i>	<i>2 semanas</i>	<i>Líder del proyecto.</i>

<i>Aplicar entrevistas a técnicos y superiores.</i>	<i>Entrevistas</i>	<i>Obtener insumos cualitativos para entender el problema desde distintas áreas</i>	<i>2 semana</i>	<i>Líder y equipo de área.</i>
<i>Realizar una lluvia de ideas en sesión colaborativa.</i>	<i>Lluvia de ideas</i>	<i>Identificar preliminarmente los problemas clave desde el personal operativo.</i>	<i>2 días</i>	<i>Líder del proyecto y supervisor a cargo.</i>

Fuente: Elaboración Propia

Al finalizar la fase Definir, se validó la efectividad de las actividades realizadas mediante la revisión conjunta del problema delimitado, el alcance planteado y el mapeo inicial del proceso. Se confirmó que la descripción del problema fuera coherente con la evidencia recopilada en las entrevistas exploratorias. También, que el SIPOC representara adecuadamente el flujo real del proceso. Como criterios de logro, se consideraron la aprobación del planteamiento del problema, la validación del SIPOC por parte del personal involucrado y la definición clara de los actores y del alcance del proyecto.

Sección 3.2 Metodología para la medición y respaldo cualitativo de proyecto.

Se procedió con la recopilación de datos para establecer una línea base de los tiempos improductivos y las interrupciones operativas generadas por las solicitudes manuales. El análisis estadístico se apoyó con gráficos y representaciones cronológicas para identificar los principales puntos de pérdida de tiempo y errores de registro.

Tabla 4 Etapa Medir de la metodología DMAIC

Objetivo específico	Actividades	Herramientas	Descripción	Plazos	Responsables
Identificar los factores que influyen en los tiempos de espera, interrupciones y seguimiento de materiales, para el establecimiento de una línea base del proceso actual.	Observar directamente a los técnicos durante su jornada.	Observación directa	Identificar el comportamiento y los vínculos que tienen los procesos y los mecánicos.	3 semanas	Lider del proyecto
	Realizar entrevistas al personal durante la jornada	Entrevistas semi estructuradas	Recopilar información cualitativa sobre las percepciones, experiencias y dificultades del personal respecto al flujo de materiales, tiempos de espera e interrupciones en su jornada, con el fin de	4 días	Lider del proyecto y supervisor a cargo

*complementar los
datos obtenidos por
observación directa.*

Fuente: Elaboración Propia

Una vez concluida la fase Medir, se verificó que los datos recolectados fueran suficientes, consistentes y representativos de las condiciones reales de operación. Los resultados obtenidos se contrastaron mediante observación directa con la información aportada en las entrevistas semiestructuradas, confirmando su coherencia y fiabilidad. Los parámetros de verificación incluyeron la obtención de una base de datos depurada, la disponibilidad de definiciones operativas del proceso y la identificación documentada de errores, tiempos improductivos y cuellos de botella.

Sección 3.3 Metodología para la propuesta de mejora, construcción o puesta en práctica de un nuevo proceso, producto o servicio

Con base en el análisis de datos y causas, se propuso rediseñar el flujo de trabajo incorporando estaciones digitales mediante un plan de capacitación operativa. La propuesta se desarrolló considerando la simplicidad operativa, la resistencia al cambio identificada, y la necesidad de generar datos confiables. Esta etapa permitió estructurar una solución técnica viable y contextualizada al entorno de COOPESA.

Tabla 5 Etapa Analizar de la metodología DMAIC

Objetivo específico	Actividades	Herramientas	Descripción	Plazos	Responsables
<i>Analizar las causas raíz que generan ineficiencias</i>	<i>Realizar sesiones grupales con técnicos.</i>	<i>Lluvia de ideas</i>	<i>Identificar hipótesis de causas a validar.</i>	<i>2 días</i>	<i>Líder del proyecto y supervisor a cargo.</i>

Objetivo específico	Actividades	Herramientas	Descripción	Plazos	Responsables
en la asignación de recursos.	Aplicar un análisis estructurado de causas con supervisores.	Diagrama de Ishikawa	Organizar causas por categorías como método, mano de obra, medio ambiente, materiales, etc.	2 días	Líder del proyecto
	Priorizar las causas más frecuentes.	Diagrama de Pareto	Ordenar las causas por frecuencia para enfocarse en las de mayor impacto.	2 día	Líder del proyecto
	Indagar las causas más críticas identificadas.	5 porqués	Profundizar el análisis hasta encontrar la raíz del problema.	1 día	Líder del proyecto y supervisor

Fuente: Elaboración Propia

Para validar la fase Analizar, se examinó la consistencia de las causas raíz identificadas a partir de las herramientas aplicadas. Como elementos de confirmación, se consideró la obtención de una causa raíz respaldada por datos, la presencia de patrones significativos en el Pareto y la coherencia lógica del análisis de 5 Porqués.

Sección 3.4 Metodología para la implementación del proyecto.

Se aplicaron los principios de mejora continua de forma controlada durante la implementación del proyecto. Se capacitó al personal involucrado y se probaron los nuevos formularios digitales en tiempo real, registrando tanto el tiempo de adopción como los problemas emergentes. Adicionalmente, se

desarrollaron protocolos estandarizados y se documentaron lecciones aprendidas para asegurar una posterior ampliación del sistema al resto de los hangares.

Tabla 6 *Etapa Mejorar de la metodología DMAIC*

Objetivo específico	Actividades	Herramientas	Descripción	Plazos	Responsables
Mejorar el flujo de trabajo en la disponibilidad de materiales y herramientas.	Ejecutar un plan de acción basado en la propuesta.	Diagrama de Gantt	Desarrollar un cronograma detallado para llevar a cabo las actividades de implementación en las áreas seleccionadas.	3 días	Líder del proyecto
	Capacitar al personal sobre el nuevo sistema.	Manual de usuario	Instruir al personal técnico en el uso de las herramientas y procedimientos estándar.	70 días	Líder del proyecto

Fuente: Elaboración Propia

La fase Mejorar fue validada mediante la revisión de la coherencia entre las soluciones propuestas y las causas raíz identificadas previamente. Se confirmaron la viabilidad técnica y operativa de las acciones planteadas, así como su alineación con las capacidades del personal y los recursos de la organización. Además, se verificó que la capacitación planificada respondiera a las necesidades detectadas.

Entre los criterios de desempeño se incluyeron la aprobación del plan de acción, la implementación funcional de los procesos estandarizados. Asimismo, se consideró la puesta en marcha de los módulos del software y la capacitación efectiva del personal involucrado.

Sección 3.5 Metodología para la verificación, aseguramiento, control y seguimiento de resultados

Finalmente, se estructuraron mecanismos de seguimiento para validar la sostenibilidad de las mejoras propuestas. Se definieron indicadores clave de desempeño (KPI) como el nivel de efectividad del sistema.

Además, se diseñó un plan de auditoría interna mensual y se elaboró un manual de procedimientos estandarizados. Como elemento complementario, se aplicó un plan de gestión del cambio, el cual abordó componentes emocionales y culturales de la transformación digital. Esto aseguró la adopción continua del sistema por parte del personal técnico y administrativo.

Tabla 7 *Etapa Controlar de la metodología DMAIC*

Objetivo específico	Actividades	Herramientas	Descripción	Plazos	Responsables
Controlar la sostenibilidad de las mejoras mediante seguimiento de indicadores	Establecer indicadores clave de desempeño (KPI).	Dashboard de control	Incluir promedio de solicitud, cumplimiento del flujo digital y el registro.	2 semanas	Líder del proyecto.
Elaborar un manual de procedimientos estándar.	Elaborar un manual de procedimientos estandarizado.	Manual de estandarizado	Formalizar los procesos para garantizar continuidad del sistema	2 semanas	Líder del proyecto / Coordinación técnica

*Ejecutar un Plan de Abordar aspectos 4 semanas Líder del
 plan de gestión comunicación / humanos del cambio +seguimiento proyecto /
 del cambio Formación organizacional para equipo del
 continua asegurar la proyecto
 apropiación del
 sistema digital por
 parte del personal
 técnico y supervisores.*

Fuente: Elaboración Propia

La validación de la fase Controlar se realizó comprobando que los indicadores definidos permitieran monitorear de forma precisa y continua el desempeño del proceso mejorado. Se verificó que el manual de procedimientos elaborado refleja fielmente el funcionamiento actualizado del sistema. Adicionalmente, se constató que las actividades de gestión del cambio contribuyeron a reducir la resistencia del personal durante la adopción de la solución implementada.

Los criterios de control incluyeron la operatividad de los KPIs dentro del sistema, la actualización del manual de procedimientos. También se consideró la evidencia de adopción del proceso por parte del personal y la estabilidad de los resultados durante el seguimiento.

Se elaboró un Diagrama de Gantt para organizar de manera clara las actividades del proyecto. Esta herramienta permitió garantizar el cumplimiento de cada fase de la metodología DMAIC. Este cronograma mostró las tareas programadas, sus fechas de inicio y finalización, y así como la relación que existió entre los distintos subprocesos involucrados. La herramienta facilitó la visualización de la secuencia de ejecución y permitió controlar el avance durante el desarrollo del proyecto.

Figura 6 Diagrama de Gantt

Mejora Continua en la Asignación y Control de Recursos en los Hangares de COOPESA durante el Segundo

TAREA	INICIO	FIN	Días
DEFINIR			
Mapear el proceso actual	12-may-2025	30-may-2025	15
Realiar entrevistas iniciales	2-jun-2025	13-jun-2025	10
Lluvia de ideas	16-jun-2025	17-jun-2025	2
MEDIR			
Observación directa en los hangares	18-jun-2025	8-jul-2025	15
Entrevistas semiestructuradas	9-jul-2025	14-jul-2025	4
ANALIZAR			
Lluvia de ideas (Causa Raíz)	15-jul-2025	16-jul-2025	2
Diagrama de Ishikawa	17-jul-2025	18-jul-2025	2
Diagrama de Pareto	21-jul-2025	22-jul-2025	2
5 Porques	23-jul-2025	23-jul-2025	1
MEJORAR			
Plan de acción	24-jul-2025	28-jul-2025	3
Implementación de los procesos estandarizados	29-jul-2025	31-jul-2025	3
Capacitación del personal de los procesos	1-ago-2025	7-ago-2025	5
Implementación del software	8-ago-2025	27-ene-2026	123
Capacitación del personal	14-ago-2025	19-nov-2025	70
CONTROLAR			
Definición de KPIs	20-nov-2025	10-dic-2025	15
Realización del manual de procedimientos	11-dic-2025	24-dic-2025	10
Gestión del Cambio	8-ago-2025	27-ene-2026	123

Fuente: Elaboración Propia

El Diagrama de Gantt permite identificar la distribución temporal de las actividades del proyecto y evidenció cómo se articularon las fases de la metodología DMAIC. En él se observó qué tareas se ejecutaron de forma secuencial y cuáles se desarrollaron en paralelo, según las necesidades del proceso y el alcance establecido en la mejora propuesta.

La implementación del software requirió un periodo extendido, ya que se llevó a cabo por módulos y por áreas. Esto hizo posible capacitar al personal conforme cada sección avanzaba en la adopción del sistema. Por esta razón, la capacitación, la definición de indicadores y la gestión del cambio se realizaron

de manera simultánea con la implementación. Este enfoque facilitó la adaptación del personal y permitió realizar ajustes conforme se integraban los nuevos procesos estandarizados.

Asimismo, las tareas finales, como la elaboración del manual de procedimientos, se programaron hacia la última etapa del proyecto. Esto permitió asegurar que la documentación refleja el funcionamiento real del sistema y las prácticas adoptadas por los colaboradores. En conjunto, el cronograma brindó una visión clara y estructurada del avance del proyecto y del trabajo requerido para completar la propuesta de mejora continua.

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE CAUSA RAÍZ

Sección 4.1 Análisis descriptivo de la situación actual

En la actualidad, los procesos de solicitud y asignación de materiales y herramientas en los hangares de COOPESA R.L. presentan una serie de inconsistencias. Estas se evidencian entre los procedimientos formalmente establecidos y las prácticas reales ejecutadas por el personal técnico.

Si bien la organización ha implementado sistemas digitales como para gestionar inventarios y la solicitud de materiales. Entre estos se incluyen Applex y Oracle Legacy respectivamente. No obstante, se ha evidenciado una brecha significativa en el uso esperado y la aplicación efectiva en campo. Esta situación ha generado una serie de consecuencias operativas relevantes.

4.1.1 Observaciones en el “Tool Room”

El proceso formal establece que las solicitudes de herramientas deben realizarse mediante registros digitales. Sin embargo, se ha constatado que los técnicos continúan utilizando boletas físicas para realizar estas solicitudes. Esta práctica genera una duplicidad innecesaria de esfuerzos para los colaboradores de esa área. Además, dificulta el registro efectivo de los recursos.

El uso simultáneo de formatos físicos y digitales incrementa la probabilidad de errores en el registro. Asimismo, favorece la pérdida de información y la generación de retrabajos. Estas situaciones afectan directamente la eficiencia operativa del área.

4.1.2 Observaciones en el Almacén Central

Aunque en teoría las solicitudes de materiales deben completarse a través del sistema Applex, en la práctica los técnicos interrumpen su trabajo para presentarse físicamente en el Almacén. Este comportamiento contraviene los flujos establecidos y evidencia una falta de apego a los procedimientos definidos.

Además, esta práctica genera tiempos improductivos por desplazamientos innecesarios. Estas interrupciones afectan la continuidad de las labores de mantenimiento en los hangares. La situación no solo afecta la eficiencia operativa. También compromete el cumplimiento de normativas que exigen un registro adecuado del proceso y control riguroso de los recursos.

Sección 4.3 Análisis del proceso actual

En esta sección se presenta el análisis detallado del proceso actual de solicitud y entrega de materiales en COOPESA R.L. Para ello, utilizan herramientas ingenieriles orientadas a identificar las principales causas que afectan la eficiencia operativa. Con base en las variables previamente identificadas y los datos recolectados en campo, se aplican las siguientes herramientas de análisis. Entre ellas se incluyen el diagrama de Ishikawa, diagrama de Pareto y técnica de los 5 porqués. Estas herramientas forman parte de la etapa “Analizar” de la metodología DMAIC.

4.3.1 Estudio de tiempos

Con el fin de comprender de manera más precisa los puntos del proceso donde se presentan demoras, se realiza un estudio de tiempos observacional. El análisis se lleva a cabo en el área de Mantenimiento, específicamente en el “Tool Room” y Almacén Central. El objetivo del estudio es estimar el tiempo promedio que el personal técnico invierte en las etapas de solicitud, desplazamiento y entrega de materiales.

El levantamiento de la información se efectúa mediante observación directa y entrevistas informales con el personal involucrado. No se utilizaron instrumentos de cronometraje. Por esta razón, los valores obtenidos corresponden a tiempos promedio estimados derivados de la experiencia y el comportamiento operativo habitual.

Como parte del levantamiento de información, se realizó adicionalmente una toma observacional de tiempos del proceso completo de solicitud y entrega de materiales. Se registró el tiempo total requerido en múltiples ejecuciones reales del proceso. Estos registros permitieron identificar valores mínimos y máximos recurrentes. Dichos valores sirvieron como base para el análisis de la variabilidad del proceso, sin pretender establecer tiempos estándar únicos.

Los valores de tiempo se expresan en rangos promedio debido a la naturaleza variable de las actividades observadas. El proceso de solicitud y entrega de materiales depende de factores como la ubicación del hangar, la cantidad de solicitudes activas, la disponibilidad del material. También influye la coordinación entre áreas.

Por este motivo, los tiempos se establecen como intervalos representativos obtenidos mediante observación directa en distintas condiciones operativas. Esta decisión evita el uso de un valor único que podría no reflejar la realidad del entorno. Estos rangos son validados por el área de Ingeniería de Métodos y Procesos de COOPESA R.L., garantizando su correspondencia con las condiciones reales de trabajo.

Tabla 8 *Estimación promedio de tiempos operativos en la gestión de materiales*

Etapa del proceso	Tiempo promedio (minutos)
Desplazamiento del técnico hacia el Almacén o “Tool Room”	3 – 5
Espera para ser atendido y recibir el material	5 – 10
Total, estimado por solicitud de material	8 – 15
Tiempo promedio destinado a tareas administrativas o búsqueda de materiales en el sector MRO	50 – 70 % de la jornada

Fuente: Elaboración propia, con validación del área de Administración de Proyectos

El detalle del análisis estadístico descriptivo asociado a la toma observacional de tiempos se presenta en la Tabla 9. Se incluyen valores mínimos, máximos y rangos por procesos. Esta información respalda cuantitativamente el enfoque por rango utilizado en el presente estudio.

Tabla 9 Resumen estadístico descriptivo de la variabilidad del proceso de gestión de materiales

Proceso	Obs	Tiempo	Tiempo	Rango	Valor
		Mínimo (min)	Máximo (min)	Observado (min)	Central (min)
Desplazamiento del técnico hacia el Almacén o “Tool Room”	30	3	5	3-5	4,0
Espera para ser atendido y recibir el material	30	5	10	5-10	7,5
Total, estimado por solicitud de material	30	8	15	8-15	11,5

Fuente: Elaboración propia, con validación del área de Administración de Proyectos

Los tiempos estimados reflejan la variabilidad natural del proceso y permiten representar el comportamiento promedio del flujo de materiales en condiciones normales de operación. Al utilizar rangos, se reconoce que no todas las solicitudes de material presentan el mismo grado de complejidad ni distancia de desplazamiento. Esto asegura una interpretación más precisa y realista del desempeño del proceso.

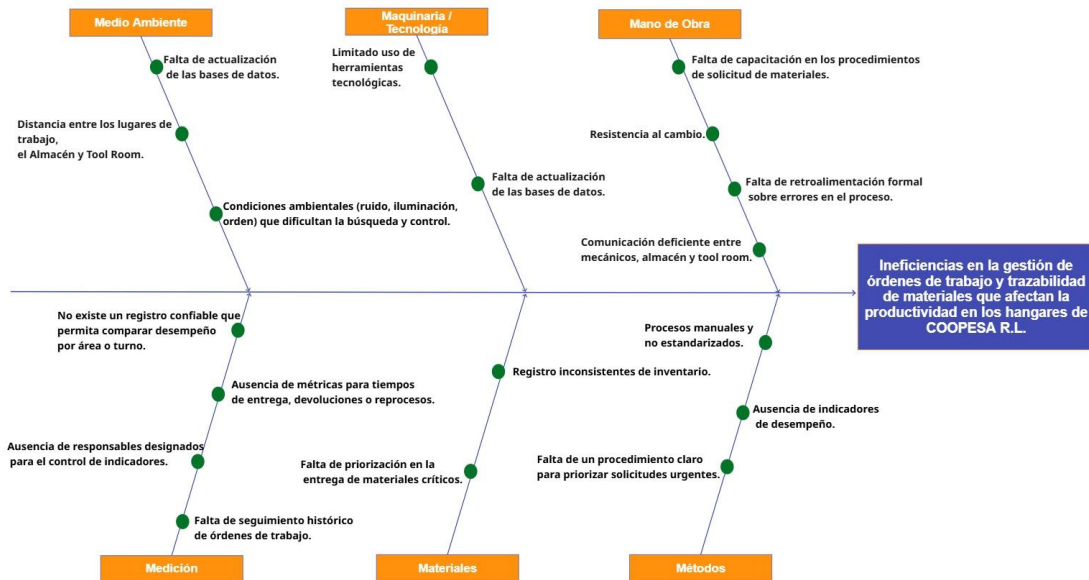
El porcentaje estimado de entre 50 % y 70 % de la jornada laboral, destinado a actividades administrativas, reprocesos y búsqueda de materiales. Este valor se determinó mediante la triangulación de la información. Para ello, se consideraron la observación directa del proceso, entrevistas con el personal técnico y el análisis histórico de horas perdidas asociadas a duplicación de ítems y retrabajos del sistema actual.

El análisis histórico de duplicación de ítems evidencia pérdidas promedio superiores a USD 70 000 mensuales. Estas pérdidas se derivan de horas improductivas, reprocesos y pagos salariales asociados a la corrección de errores y búsqueda de información en el sistema actual. Estos datos se pueden observar en el Anexo 8.1. Estos valores corresponden a registros consolidados del período 2020–2025 y reflejan una afectación recurrente en la eficiencia del proceso de gestión de materiales.

4.3.2 Análisis de Causa- Efecto (Ishikawa)

Se empleó un diagrama de Ishikawa para clasificar y visualizar las causas potenciales del problema central identificado.

Figura 7 Diagrama de Ishikawa



Fuente: Elaboración Propia

En este diagrama se clasifican las causas para representar de forma estructurada las posibles causas que influyen en el problema central identificado. Esta herramienta permite visualizar las relaciones entre las causas y los efectos, agrupándolas en categorías de análisis correspondientes a las 6M: Mano de obra, Máquina, Medio ambiente, Medición, Materiales y Métodos.

El análisis se basa en la observación directa, entrevistas, revisión documental y la lluvia de ideas. A partir de estas fuentes se identificaron los principales hallazgos por categoría:

- **Métodos:**
 - Se evidencia que los procesos de solicitud y entrega de materiales se realizan sin un procedimiento estandarizado y con alto grado de variabilidad.
 - Cada técnico utiliza un método distinto para gestionar sus requerimientos, generando demoras, retrabajos y ausencia de trazabilidad.

- No existe un protocolo formal para priorizar solicitudes urgentes, lo que provoca acumulación de trabajo en horas pico.
- **Mano de obra:**
 - El personal técnico presenta resistencia al cambio y una falta de capacitación formal sobre el uso de los sistemas digitales y los procedimientos de solicitud.
 - Se identifican también deficiencias en la comunicación entre técnicos, Almacén y supervisores. Esta situación dificulta la coordinación y genera confusión respecto al estado de las solicitudes.
- **Maquinaria / Tecnología:**
 - El sistema informático actual muestra lentitud y fallos intermitentes durante las horas de mayor demanda. Esto genera duplicidad de registros y errores en la base de datos.
 - Se evidencia un uso limitado de herramientas tecnológicas compartidas entre áreas, impidiendo un control de los datos en tiempo real.
- **Materiales:**
 - Se identifican inconsistencias en los registros de inventario, debido a discrepancias entre boletas físicas y registros digitales.
 - Algunos materiales críticos se demoran en localizar por falta de actualización o control sobre las existencias, lo que incrementa el tiempo total de atención.
- **Medición**
 - No se cuenta con indicadores de desempeño definidos que permitan evaluar tiempos de respuesta, errores o productividad.
 - Tampoco existe un seguimiento histórico que permita comparar la eficiencia del proceso entre turnos o áreas de trabajo.
- **Medio Ambiente:**
 - La distancia física entre los hangares y el Almacén Central incrementa los tiempos de desplazamiento del personal técnico.

- Factores ambientales como el ruido, la iluminación y el orden físico del entorno también dificultan la búsqueda y control visual de los materiales.

El diagrama de Causas- Efectos permite establecer que las ineficiencias del proceso no son consecuencia de una sola causa. Por el contrario, derivan de la interacción de factores humanos, técnicos y organizacionales. Este análisis aporta información clave para el análisis de causa raíz y la formulación de las propuestas de mejora.

La combinación de variables observacionales y de percepción ofrece una visión integral del proceso actual. Esta base permitirá aplicar herramientas de diagnóstico como el Pareto y la técnica de los 5 porqués en la siguiente etapa del estudio.

4.3.2 Diagrama de Pareto

Se aplicó el principio de Pareto con el objetivo de identificar las causas que generan el mayor impacto en la ineficiencia del proceso. Esta herramienta permite priorizar los factores críticos que concentran la mayor proporción de los efectos negativos observados, bajo el principio de que el 80% de los problemas proviene aproximadamente del 20% de las causas.

En el presente estudio, el diagrama de Pareto se construyó con base en un enfoque cualitativo. El análisis se realiza con base en las causas identificadas en el diagrama de Ishikawa. Estas causas se les asigna una frecuencia e impacto de acuerdo con la opinión consensuada del personal involucrado en las áreas de Mantenimiento, “Tool Room” y Almacén.

Para ello, se emplea una escala cualitativa de cinco niveles, donde el valor 5 representa un impacto muy alto y el valor 1 un impacto muy bajo. Esta ponderación permitió establecer una priorización estructurada de las causas como se muestra en la Tabla 10 Escala de valoración cualitativa:

Tabla 10 Escala de valoración cualitativa

Valor	Interpretación
5	Impacto muy alto
4	Impacto alto
3	Impacto medio
2	Impacto bajo
1	Impacto muy bajo

Fuente: Elaboración Propia

En donde se identificaron las causas que más impactan al proceso y se les asignó un valor como se muestra en la Tabla 11:

Tabla 11 Priorización de Causas

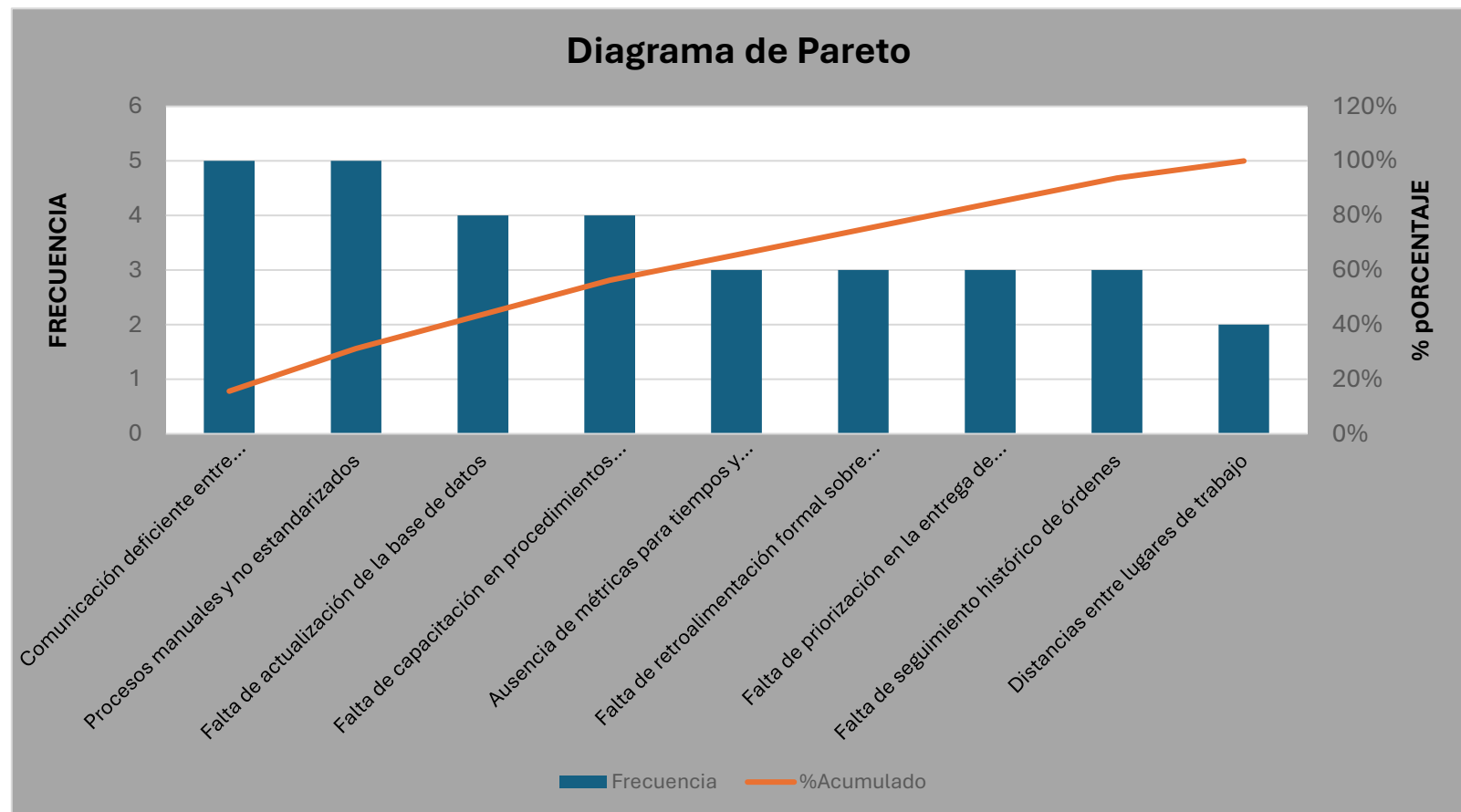
Causas	Impacto
Comunicación deficiente entre Mecánicos, Almacén y “Tool Room”	5
Procesos manuales y no estandarizados	5

Causas	Impacto
Falta de actualización de la base de datos	4
Falta de capacitación en procedimientos de solicitud	4
Ausencia de métricas para tiempos y devoluciones	3
Falta de retroalimentación formal sobre errores	3
Falta de priorización en la entrega de materiales críticos	3
Falta de seguimiento histórico de órdenes	3
Distancias entre lugares de trabajo	2

Fuente: Elaboración Propia

Con la asignación de impacto a las causas, se generó un diagrama de Pareto como se muestra a continuación:

Figura 8 Diagrama de Pareto



Fuente: Elaboración Propia

El Diagrama de Pareto permite identificar cuáles causas aportaron el mayor peso a la ineficiencia del proceso. La causa “Comunicación deficiente entre mecánicos, Almacén y “Tool Room” representó el porcentaje más alto dentro de las incidencias registradas, superando aproximadamente el 20 % del total. En segundo lugar, “Procesos manuales y no estandarizados” aportó una proporción similar, contribuyendo al incremento del porcentaje acumulado.

Las causas “Falta de actualización de la base de datos” y “Falta de capacitación en los procedimientos de solicitud” también mostraron valores relevantes. En conjunto, las cuatro primeras causas concentraron cerca del 80% del impacto total estimado. Esto confirma, que estas causas concentraron la mayor parte del impacto del proceso analizado.

Es importante señalar que este análisis se realizó bajo un enfoque cualitativo, utilizando una escala de valoración consensuado por el personal involucrado. Aunque el 80 % acumulado se alcanzó formalmente con la causa relacionada con la falta de priorización, la empresa decidió enfocar sus esfuerzos en las primeras cuatro causas. Estas presentan mayor correlación con el resto del comportamiento observado.

Al intervenir, estas incidencias principales, se esperaba un efecto positivo indirecto sobre las demás. Además, las acciones propuestas resultaban técnicamente factibles y coherentes con los recursos disponibles.

4.3.3 5 Porqués

El análisis de los 5 Porqués se aplica como técnica de profundización para identificar las causas raíz de los principales problemas detectados en el proceso de gestión de materiales.

Su propósito es determinar el origen real de las fallas operativas a partir de la repetición sistemática de la pregunta “¿por qué ocurre?”, hasta llegar a una causa raíz verificable y susceptible de mejora.

En este caso, se seleccionan las causas con mayor frecuencia e impacto, identificadas en el Diagrama de Pareto. Estas representan los puntos críticos que pueden abordarse con mayor factibilidad y beneficio para la empresa.

Estas causas son:

1. Comunicación deficiente entre mecánicos, Almacén y “Tool Room”.

2. Procesos manuales y no estandarizados.
3. Falta de actualización de la base de datos.
4. Falta de capacitación en los procedimientos de solicitud de materiales.

El análisis se realiza de manera colaborativa con el personal de las áreas involucradas, combinando observaciones directas y revisión documental. El resultado se muestra en la Figura 9, donde se detallan las preguntas sucesivas, respuestas obtenidas y la propuesta de solución correspondiente para cada causa raíz.

Figura 9. 5 Porqués

CAUSAS	POR QUÉ 1?	RESPUESTA 1	POR QUÉ 2?	RESPUESTA 2	POR QUÉ 3?	RESPUESTA 3	POR QUÉ 4?	RESPUESTA 4	POR QUÉ 5?	PROPUESTA DE SOLUCION
Comunicación deficiente entre mecánicos, almacén y tool room	¿Por qué hay comunicación deficiente entre las áreas?	Porque no existen canales formales ni procedimientos definidos para reportar o coordinar solicitudes.	¿Por qué no existen canales formales?	Porque las solicitudes se hacen digital o por papel, dependiendo de la persona de turno.	¿Por qué se depende del medio digital o físico?	Porque no hay un sistema unificado ni herramientas tecnológicas compartidas entre las áreas.	¿Por qué no hay herramientas compartidas?	Porque cada área usa sistemas distintos (Oracle, Applex..) y no están integrados.	¿Por qué no se han integrado los sistemas?	Falta de un sistema o protocolo unificado de comunicación operativa entre áreas interdependientes.
Procesos manuales y no estandarizados	¿Por qué varían los procedimientos?	Porque no existe un formato oficial ni control documentado del proceso.	¿Por qué varían los procedimientos?	Porque no existe un formato oficial ni control documentado del proceso.	¿Por qué no existe un formato oficial?	Porque no se han establecido indicadores ni responsables de estandarización.	¿Por qué no hay responsables definidos?	Porque no hay una política formal de mejora continua o gestión por procesos.	¿Por qué no se ha implementado esa política?	Porque la organización prioriza la operación diaria sobre la documentación y mejora de procesos.
Falta de actualización de la base de datos	¿Por qué se presentan inconsistencias y duplicidad en la base de datos de inventario?	Porque los movimientos de materiales no siempre se registran correctamente o se ingresan dos veces cuando el sistema se congela o no responde.	¿Por qué se ingresan los registros más de una vez o de forma incorrecta?	Porque el sistema informático actual presenta lentitud y fallos de rendimiento (se "pega") durante las horas de mayor demanda, lo que obliga al personal a repetir el proceso.	¿Por qué el sistema se vuelve lento o se bloquea?	Porque es una versión antigua del software, con limitaciones de compatibilidad y capacidad para manejar grandes volúmenes de transacciones	¿Por qué no se ha actualizado el sistema o migrado a una versión más moderna?	Porque el sistema sigue cumpliendo parcialmente su función contable y administrativa, por lo que no se ha priorizado su actualización tecnológica dentro del presupuesto.	¿Por qué no se prioriza su actualización si afecta la operación diaria?	Porque las decisiones de inversión tecnológica se toman a nivel gerencial y se orientan más al control financiero que a la eficiencia operativa en los procesos de mantenimiento.
Falta de capacitación en los procedimientos de solicitud de materiales	¿Por qué hay falta de capacitación?	Porque los técnicos aprenden el proceso observando a otros compañeros.	¿Por qué aprenden por observación?	Porque no existe un programa formal de inducción o entrenamiento.	¿Por qué no hay un programa formal?	Porque no se ha definido un plan de desarrollo de competencias para el área.	¿Por qué no se ha definido ese plan?	Porque la capacitación no ha sido priorizada en el cronograma operativo.	¿Por qué no se prioriza?	Porque la empresa asume que el conocimiento operativo se transfiere de forma natural en la práctica.

Fuente: Elaboración Propia

El análisis de los 5 porqués permite identificar causas raíz de tipo organizacional y sistémico, más que individuales. Se evidencia que los principales problemas del proceso se originan en la falta de

integración tecnológica, la ausencia de procedimientos documentados y la carencia de una política institucional de capacitación continua.

Asimismo, se confirma que las causas priorizadas son abordables mediante acciones de corto y mediano plazo. Entre ellas se incluyen la estandarización de los procesos manuales actuales, la mejora en la comunicación interdepartamental, y la implementación gradual de un sistema digital unificado para el registro y control de materiales.

Estas conclusiones sirven como base para la siguiente fase de la metodología DMAIC (Mejorar). En esta etapa se formulan las propuestas de solución técnica que buscan eliminar o reducir las causas raíz aquí identificadas.

Sección 4.4 Vinculación de hallazgos con los objetivos específicos

Los resultados obtenidos en el análisis de causa raíz se vincularon directamente con los objetivos específicos definidos al inicio del proyecto. Esta relación permitió asegurar coherencia metodológica entre la identificación del problema y las acciones propuestas en las fases posteriores. En relación con el primer objetivo, el estudio permitió definir con claridad los principales problemas en la gestión de órdenes de trabajo y en el control de materiales en COOPESA. Se evidenciaron fallas en la comunicación entre áreas, ausencia de estandarización y registros inconsistentes.

Respecto al segundo objetivo, las herramientas empleadas facilitaron la identificación de los factores que influyeron en los tiempos de espera, las interrupciones del flujo de trabajo. También evidenciaron la limitada trazabilidad de los recursos. Entre los principales hallazgos se destacó la falta de actualización de la base de datos y la duplicidad de registros.

En cumplimiento del tercer objetivo, se aplicaron el diagrama de Ishikawa, el Pareto y los 5 Porqués. Estas herramientas permitieron identificar con precisión las causas raíz que generaban ineficiencias en la asignación de recursos y en la ejecución de tareas. Entre las causas más representativas se encuentran la comunicación deficiente, los procesos manuales, la falta de actualización de la información y la insuficiente capacitación en el proceso de solicitud.

Estos hallazgos proporcionaron insumos fundamentales para el cuarto objetivo. Permitieron identificar las áreas críticas que debían ser intervenidas para mejorar el flujo de trabajo y reducir los tiempos improductivos. Asimismo, los resultados generaron las bases necesarias para el cumplimiento del quinto objetivo. Evidenciaron la necesidad de establecer indicadores que permitieran monitorear la sostenibilidad de las mejoras propuestas y asegurar el ajuste continuo del proceso.

La vinculación entre los hallazgos y los objetivos específicos permitió demostrar que el análisis realizado no solo describió el comportamiento actual del proceso. También orientó de manera directa la planificación de las acciones de mejora y control. Esta coherencia aseguró una transición sólida hacia la siguiente fase metodológica y fortaleció la validez del proyecto.

CAPÍTULO V: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN

En este capítulo se presenta el diseño y la implementación de la propuesta de mejora. Esta iniciativa se orienta a optimizar la gestión de órdenes de trabajo y seguimiento de materiales en los hangares de mantenimiento de COOPESA R.L. A partir de los resultados obtenidos en el diagnóstico y el análisis de causa raíz, se identificó que las principales ineficiencias del proceso. Estas se originan en la falta de integración entre las áreas de planificación, Almacén, “Tool Room” y ejecución de tareas, así como en la dependencia de registros manuales en papel.

Del capítulo anterior se retoman las causas raíz identificadas, las cuales representan un alto impacto para la cooperativa. Estas se presentan en la Figura 10 Causas raíz, en donde se buscaron propuestas para que ayuden a contrarrestar el impacto de estas causas.

Figura 10 Causas raíz

CAUSAS	PROPUESTA DE
Comunicación deficiente entre mecánicos, almacén y tool room	Falta de un sistema o protocolo unificado de comunicación operativa entre áreas interdependientes.
Procesos manuales y no estandarizados	Porque la organización prioriza la operación diaria sobre la documentación y mejora de procesos.
Falta de actualización de la base de datos	Porque las decisiones de inversión tecnológica se toman a nivel gerencial y se orientan más al control financiero que a la eficiencia operativa en los procesos de mantenimiento.
Falta de capacitación en los procedimientos de solicitud de materiales	Porque la empresa asume que el conocimiento operativo se transfiere de forma natural en la práctica.

Fuente: Elaboración Propia

Sección 5.1. Diseño de la solución propuesta

El análisis de causa raíz permitió determinar cuatro causas principales que afectan directamente la productividad y el control de los procesos en el área de mantenimiento aeronáutico:

1. Comunicación deficiente entre mecánicos, Almacén y “Tool Room”, lo que genera retrasos, duplicidad de solicitudes y pérdida de seguimiento en las entregas de materiales.
2. Procesos manuales y no estandarizados, que provocan inconsistencias en los registros y aumentan los tiempos de respuesta.
3. Falta de actualización de la base de datos, impidiendo contar con información confiable y en tiempo real sobre inventarios, materiales y órdenes de trabajo.
4. Falta de capacitación en los procedimientos de solicitud y control de materiales, que ocasiona errores en la ejecución operativa y en la comunicación interdepartamental.

Para abordar estas problemáticas, se plantean dos propuestas complementarias. Estas integran la mejora del proceso manual actual como la transición hacia un sistema digital de gestión.

5.1.1 Propuesta I: Estandarización y mejora del proceso manual actual

Esta primera etapa busca consolidar un sistema estandarizado de comunicación y control interno. Se busca fortalecer el control del proceso mediante herramientas de gestión documental y capacitación del personal. Las principales acciones son:

- Diseñar y documentar los procedimientos estándar mediante establecimiento de diagramas de flujos para la comunicación entre Almacén, “Tool Room” y mecánicos.
- Digitalizar los formularios de solicitud y entrega de materiales.
- Capacitar al personal técnico y administrativo sobre los nuevos protocolos de solicitud, devolución y registro de materiales.

5.1.1.1 Diagramas de Flujo

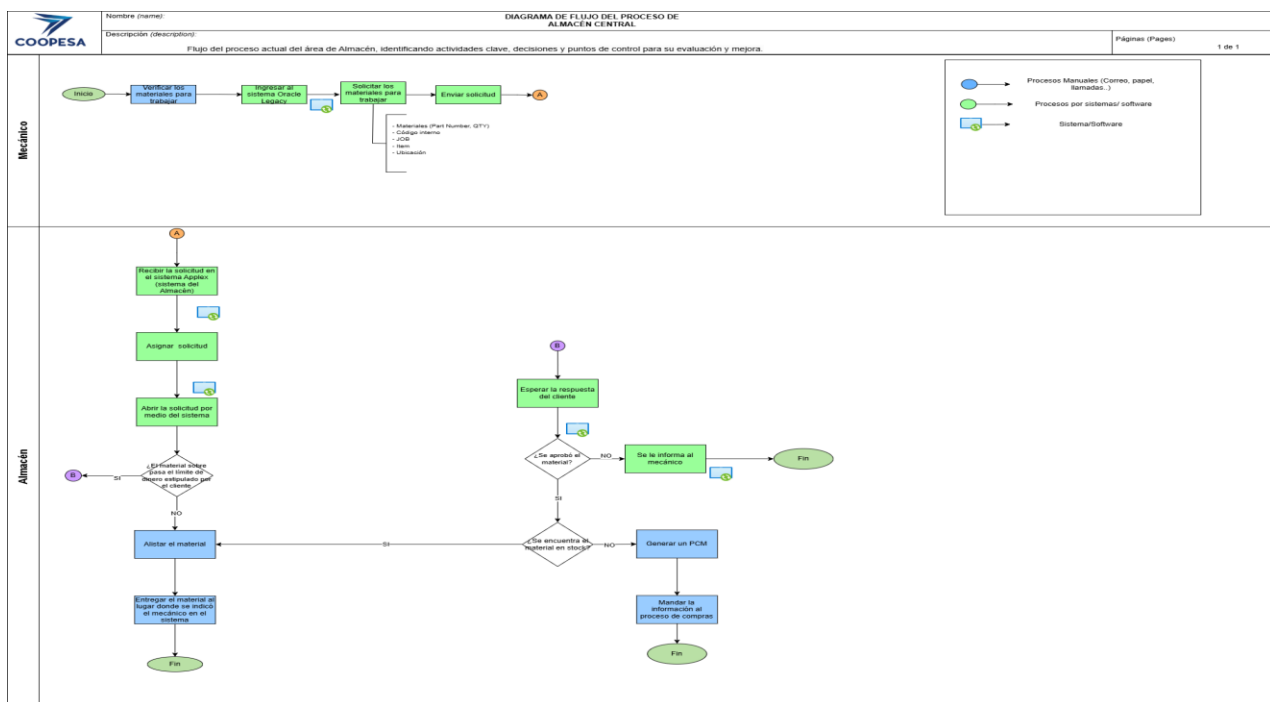
Se realizaron dos diagramas de flujo con los procesos ya estandarizados. Estos permiten eliminar mudas como desplazamientos innecesarios, tiempos improductivos, retrabajos. Además, aseguran que todo el personal realice el mismo procedimiento y que se sigan cumpliendo las normativas FAA y EASA.

Diagrama de flujo Almacén

En el área de Almacén, se eliminaron procesos que no generaba valor agregado a los procesos, como el desplazamiento de los mecánicos hacia el área del Almacén para retirar materiales. Esta práctica ocasionaba tiempos muertos y paros de trabajo que son horas no facturadas para la empresa. A un nuevo proceso en donde el personal del Almacén es el encargado de llevar ese material al lugar en donde se encuentra el mecánico.

Con este cambio, automáticamente, se estandariza el proceso del despachador de materiales. El material se entrega en el sitio indicado en la solicitud, como lo muestra la Figura 11 Diagrama de flujo del proceso estandarizado del área de Almacén.

Figura 11 Diagrama de flujo del proceso estandarizado del área de Almacén



Fuente: Elaboración Propia

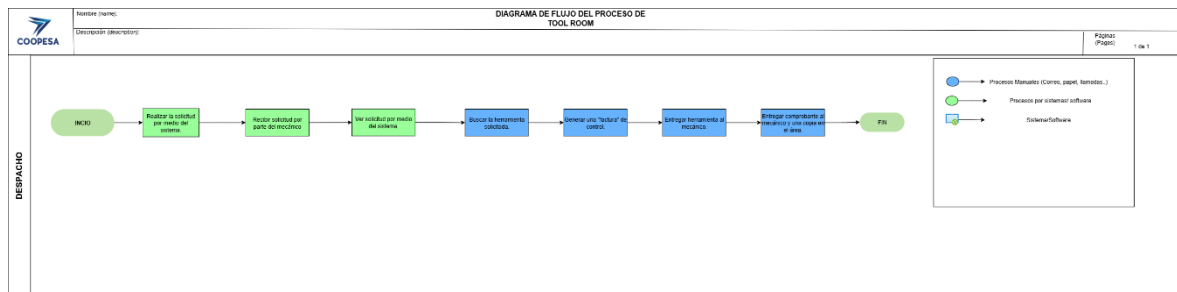
Diagrama de flujo “Tool Room”

En el área de “Tool Room”, se estaba realizando un sistema en donde se permite realizar la solicitud de herramientas de dos maneras. Una se realiza por medio del software digital, y la otra es por medio de papel.

Si los mecánicos hacen la solicitud por medio de forma física, luego las personas encargadas del despacho del “Tool Room”, tenían que ingresar esas solicitudes al sistema. Esta duplicidad generaba retrabajos y aumentaba la carga administrativa. Para eliminar esta ineficiencia, se diseñó un nuevo diagrama de flujo que establece un único método de solicitud. Con ello, se suprime el retrabajo y se mejora la trazabilidad del proceso. El flujo estandarizado se presenta en la Figura 12. Diagrama de flujo del proceso estandarizado del área “Tool Room”.

Figura 12 Diagrama de flujo del proceso estandarizado del área de “Tool Room”

AS



Fuente: Elaboración Propia.

Esta alternativa propone la estandarización de los procesos de “Tool Room” y Almacén, mediante diagramas detallados y documentación formal de cada flujo operativo. El objetivo es reducir el desorden operativo, las pérdidas de tiempo y la duplicidad de tareas. Asimismo, se busca que cada colaborador conozca claramente sus responsabilidades, los puntos de control y los canales de comunicación entre áreas.

5.1.2 Propuesta II: Implementación de un software de gestión digital

La segunda propuesta corresponde a la digitalización total del proceso. Esto mediante la incorporación de los módulos Materials Manager y eTask Cards, integrados al sistema MRO Manager ya existente en COOPESA.

- **Materials Manager** automatiza la gestión de materiales, genera alertas por niveles de inventario. Además, vincula cada parte con su orden de trabajo y permite el “pre-despliegue” de materiales antes de iniciar cada tarea.
- **eTask Cards** reemplaza las tarjetas físicas por órdenes de trabajo digitales con instrucciones, registro de horas, evidencia fotográfica y firma electrónica. Esto garantiza el cumplimiento regulatorio (FAA/EASA) y reduciendo la carga administrativa.

Ambos módulos permiten una integración total de la información entre áreas. Con ello, se fortalece el registro de datos, eficiencia y control de costos. La adopción de estas herramientas responde a la necesidad de transformar la gestión manual en un sistema digital interoperable. De esta manera, posibilita que las operaciones del hangar estén sincronizadas en tiempo real.

5.1.3 Comparación entre Propuesta I y II

Con el fin de visualizar de manera clara las características de cada alternativa de mejora planteada, se presenta una comparación estructural entre la Propuesta I (estandarización del proceso manual) y la Propuesta II (digitalización del proceso). Esta comparación busca mostrar las diferencias en términos de costos, tiempo, impacto operativo y requerimientos técnicos. Esto permite comprender el alcance y naturaleza de cada una como lo muestra Tabla 12 Comparación entre Propuesta I y Propuesta II.

Tabla 12 Comparación entre Propuesta I y Propuesta II

Criterio	Propuesta I: Estandarización del proceso manual	Propuesta II: Digitalización del proceso
Costos	Bajo. Se basa en recursos internos y material reutilizable.	Más alto. Incluye licencias, infraestructura y soporte tecnológico.
Tiempo de implementación	Corto; se ejecuta en semanas.	Más prolongado; requiere parametrización y pruebas piloto.
Alcance operativo	Ordena y define claramente el procedimiento actual.	Automatiza el proceso y centra la información.
Beneficios esperados	Disminuye errores manuales y mejora la consistencia del flujo de trabajo.	Aumento en el control de la información, reduce duplicidades y mejora la disponibilidad de datos.
Requerimientos técnicos	Mínimos; depende principalmente de estandarización documental y de procesos.	Elevados; requiere infraestructura, soporte TIC y capacitación digital.
Impacto en la operación diaria	Bajo; permite continuar con el proceso mientras se implementa.	Moderado; puede requerir ajustes durante pruebas y despliegue.

Nivel de adopción	Alto; es familiar para el personal.	Variabes; requiere acompañamiento y gestión del cambio.
Escalabilidad	Limitada a mejoras manuales.	Alta; permite integrar módulos y funcionalidades adicionales.

Fuente: Elaboración Propia

La comparación presentada permite observar de manera estructurada las diferencias fundamentales entre ambas propuestas. Cada alternativa posee características propias en términos de recursos requeridos, tiempo de ejecución, alcance operativo y beneficios esperados. Esta visualización facilita comprender cómo cada propuesta aborda distintos aspectos del proceso. Además, permite evidenciar su complementariedad y el rol que cada una desempeña dentro de la mejora integral planteada.

Sección 5.2 Plan de implementación

El plan de implementación se desarrolla en cinco fases consecutivas. Estas garantizan la transición ordenada desde la estandarización hasta la digitalización completa. El detalle se presenta en la Tabla 13 Tabla de plan de implementación.

Tabla 13 *Tabla de plan de implementación*

Fase	Actividad Principal	Herramientas Y Recursos	Responsables	Duración estimada
I	Diagnóstico y actualización de la base de datos de materiales	Registros históricos	Departamento de control de Materiales	2 semanas
II	Elaboración de procedimientos	Diagrama de flujo, manuales	Ingeniería de Procesos y TH	3 semanas

	estándar y visuales, hojas de capacitación control interna			
III	Parametrización del sistema	Módulo Materials y eTask Card	Departamento de TI, Calidad y Proyectos	4 semanas
IV	Implementación progresiva del sistema	Equipos móviles, tablets, red Wi-Fi	TI y Operaciones	14 semanas
V	Evaluación de resultados y ajustes finales	de KPI's y productividad, reportes sistema	de Coordinadores de área y Control de Gestión.	2 semanas

Fuente: Área de Administración de Proyectos

La duración total del proyecto aproximadamente es de 25 semanas (seis meses).

5.2.1 Riesgos potenciales y plan de mitigación

Durante el diseño e implementación de las propuestas surgieron diversos riesgos operativos, tecnológicos y humanos que podían afectar el éxito del proyecto. Con el fin de asegurar una transición controlada hacia la estandarizados y la digitalización, se establecieron estrategias específicas de mitigación. La síntesis de estos y sus acciones correspondientes se presenta en la Tabla 14 Matriz de Riesgo y Plan de Mitigación

Tabla 14 *Matriz de Riesgo y Plan de Mitigación*

Riesgo Identificado	Impacto potencial	Probabilidad	Nivel de riesgo	Plan de mitigación
Resistencia al cambio personal.	Retrasos, rechazo del o nuevas prácticas, baja adopción del sistema.	Medio	Alto	Aplicación del modelo ADKAR, agentes de cambio internos, capacitación progresiva.
Errores técnicos del software.	Interrupciones, pérdida temporal de datos, retrasos de trabajos.	Media	Alto	Pruebas piloto, soporte técnico en sitio, validación antes de despliegue.
Conectividad deficiente en hangares.	Fallos en sincronización, registros incompletos.	Alta	Alto	Mejoras de red, puntos de acceso adicionales, modos office temporal del sistema.
Carga operativa durante capacitaciones.	Retraso en tareas, saturación del personal.	Media	Medio	Capacitación por grupos pequeños de cada departamento, horarios

					escalonados, instrucciones internas.
Dependencia de personal clave.	Cuellos de botella, retrasos de proyectos	Baja		Medio	Documentación clara, distribución de funciones, respaldo entre compañeros.

Fuente: Elaboración Propia

La matriz de riesgos permite anticipar los eventos que pueden afectar la implementación del proyecto y establecer acciones preventivas para minimizar su impacto. Este análisis facilita priorizar los riesgos según su probabilidad e impacto, asignar responsables y definir medidas concretas. Para que aseguren la continuidad operativa durante la transición hacia los nuevos procesos estandarizados y digitalizados.

De esta manera, la gestión de riesgos se integra como un componente esencial del diseño e implementación. Esto fortalece la sostenibilidad de las mejoras y garantizando que el proyecto avance de forma controlada y alineada con los objetivos estratégicos de COOPESA R.L.

Sección 5.3 Evaluación económica del proyecto

El análisis costo-beneficio demuestra la viabilidad económica de la propuesta. Los datos provienen del estudio financiero desarrollado para los módulos del sistema EmpowerMX.

Tabla 15 Evaluación Económica del Proyecto

Concepto	Valor (USD)
Total, técnicos	475
Horas por técnicos	1 400
Horas totales al año	665 000
Estimación de mejora de eficiencia	0.10
Horas ganadas por eficiencia	66 500
Tarifa por hora facturada (USD)	\$ 48
Ingreso adicional por horas ganadas	\$ 3 192 000
Costo por hora – Materials Manager	\$ 0,20
Costo por hora - eTask Cards	\$ 0,06
Costo total por hora	\$ 0,26
Costo anual de los módulos (Materials Manager + eTask Card)	\$190 190
Beneficio neto anual estimado	\$3 001 810
Periodo de recuperación	< 1 mes
Ahorro mensual promedio por duplicidad eliminada	\$71 111

Fuente: Elaboración Propia en colaboración del departamento de Administración de Proyectos

Con el objetivo de evaluar la viabilidad económica de la solución propuesta, se realiza el cálculo del Retorno sobre la Inversión (ROI) como parte de la evaluación financiera del proyecto. Este indicador permite medir la relación entre los beneficios económicos generados por la mejora de la implementación y la inversión requerida para su ejecución. Por tanto, se constituye en un criterio clave para la toma de decisiones

Cálculo del ROI:

- **Fórmula:**

$$\text{ROI} = \left(\frac{\text{Beneficio neto anual}}{\text{Costo anual de inversión}} \right) * 100$$

- **Costo Anual de inversión**

\$190 190

- **Beneficio neto anual**

- Ingreso adicional por horas ganadas:

$$66\,500 \times 48 = \$\,3\,192\,000$$

- Beneficio neto anual:

$$3\,192\,000 - 190\,190 = \$\,3\,001\,810$$

- **Cálculo del ROI**

$$\text{ROI} = \left(\frac{3\,001\,810}{190\,190} \right) * 100$$

ROI = 1578%

El ROI estimado de 1 578 % indica que, bajo los supuestos definidos, por cada dólar invertido se generan aproximadamente 15,78 dólares de beneficio neto anual. Asimismo, al comparar el beneficio mensual promedio con el costo anual de inversión, se determinó que el periodo de recuperación es inferior a un mes. Este se estima aproximadamente entre tres y cuatro semanas. Estos resultados confirman que la propuesta es altamente rentable y de rápida recuperación.

Estos resultados reflejan un retorno sobre la inversión superior al 1 500%, lo que confirma la rentabilidad de la implementación. La digitalización permite eliminar procesos duplicados, reducir los tiempos de espera. Asimismo, optimiza la capacidad instalada sin aumentar la planilla, generando ahorros anuales superiores a los tres millones de dólares.

En la evaluación económica se analizó la implementación de protocolos estandarizados en los hangares. Esta alternativa contempla la colocación de carteles informativos, como se muestra en la Figura 13 Cartel de protocolos.

Figura 13 Cartel de protocolos



Fuente: Elaboración Propia (fotografía tomada en instalaciones de COOPESA)

Estos carteles son elaborados por el departamento de Talento Humano, los materiales para estos carteles son reciclados, por lo que no les genera costos realizar estos carteles.

Sección 5.4 Control y seguimiento

Para garantizar la sostenibilidad de las propuestas y el cumplimiento de los objetivos planteados, se establecen mecanismos de control. Estos permiten monitorear el desempeño, mantener la mejora a largo plazo y acompañar al personal durante la transición.

Los indicadores y sus respectivas metas se establecen considerando el contexto operativo de COOPESA R.L. También se toma en cuenta la capacidad instalada actual y el proceso gradual de adopción tecnológica por parte del personal.

Indicadores de desempeño (KPIs)

- **% de órdenes de trabajo digitalizadas.**

Meta: Digitalizar el 100% de las órdenes de trabajo en un plazo de 6 meses posteriores a la implementación del sistema y la estandarización de los procesos.

- **% de reducción en tiempos de espera por materiales.**

Meta: Reducir los tiempos de espera por materiales en al menos un 15% durante los primeros 6 meses de operación del sistema y estandarización de los procesos.

- **% de disminución de reprocesos por errores documentales**

Meta: Disminuir los reprocesos asociados a errores documentales en un 20% en el primer año de implementación.

- **Nivel de satisfacción del usuario interno**

Meta: Alcanzar un nivel de satisfacción igual o superior al 85% durante los primeros 12 meses posteriores a la implementación del sistema y estandarización de los procesos.

Como parte de la fase de Control, se propone el uso de un dashboard de seguimiento que permita visualizar periódicamente el comportamiento de los indicadores definidos, facilitando la toma de decisiones y el control de la mejora en el tiempo. A continuación, se presenta un ejemplo del formato de reporte propuesto.

Para asegurar la correcta operación del sistema de control, se definen los responsables del proceso de gestión de indicadores. La recolección de la información estará a cargo del personal operativo de los hangares, incluyendo principalmente a los mecánicos que realizan las solicitudes, así como al personal de Almacén y Tool Room, mediante el registro continuo en los sistemas digitales implementados.

La consolidación, análisis y actualización del dashboard estará a cargo del departamento de Administración de Proyectos en conjunto con las jefaturas de cada área, quienes garantizarán la calidad y consistencia de los datos.

Finalmente, los resultados de los KPIs serán presentados de forma periódica a las jefaturas, supervisores y gerencia, quienes utilizarán esta información como base para la toma de decisiones y la implementación de acciones de mejora continua.

Tabla 16 Ejemplo de Reporte de Seguimiento de KPIs

Indicador	Meta	Resultado actual	Variación	Estado
% de órdenes de trabajo digitalizadas	100%	92%	-8%	En proceso
% reducción en tiempos de espera	$\geq 15\%$	18%	+3%	Cumple
% disminución de reprocesos documentales	$\geq 20\%$	15%	-5%	En proceso
Nivel de satisfacción	$\geq 85\%$	88%	+3%	Cumple

Fuente: Elaboración Propia

Nota: Los valores mostrados corresponden a datos ilustrativos y se presentan con fines demostrativos del formato de control propuesto.

5.4.1 Herramientas de control

Debido a la resistencia natural que puede surgir ante la implementación de un proceso estandarizado y la digitalización de procesos, se implementará una metodología de gestión del cambio. Esta funcionará como mecanismo de control y sostenibilidad, basada en el modelo ADKAR de Prosci. Su aplicación permitirá acompañar al personal durante la transición, garantizando la aceptación y el uso eficiente de las herramientas digitales.

Para esto se designará un grupo de colaboradores influyentes y estratégicos dentro de las áreas de Almacén, “Tool Room” y producción. Estos recibirán una capacitación inicial intensiva sobre el uso de los módulos.

Estos colaboradores actuarán como agentes de cambio entre el equipo de implementación y el resto del personal operativo, apoyando en la resolución de dudas y en la identificación de compañeros que presenten resistencia o dificultades de adaptación. Esta metodología plantea lo siguiente:

1. **Awareness (Conciencia):** Sensibilizar sobre la importancia del cambio y los beneficios que aporta a la eficiencia operativa.
2. **Desire (Deseo):** Motivar al personal técnico mediante campañas internas, comunicación directa y reconocimiento de buenas prácticas.
3. **Knowledge (Conocimiento):** Desarrollar sesiones de capacitación sobre los módulos Materials Manager.
4. **Ability (Habilidad):** Acompañar al personal en el uso diario de las herramientas durante las primeras semanas, resolviendo dudas en tiempo real.
5. **Reinforcement (Refuerzo):** Dar seguimiento mensual, evaluar la adopción del sistema y reforzar la motivación mediante incentivos y retroalimentación positiva.
- 6.

La aplicación de esta metodología permite controlar el impacto humano del cambio tecnológico. Contribuye a reducir la resistencia, incrementar la participación y asegurar que la mejora permanezca efectiva a largo plazo.

Con el fin de operativizar la metodología ADKAR y asegurar su correcta aplicación, se definen acciones concretas de gestión del cambio. Estas incluyen un cronograma de capacitaciones, responsables asignados e indicadores de adopción. Estas acciones permiten monitorear el impacto del cambio y reforzar la sostenibilidad de la mejora en el tiempo.

Tabla 17 Acciones de gestión del cambio basadas en el modelo ADKAR

Fase ADKAR	Acción concreta	Responsable	Periodo de ejecución	Indicador de adopción
Awareness (Conciencia)	Sesiones de sensibilización sobre beneficios del sistema y procesos estandarizados	Adm. de Proyectos / Jefaturas	Mes 1	% de personal sensibilizado
Desire (Deseo)	Comunicación interna y reconocimiento a buenas prácticas	Jefaturas de área	Mes 1–2	Nivel de participación del personal
Knowledge (Conocimiento)	Capacitaciones formales en Materials Manager y eTask Cards	Proveedor / Agentes de cambio	Mes 2–3	% de personal capacitado
Ability (Habilidad)	Acompañamiento operativo en el uso diario del sistema	Agentes de cambio	Mes 3–4	% de órdenes correctamente digitalizadas
Reinforcement (Refuerzo)	Seguimiento mensual y retroalimentación continua	Adm. de Proyectos	Mes 4 en adelante	Nivel de adopción sostenida del sistema

Fuente: Elaboración Propia

Sección 5.5 Beneficios esperados

La implementación de la solución propuesta generó beneficios significativos en productividad, registro de datos, seguridad operativa y control documental. Entre los principales beneficios esperados se destacan:

Productividad y desempeño

- Reducción estimada del 15 % en tiempos de espera por materiales.
- Incremento mínimo del 10 % en productividad por técnico, al eliminar tiempos muertos y reprocesos.
- Mayor continuidad operativa gracias a la reducción de interrupciones.

Calidad del proceso y cumplimiento normativo

- Eliminación de la duplicidad de ítems y errores documentales.
- Trazabilidad completa del movimiento de herramientas y materiales.
- Fortalecimiento del cumplimiento FAA/EASA y simplificación de auditorías.

Eficiencia administrativa y uso de recursos

- Disponibilidad inmediata de información para la toma de decisiones.
- Mejora en la planificación de órdenes de trabajo y control de costos.
- Ahorros superiores a los 3 millones de dólares anuales, según el análisis costo-beneficio.

Innovación y desarrollo humano

- Fomento de la cultura paperless y reducción del consumo de papel.
- Desarrollo de nuevas competencias digitales en el personal técnico.
- Mayor satisfacción interna al contar con procesos más fluidos y fiables.

Coordinación interdepartamental

- Sincronización en tiempo real entre Almacén, “Tool Room”, Mantenimiento y Planificación.
- Disminución de errores operativos por falta de comunicación.
- Mayor transparencia y cohesión operativa en los hangares.

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Sección 6.1 Conclusiones

Las conclusiones que se presentan a continuación se relacionan directamente con los objetivos específicos establecidos en la sección 1.4.2, garantizando coherencia entre el planteamiento inicial del proyecto y los resultados alcanzados.

6.1.1 Conclusión relacionada con el objetivo 1: Definir los problemas en la gestión de órdenes de trabajo y control de materiales en COOPESA.

La aplicación de la metodología DMAIC permitió identificar de forma estructurada los problemas críticos en la gestión de órdenes de trabajo y el control de materiales en COOPESA R.L., evidenciando fallas en comunicación, estandarización y registro de información.

Indicadores asociados:

- Procesos críticos identificados.
- Principales causas raíz definidas
- Indicadores base del proceso establecido

6.1.2 Conclusión relacionada con el objetivo 2: Identificar los factores que influyen en los tiempos de espera, interrupciones y seguimiento de materiales, para el establecimiento de una línea base del proceso actual.

Se determinó que los procesos manuales, la falta de estandarización y la dispersión de la información inciden en los tiempos muertos y en los errores documentales. La solución propuesta permite reducir al menos un 15 % los tiempos de espera y la carga administrativa asociada.

Indicadores asociados:

- Tiempo promedio por solicitud de material.
- Porcentaje de jornada destinada a tareas administrativas.
- Línea base: 8-15 minutos por solicitud y 50-70 % de la jornada en tareas administrativas.

- Resultado esperado: reducción del tiempo de espera y del porcentaje de jornada improductiva.

6.1.3 Conclusión relacionada con el objetivo 3: Analizar las causas raíz que generan ineficiencias en la asignación de recursos y ejecución de tareas.

El análisis con Ishikawa, Pareto y 5 Porqués permitió identificar como causas principales las deficiencias de comunicación, la ausencia de procesos estandarizados y los cuellos de botella en aprobaciones. La implementación de la propuesta puede reducir al menos un 20 % los errores y reprocesos operativos.

Indicadores asociados:

- Número de errores en solicitudes de materiales.
- Retrasos por aprobaciones y reprocesos.
- Línea base: alta recurrencia de errores y reprocesos.
- Resultado esperado: reducción ≥ 20 % de errores operativos.

6.1.4 Conclusión relacionada con el objetivo 4: Mejorar el flujo de trabajo en la disponibilidad de materiales y herramientas, para la reducción de tiempos improductivos.

La estandarización de procesos y la gestión del cambio fortalecen la adopción tecnológica y mejoran la fluidez en la solicitud y entrega de materiales. Con ello se proyecta la digitalización de hasta el 100 % de las órdenes de trabajo.

Indicadores asociados:

- Porcentaje de órdenes de trabajo digitalizadas.
- Tiempo de ciclo del proceso de solicitud de materiales.
- Línea base: registros manuales y dispersos.
- Resultado esperado: ≥ 95 –100 % de órdenes gestionadas digitalmente.

6.1.5 Conclusión relacionada con el objetivo 5: Controlar la sostenibilidad de las mejoras mediante seguimiento de indicadores y ajuste de procesos.

La digitalización y el seguimiento mediante KPIs permiten establecer un control sistemático del proceso, fortaleciendo la confiabilidad de la información, la toma de decisiones y el cumplimiento normativo del sector aeronáutico.

Indicadores asociados:

- Disponibilidad de indicadores de desempeño (KPIs).
- Frecuencia de monitoreo del proceso.
- Línea base: control limitado y registros manuales.
- Resultado esperado: control sistemático y monitoreo continuo del desempeño del proceso.

Sección 6.2 Recomendaciones

1. Escalabilidad tecnológica

Prioridad: Mediano plazo

Ampliar progresivamente el uso del sistema digital hacia áreas como Ingeniería, Mantenimiento y Control de Calidad, permitiendo consolidar un modelo integral de gestión que facilite el seguimiento del recurso desde la solicitud hasta su devolución. Además, se recomienda evaluar a mediano plazo la integración del sistema con un ERP corporativo.

2. Capacitación continua

Prioridad: Corto plazo

Realizar entrenamientos periódicos que refuercen el uso adecuado de la plataforma, actualicen al personal sobre nuevas funciones y aseguren la adopción estable de las mejoras implementadas.

3. Gestión del cambio organizacional

Prioridad: Corto plazo

Mantener la identificación de líderes internos que actúan como facilitadores del proceso de adopción tecnológica y apoyo al personal.

4. Monitoreo de indicadores

Prioridad: Corto Plazo

Supervisar de forma mensual los tiempos de entrega, capacidad de seguimiento y precisión de registros mediante los KPIs definidos. Esto permite asegurar la sostenibilidad de los resultados y facilitar la toma de decisiones basadas en datos.

5. Mantenimiento del sistema

Prioridad: Corto Plazo

Establecer planes preventivos y correctivos para el software y hardware asociados, garantizando la disponibilidad del sistema y reduciendo tiempos de inactividad.

6. Evaluación económica periódica

Prioridad: Mediano plazo

Actualizar semestralmente el análisis de costos operativos, ahorros generados y retorno de inversión (ROI), esto permitirá mantener un registro preciso del impacto económico de la digitalización.

7. Innovación tecnológica complementaria

Prioridad: Largo plazo

Explorar la implementación de tecnologías adicionales como códigos QR, etiquetas RFID o paneles en Power BI que permitan visualizar en tiempo real el estado y ubicación de las herramientas y materiales.

8. Impacto ambiental

Prioridad: Mediano plazo

Promover la reducción del uso de papel mediante la adopción de registros completamente digitales. Esta medida contribuye a disminuir el impacto ambiental y fortalece las prácticas sostenibles dentro de COOPESA R.L.

Con base en una estimación conservadora, se analizó la cantidad de personal técnico y el uso habitual de formularios físicos en los procesos actuales. A partir de esta información, se estima que antes del proyecto se utilizaban aproximadamente 228 000 hojas de papel al año para órdenes de trabajo, registros y documentación operativa. Esto equivale a cerca de 456 resmas, o aproximadamente 1,1 toneladas de papel anuales.

9. Evaluación post-implementación

Prioridad: Mediano plazo

Realizar una evaluación post-implementación a los seis meses de la puesta en marcha del sistema digital y de los procesos estandarizados. Esta revisión incluirá una auditoría interna que permita verificar el cumplimiento de las metas establecidas, evaluar el nivel de adopción del personal. Asimismo, permitirá validar la sostenibilidad de las mejoras implementadas. Esta evaluación facilitará la identificación de desviaciones, oportunidades de mejora y ajustes necesarios para fortalecer la mejora continua del proceso.

Con el fin de priorizar las acciones propuestas, las recomendaciones se organizaron considerando su impacto esperado y su nivel de urgencia. Esta clasificación se basa en la criticidad de los problemas indicados en la línea base del proceso actual.

Esta priorización permite orientar la toma de decisiones y la planificación de la implementación. Además, diferencia acciones de corto, mediano y largo plazo según su contribución a la reducción de tiempos improductivos, mejora del control de materiales y sostenibilidad de las mejoras.

Tabla 18 *Tabla de Priorización (Impacto vs Urgencia)*

N.º	RECOMENDACIÓN	IMPACTO ESPERADO	URGENCIA	HORIZONTE
1	Escalabilidad tecnológica	Alto	Media	Mediano plazo
2	Capacitación continua	Alto	Alta	Corto plazo
3	Gestión del cambio organizacional	Alto	Alta	Corto plazo
4	Monitoreo de indicadores	Alto	Alta	Corto plazo
5	Mantenimiento del sistema	Medio	Alta	Corto plazo
6	Evaluación económica periódica	Medio	Media	Mediano plazo
7	Innovación tecnológica complementaria	Alto	Baja	Largo plazo
8	Impacto ambiental	Medio	Media	Mediano plazo
9	Evaluación post-implementación	Alto	Media	Mediano plazo

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO VII: BIBLIOGRAFÍA

- Bibilonia, L. M. (2022). Papel de la ingeniería industrial dentro de las disciplinas que permiten asegurar servicios de salud de calidad. *Revista Cubana de Salud Pública*, 48. <https://revsaludpublica.sld.cu/index.php/spu/article/view/2195>
- Briceño, R. C. (2023). Gestión de proyectos e innovación. *Revista FAECO sapiens*, 6(2), 142-161. <https://doi.org/10.48204/j.faeco.v6n2.a4021>
- Boute, R. N., Gijbrecchts, J., Van Jaarsveld, W., & Vanvuchelen, N. (2022). Deep reinforcement learning for inventory control: A roadmap. *European journal of operational research*, 298(2), 401-412. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377221721006111>
- Cabral, R. E. S., González, M. P., Medina, M. A. R., & Ojinaga, E. R. P. (2024). Capacitación de líderes en solución estructurada de problemas utilizando la metodología DMAIC Seis Sigma. *Revista Electrónica del Desarrollo Humano para la Innovación Social*, 11(22). <https://cdhis.org.mx/index.php/CAGI/article/view/237>
- Crespo, B. A. A., & Franco, E. G. C. (2022). Métodos de Muestreo para la Optimización de Diseño de Experimentos. *CIATEQ*. <https://www.academiajournals.com/pubcelaya2022> <https://static1.squarespace.com/static/55564587e4b0d1d3fb1eda6b/2>.
- Curtis, M. J., Alexander, S. P., Cirino, G., George, C. H., Kendall, D. A., Insel, P. A., ... & Ahluwalia, A. (2022). Planning experiments: Updated guidance on experimental design and analysis and their reporting III. *British Journal of Pharmacology*, 179(15), 3907-3913. <https://bpspubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/bph.15868>
- EASA | *European Union Aviation Safety Agency*. (2023). Recuperado 16 de diciembre de 2025, de <https://www.easa.europa.eu/en>
- Gamarra Saldarriaga, L. (2020). *Optimización del proceso de gestión de mantenimiento preventivo* [Tesis de licenciatura, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/624201/Gamarra_SL.pdf?sequence=10&isAllowed=y

- Guevara, E. G. R., Bonilla, D. A. G., & Ospina, D. L. P. (2024). Prácticas de gestión sostenible en las cadenas de suministro. *Desarrollo Gerencial*, 16(1), 1-35. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9670665>
- Jiang, T. W., Lu, C. T., Fu, H., Palmer, N., & Peng, J. (2022). An inductive approach to identify aviation maintenance human errors and risk controls. *The Collegiate Aviation Review International*, 40(1). <https://ojs.library.okstate.edu/osu/index.php/CARI/article/view/8547>
- Law, C. C., Zhang, Y., Gow, J., & Vu, X. B. (2022). Dynamic relationship between air transport, economic growth and inbound tourism in Cambodia, Laos, Myanmar and Vietnam. *Journal of Air Transport Management*, 98, 102161. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0969699721001423>
- Loureiro, L. P. M. (2021). *Fault Analysis Methodology and Maintenance Improvement: Application to Aircraft Fleets on NetJets* (Master's thesis, Instituto Superior Técnico). https://www.researchgate.net/figure/Figura-10-Diagrama-de-pareto-en-retrasos-en-el-cumplimiento-del-mantenimiento_fig5_284984891
- Rodríguez Román, M. (2024). *Implementación de sistema de control de inventario en el servicio de despacho de materiales y suministros de la bodega de enfermería del Área de salud San Isidro de Heredia CCSS en el segundo cuatrimestre 2024* [Proyecto de graduación para optar por la licenciatura en Ingeniería Industrial, Universidad Hispanoamericana]. Universidad Hispanoamericana.
- Sistema de Gestión de la Seguridad | Administración Federal de Aviación. (s. f.). Recuperado 8 de diciembre de 2025, de <https://www.faa.gov/about/initiatives/sms/explained/components>
- Socconini Pérez Gómez, L. V. (2020). *Lean six sigma green belt*: (ed.). Marge Books. <https://elibro-net-uh.knimbus.com/es/ereader/bibliouh/172850?page=74>
- Soller, R. A. I., Ramírez, D. H. C., Sotelo, W. S. F., & Lingan, A. M. A. (2024). Gestión de cambio organizacional: Clave de éxito. *Revista Venezolana de Gerencia*, 29(12), 1620-1632. <https://doi.org/10.52080/rvgluz.29.e12.46>

Solís, A. J. C. (2025). *Cadena de suministro y logística*. Fondo Editorial de la PUCP.

Torres, N. N. G. (2025). Análisis comparativo de las teorías de transformación organizacional considerando sus enfoques teóricos, procesos de cambio, gestión de la resistencia y adaptabilidad en el contexto empresarial. *Revista Científica Empresarial Mba'apoha*, 4(1), 36-45. <https://ojs.uep.edu.py/index.php/FCE/article/download/373/300>

CAPÍTULO VIII: ANÉXOS

8.1 Tabla de duplicación de ítems

Tabla 19 Duplicación de ítems

Año	Ítems duplicados	Horas perdidas	Costo anual	Costo mensual	Pago anual de salarios por duplicar
2020	6312	9468	\$ 454 464	\$ 37 872	\$ 113 616
2021	12349	18524	\$ 889 128	\$ 74 094	\$ 222 282
2022	8249	12374	\$ 593 928	\$ 49 494	\$ 148 482
2023	8002	12003	\$ 576 144	\$ 48 012	\$ 144 036
2024	15779	23668,5	\$ 1 136 088	\$ 94 674	\$ 284 022
2025	10210	15315	\$ 735 120	\$ 122 520	\$ 183 780
Promedio			\$ 730 812	\$ 71 111	\$ 182 703

Fuente: COOPESA R.L (2025)

8.2 Imágenes del sistema

Figura 14 Add Inventory Request Detail

The screenshot shows a web form titled "Add Inventory Request Details". The form is organized into several sections:

- Inventory Request Type:** A dropdown menu with "--Select Type--" selected.
- Station:** A dropdown menu with "INT" selected.
- Stock Room:** A dropdown menu with "MAIN" selected.
- Customer:** An empty text input field.
- Quantity:** A numeric input field with "10" entered, flanked by minus and plus buttons.
- Mfg Part Number:** A text input field with "121523-06" and a "Select Part" link.
- Stock Number:** A text input field with "121523-06".
- Manual/Reference Number:** A text input field with "54434".
- Required By:** A text input field with "03/18/2024 19:22" and a calendar icon.
- Classification Code:** A dropdown menu with "--Select Type--" selected.
- Priority Code:** A dropdown menu with "AOG" selected.
- Unit Of Measure:** A text input field with "EA".
- Originator:** A text input field with "psadmin".
- Description:** A text input field with "ARM REST".
- Note:** A large text area for additional notes.

At the bottom of the form, there is a note: "Note: Either the Stock Number is required or the Mfg Part Number with a Manual/Reference Number is required." Below the note are three buttons: "Add", "Reset", and "Close".

. Fuente: COOPESA R.L (2025)

