

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**“PROPUESTA DE MEJORA EN LA GESTIÓN DE
LOGÍSTICA Y MANTENIMIENTO PARA
INCREMENTAR LA RENTABILIDAD DE UNA
EMPRESA DE TRANSPORTE DE CARGA,
TRUJILLO 2022”**

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Industrial

Autores:

Freisy del Pilar Alvarez Barboza

Elias Jose de la Cruz Chavez

Asesor:

Mg. Ing. Luis Alfredo Mantilla Rodríguez

<https://orcid.org/0000-0002-5497-4826>

Trujillo - Perú

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	Enrique Avendaño Delgado	18087740
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	Rafael Castillo Cabrera	45236444
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	Miguel Alcalá Adrianzén	17904461
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

DEDICATORIA

Freisy Alvarez:

A mis padres, Elias Alvarez y Pilar Barboza, quiénes son mi mayor motivación, y que todo el tiempo estuvieron acompañándome y dándome fuerza en todo mi proceso universitario.

A mi abuelo José Manuel Barboza que en paz descanse y sé que desde arriba estas orgulloso de que estoy logrando mis objetivos.

A mis docentes universitarios, ustedes formaron parte importante de esta historia con sus aportes profesionales que lo caracterizan. Muchas gracias por sus múltiples palabras de aliento, cuando más las necesite; por estar allí cuando mis horas de trabajo se hacían confusas. Gracias por sus orientaciones.

A ellos lo dedico, mi primer comienzo y los que tengo por realizar, logros que los pienso conseguir.

Elías De La Cruz:

Le agradezco a mis padres Heber De La Cruz y Alicia Chávez quienes son mi motor y motivo para haber llegado hasta estas instancias, dándome las fuerzas y respaldos necesarios cuando a lo largo de este proceso las cosas se truncaban.

Una dedicatoria especial para mi tía Gloria Valle y Primo Elvis Sánchez Valle que desde el cielo están muy contentos que haya podido lograr este objetivo

A ellos les dedico este logro que fija un nuevo comienzo de mi vida profesional y todas las cosas que pueda lograr de aquí hacia delante.

AGRADECIMIENTO

Ante todo, agradecemos a Dios quien es siempre que nos dio la fortaleza necesaria para poder no decaer e desistir en este largo camino que hemos tenido que recorrer.

También agradecemos a nuestros padres por habernos ayudado y no habernos dejado en los momentos complicados que tuvimos que pasar en cada uno de este ciclo universitario, siendo ellos los principales motivadores, como también nuestra principal fuente de inspiración para poder seguir adelante

Seguidamente a nuestras amistades y compañeros que nos acompañaron y estuvieron en las buenas y en las malas con nosotros, dándonos consejos, apoyo incondicional cuando se les necesito

TABLA DE CONTENIDO

JURADO EVALUADOR	2
DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTO	4
TABLA DE CONTENIDO	5
ÍNDICE DE TABLAS	7
ÍNDICE DE FIGURAS	8
ÍNDICE DE ANEXOS	9
RESUMEN	10
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	11
1.1. Realidad problemática	11
1.2. Formulación del problema	43
1.3. Objetivos	43
1.4. Hipótesis	44
1.5. Variables	44
1.6. Aspectos éticos	44
1.7. Operacionalización de variables	45
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	46
2.1. Tipo de investigación	46
2.2. Población y Muestra	46
2.3. Materiales, instrumentos y métodos de recolección de datos	46
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos	48
2.5. Procedimiento	49
CAPÍTULO III. RESULTADOS	83

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	87
REFERENCIAS	90
ANEXOS	92

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Principales flotas de transporte de carga del Perú	12
Tabla 2 Ejemplo de análisis de defectos en un calzado	37
Tabla 3 Operacionalización de variables	45
Tabla 4 Materiales, instrumentos y métodos de recolección de datos	46
Tabla 5 Instrumentos y métodos de procesamiento de datos.....	48
Tabla 6 Priorización por impacto económico	56
Tabla 7 Matriz de indicadores	57
Tabla 8 Indicadores de mantenimiento de la empresa de transporte de carga	58
Tabla 9 Costos del flete por tramo.....	59
Tabla 10 Asignación de viajes por producto a localidades del interior	60
Tabla 11 Compras reactivas	61
Tabla 12 Distancia recorrida por el camión durante el año 2021	62
Tabla 13 Asignación actual de fletes	63
Tabla 14 Sobrecostos reactivos	64
Tabla 15 Exceso de recorrido y costo de combustible.....	65
Tabla 16 Fallas e indicadores de mantenimiento del camión Donfeng	66
Tabla 17 Tiempos de falla por componente	67
Tabla 18 Plan de mantenimiento preventivo para camión Donfeng	71
Tabla 19 Asignación óptima.....	73
Tabla 20 Cotización de engrasadora.....	79
Tabla 21 Cotización de soldadora	80
Tabla 22 Cotización de racks para herramientas	81
Tabla 23 Flujo de caja	82
Tabla 24 Estado de resultados	86

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Participación de equipos en la facturación de la empresa	13
Figura 2 Mapa de zona de clientes	14
Figura 3 Fases de la metodología AMFE	20
Figura 4 Matriz de decisión	22
Figura 5 Tipos de cambio de comportamiento en razón de la capacidad	23
Figura 6 Diagrama de Pareto	35
Figura 7 Selección de causas más relevantes	37
Figura 8 Inicio del diagrama Causa – Efecto de Ishikawa.....	38
Figura 9 Causas secundarias diagrama Causa – Efecto de Ishikawa.....	39
Figura 10 Ejemplo de elaboración Diagrama Causa - Efecto.....	40
Figura 11 Procedimiento de investigación	49
Figura 12 Organigrama.....	50
Figura 13 Layout actual.....	51
Figura 14 Mapa de procesos.....	53
Figura 15 Cadena de valor.....	53
Figura 16 Diagrama de actividades actual.....	54
Figura 17 Diagrama Causa Efecto de la problemática de la empresa.....	55
Figura 18 Pareto de causas raíz de la problemática según directivos	56
Figura 19 Participación en la parada del camión, por falla de componentes	68
Figura 20 AMFE	69
Figura 21 Planeamiento del Solver.....	72
Figura 22 Solución Solver.....	73
Figura 23 Control del stock de repuestos según ABC y criticidad	75
Figura 24 Tarifas Odoos	76
Figura 25 Software Simpliroute	77
Figura 26 Cotización Simpliroute.....	78
Figura 27 Engrasadora.....	78
Figura 28 Soldadura	79
Figura 29 Racks de herramientas.....	80
Figura 30 Rampa de inspección	81
Figura 31 Rentabilidad	83
Figura 32 Resultados	83
Figura 33 Disponibilidad.....	84
Figura 34 Ganancia con la asignación de la carga a clientes	84
Figura 35 Trazabilidad	85

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Almacén de repuestos	92
Anexo 2 Visita a empresa de transportes de carga	92
Anexo 3 Interior de empresa de transporte de carga	94
Anexo 4 Productos a transportar	94
Anexo 5 Unidades de transporte.....	95

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo general aplicar la propuesta de mejora en la gestión de logística y mantenimiento de una empresa de transporte de carga en la ciudad de Trujillo mediante el uso de herramientas de ingeniería industrial para incrementar la rentabilidad de la empresa, ya sean por deficiente mantenimiento preventivo, deficiente asignación de fletes, deficiente gestión de repuestos y falta de trazabilidad de despachos. Planteado el problema, objetivos, hipótesis y variables, se hizo uso de la gestión de logística y mantenimiento, en el cual se aplicaron herramientas como plan de mantenimiento preventivo, AMFE, criticidad, Software ODOO para el cálculo del MTBF, MTTR, Solver, programación lineal, ABC, Lead Time y Software Simpliroute, dichas propuestas de mejora se aplicaron a cada una de las causas raíz que presentaba la empresa mediante el diagrama Ishikawa, enfocándose en las que tienen mayor impacto en la rentabilidad de la empresa con un total de 4. Las propuestas de mejora se basaron en la implementación de herramientas de ingeniería industrial lo que permitió eliminar o disminuir actividades que no generaban valor alguno para la empresa ocasionando insatisfacción en el cliente. Implementando dichas mejoras, se obtendría una ganancia total de S/33,536. El VAN fue S/5,685. El TIR, 74.68%; El Beneficio-Costo 1.75 y el Periodo de Retorno de Inversión (PRI), 6 meses. Además, la rentabilidad sobre ventas, subiría de 21.1% a 22.6%. Estos indicadores demuestran la conveniencia de la propuesta..

Palabras clave: AMFE, programación lineal, MTBF, transporte de carga, kanban.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

En épocas muy remotas, la creciente necesidad de trasladar mercancías fue atendida con el empleo de animales como fuerza motora. Los perros en un primer momento y animales de mayor tamaño con el paso del tiempo se convirtieron en elementos imprescindibles en el transporte terrestre. Posteriormente, aparecieron los carros tirados por caballos y las diligencias, que ayudaron en el intercambio de todo tipo de materias primas y productos manufacturados siguiendo rutas comerciales (Moldtrans, 2017).

En la Unión Europea, el sector del transporte genera el 10% del PBI. El 44% del transporte de mercancías se mueven por carreteras; el 41% utiliza las rutas marítimas; el 8% se traslada por tren y el 4% por vías navegables.

En España, 573.475 compañías están relacionadas con esta industria. La demanda de conductores profesionales es superior a la oferta. Cada vehículo recorre unos 13.107 km al mes en transporte internacional más, unos 9.901 km en el ámbito nacional (Mecalux, 2018)

En Estados Unidos de Norteamérica, existen 360 mil empresas de transporte, que emplean a más de nueve millones de trabajadores, 3,3 millones de estos, son choferes. Hay más de 15,5 millones de camiones en sus carreteras, incluidos 1,9 millones de camiones con remolque. Uno de cada 10 conductores de camiones es independientes y la mayoría son dueños de sus propios equipos (Baer, 2018)

En Perú, operan alrededor de 400,000 camiones de transporte pesado. Según el INEI, en mes de diciembre de 2021, este sector, experimento una reducción de 1.1%, respecto al mismo período del año anterior, por el descenso en la demanda del servicio de este tipo transporte en los sectores minería e hidrocarburos y construcción., por menor ejecución de obras en los tres niveles de gobierno, generando poca demanda de este tipo de vehículos para la comercialización y distribución de sus productos (INEI, 2022)

Tabla 1
Principales flotas de transporte de carga del Perú

ORDEN	RAZON SOCIAL	FLOTA
1	RACIONALIZACION EMPRESARIAL SA	1193
2	TRANSPORTES RODRIGO CARRANZA S.A.C.	972
3	RENTING S.A.C.	935
4	TRANSALTISA S.A.	837
5	CONSTRUCCION Y ADMINISTRACION S.A.	686
6	UNION DE CONCRETERAS S.A.	629
7	TRANSPORTES 77 S.A.	587
8	SAVAR AGENTES DE ADUANA S.A.	560
9	INDUAMERICA SERVICIOS LOGISTICOS S.A.C.	503
10	RANSA COMERCIAL S A	460

Fuente. MTC - DGTT

La pequeña empresa de transportes, donde se desarrolla la presente tesis, está ubicada en el distrito de Trujillo y fue fundada el año 2020.

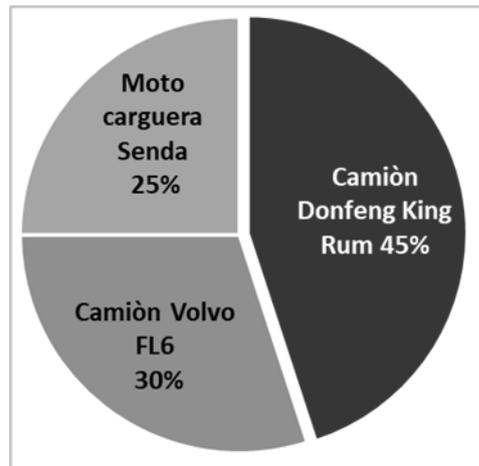
Tiene dos áreas de negocio. El movimiento de tierras y el transporte de mercadería.

Para el movimiento de tierras emplea una moto carguera Senda, de 1.5 ton de carga. Este servicio le es solicitado, principalmente, por constructores, para la nivelación de terrenos y retiro de desmonte.

El transporte de mercadería, lo realiza con 2 unidades. Un camión de 10 ton, marca Volvo FL6, del año 1994, con el que presta servicio de acopio a una agroindustria de la zona y otro, de la misma capacidad, pero más nuevo, del 2011, marca Donfeng King run, que lleva mercadería a la zona minera de la sierra liberteña, básicamente cerveza de diferentes marcas; azúcar y arroz y como parte de su logística inversa, retorna los envases vacíos, producto de sus entregas y de otros proveedores.

Esta última unidad de transporte, es la que genera mayores ingresos a la empresa. El 45% de la facturación es propiciada por este camión Donfeng. Por esta razón, se ha decidido estudiar las oportunidades de mejora y estructurarlas en una propuesta de mejora en la rentabilidad.

Figura 1
Participación de equipos en la facturación de la empresa



Este camión de la empresa, está en constante actividad, con sus clientes andinos, de La libertad y Cajamarca.

Llacuabamba, pertenece al distrito de Parcoy, provincia de Pataz, departamento de La Libertad, a 358 Km de Trujillo. Gran parte de sus habitantes han migrado de otras ciudades, tan lejanas como Lima, Cuzco, Puno, Ayacucho debido al trabajo que se deriva de la minería.

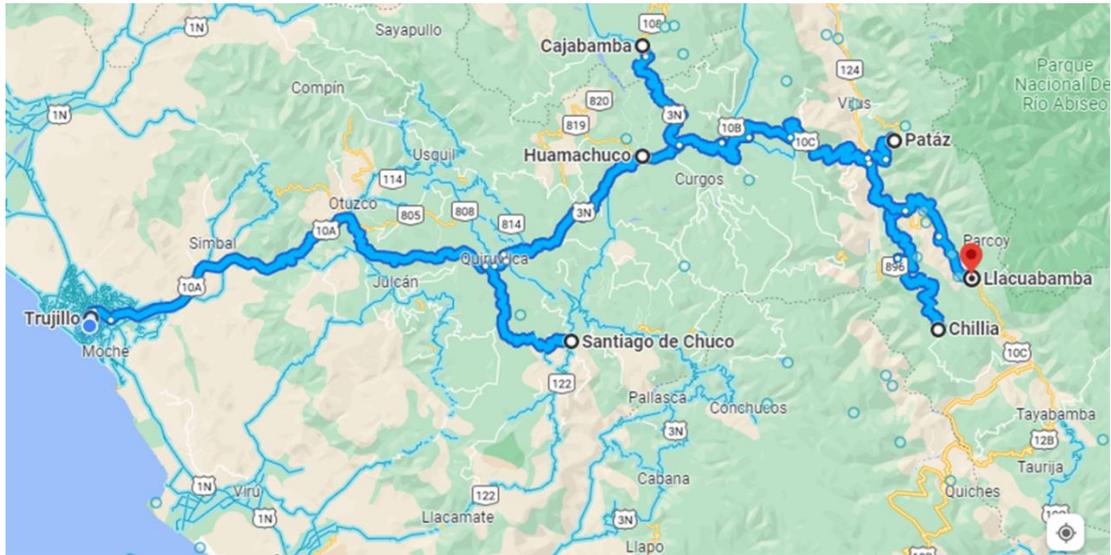
Chillia es uno de los trece distritos de la provincia de Pataz, limita por el oeste con el departamento de Áncash, que lo separa el Marañón. Está ubicada a 403 Km de Trujillo y su topografía, al igual que el del anterior destino, es accidentada.

Huamachuco , capital de la provincia de Sánchez Carrión ,en el departamento de La Libertad. Está situada a 184 Km de Trujillo, a 3,269 msnm.

La provincia de Cajabamba, pertenece a Cajamarca, limita al norte con la provincia de San Marcos; al este y al sur con La Libertad y al oeste, con la provincia de Cajamarca. Está situada a 227 Km de Trujillo.

Santiago de Chuco es la capital de la provincia del mismo nombre y se sitúa a 165 kilómetros al este de la ciudad de Trujillo.

Figura 2
Mapa de zona de clientes



Fuente. Google Maps

La empresa tiene compromisos con sus clientes, desde mucho tiempo y siempre busca honrarlos.

Según Cofide, en el medio rural, las transacciones financieras son semi formales en 44%, que se acogen al Régimen Simplificado de Pago, RUS y la principal fuente de financiamiento para lo micro empresarios, son instituciones financieras no bancarias. Por cuestiones culturales, los negocios se manejan, con tolerancias en fechas y se acostumbra conceder rangos en los tamaños de lotes y en las frecuencias de compra, pero por norma, se honra la confianza y la palabra empeñada entre comprador y vendedor.

En este entorno, el año 2021, se hicieron 149 viajes a destinos variados y se obtuvo una ganancia de S/86,200. Afectó este resultado, la deficiente asignación de los fletes. Cada ruta tiene un precio y margen de utilidad distinto, en función de la distancia y tiempo del viaje. Este proceso es realizado empíricamente.

También afectó la rentabilidad, el hecho que la disponibilidad del camión, fue solo 85.7%, estando ocupado 257 días de un total de 300 días disponibles en el año.

Continuas reparaciones, necesarias por lo agreste de las carreteras que transita y el mantenimiento, solo correctivo e insuficiente que aplican, se condice con los registros de tiempo medio entre fallas - 462 horas - y un tiempo medio de reparación de 77 horas.

A veces se presentan contratiempos en la ruta, principalmente por cuestiones climáticas, que causan retrasos justificados. El riesgo de asalto y robo de mercadería, es de consideración.

Pero, también se escucha que los choferes suelen incurrir en deshonestidad o en malas prácticas, como realizar informalmente otros servicios de transporte o, prolongadas paradas no programadas y luego recuperar el tiempo, desplazándose a mayor velocidad, poniendo en riesgo su integridad y la de la carga y estando proclive a multas, impuestas por la policía de carreteras. Además, de incrementar el consumo de combustible y deterioro de la unidad.

Un mal manejo afecta seriamente el rendimiento del vehículo. Las aceleradas bruscas desperdician gasolina hasta en un 5% cuando se conduce en la ciudad y hasta un 33% cuando se está en carretera (Alvarado, 2018)

El año pasado, la falta de trazabilidad del recorrido del camión, hacia el interior de la región, ocasionó dudas. Esta unidad recorrió teóricamente 66,554 kilómetros, pero la falta de trazabilidad, no permite explicar claramente la razón por la cual, el marcador de kilometraje del panel del camión, registra 6% de recorrido en exceso, con un sobre costo de S/10,322.

La empresa mantiene un inventario de repuestos, muchos de los cuales adquiere directamente de proveedores de Lima y que le permite ahorrar costos, respecto a compras locales.

Este inventario, no se gestiona técnicamente. No están priorizados por su costo y criticidad, ni tienen definido el stock mínimo ni el tiempo de pedido. Algunos no tienen movimiento y ocupan inútilmente, espacio en su pequeño almacén, mientras que otros, sufren de rotura de stock, obligando al mecánico a salir con urgencia, a buscar el repuesto, postergando la puesta en marcha del camión y pagando sobrepagos al proveedor local. Esto puede explicar el motivo del prolongado lapso que demora la reparación, MTTR.

También, amparados en este aparente descontrol, se han presentado casos de deshonestidad con algunos repuestos.

El año de estudio, se incurrió en compras reactivas, con un sobre costo de S/1,950, equivalente al 11% de las compras para esta unidad de transporte de la empresa.

No es frecuente que los choferes incumplan sus compromisos laborales, salvo por enfermedad. En pandemia se dieron algunos casos, que fueron subsanados, recurriendo

a choferes sustitutos, experimentados, pero con una remuneración más alta. En promedio 45% más costosa.

El año pasado, se registró una ausencia de 36 días de los choferes. El sobrecosto fue S/1,166.

1.1.1. Antecedentes

Antecedentes internacionales

Gómez (2019) en su tesis “Propuesta de implementación de un plan de mantenimiento preventivo en el taller de metalmecánica de la empresa ensamblajes S.A.”, producida por la Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador, propone una solución para minimizar las paradas en los procesos y prolongar la vida útil en las máquinas del taller de metalmecánica de la empresa Ensamblajes S.A, consiguiendo con ello reducir los costos que se generan por paradas y por mantenimientos correctivos. Mediante la observación directa de las condiciones actuales de las máquinas, se determinó que existe pérdidas por paradas en las máquinas y tiempos improductivos, dichas pérdidas son de \$114,048 anuales, debido a la ausencia de un plan de mantenimiento preventivo. Con la propuesta de implementar este plan basado en un conjunto de tareas de mantenimientos a cada parte de las máquinas se reducirán las paradas y por ende las pérdidas, con una inversión de \$6,685 anuales, en materiales y repuestos la empresa mantendrá en buen estado las máquinas, llevará un mejor control en los costos por mantenimientos correctivos, mejorará el rendimiento de los procesos operativos y podrá entregar a tiempo los pedidos de los clientes lo que le generará utilidades.

Cárdenas, Bocanegra y Moreno (2019) en su tesis “Propuesta mejora del plan de mantenimiento para una empresa de transporte público”, producida por la Universidad ECCI, Bogotá, Colombia, propone una mejora al plan de mantenimiento de una flota de buses del Servicio Integrado de Transporte Masivo, basados en un procedimiento de RCM, donde a través de un AMEF se evidenciaron las fallas más críticas de los elementos y sistemas de los buses del segmento Clase I en la ciudad de Bogotá, específicamente los buses Clase I con capacidad de 20 a 30 pasajeros con radio de acción urbano, que actualmente presentan fallas funcionales que generan retornos a los talleres por varadas y mantenimientos correctivos que generan incremento en los costos de mantenimiento y a los índices de insatisfacción en los clientes.

Antecedentes nacionales

Cueva y Medina (2019) en su tesis “Diseño de un sistema de gestión de almacén e inventarios para reducir los costos operativos en el área del almacén de CCA-PERÚ SAC Cajamarca 2018”, producida por la Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú, menciona que dicha empresa en la cual se realiza la investigación muestra el mal manejo en operaciones como lo es la gestión de inventarios, dando como resultado muchos costos en stock, los cuales no se utilizan, así que se decide se utilizará la clasificación ABC por costos, según su rotación y según su tiempo de espera. Como resultado de esta propuesta de mejora se puede afirmar que es técnica y económicamente factible, tomando en cuenta el valor actual neto (VAN) que es de S/. 515 ,474.99, el cual es mayor a cero (0) demuestra que esto generará beneficios económicos mayores al retorno del capital invertido y a su vez la tasa interna de retorno (TIR) con un 55% demuestra que esta inversión es aconsejable puesto que esta supera al valor de la tasa base (COK), siendo esta 10%.

Terrones (2018) en su tesis “Mejora del sistema de gestión de inventarios para reducir costos operativos de la empresa Autonort Cajamarca S.A.C 2018”, producida por la universidad Cesar Vallejo, Cajamarca, Perú, menciona que la empresa ya mencionada no cuenta con un control adecuado de inventarios, teniendo así sobrestocks, desorden en el almacén y faltantes, donde a través de la implementación de un sistema ABC y 5S la empresa se vio beneficiada en un total de S/. 23,416.25 mensuales, el costo por llevar a cabo la mejora fue de S/. 10,417.90 y se determinó que por cada sol que la empresa invierte, se favorece en 1,24 soles.

Antecedentes locales

Villanueva (2020) en su tesis “Propuesta de mejora en la gestión de mantenimiento y logística para incrementar la rentabilidad de una empresa de transporte de carga en la ciudad de Trujillo”, producida por la Universidad Privada del Norte, Trujillo, Perú, tuvo como objetivo determinar el impacto de la propuesta de mejora en la gestión de mantenimiento y logística, para incrementar la rentabilidad de una empresa de transporte de carga en la ciudad de Trujillo. Se analizó la situación actual de la empresa y se diagnosticaron deficiencias en la gestión de mantenimiento y logística. Se identificaron las causas raíz que influyen en la rentabilidad de la empresa: Falta mantenimiento preventivo, chacras muy dispersas, falta cálculo económico de compras, deficiente gestión de stock, falta de

compromiso de proveedores, falta buenas condiciones laborales. Por esta problemática, la empresa tuvo una pérdida de S/25,015 el año pasado. Se propone la implementación de herramientas y métodos de la ingeniería industrial para hacer frente a esta problemática. Se desarrollan herramientas de gestión de mantenimiento cuyo producto es un plan de mantenimiento preventivo; ingeniería de métodos, con el fin de lograr un mejor abastecimiento a través del método de Weber; simulación a través de *Solver*; investigación de operaciones con la clasificación ABC de los repuestos para actividades de mantenimiento; y la gestión de recursos humanos, con el fin de mejorar el clima organizacional. La inversión total para la implementación de esta propuesta es de S/27,000. Tras el análisis económico y financiero, se determina que es una propuesta viable, considerando un VAN de S/ 6,150, una Tasa Interna de Retorno de 40.09%, un PRI de 8 meses y una B/C de 1.96.

Flores, R. y Flores, N. (2017) en su tesis “Propuesta de mejora en el área de logística para reducir los costos operativos generados en los almacenes de la empresa carrocería Metalbus S.A.”, producida por la Universidad Privada del Norte, Trujillo, Perú, tuvo como objetivo general reducir los costos operativos generados en los almacenes de la empresa carrocería, aplicando propuestas de mejora en el área logística. Las propuestas de mejora se basaron en la implementación de MRP, Gestión de stocks, capacitación, un kárdex, layouts, un programa de 5S y un Manual de organización de funciones; lo que permitió eliminar o disminuir sobrecostos además de demoras en la entrega de buses, ocasionando penalidades e insatisfacción del cliente. Es así que, implementando dichas mejoras, se logró un ahorro total de costos operativos de S/. 97,781.59, con una mejora del 97.01% de la pérdida económica de la empresa. El VAN fue de S/. 1,945,676.87, el TIR fue de 79%, y el B/C fue de 1.25.

1.1.2. Bases Teóricas

a. AMFE o Análisis de Modos de Fallo y Efectos

El AMFE es una metodología que ayuda a estimar y predecir los fallos que puede tener un producto que está en fase de diseño, con la finalidad de incorporar, desde el inicio, los componentes y funciones del producto que garanticen su fiabilidad, seguridad y el cumplimiento de los parámetros de las funciones que los clientes exigirán de ese nuevo producto.

AMFE ayuda a reducir el tiempo y el coste del desarrollo de un producto, proceso o servicio. Ayuda en el análisis preventivo de los fallos potenciales más probables que puede tener un producto, sus sistemas o una funcionalidad de éste. La ocurrencia de fallos genera una serie de sobre costes en el producto como pueden ser pérdida de rendimiento o la parada imprevista de cualquiera de las funciones del producto diseñado o analizado, ocasionando reclamaciones de los clientes.

AMFE también es utilizado por empresas fabricantes durante las fases del ciclo de vida del producto para resolver reclamaciones de productos o gamas de productos que pierden su competitividad frente a otros que tienen un mejor diseño y mejores especificaciones.

De forma más específica AMFE tiene como objetivos:

- Reducir los plazos y aumentar la eficacia de los proyectos de desarrollo de nuevos productos y mejorar los productos actuales, porque predice cuáles pueden ser los fallos potenciales que se pueden producir en un futuro, en la fabricación o durante las operaciones, simulando durante el diseño las causas probables de los modos de fallos y cuáles pueden ser las acciones correctivas.
- Analizar y evaluar la eficacia de las acciones adoptadas, establecer un proceso de mejora continua alrededor de la mejora de la calidad de los productos.
- Familiarizar y educar al personal en el trabajo en equipo durante el diseño, con el fin de que sean ellos mismos quienes prevean los fallos, identifiquen las causas probables, propongan acciones preventivas en el diseño y valoren los resultados en fases posteriores al diseño.

Tipos de AMFE

Las aplicaciones AMFE pueden ser utilizadas para:

- Concepto: Análisis de sistemas o subsistemas en las fases iniciales y antes del diseño.
- Diseño: Análisis de productos antes del prototipo y pre-series y antes de su producción.
- Proceso: Análisis de los procesos de fabricación y montaje.

- Máquinas y Equipos: Análisis de productos, maquinaria y equipos para mejorar su eficacia y calidad.
- Sistema: Análisis del sistema y sus funciones específicas.
- Software: Análisis de las funciones del software.
- Servicio: Análisis de los procesos del sector servicio antes de que sean puestos en marcha y el impacto de los fallos probables sobre el cliente o consumidor.

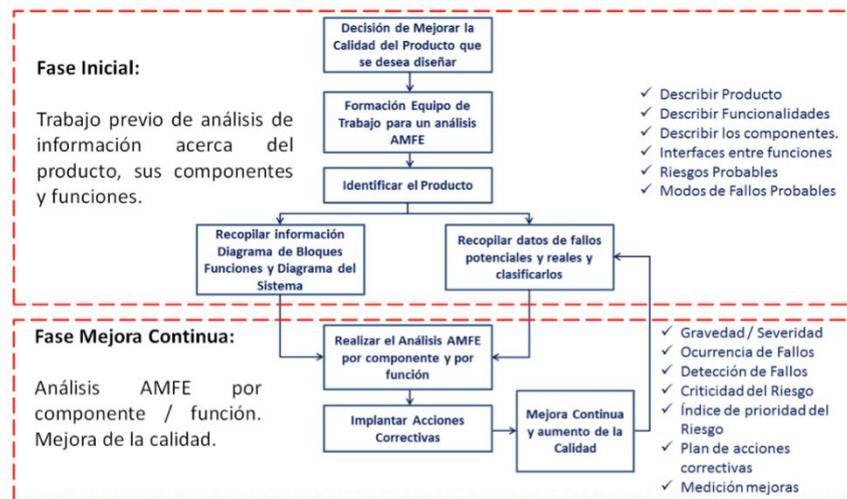
Fases de la Metodología AMFE aplicada a diseñar un nuevo producto o mejorar uno existente

El proceso de análisis de modos de fallos es un proceso de mejora continua que busca la excelencia en la calidad de los productos, por tal motivo se debe estructurar con la finalidad de hacer tantos análisis como sean necesarios para mejorar los indicadores de calidad del producto.

Las fases de la Metodología AMFE se representan a continuación:

Figura 3

Fases de la metodología AMFE



Fase Inicial: Trabajo previo de recolección y análisis de la información del producto o proceso:

Para comenzar, es necesario describir el producto, el sistema y sus funciones, ya que un buen entendimiento del mismo simplifica su análisis. De esta forma el equipo de trabajo puede comprobar que usos del producto son adecuados y cuáles no. Seguidamente debe crearse un Diagrama de Bloques del Producto. Este diagrama ofrece una visión general de los principales componentes y

funciones, y cómo éstos están relacionados entre sí. Esto recibe el nombre de relaciones lógicas alrededor de las cuales puede desarrollarse un AMFE.

Posteriormente se elabora la Matriz AMFE y así responder a las siguientes preguntas que se realizan sobre el producto que se desea mejorar o diseñar:

¿Cuál es el componente o pieza del componente que creemos podrá fallar?

¿Cuál es la función que vamos a analizar?: Establezca las funciones prioritarias a analizar. Una a Una.

Modos de fallo: Es la forma en que se produce el fallo. Suele responder a la pregunta: ¿Cómo se produjo el fallo? Modos de fallo típicos: Rotura – Deformación – Fuga – Cortocircuito – etc.

Causas potenciales de fallo: Son todas las causas asignables a cada modo de fallo. Ejemplos: Material incorrecto – Manipulación inadecuada – componentes deficientes – programas deficientes – funciones no incluidas en el diseño – otras causas.

¿Cuáles son los Modos de fallos potenciales?: Es cada modo de fallo posible, sin ser necesario que el fallo haya podido ocurrir realmente. Suele responder a preguntas como:

¿En qué forma se concibe que podría fallar el componente, producto o proceso?

¿Cómo podría el componente dejar de cumplir las especificaciones y sus funciones?

Modos de fallo potenciales pueden ser: Roto, Torcido, Suelto, Mal montado, Omitido, entre otros fallos.

¿Cuáles son los efectos que el cliente percibe frente a cada fallo?: Cómo se traduce un fallo sobre el cliente en el caso de que el fallo ocurra: Ruidos – Olores – Humo – Excesivo calentamiento – Partes que no funcionan – Pérdida de Función, etc.

Después, se procede a cualificar y cuantificar cada Función evaluada y el Modo de Fallo, colocando un valor entre 0 – 9 para las siguientes variables:

SEVERIDAD (S): Determinar la Severidad del Fallo y sus efectos, también llamada “Gravedad”.

OCURRENCIA (O): Determinar la Ocurrencia del Fallo y sus efectos.

DETECCIÓN (D): Determinar los criterios y pruebas para la detección de Fallos y sus efectos.

CRITICIDAD: Criticidad de los Modos de Fallos y sus efectos.

Las conclusiones del AMFE nos permiten tomar las acciones correctivas y preventivas sobre el diseño del producto para aumentar la fiabilidad y la seguridad del mismo. Las conclusiones del AMFE y las acciones correctivas para eliminar los modos de fallos, se organizan según los criterios de esta matriz de decisión:

Figura 4

Matriz de decisión

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

Un criterio para llevar a cabo Acciones Correctivas de un producto o sus procesos asociados son:

- Conclusiones con un riesgo menor, de severidad baja, ocurrencia baja y ningún problema de calidad no se toma acción alguna y se entiende que el diseño es robusto.
- Conclusiones con un riesgo moderado, alguna acción de control se debe tomar.
- Conclusiones con un alto riesgo, acciones específicas se deben tomar. Se realiza una evaluación selectiva para implantar las mejoras específicas por orden de prioridad sobre componentes y/o funciones del producto.
- Conclusiones con un riesgo crítico, se deben realizar cambios significativos del sistema, modificaciones en el diseño y mejora de la

fiabilidad de cada uno de los componentes que se han identificado para el producto.

La Metodología AMFE nos permite anticiparnos a los posibles fallos que un nuevo producto pueda tener, por lo tanto, es una herramienta eficaz que incorpora los principios de mejora continua del diseño y las mejoras enfocadas sobre los productos y la gama de productos que una empresa industrial tiene previsto lanzar al mercado en el corto y mediano plazo.

b. Capacitación

Según Chiavenato (2011) La persona, por medio de la capacitación y el desarrollo asimila información, aprende habilidades, desarrolla actitudes y comportamientos diferentes y elabora conceptos abstractos. La mayor parte de los programas de capacitación se concentra en transmitir al colaborador cierta información acerca de la organización, sus políticas y directrices, las reglas y los procedimientos, la misión y la visión organizacionales, sus productos/servicios, sus clientes, sus competidores, etc. La información guía el comportamiento de las personas y las vuelve más eficaces. Otros programas de capacitación se concentran en desarrollar las habilidades de las personas a efecto de capacitarlas mejor para su trabajo. Otros más buscan el desarrollo de nuevos hábitos y actitudes para lidiar con los clientes internos y externos, con el trabajo propio, con los subordinados y con la organización.

Figura 5

Tipos de cambio de comportamiento en razón de la capacidad



Fuente. Chiavenato, I. (2011).

Por otra parte, la capacitación del personal debe comenzar después de la inducción, capacitar es proporcionar a los empleados las habilidades que necesitan para realizar su trabajo, realizar la capacitación del personal es una de las bases de una buena administración que los gerentes siempre tienen que tener en cuenta, este es un proceso cíclico y continuo que consta con cuatro etapas:

- 1. Inventario de necesidades a satisfacer:** Consiste en realizar un inventario de todas las carencias o necesidades de capacitación que deben ser satisfechas por la empresa.
- 2. Diseño del programa:** Se desarrolla el programa de capacitación que se encargará de satisfacer todas las necesidades de capacitación inventariadas por la empresa.
- 3. Aplicación del programa de capacitación:** Se ejecuta y dirige el programa de capacitación, con la finalidad de satisfacer todas las necesidades de capacitación inventariadas por la empresa.

Evaluación de los resultados: Se evaluará los resultados obtenidos tras la aplicación del programa de capacitación.

c. Clasificación ABC

Zuluaga, Gallego y Urrego (2011) argumentan que esta clasificación sugiere que los ítems sean ordenados dependiendo del criterio de rotación, utilización anual o según sus costos. Asimismo, otros criterios para su clasificación pueden ser: por valor total, por precio unitario y por aporte de utilidades en la empresa.

El modelo de clasificación ABC cuenta con una gran utilidad con relación al estudio de la cadena de valor agregado, puesto que no muestra las actividades que cuentan con valor y las que no, y a su vez también está relacionado con el incremento de los costos. (Morillo, 2005).

Diversas organizaciones por necesidad de la optimización de proceso se ven forzadas a la implementación de este modelo por medio de una buena gestión estratégica, la cual ayuda a organizar y utilizar correctamente los recursos para ocasionar adecuadas decisiones, dando así facilidad de adecuarse al modelo (Cherres, 2010).

El método ABC muestra una regla de 80/20, conocida a su vez como ley del menos significativo, la cual representa una relación entre el valor menor, 20% de valor artículos de un 80% del inventario y el 80% de artículos con valor del

20%, siendo útil para la operación del inventario y la respectiva toma de decisiones. Se establecen tres categorías para el desarrollo del método ABC, estos se encargan de clasificar los productos de acuerdo a la prioridad que cada uno represente, dándose así que los de mayor importancia, Artículos A; importancia secundaria, Artículos B y de menor importancia, Artículos C. La identificación de artículos con mayor y menor importancia, con cada uno a los extremos de las categorías viene a ser de gran importancia por lo cual, las clases según su número o cantidad es variable, como también el porcentaje de cada una de estas. Vilfredo Pareto se lo planteo la idea anterior con el fin de darle la mayor atención a través de acciones por parte de la organización, a lo que tiene mayor importancia según la rotación del inventario. (Fucci, 1999).

d. Logística

Actualmente, la gran preocupación de las organizaciones radica en tener inventarios exactos en sus almacenes. Esta intranquilidad hace que muchos profesionales se enfoquen únicamente en lo que tienen almacenado y dejen de lado el control sobre el flujo de entrada de mercadería (Vargas, 2015)

Ante esta problemática existen diversas técnicas que una empresa puede emplear para adquirir la cantidad de inventario necesario que a su vez le permita alcanzar y/o superar el target de ventas trazado. Aquí, resulta importante señalar que estas técnicas se pueden realizar independientemente del giro de negocio, el tamaño de facturación, la naturaleza de la empresa o su localización (si es local o internacional). (Vargas, 2015)

Dentro de las opciones que tiene una empresa para controlar su inventario, la reposición en base a mínimos y máximos se constituye como una buena alternativa. La razón de su éxito se debe a que este método es efectivo cuando nos referimos a productos como repuestos, materiales, partes y componentes del sector industrial, donde los parámetros de consumo están claramente establecidos, y normalmente el pedido máximo responde al consumo promedio semanal o mensual de determinado producto (Vargas, 2015)

Otra forma de controlar los inventarios responde a lo estipulado en el presupuesto. Así, se compra y se consume en base a lo presupuestado. Sin embargo, esto puede generar pérdidas en las ventas por la aparición de pedidos no considerados o

coyunturas comerciales donde el pico de ventas llega a su máxima expresión (Vargas, 2015)

Una tercera alternativa, y acaso la técnica más empleada y que presenta mejores resultados, es el trabajo con Pronósticos de Demanda, que es básicamente un sistema de previsión de un hecho futuro que por su naturaleza es incierto y aleatorio (Vargas, 2015)

Dentro de las variables representativas a considerar para la generación de pronósticos se contempla a los siguientes aspectos:

- **Histórico de Consumo o de Ventas:** Permite considerar una tendencia de movimiento de los productos, la misma que puede ser lineal, potencial, logarítmica o sin tendencia. Esta información es muy importante cuando se utilizan modelos de pronósticos que dan prioridad o un determinado peso a esta información. No obstante, se tiene que tener presente que la información del histórico es no siempre marca la tendencia futura de consumo y/o venta (Vargas, 2015)
- **Inventario Actual (On Hand):** Es información trascendental, de primera mano, debido a que se debe de pronosticar considerando aquello que tienen las empresas en stock, ya que el objetivo es emplear el mismo (Vargas, 2015)
- **Pedidos Pendientes por Llegar (On Order):** Son aquellos productos que aún no llegan pero que una vez en almacén, o están destinados para atender un pedido o simplemente han sido adquiridos como reposición de stock. Si la premisa es reducir el inventario, esta información tiene que ser considerada finalmente (Vargas, 2015)
- **Stock de Seguridad (SS):** Es necesario considerarlo ya que no en toda empresa existen productos críticos, que no necesariamente los vas a conseguir por medio de una Orden de Compra Abierta dado el monto y volumen de la misma o porque el fabricante no cuenta con representación nacional en el territorio. Se tiene que tener en cuenta que el Stock de Seguridad (SS) está en función al consumo y/o venta $SS=f(\text{Venta o Consumo})$. No es un porcentaje o cantidad fija inamovible en los almacenes (Vargas, 2015)
- **Cobertura de Inventario:** Se encuentra condicionada por la política de la empresa (niveles de ventas o presupuesto o disponibilidad de efectivo, etc). Es

una variable considerada en muchos pronósticos ya que es el determinante entre comprar o no (Vargas, 2015)

- **Back Order y Back Log:** Son variables que de por sí guardan similitud ya que la primera representa los pedidos no atendidos a punto de vencer y la segunda los ya vencidos. Son determinantes al momento de realizar los pedidos debido a que una vez que contemos con inventario, el mismo puede desaparecer debido a que no se ha considerado ningún Back (Vargas, 2015)
- **Lead Time (LT) de los proveedores:** Marcan la pauta al momento de la reposición. Si el mismo es de 60 días, más 20 días de tránsito debido a que es una importación, tiene que considerarse esta información al momento de calcular el pronóstico. La idea es contar con la mercadería a tiempo sin incurrir en pérdida de consumo y/o ventas (Vargas, 2015)
- **Previsión de ventas del área Comercial:** Es un input muy importante al momento de generar los pronósticos debido a que es el target que el área comercial estima que puede alcanzar. No podemos dejar de lado esta información debido a que es la fuerza de ventas la que tiene contacto directo con los clientes, siendo información fresca, de primera línea (Vargas, 2015)

Respecto a la Gestión de Logística, es la gobernanza de las funciones de la cadena de suministro. Las actividades de gestión de logística típicamente incluyen la gestión de transporte interno y externo, la gestión de flotas, el almacenamiento, la manipulación de materiales, el cumplimiento de órdenes, el diseño de redes logísticas, la gestión de inventario, la planificación de oferta/demanda y la gestión de proveedores de logística externos (García, 2016). Contempla subprocesos logísticos como:

- **Gestión de inventarios,** es la administración adecuada del registro, compra y salida de inventario dentro de la empresa. La correcta gestión de inventarios permite ofrecer una alta disponibilidad de productos al cliente manteniendo bajos los costos de inventarios (Carreño, 2011)
- **Gestión de almacenamiento:** función logística que trata la recepción, almacenamiento y movimiento dentro de un mismo almacén hasta el punto de consumo de cualquier material – materias primas, semielaborados, terminados, así como el tratamiento e información de los datos generados El mantenimiento

de inventarios supone costos, pero también puede generar beneficios y ahorros (Carreño, 2011)

- **Gestión de compras:** Su fin es asegurarse de contar con los mejores proveedores para abastecer los mejores productos y servicios, al mejor valor total. Compras es el área funcional de la empresa encargada de adquirir los materiales necesarios para las operaciones de la empresa, en la cantidad necesaria, en el momento y lugar precisos, de la calidad adecuada y al precio más conveniente. (Carreño, 2011)
- **Gestión de transportes:** es la gestión logística que se encarga de la elección del medio o los medios de transporte a utilizar y la programación de los movimientos a emplear (García, 2016).
- **Punto de reposición:** El punto de reorden es la cantidad mínima de existencia de un artículo, de modo que cuando el stock llegue a esa cantidad, el artículo debe reordenarse. Este término se refiere al nivel de inventario que activa una acción para reponer ese inventario en particular (Sánchez, 2016). Su fórmula es la siguiente:

$$ROP = dL$$

Ecuación 1. Punto de reposición

Donde:

d: Demanda diaria

L: Lead time

- **Rotación de inventarios:** La rotación de Inventarios es el indicador financiero que permite conocer el número de veces en que el inventario es realizado en un periodo determinado. La rotación de inventarios permite identificar cuántas veces se convierte el inventario en dinero o en cuentas por cobrar (se ha vendido). Con ello determinamos la eficiencia en el uso del capital de trabajo de la empresa. Entre más se rote el inventario, más rápido se realiza el dinero invertido en ellos, lo que permite un mayor retorno o rentabilidad en la inversión (Gerencie, 2020)

e. Mantenimiento

Gestión

Se denomina gestión al correcto manejo de los recursos de los que dispone una

determinada organización, aplicada a un sistema técnico y social cuya función básica es crear bienes o servicios que contribuyan a elevar el nivel de vida de la humanidad (García Garrido, 2003)

¿Qué es el mantenimiento?

Se entiende por mantenimiento a la función empresarial a la que se encomienda el control del estado de las instalaciones de todo tipo, tanto las productivas como las auxiliares y de servicios. En ese sentido se puede decir que el mantenimiento es el conjunto de acciones necesarias para conservar o restablecer un sistema en un estado que permita garantizar su funcionamiento a un coste mínimo (García, 2003)

Normas respecto al mantenimiento

- **Seguridad**

Para cualquier responsabilidad de mantenimiento es básico conocer la ley N° 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo, que establece una clara preponderancia de los aspectos preventivos en materia de seguridad e higiene frente a una actuación asistencial (García, 2003).

- **Medio Ambiente**

El mantenimiento es el proceso mediante el cual se asegura la fiabilidad de los equipos y donde se ejecutan el mayor número de actividades que pueden ocasionar daños al medio ambiente, por lo tanto, la protección del medio ambiente se debe ser integrada a los procesos donde se originan los impactos. El efecto ecológico del mantenimiento se garantiza mediante la gestión eficaz y eficiente de este y su mejoramiento continuo dentro de un sistema de gestión ambiental (SGA).

Tipos de Niveles de Mantenimiento

Mantenimiento Preventivo

El mantenimiento preventivo puede definirse como la programación de actividades de inspección de los equipos, tanto de funcionamiento como de limpieza y calibración, que deben llevarse a cabo en forma periódica con base en un plan de aseguramiento y control de calidad. Su propósito es de prevenir las fallas, manteniendo los equipos en óptima operación. (García, 2003).

El mantenimiento preventivo se lleva a cabo para asegurar la disponibilidad y confiabilidad del equipo. La disponibilidad del equipo puede definirse como la

probabilidad de que un equipo sea capaz de funcionar siempre que se le necesite. La confiabilidad de un equipo es la probabilidad de que el equipo esté funcionando en el momento. (Duffuaa, Raouf, y Campbell, 2000).

Ventajas del mantenimiento preventivo:

- Disminuir el número de paradas realizando varias reparaciones en un solo paro de la máquina.
- Aprovechar el momento más oportuno sin interferir en el proceso de producción para realizar mantenimiento.
- Evitar averías mayores producidas por pequeños fallos provocados con el paso del tiempo. (Rey, 2001)

Mantenimiento Correctivo y de Emergencia

Es el conjunto de tareas destinadas a corregir los defectos que se van presentando en los distintos equipos o máquinas mecánicas y que son reparadas cuando se presente ante una falla o avería (Paéz, 2011)

Mantenimiento Predictivo

Es el que persigue conocer e informar permanentemente del estado y operatividad de las instalaciones mediante el conocimiento de los valores de determinadas variables, representativas de tal estado y operatividad. Para aplicar este mantenimiento es necesario identificar variables físicas (temperatura, vibración, consumo de energía, etc.) cuya variación sea indicativa de problemas que puedan estar apareciendo en el equipo. Para este tipo de mantenimiento es más tecnológico, pues requiere de medios técnicos avanzados y de fuertes conocimientos matemáticos, físicos y técnicos. (García, 2003)

Costos de Mantenimiento

El costo de las reparaciones es una parte más del precio final del producto. Independientemente de la buena o mala gestión del mantenimiento, siempre será un gasto que debemos asumir. El costo de mantenimiento debe ser lo más bajo posible. A estos costos de mantenimiento lo podemos dividir en:

- Costos fijos: son independiente del volumen de producción y ventas, asegurando el buen estado del equipo a medio plazo.
- Costos Variables: son proporcionales a la producción realizada, consiste en la mano de obra y los materiales necesarios para el mantenimiento.

- Costos financieros: son dependientes del valor de los repuestos y las amortizaciones duplicadas de aquellas empresas que posean una máquina que trabaja en paralelo.
- Costos de Fallo: producido por malas reparaciones provocando pérdidas en materia prima, producción y energética. (Rey, 2001).

Objetivos del Mantenimiento

Es abarcar, asegurar la disponibilidad planeada al menor costo posible dentro de las recomendaciones de garantía, uso, instalaciones y normas de seguridad establecidas por los fabricantes. Para ello se actúa sobre:

- La continuidad de la operación
- El tiempo de paradas, cuando éstas se producen.
- El tiempo efectivo de reparación que es función del diseño, herramientas disponibles y destreza y capacitación del personal.
- El tiempo de espera del Soporte, que es función de la organización, sistemas y rutinas, herramientas y talleres disponibles, documentación técnica, capacitación, entrenamiento y suministro de piezas y/o repuestos

El mantenimiento, por su incidencia significativa sobre la producción y la productividad de las empresas, constituye uno de los modos idóneos para lograr y mantener mejoras en eficiencia, calidad, reducción de costos y de pérdidas, optimizando así la competitividad de las empresas que lo implementan dentro del contexto de la Excelencia Gerencial y Empresarial. Al respecto, debe destacarse que:

- El mantenimiento no es un costo.
- No se reduce a un conjunto más o menos discreto de personas con habilidades mecánicas, eléctricas, electrónicas y/o de computación.
- Requiere excelencia en su manejo gerencial y profesional.
- Implica tenerlo presente desde el momento que se diseña y monta una planta industrial o que se modifica y/o reacondiciona total o parcialmente, etc.
- Requiere información e insumos y produce resultados e información.

Gestión de Mantenimiento

La gestión del mantenimiento industrial moderno se presenta como un conjunto de técnicas para cuidar la tecnología de los sistemas de producción a lo largo de

todo su ciclo de vida, llegando a utilizarlos con la máxima disponibilidad y siempre al menor costo, garantizando, entre otras cuestiones, una asistencia técnica eficaz a través de una buena formación y gestión de competencias en el uso y mantenimiento de dichos sistemas asegurando la disponibilidad planeada dentro de las recomendaciones de garantía y uso de los fabricantes de los equipos e instalaciones.

Gestión del Mantenimiento es el conjunto de operaciones con el objetivo de garantizar la continuidad de la actividad operativa, evitando atrasos en el proceso por averías de máquinas y equipos.

La Gestión del Mantenimiento es importante porque permite rebajar costes optimizando el consumo de materiales y el empleo de mano de obra. Para ello es imprescindible estudiar el modelo de organización que mejor se adapta a las características de cada empresa; es necesario también analizar la influencia que tiene cada uno de los equipos en los resultados de la empresa, de manera que la mayor parte de los recursos se utilicen en aquellos equipos que tienen una influencia mayor; es necesario, igualmente, estudiar el consumo y el stock de materiales que se emplean en mantenimiento; y es necesario aumentar la disponibilidad de los equipos, no hasta el máximo posible, sino hasta el punto en que la indisponibilidad no interfiera en el Plan de Producción.

En una gestión de mantenimiento, la planificación y programación representan el punto de partida. Ella lleva involucrada la necesidad de imaginar y relacionar las actividades probables que habrán de cumplirse para lograr los objetivos y resultados esperados. A continuación, se describen cada una de las etapas de la gestión de mantenimiento:

- **Planificación.**

Es un proceso que consiste en la definición de rutinas, procedimientos y elaboración de planes detallados para horizontes relativamente largos, usualmente semestrales o anuales, lo cual implica la determinación de las operaciones necesarias, mano de obra requerida, materiales a emplear, equipos a utilizar y duración de las actividades.

En la planificación del mantenimiento se debe considerar los siguientes aspectos:

1. Se deben tener establecidos objetivos y metas en cuanto a los objetos para mantenimiento.

2. Se debe garantizar la disponibilidad de los equipos o sistemas.
3. Establecer un orden de prioridades para la ejecución de las acciones de mantenimiento.
4. Sistema de señalización y codificación lógica.
5. Inventario técnico.
6. Procedimientos y rutinas de mantenimiento.
7. Registros de fallas y causas.
8. Estadísticas de tiempo de parada y tiempo de reparación.

- **Programación.**

El proceso de programación consiste en establecer las frecuencias para las asignaciones del mantenimiento preventivo, las fechas programadas son esenciales para que exista una continua disponibilidad de equipos e instalaciones. Se inicia con la solicitud y envío de la orden de trabajo.

- **Ejecución, control y evaluación.**

Estos procesos vinculan dos acciones administrativas de singular importancia como son la dirección y la coordinación de los esfuerzos del grupo de realizadores de las actividades generadas en los procesos de planificación y programación cuya finalidad es garantizar el logro de los objetivos propuestos. En general la ejecución, el control y la evaluación, permiten que las actividades se realicen tal cual fueron planificadas.

Indicadores de Mantenimiento

Según la autora María Gabriela Marcano Borromé (2013), dentro de los principales parámetros indicadores de mantenimiento se pueden mencionar:

- **Disponibilidad (D)**

Aptitud de un sistema (maquina o proceso), de cumplir una función requerida dentro de un tiempo determinado.

$$D = \text{TFR} / \text{TFP}$$

TFR : Tiempo de Funcionamiento Real

TFP : Tiempo de Funcionamiento Programado.

Para el caso específico de mantenimiento medimos la Disponibilidad Propia (Dp) de la máquina. Esto es tomando en cuenta solo fallas de máquina.

$$D_p = (\text{TFP} - T_f) / \text{TFP}$$

Tf : Tiempo de fallas.

- **Confiabilidad (C)**

Probabilidad de buen funcionamiento de un sistema (máquina o proceso) bajo ciertas condiciones y durante un período determinado. En otras palabras, es el tiempo promedio de funcionamiento entre fallas.

$$C = TF / Nf$$

TF : Tiempo de Funcionamiento

Nf : Numero de fallas.

- **Mantenibilidad (M)**

Esta representa un sistema en el cual se decide la cantidad de esfuerzo que debemos requerir para poder así conservar el funcionamiento normal o para restituirlo una vez se ha presentado un evento de falla. De esa forma se podrá decir si un sistema es "Altamente mantenible" cuando el esfuerzo que necesitemos, a comparación con la restitución sea bajo y se dirá si un sistema es poco mantenible o de "Baja mantenibilidad" si para restituirse o sostenerse se requieren grandes esfuerzos.

En otras palabras, es la duración promedio de las fallas.

$$M = Tf / Nf$$

Tf : Tiempo de fallas

Nf : Numero de fallas

f. Metodología de Pareto

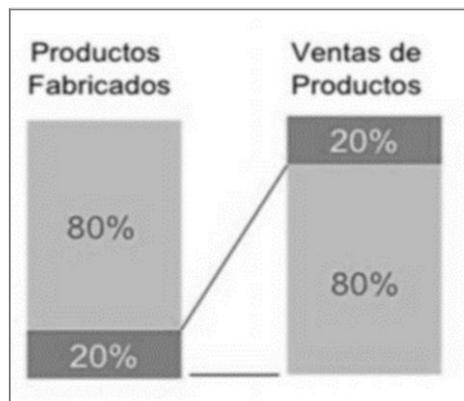
Richard (2008) en su libro "Real-World Project Management: Beyond Conventional Wisdom, Best Practices, and Project Methodologies", menciona que la metodología de Pareto está basada en un método gráfico que ayuda a definir las causas más importantes de una situación en particular y por tanto las prioridades de acción a seguir. El diagrama de Pareto es una comparación ordenada de factores relativos a un problema. Esta comparación nos va a ayudar a identificar y enfocar los pocos factores vitales diferenciándolos de los muchos factores útiles. Esta herramienta es especialmente valiosa en la asignación de prioridades a los problemas de calidad, en el diagnóstico de causas y en la solución de las mismas, el diagrama de Pareto se puede elaborar de la siguiente manera:

1. Cuantificar los factores del problema y sumar los efectos parciales hallando el total.

2. Reordenar los elementos de mayor a menor.
3. Determinar el % acumulado del total para cada elemento de la lista ordenada.
4. Trazar y rotular el eje vertical izquierdo (unidades).
5. Trazar y rotular el eje horizontal (elementos).
6. Trazar y rotular el eje vertical derecho (porcentajes).
7. Dibujar las barras correspondientes a cada elemento.
8. Trazar un gráfico lineal representando el porcentaje acumulado.
9. Analizar el diagrama localizando el "Punto de inflexión" en este último gráfico.

Por ejemplo, 80% del valor del inventario total se encuentra en sólo 20% de los artículos en el inventario; en 20% de los trabajos ocurren 80% de los accidentes, o 20% de los trabajos representan cerca de 80% de los costos de compensación para trabajadores, su interpretación se lleva de la siguiente manera: "existen (número de categorías) contribuyentes relacionados con (efecto). Pero estos (número de pocos vitales) corresponden al (número) % del total (efecto). Debemos procurar estas (número) categorías pocos vitales, ya que representan la mayor ganancia potencial para nuestros esfuerzos. La figura 6, representa un Diagrama de Pareto en el que se observa que el 20 % de la línea de productos ofrecidos son los que generan la facturación del 80% de las ventas.

Figura 6
Diagrama de Pareto



Fuente. Pareto e Ishikawa, Lluvia de ideas, Ing. Jorge Fernández D. (2011)

El análisis de Pareto es de aplicación a aquellos estudios o situaciones en que es necesario priorizar la información proporcionada por un conjunto de datos o elementos. Básicamente es una comparación cuantitativa y ordenada de elementos o factores según su contribución a un determinado efecto.

El objetivo de esta comparación es clasificar dichos elementos o factores en dos categorías:

1. Las “Pocas Vitales”: Elementos muy importantes en su contribución.
2. Los Muchos Triviales: Elementos de contribución poco importante.

- Características de la Metodología de Pareto

Entre las características de la Metodología de Pareto podemos mencionar:

1. Priorización: Identifica los procesos que más peso o importancia tienen dentro de un grupo.
2. Unificación de Criterios: Enfoca o dirige el esfuerzo del grupo de trabajo hacia un objetivo prioritario común.
3. Carácter Objetivo: Su utilización fuerza al grupo de trabajo a tomar decisiones basadas en datos y hechos objetivos y no en ideas subjetivas.

Construcción del Diagrama de Pareto

Para la construcción del Diagrama de Pareto son necesarios los siguientes elementos:

1. Un efecto cuantificado y medible: Sobre el que se quiere priorizar (Costos, tiempo, número de errores o defectos, porcentaje de clientes, etc.)
2. Una lista completa de elementos o factores que contribuyan a dicho efecto (tipos de fallos o errores, pasos de un proceso, tipos de problemas productivos, servicios, etc.)
3. La Magnitud de la contribución de cada elemento factor al efecto total.

Todos estos datos bien existan o bien haya que recolectarlos deberán ser:

- Objetivos: Es decir basados en hechos, no en opiniones
 - Consistentes: Debe utilizarse la misma medida para todos los elementos contribuyente y los mismos supuestos y cálculos a lo largo del estudio, ya que el análisis de Pareto es un análisis de comparación.
 - Representativos: Deben reflejar toda la variedad de hechos que se producen en la realidad.
 - Verosímiles: Evitar cálculos o suposiciones controvertidas, ya que se busca un soporte para toma de decisiones, si no se crean los datos, no apoyarán las decisiones.

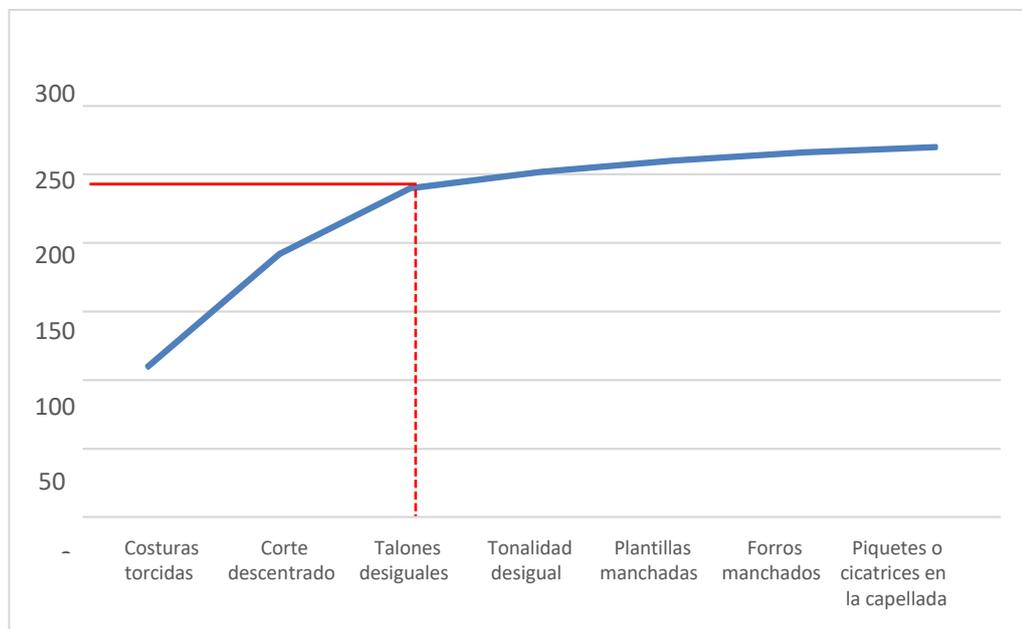
Como ejemplos de la metodología de análisis se muestra una Tabla de Conteo para el caso de análisis de defectos en una empresa de fabricación de calzado.

Tabla 2
Ejemplo de análisis de defectos en un calzado

Tipo de defecto	Número de defectos	Porcentaje Total de Defectos	Total acumulado de defectos	Porcentaje acumulado
Costuras torcidas	110	40.74%	110	40.74%
Corte descentrado	82	30.37%	192	71.11%
Talones desiguales	48	17.78%	240	88.89%
Tonalidad desigual	12	4.44%	252	93.33%
Plantillas manchadas	8	2.96%	260	96.30%
Forros manchados	6	2.22%	266	98.52%
Piquetes o cicatrices en la capellada	4	1.48%	270	100.00%
TOTAL	270			

Fuente. Pareto e Ishikawa, Lluvia de ideas, Ing. Jorge Fernández D. (2011)

Figura 7
Selección de causas más relevantes



Fuente. Pareto e Ishikawa, Lluvia de ideas, Ing. Jorge Fernández D. (2011)

En la figura 5, se presenta el gráfico de selección de causas más relevantes para el ejemplo presentado. Se puede apreciar que los tres tipos de defecto que se

pueden considerar como “Pocas Vitales”, generan el 89% de defectos en la fabricación de un calzado.

g. Metodología Ishikawa

El diagrama de Ishikawa conocido también como causa-efecto, es una forma de organizar y representar las diferentes teorías propuestas sobre las causas de un problema. Nos permite, por tanto, lograr un conocimiento común de un problema complejo, sin ser nunca sustitutivo de los datos.

- Elementos del diagrama de Ishikawa

Los elementos que estructuran un Diagrama de Causa – Efecto son:

1. El Problema
2. Causas Mayores: Considerados como Variables Críticas
3. Causas Menores: Causas que inciden sobre las variables críticas
4. Sub Causas: Las que inciden sobre las causas menores.

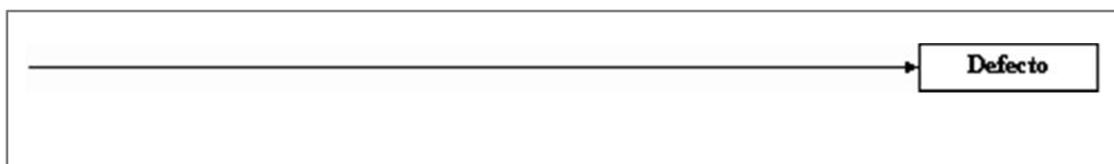
- Construcción del Diagrama de Ishikawa

Los errores comunes son construir el diagrama antes de analizar globalmente los síntomas, limitar las teorías propuestas enmascarando involuntariamente la causa raíz, o cometer errores tanto en la relación causal como en el orden de las teorías, suponiendo un gasto de tiempo importante. El diagrama se elabora de la siguiente manera:

1. Ponerse de acuerdo en la definición del efecto o problema.
2. Trazar una flecha y escribir el "efecto" del lado derecho.

Figura 8

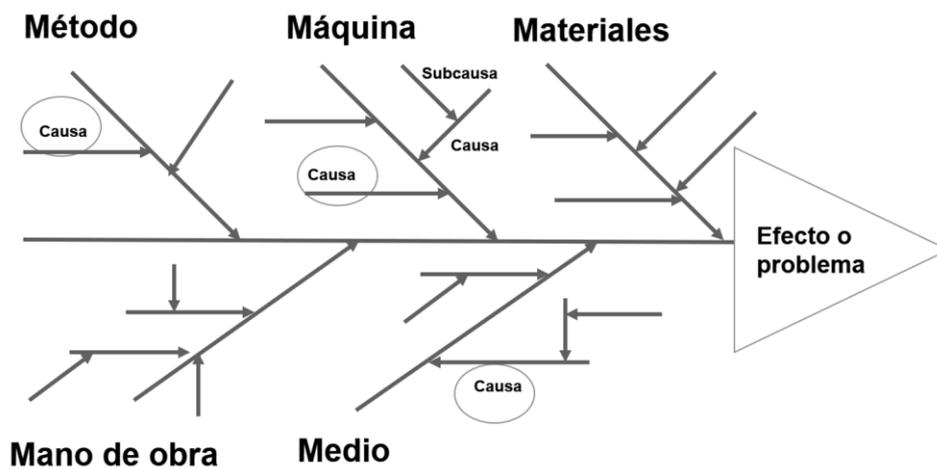
Inicio del diagrama Causa – Efecto de Ishikawa



Fuente. Identificación de la problemática mediante Pareto e Ishikawa, Sebastián Walter Stachú (2006)

3. Identificar las causas principales a través de flechas secundarias que terminan en la flecha principal.

Figura 9
Causas secundarias diagrama Causa – Efecto de Ishikawa

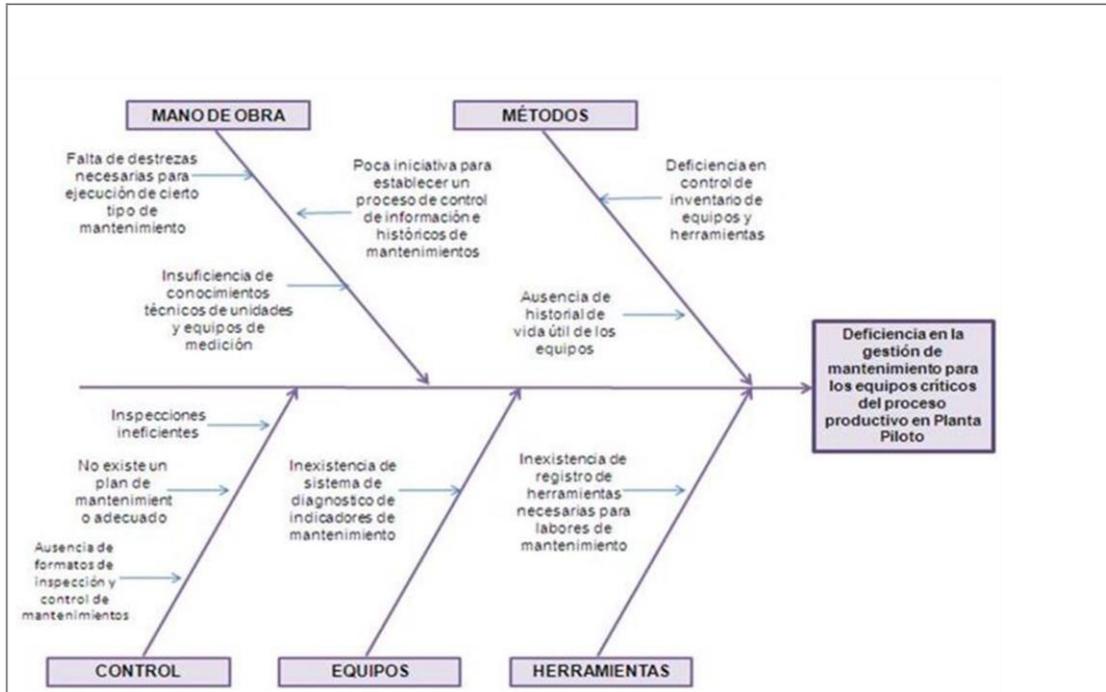


Fuente. Identificación de la problemática mediante Pareto e Ishikawa, Sebastián Walter Stachú (2006)

4. Identificar las causas secundarias a través de flechas que terminan en las flechas secundarias, así como las causas terciarias que afectan a las secundarias.
5. Asignar la importancia de cada factor.
6. Definir los principales conjuntos de probables causas: materiales, equipos, métodos de trabajo, mano de obra, medio ambiente (5 M's).
7. Marcar los factores importantes que tienen incidencia significativa sobre el problema.
8. Registrar cualquier información que pueda ser de utilidad.

La Figura 7 nos muestra un ejemplo de Diagrama Causa – Efecto para el caso de análisis del problema de deficiencias en la gestión de mantenimiento de equipos críticos de una Planta Piloto de Concentración de Mineral.

Figura 10
Ejemplo de elaboración Diagrama Causa - Efecto



Fuente. Diseño modelo de gestión de mantenimiento equipos críticos, Ing. Iván Turmero Astros (2013)

Relación entre los Métodos de Pareto e Ishikawa

El Diagrama de Ishikawa en primer lugar permite clasificar los defectos y priorizarlos. Una vez priorizados los defectos se procede a realizar un Diagrama de Pareto de causas, el cual nos ayuda a procesar la causa o causas que representan u originan el 80% de los problemas o incidencias.

h. Rentabilidad

Según Pérez, Rodríguez y Molina (2002) la rentabilidad es el rendimiento que se produce después de realizar una inversión en un determinado tiempo; es decir una empresa es rentable si sus ingresos son mayores que sus egresos, esto es una forma de comparar los medios que se han utilizado en ello y la renta que se ha generado fruto de esa inversión.

i. Solver

La herramienta Solver de Excel permite obtener la solución óptima para distintos problemas de decisión, tomando en cuenta una medida de desempeño (función objetivo), parámetros, variables de decisión y restricciones.

Utilidad:

Solver permite facilitar la toma de decisiones. Un ejemplo es la compra del supermercado, en ella queremos gastar lo mínimo considerando que hay ciertas cosas

que no se pueden dejar de lado. ¿Qué elementos escoger? ¿Cómo tomar esta decisión que incluye múltiples consideraciones? Solver permite resolver este problema a partir de los datos que se introduzcan en Excel.

Componentes:

- Función objetivo: Medida de desempeño de la decisión.
- Parámetros: Números que no dependen de las decisiones que se tomen.
- Variables: Números que corresponden a las decisiones que se tomen, o que se verán afectadas por ellas.
- Restricciones: Posibles limitaciones que presenta la decisión.

1.1.3. Definición de Términos

- AMFE: El Análisis del Modo y Efecto de Fallas (AMFE), es un procedimiento que permite identificar fallas en productos, procesos y sistemas, así como evaluar y clasificar de manera objetiva sus efectos, causas y elementos de identificación, para de esta forma, evitar su ocurrencia y tener un método documentado de prevención. El AMEF aplicado a los procesos sirve como herramienta predictiva para detectar posibles fallas en las etapas de producción, aumentando las probabilidades de anticiparse a los efectos que puedan llegar a tener en el usuario o en etapas posteriores de cada proceso.
- Cadena de Suministro. Movimiento de materiales, fondos, e información relacionada a través del proceso de la logística, desde la adquisición de materias primas a la entrega de productos terminados al usuario final. La cadena del suministro incluye a todos los vendedores, proveedores de servicio, clientes e intermediarios.
- Canales Logísticos. La red de cadenas de suministro participantes comprometidas en almacenamiento, manejo, traslado, transporte y funciones de comunicaciones que contribuyen al flujo eficaz de los bienes.
- Capacitación. Proceso que posibilita al capacitando la apropiación de ciertos conocimientos, capaces de modificar los comportamientos propios de las personas y de la organización a la que pertenecen.
- Clasificación ABC. El método de clasificación ABC utiliza este principio de Pareto para segmentar las mercancías de un almacén en 3 categorías (A, B y C) en base a su importancia según el criterio elegido, y de esta forma destinar más

recursos a las referencias que son clave para la empresa, en este caso las elegidas en el grupo A.

- Desabastecimiento. Falta de materiales componentes o bienes terminados que sean necesarios en el proceso de producción o comercialización.
- Eficiente. Con poco o nada de desperdicios. En forma alternativa, un término conciso que se refiere al enfoque hacia la eliminación de desperdicios de la producción y distribución a través de la participación activa y la motivación a los trabajadores y el enfoque hacia el valor para el cliente. Ser eficiente significa sacarles el jugo a los recursos escasos.
- Gestión del Inventario. Cooperación entre el comprador y el proveedor, en general, en forma de información pronosticada compartida y un plan único y conciliado para mejorar la disponibilidad del inventario y reducir su costo.
- Inventarios. Existencias, Existencia de seguridad de materias prima, trabajo en proceso o materiales para cubrir la oferta y la demanda incierta o errática para evitar el desabastecimiento.
- Logística. Es la encargada de la distribución eficiente de los productos de una determinada empresa con un menor costo y un excelente servicio al cliente. Por lo tanto, la logística busca gerenciar estratégicamente la adquisición, el movimiento, el almacenamiento de productos y el control de inventarios, así como todo el flujo de información asociado, a través de los cuales la organización y su canal de distribución se encauzan de modo tal que la rentabilidad presente y futura de la empresa es maximizada en términos de costos y efectividad.
- Mantenimiento. Inspección constante de las instalaciones o los equipos que se encuentran en un proceso de producción, así como el conjunto de trabajos de reparación y revisión necesarios para garantizar el funcionamiento regular y el perfecto estado de conservación de un sistema o también asegurar la correcta operación y funcionamiento de los equipos.
- Mantenimiento Preventivo. Es aquel mantenimiento que previene las fallas. Este tipo de mantenimiento ha sido usado muchas veces y su fundamento es la estadística, la observación, recomendaciones del fabricante y el conocimiento del equipo.

- Mantenimiento Correctivo. El mantenimiento correctivo es el conjunto de actividades que se ejecutan para corregir una falla en un equipo, una vez que esta falla se ha producido o al menos se ha iniciado el proceso que finalizara con la ocurrencia del fallo.
- Programa de mantenimiento. Consiste en un plan donde se dan a conocer las actividades de mantenimiento por periodos de tiempos específicos. Hay que tener coordinación con el objetivo de balancear la carga de trabajo y cumplir con los requerimientos de producción.
- Reparación. Es la restitución de un equipo o una maquina a una condición optima mediante el reemplazo, la reposición o reparación de piezas dañadas o desgastadas.
- Rutina diaria. Conjunto de actividades o tareas de mantenimiento que se deben ejecutar durante el día.
- Rutina semanal. Conjunto de actividades o tareas de mantenimiento a realizar en forma obligatoria durante la semana de trabajo.
- Solver. Herramienta de análisis que permite calcular el valor de una celda que depende de diversos factores o variables donde a la vez existen una serie de restricciones que deben cumplirse.
- Suministros. Artículos necesarios para la operación de la empresa que no tienen relación con el producto que se fabrica; dentro de estos se pueden mencionar repuestos, accesorios, papelería y útiles.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es el impacto de la propuesta de mejora en la gestión de logística y mantenimiento sobre la rentabilidad de una empresa de transporte de carga, Trujillo, 2022?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar el impacto de la propuesta de mejora en la gestión de logística y mantenimiento sobre la rentabilidad de una empresa de transporte de carga, Trujillo, 2022.

1.3.2. Objetivos específicos

- Diagnosticar la situación actual de la gestión de logística y mantenimiento, de una empresa de transporte de carga.
- Proponer metodologías, técnicas y herramientas de la Ingeniería Industrial en la gestión de logística y mantenimiento, de una empresa de transporte de carga.
- Evaluar la viabilidad económica y financiera de la propuesta de mejora y su impacto en la rentabilidad de una empresa de transporte de carga, en Trujillo, 2022

1.4. Hipótesis

La propuesta de mejora en la gestión de logística y mantenimiento incrementa la rentabilidad de una empresa de transporte de carga, en Trujillo 2022.

1.5. Variables

1.5.1. Variable independiente

Propuesta de mejora en la gestión de logística y mantenimiento en la empresa de transporte de carga.

1.5.2. Variable dependiente

Rentabilidad.

1.6. Aspectos éticos

La información para esta tesis fue proporcionada por la gerencia de la empresa de transporte de carga y se empleó responsablemente, con su consentimiento expreso.

Los tesisistas están comprometidos en dar uso apropiado a esta información y a guardar absoluta reserva de los temas financieros y estratégicos que la dirección de la empresa de transporte de carga, compartió con ellos.

Las propuestas de mejora serán respetuosas de las normas que garanticen la salud e integridad del personal operativo de la empresa de transporte de carga; del cuidado del medio ambiente, en un marco de cumplimiento de los principios fundamentales de la Responsabilidad Social.

Los operarios de la empresa en todo momento estuvieron al tanto de la naturaleza del trabajo de investigación, que motivó la presencia de los tesisistas en la planta. Su colaboración fue solicitada personalmente por los directivos.

1.7. Operacionalización de variables

Tabla 3

Operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicador	Fórmula
Gestión de Mantenimiento preventivo	Gestión del Mantenimiento es el conjunto de operaciones con el objetivo de garantizar la continuidad de la actividad operativa, evitando atrasos en el proceso por averías de máquinas y equipos. (BSG Group)	La propuesta de mejora en la gestión de mantenimiento preventivo, permite incrementar la rentabilidad de la empresa	Eficiencia	Disponibilidad	$\frac{\sum \text{Tiempo disponible} - \text{Paradas}}{\sum \text{Tiempo disponible}}$
			Eficiencia	Tiempo medio de reparaciones	$\frac{\sum \text{Paradas por fallas}}{\sum \text{paradas}}$
				Tiempo medio entre fallas	$\frac{\text{Tiempo disponible} - \text{Tiempo de para}}{\sum \text{paradas}}$
Gestión Logística	Proceso de planificar, llevar a cabo y controlar de una forma eficiente, el flujo de materiales, inventarios en curso, productos terminados, servicios e información relacionada, desde el punto de origen al punto de consumo. Carreño, 2011. Logística de la A a la Z.	La propuesta de mejora en la gestión logística, permite incrementar la rentabilidad de la empresa.	Eficiencia	Sobrecosto en compras reactivas	$\frac{\text{Sobrecosto}}{\text{Costo estándar}}\%$
			Eficiencia	Pérdida económica por fletes mal asignados	$\sum (\text{Ruta}_i \times \text{Margen}_i)$
Rentabilidad	Relación existente entre los beneficios que proporciona una determinada operación o cosa y la inversión o el esfuerzo que se ha hecho; cuando se trata del rendimiento financiero; se suele expresar en porcentajes.(RAE)	La propuesta mide los costos derivados del mantenimiento de los equipos de aire acondicionado	Rentabilidad		$\frac{\text{Rentabilidad}}{\text{Ventas}}\%$

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

La presente tesis es una investigación diagnóstica y propositiva, ya que, como afirma Gallego (2017), utiliza un conjunto de técnicas y procedimientos con la finalidad de diagnosticar y resolver problemas fundamentales; encontrar respuestas a preguntas científicamente preparadas; estudiar la relación entre factores y acontecimientos o a generar conocimientos científicos.

2.2. Población y Muestra

Población: Todos los procesos de la empresa de transporte de carga.

Muestra: Los procesos de logística y mantenimiento, realizado con el camión marca Donfeng.

2.3. Materiales, instrumentos y métodos de recolección de datos

En la siguiente tabla se detallan las técnicas e instrumentos a utilizar en el estudio:

Tabla 4
Materiales, instrumentos y métodos de recolección de datos

TÉCNICA	JUSTIFICACIÓN	INSTRUMENTOS	APLICADO EN
Observación de campo	Permitió observar las gestiones de la empresa, las actividades, procesos y problemas en ellos.	-Cuaderno de apuntes -Cámara fotográfica -Cronómetro	En el área de logística y mantenimiento de la empresa de transporte de carga.
Entrevista	Permitió obtener mayor detalle del funcionamiento y gestión de la empresa en cuanto a producción.	-Guía de entrevista-cuestionario -Cuaderno de apuntes. -Cámara fotográfica	En el gerente de la empresa.
Análisis de documentos	Permitió descifrar información solicitada obteniendo una base de datos de los procesos de producción.	-Microsoft Excel -Laptop -Cuaderno de apuntes	Base de datos de la empresa en estudio.
Encuesta	Permitió analizar los factores que intervienen en el mantenimiento.	-Cámara fotográfica -Guía de encuesta	Personas que labora en el área de mantenimiento.

Observación directa

Objetivo:

Identificar la problemática en las áreas de logística y mantenimiento, de la empresa de transporte de carga y las consecuencias que esta genera en su rentabilidad.

Procedimiento:

Mantener un seguimiento continuo, toma de tiempos, entre otros; de los procesos en el área de logística y mantenimiento de la empresa.

Instrumentos:

Breviario de apuntes y lápices.

Entrevista

La entrevista se realizará al gerente de la empresa de transporte de carga.

Objetivo:

Determinar la situación actual de la empresa de transporte de carga y conocer con mayor detalle su funcionamiento y gestión de logística y mantenimiento para puntualizar los problemas fundamentales que están directamente relacionados con la rentabilidad.

Parámetros:

Duración: 45 minutos

Lugar: Gerencia

Procedimiento:

Con el fin de obtener la información necesaria para conocer dicha problemática, se procede a realizar una sucesión de preguntas.

Instrumentos:

Guía de entrevista, cámara fotográfica y lapiceros.

Análisis de documentos

Objetivo:

Indagar la problemática en documentos físicos y virtuales, que mantenga la empresa y contrastarlos con lo observado.

Procedimiento:

Organizar los instrumentos adecuados para realizar el análisis de documentación histórica.

Instrumentos:

USB, laptop, breviario de apuntes, lapicero.

Encuesta

Objetivo:

Obtener información de todos los procesos del área de mantenimiento, para verificar el periodo de producción y la ejecución de los trabajadores. Se aplican las encuestas a expertos para conocer más de las causas raíces.

Parámetros:

Duración: 50 minutos

Lugar: Empresa de transporte de carga

Procedimiento:

Realizar una serie de preguntas al gerente y a los trabajadores del área de mantenimiento, a fin de conocer los puntos resaltantes del área.

Instrumentos:

- Guía de encuesta, lapiceros y cámara fotográfica.
- Estadísticas de mantenimiento.
- Estadística aplicada.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

Los resultados obtenidos se muestran mediante las siguientes herramientas:

Tabla 5
Instrumentos y métodos de procesamiento de datos

Herramienta	Descripción
Diagrama de Ishikawa	Se elabora un Diagrama Ishikawa para plasmar las causas raíces.
Matriz de priorización	Se utiliza con el fin de ordenar las causas raíces halladas de acuerdo a su impacto económico en el periodo 2022.
Pareto	Esta herramienta permite obtener las causas raíces que generan un 80% de impacto en el problema de elevados costos operativos.
Matriz de indicadores	Se elaboran indicadores para medir el impacto de la mejora en cada causa raíz.
Diagrama de análisis de procesos	Se elabora para determinar las actividades productivas e improductivas presentes en el proceso de producción.

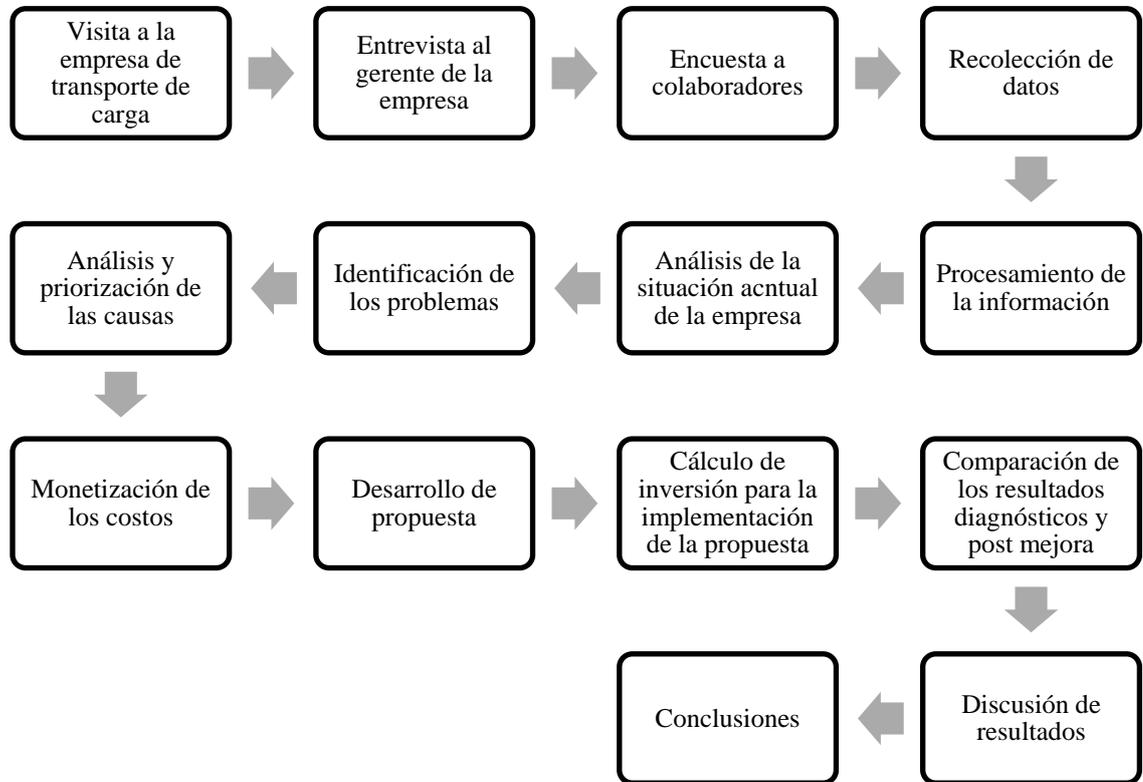
Procesamiento de información

Para analizar los datos se ha utilizado Microsoft Office Excel, para el cálculo de indicadores y valores en general que forman parte de la presente investigación.

2.5. Procedimiento

Figura 11

Procedimiento de investigación



2.5.1. Misión y Visión

Misión

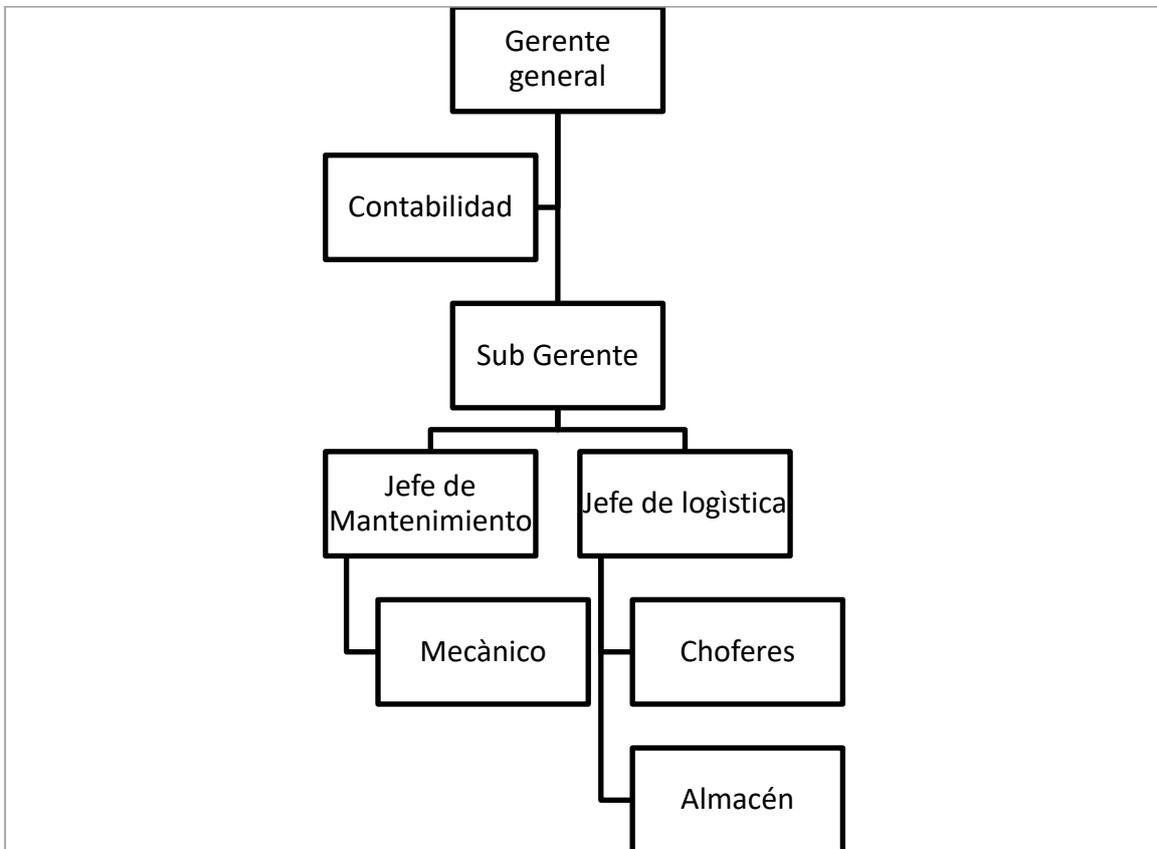
Ser considerados como un buen soporte para sus proyectos comerciales.

Visión

Brindar un servicio de transporte de carga pesada a nivel nacional, cumpliendo con los estándares de seguridad y tiempos de entrega pactados con nuestros clientes.

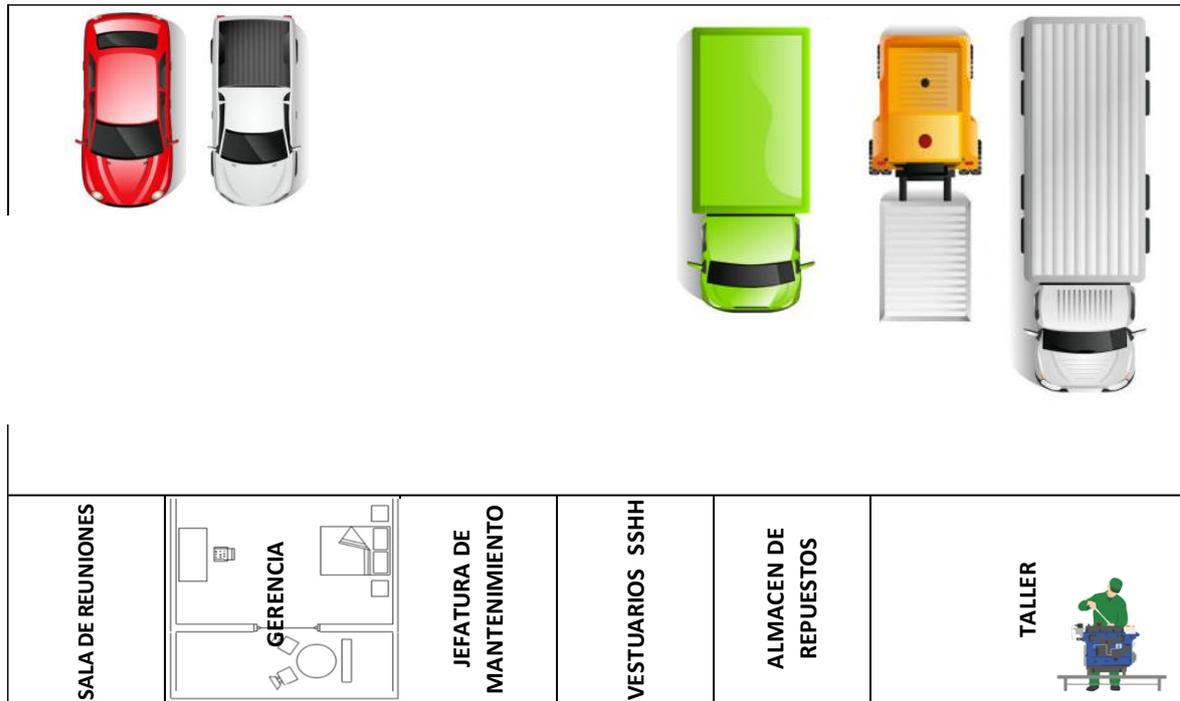
2.5.2. Organigrama

Figura 12
Organigrama



2.5.3. Distribución de la empresa

Figura 13
Layout actual



2.5.4. Principales Competidores

- Transportes, mudanzas y traslados los Gemelos.
- Transportes Montana SAC
- Transporte Valencia
- Empresa de transporte Cruz del Norte
- Transporte Corazón de Jesús SAC
- Agro transportes Gonzales

2.5.5. Principales Proveedores

- Llantas Pimentel
- Llantas Cassoli
- Car Battery Perú
- Radiadores Fortaleza
- Comercial del acero S.A.
- Comercial RS SRL
- Miromina SAC

- Autopartes ferrosas SRL
- Repuestos Miguelito
- Dirome SAC
- Huemura SAC
- Praxair Perú SRL
- Oxyman comercial SAC

2.5.6. Principales Clientes

- Clientes mayoristas de la zona alto andina de La Libertad y Cajamarca

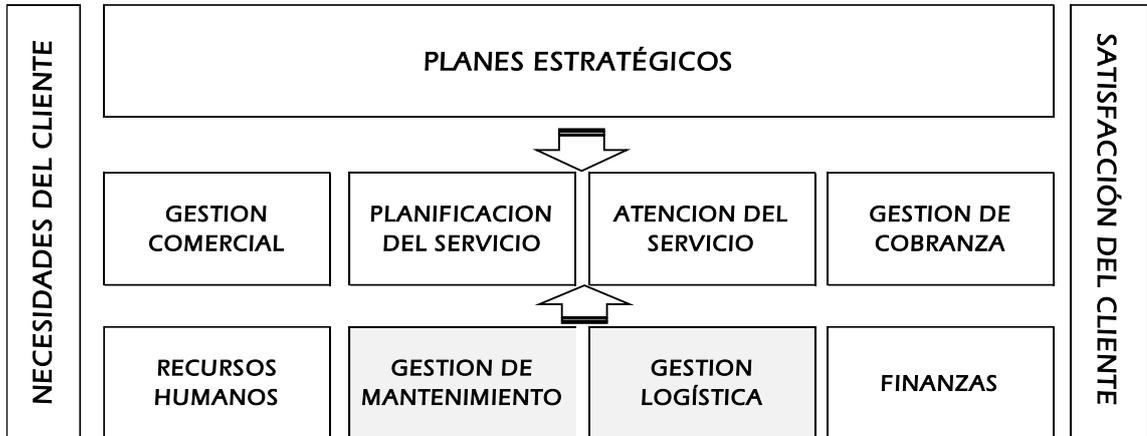
2.5.7. Foda

Tabla 4
FODA de la empresa

<p>FORTALEZAS</p> <p>Flexibilidad en sus servicios Clientes fidelizados Clientes importantes Demanda constante Clientes en zona de pujanza económica</p>	<p>DEBILIDADES</p> <p>Baja disponibilidad operacional Reducido MTBF Alto MTTR Deficiente gestión logística Deficiente evaluación de fletes</p>
<p>OPORTUNIDADES</p> <p>Renovar flota Incrementar la flota Implementar programa de mantenimiento predictivo Capacitar a su personal Ahorro de costos de combustible Mejorar gestión logística Nuevos clientes Nuevas rutas Nuevos servicios</p>	<p>AMENAZAS</p> <p>Inestabilidad política Paros y huelgas Inestabilidad cambiaria Decaimiento de la demanda Restricciones por COVID 19 Nuevos proveedores de servicio Incremento de los costos de repuestos Escasez de repuestos</p>

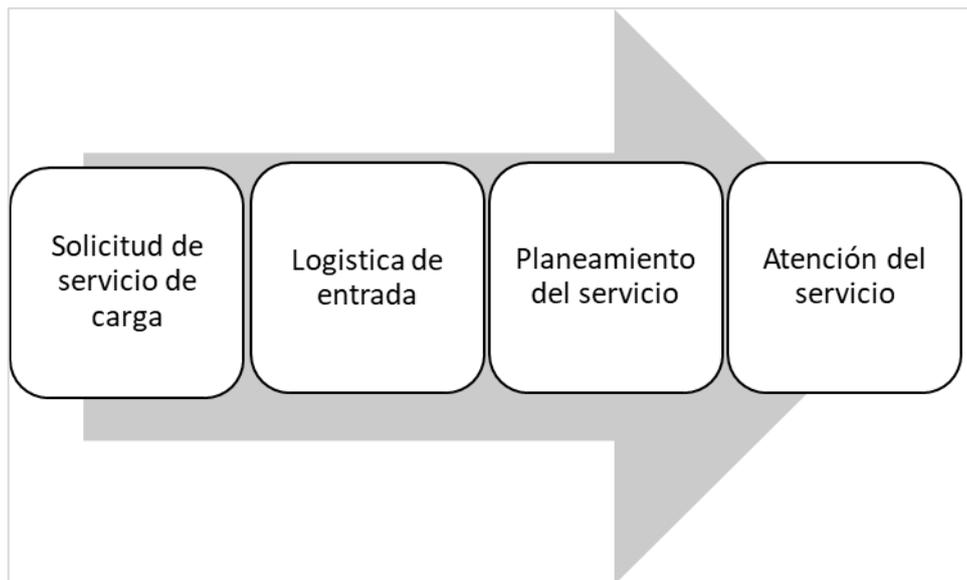
2.5.8. Mapa de procesos

Figura 14
Mapa de procesos



2.5.9. Cadena de valor

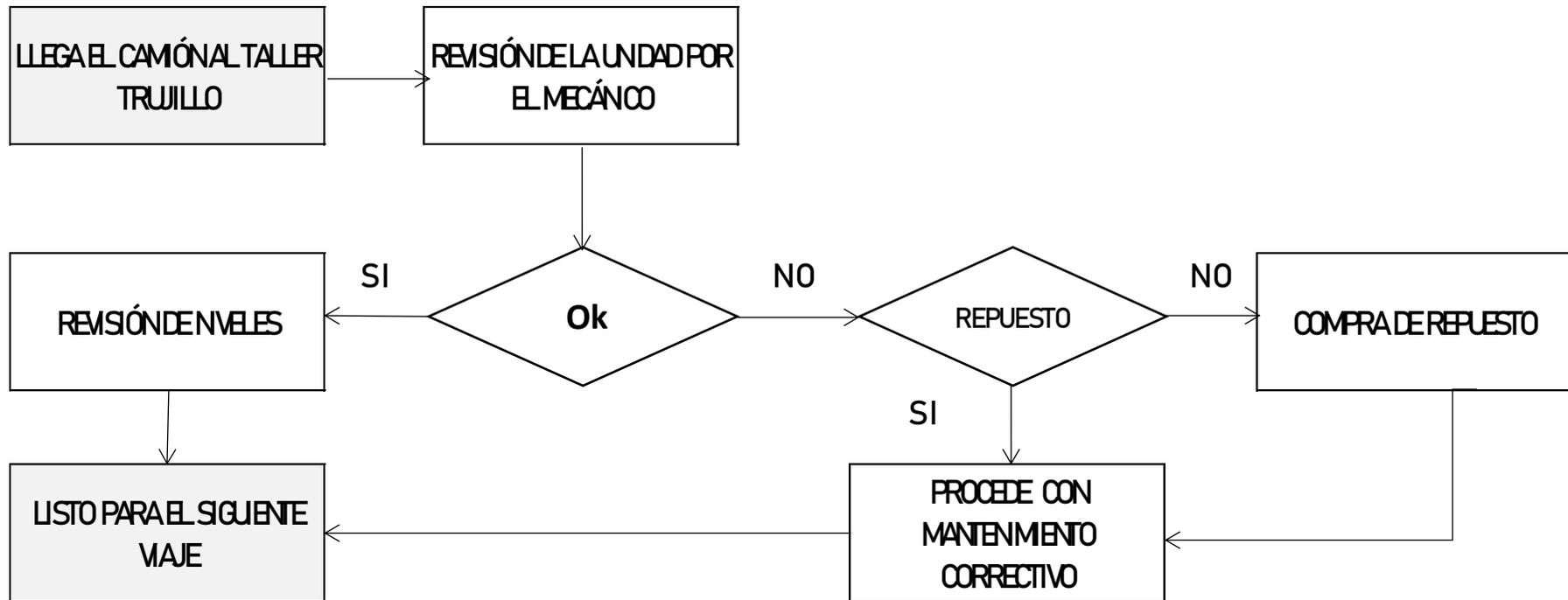
Figura 15
Cadena de valor



2.5.10. Flujo del proceso

Figura 16

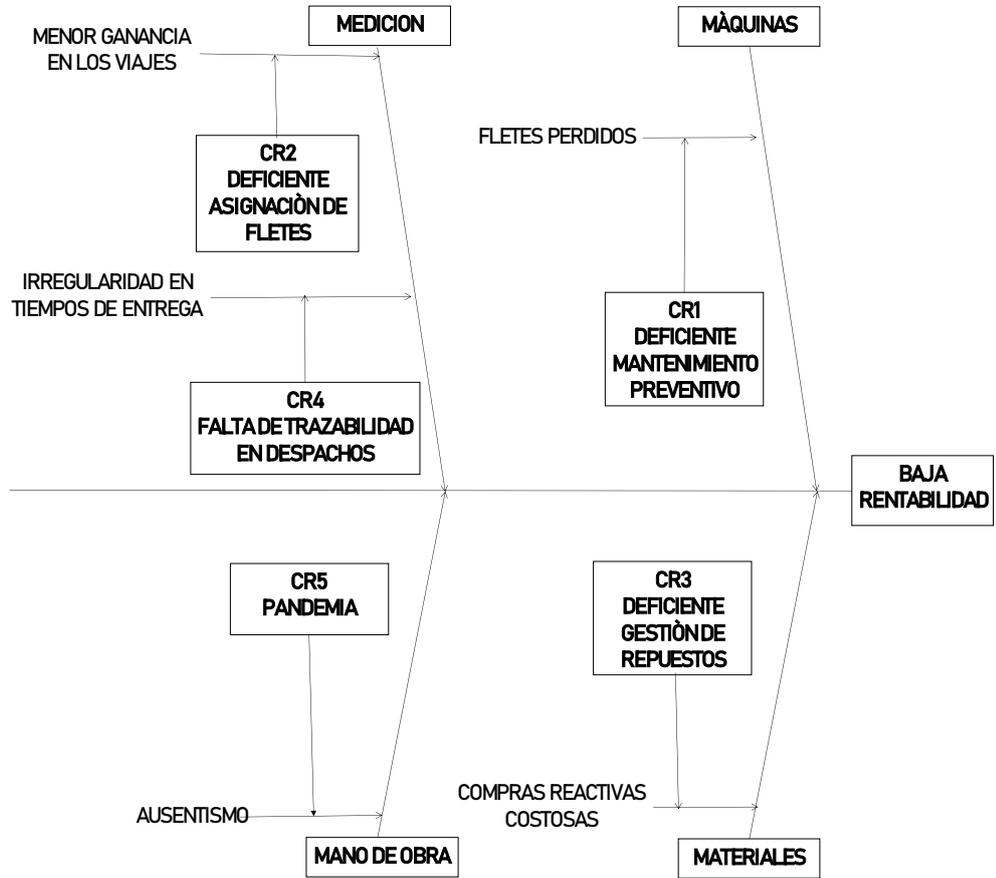
Diagrama de actividades actual



2.5.2.2. Diagnóstico de problemáticas principales

Figura 17

Diagrama Causa Efecto de la problemática de la empresa



Priorización de las Causas Raíz

La priorización de las causas raíz se hizo según el juicio de los directivos de la empresa fabricante de carrocerías, como se muestra a continuación:

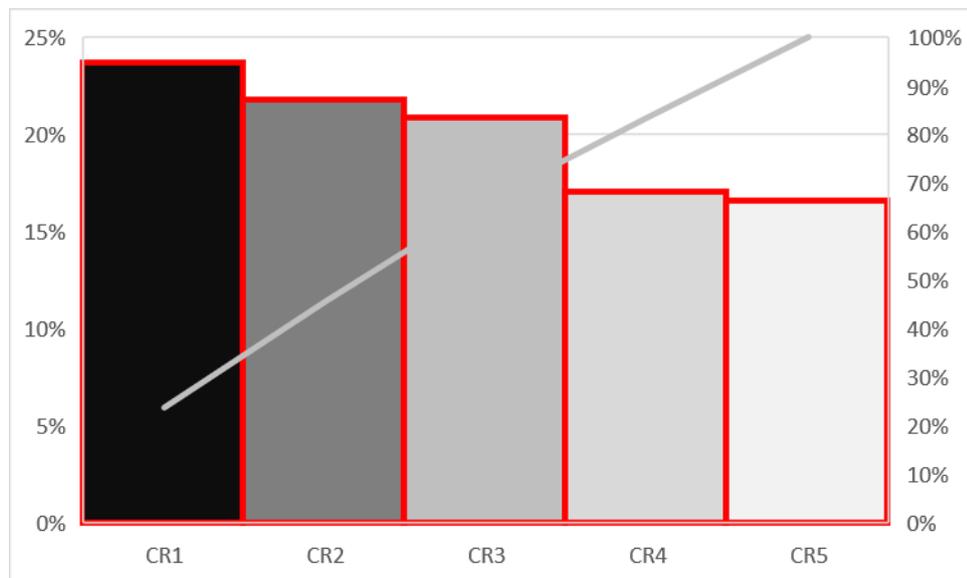
Tabla 6
Priorización por impacto económico

		Gerente	Sub gerente	Jefe logística	Jefe taller	Contador	Σ	%	Σ % Acum
CR1	Deficiente mantenimiento preventivo	10	10	10	10	10	50	24%	24%
CR2	Deficiente asignación de fletes	8	9	10	9	10	46	22%	45%
CR3	Deficiente gestión de repuestos	8	8	10	10	8	44	21%	66%
CR4	Falta trazabilidad en despachos	8	6	8	6	8	36	17%	83%
CR5	Pandemia	8	8	6	5	8	35	17%	100%

Fuente. Empresa de transporte de carga.

Diagrama de Pareto de las causas raíz

Figura 18
Pareto de causas raíz de la problemática según directivos



Fuente. Priorización por impacto económico

2.5.2.3. Identificación de indicadores.

Tabla 7

Matriz de indicadores

Indicador	Fórmula	Valor Actual	Pérdida	Valor Meta	Pérdida Mejorada	Beneficio	Herramienta de mejora	Inversión
Disponibilidad del camión Donfeng	$\frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \%$	85.66%	S/ 86,200	90.00%	S/ 115,232	S/ 29,032	Plan de mantenimiento preventivo AMFE Criticidad Indicadores Software ODOO para el cálculo del MTBF, MTTR y planificación del mantenimiento Solver	Software Odoo (https://www.odoo.com/es_ES/app/maintenance) S/365 Soldadora S/1,548 Zanja de inspección S/4,000
Utilidad anual por viajes	$\sum (Ruta_i \times Margen_i)$						Mejor asignación de fletes con Programación lineal Solver	Capacitación S/1000
Sobrecosto en compras reactivas	$\frac{\sum (\text{Costo reactivo} - \text{Costo std})}{\text{Costo std}} \%$	11%	S/ 1,950	5%	S/. 886	S/. 1,064	Stock mínimo Lead time ABC Software ODOO	Software ODOO S/548 Capacitación S/1,000 Racks (5) S/4,669 Gabinete (1) S/2,990
Sobrecosto de combustible en viajes	$\frac{\sum (\text{Costo real} - \text{Costo std})}{\text{Costo std}} \%$	6.0%	S/ 10,322	4.0%	S/. 6,881	S/. 3,441	Software Simpliroute	Software Simpliroute de geolocalización reporte US\$480 S/1,824

2.6. Solución propuesta

2.6.1. Descripción de causas raíces

Descripción de la causa raíz 1: Deficiente mantenimiento preventivo

En la empresa de transporte donde se realiza esta tesis, predomina el mantenimiento preventivo.

El mantenimiento preventivo de los camiones son actividades rutinarias y están enfocadas en prevenir las fallas, que deben ejecutarse de manera constante, cumpliendo las recomendaciones del manual del usuario, para evitar reparaciones más costosas.

Según estimación del jefe de mantenimiento, en el 40% de los requerimientos, se hace la reparación de manera correctiva, cuando la falla es inminente y da señales anticipadas o, simplemente, deja de funcionar, afectando la disponibilidad, que actualmente es del 85.66%, según información levantada de la libreta de registro del taller y que figura en la siguiente tabla.

Tabla 8

Indicadores de mantenimiento de la empresa de transporte de carga

	Comienzo de la reparación	Reanudación del servicio	MTTR Tiempo medio de reparación	MTBF Tiempo medio entre fallas
1	2/01/2021 08:20	7/01/2021 08:46	05 días y 00:26	
2	5/02/2021 08:35	6/02/2021 14:46	01 días y 06:11	695:49:00
3	8/02/2021 08:20	10/02/2021 16:45	02 días y 08:25	41:34:00
4	11/03/2021 08:15	14/03/2021 12:15	03 días y 04:00	687:30:00
4	2/04/2021 12:45	7/04/2021 08:00	04 días y 19:15	456:30:00
5	5/05/2021 09:10	8/05/2021 15:30	03 días y 06:20	673:10:00
6	1/06/2021 11:45	4/06/2021 12:15	03 días y 00:30	572:15:00
7	12/06/2021 09:45	15/06/2021 08:46	02 días y 23:01	189:30:00
8	14/07/2021 08:45	19/07/2021 09:15	05 días y 00:30	695:59:00
9	12/08/2021 08:00	15/08/2021 17:15	03 días y 09:15	574:45:00
10	18/09/2021 08:15	22/09/2021 14:10	04 días y 05:55	807:00:00
11	20/11/2021 08:45	24/11/2021 12:46	04 días y 04:01	1410:35:00
12	30/11/2021 11:45	4/12/2021 14:20	04 días y 02:35	142:59:00
13	12/12/2021 08:15	16/12/2021 09:10	04 días y 00:55	185:55:00
14	20/12/2021 13:45	23/12/2021 15:46	03 días y 02:01	100:35:00
15	29/12/2021 08:45	29/12/2021 10:50	00 días y 02:05	136:59:00
16	30/12/2021 08:15	31/12/2021 04:10	00 días y 19:55	21:25:00
Total			23 días y 19:20	
Promedio			03 días y 05:22	19 días y 06:01
Disponibilidad	$= \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$			85.66%

Se observa que el MTTR es 03 días y 5 horas, mientras el MTBF, 19 días y 6 horas.

Descripción de la causa raíz 2: Deficiente asignación de fletes

El camión *Donfeng*, tiene una ruta por diferentes distritos de la sierra y oriente del Perú, distribuyendo cerveza, arroz y azúcar a antiguos clientes, con quienes tiene pactado, el abastecimiento, con límites superior e inferior de viajes, como es el estilo de hacer negocios en estas zonas del país. Los costos y ganancia del servicio se detallan:

Tabla 9
Costos del flete por tramo

	Trujillo - Huamachuco - Trujillo	Trujillo - Stgo de Chuco - Trujillo	Trujillo - Chillia - Trujillo	Trujillo - Llacabamba - Trujillo	Trujillo - Cajabamba Trujillo
Km/viaje	183	166	403	377	227
Duración del viaje (horas)	6	6	16	16	6
Días de trabajo	2	2	3	3	2
Costos directos					
Costos fijos					
Depreciación	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00
Impuesto vehicular	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Permiso de operación	0.77	0.77	0.77	0.77	10.50
Licencia de conducir	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77
Remuneración del chofer	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00
Remuneración de ayudante	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00
Viáticos del chofer y ayudante	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00
Seguro vehicular	7.50	7.50	7.50	7.50	0.55
Intereses por compra vehículo	7.20	7.20	7.20	7.20	7.20
Total costos fijos	S/ 251.24	S/ 251.24	S/ 251.24	S/ 251.24	S/ 254.02
Costos variables					
Combustible	183.00	166.00	403.00	377.00	227.00
Aceite y filtro	3.29	2.99	7.25	6.79	4.09
Neumáticos	6.59	5.98	14.51	13.57	8.17
Mantenimiento y repuestos	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00
Peaje	25.00	25.00	25.00	25.00	25.00
Total costos variables	S/ 267.88	S/ 249.96	S/ 499.76	S/ 472.36	S/ 314.26
Costos indirectos					
Gerente	18.00	18.00	18.00	18.00	18.00
Asistenta	2.70	2.70	2.70	2.70	2.70
Mecánico	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
Contador externo	4.05	4.05	4.05	4.05	4.05
Gratificaciones	10.19	10.19	10.19	10.19	10.19
Suministros de oficina	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Telefonía	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Internet	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Total costos indirectos	S/ 49.94	S/ 49.94	S/ 49.94	S/ 49.94	S/ 49.94
Costo	853.59	826.71	2,402.81	2,320.60	927.32
Margen	16.16%	14.81%	20.83%	20.51%	20%
Utilidad ida	137.94	122.44	500.51	475.95	185.46
Valor venta	991.53	949.14	2,903.32	2,796.55	1,112.78
IGV	178.47	170.85	522.60	503.38	200.30
Precio de venta ida	S/ 1,170.00	S/ 1,119.99	S/ 3,425.91	S/ 3,299.93	S/ 1,313.08

Fuente. La empresa

La asignación de viajes y mercadería a los comerciantes de las diferentes localidades, del ande y oriente liberteño, se hizo empíricamente, basándose en la experiencia y práctica acostumbrada. Esta información se consigna en la siguiente tabla.

Tabla 10
Asignación de viajes por producto a localidades del interior

Ruta	Días por viaje	Ganancia por viaje	CERVEZA (666 cajas)			ARROZ (200 bolsas)			AZÚCAR (200 bolsas)			Total viajes por destino	Total días de viaje
			Viajes	Mínimo anual	Máximo anual	Viajes	Mínimo anual	Máximo anual	Viajes	Mínimo anual	Máximo anual		
Tru - Humachuco - Tru	1.5	S/ 276	18	12	24	11	8	12	12	12	12	40	60
Tru- Stgo de Chuco - Tru	1.5	S/ 245	19	12	24	11	8	12	12	12	12	41	62
Tru - Cajabamba - Tru	1.5	S/ 371	12	12	12	9	8	12	24	16	24	45	68
Tru -Llacuabamba- Truj	3.0	S/ 952	0	0	12	0	0	12	9	6	12	9	28
Tru - Chillia - Truj	3.0	S/ 1,001	3	0	12	0	0	12	9	6	12	13	38
Total			52			31			67			149	257

El camión estuvo disponible el 85.66% de los 300 días hábiles del mes, es decir, 257 días, en los que realizó 149 viajes en total, distribuyendo cerveza, arroz y azúcar.

Al no haberse utilizado ninguna técnica de optimización, se prevé que esta cifra es susceptible de mejora de usarse, alguna herramienta de programación lineal, además, al elevarse la disponibilidad actual del camión, con el plan de mantenimiento, que también es motivo de esta tesis.

Descripción de la causa raíz 3: Deficiente gestión de repuestos

La empresa tuvo que recurrir a proveedores alternativos, ante rotura de inventarios, de su stock de repuestos, para reparaciones del camión. Situación que suele darse con frecuencia, demorando ostensiblemente la puesta en operación de la unidad.

Tabla 11
Compras reactivas

Item	Compra reactiva	Precio Std	Precio reactivo
Neumatico	1	1,704	1,983
Inyectores de la bomba	1	23,400	24,846
Alternador	1	900	1,125

Como se pudo ver en la tabla de indicadores de mantenimiento, en la descripción de la primera causa raíz de esta problemática, el Tiempo Medio de Reparaciones, MTTR, fue más de tres días y en esta deficiencia, tiene directa participación, la laxa gestión de repuestos, a la que se hace mención.

Descripción de la causa raíz 4: Falta trazabilidad de los despachos

Los camiones, luego que salen de Trujillo, con destino al interior del departamento, la comunicación y el control de las unidades, se vuelve muy difícil, facilitándose con ello, las malas prácticas de los choferes, como cambio de rutas inopinadamente e, incluso, hasta a deshonestidad, al hacer otro tipo de servicio de transporte, afectando a la empresa.

De acuerdo a la relación de viajes realizados, se debieron haber recorrido 66,436 kilómetros, sin embargo, el marcador señala 6% de exceso injustificado, estando registrado un recorrido de 70, 430 kilómetros.

En la siguiente tabla, se muestran los viajes realizados y la distancia ida & vuelta a cada destino.

Tabla 12
Distancia recorrida por el camión durante el año 2021

Ruta	Total viajes por destino	Kilòmetros ida & vuelta	Total Km recorridos
Tru - Humachuco - Tru	40	366	14,748
Tru- Stgo de Chuco - Tru	41	332	13,769
Tru - Cajabamba - Tru	45	454	20,631
Tru -Llacuabamba- Truj	9	754	7,075
Tru - Chillia - Truj	13	806	10,213
Total	149		66,436

Monetización de pérdidas

Monetización de la Causa Raíz 1: Deficiente mantenimiento preventivo

El año 2021, el camión Donfeng tuvo una disponibilidad de 85.66% y generó una utilidad de S/86,200.

En consecuencia, el perjuicio de la deficiencia fue: $\frac{S/86,200}{85.66\%} - S/86,200 = S/14,430$.

vale decir, que hipotéticamente, de no haberse registrado fallas, el ingreso de la empresa, se hubiese podido incrementar con esa cifra.

Monetización de la Causa Raíz 2: Deficiente asignación de fletes

En la siguiente tabla, se muestran los viajes por destino; los kilómetros recorridos; la cantidad y tipo de mercadería distribuida y la utilidad obtenida por la empresa de transporte.

Tabla 13
Asignación actual de fletes

Ruta	Días por viaje	Ganancia por viaje	CERVEZA (666 cajas)			ARROZ (200 bolsas)			AZÚCAR (200 bolsas)			Total viajes por destino	Total días de viaje	Utilidad anual	Kilómetros ida & vuelta	Total Km recorridos
			Viajes	Mínimo anual	Máximo anual	Viajes	Mínimo anual	Máximo anual	Viajes	Mínimo anual	Máximo anual					
Tru - Hunachuco - Tru	1.5	S/ 276	18	12	24	11	8	12	12	12	12	40	60	S/ 18,923	366	14,748
Tru- Stgo de Chuco - Tru	1.5	S/ 245	19	12	24	11	8	12	12	12	12	41	62	S/ 17,373	332	13,769
Tru - Cajabamba - Tru	1.5	S/ 371	12	12	12	9	8	12	24	16	24	45	68	S/ 24,810	454	20,631
Tru -Llacuabamba- Truj	3.0	S/ 952	0	0	12	0	0	12	9	6	12	9	28	S/ 8,945	754	7,075
Tru - Chillia - Truj	3.0	S/ 1,001	3	0	12	0	0	12	9	6	12	13	38	S/ 16,150	806	10,213
Total			52			31			67			149	257	S/ 86,200		66,436

El año de estudio, la empresa realizó 149 viajes, en los 257 días que le permitió la disponibilidad de 85.66% del camión, consiguiendo una ganancia de S/86,200.

Monetización de la Causa Raíz 3: Deficiente gestión de repuestos

La deficiente gestión de repuestos, hizo incurrir a la empresa, en los siguientes sobrecostos reactivos:

Tabla 14

Sobrecostos reactivos

Item	Compra reactiva	Precio Std	Precio reactivo	Sobrecosto reactivo
Neumatico	1	1,704	1,983	279
Inyectores de la bomba	1	23,400	24,846	1,446
Alternador	1	900	1,125	225
				S/ 1,950

Monetización de la Causa Raíz 4: Falta trazabilidad de los despachos

De acuerdo a datos de *Google map*, los camiones debieron de haber recorrido 66,436 kilómetros, sin embargo, el marcador del panel, indica que el recorrido es 6.011% mayor, lo cual no se puede explicar, pues la empresa no tiene los medios para rastrear a sus unidades, cuando salen rumbo a su destino.

La columna de costo/viaje, ha sido extraído de los costos, que obran en la descripción de la causa raíz 2, páginas atrás.

Tabla 15
Exceso de recorrido y costo de combustible

Actual empírico Ruta	Utilidad anual	Kilómetros ida & vuelta	Total Km recorridos	Costo/viaje	Costo/Km
Tru - Humachuco - Tru	S/ 16,553	366	13,176	853.59	2.33
Tru- Stgo de Chuco - Tru	S/ 15,672	332	12,616	826.71	2.49
Tru - Cajabamba - Tru	S/ 24,481	454	20,430	927.32	2.04
Tru -Llacuabamba- Truj	S/ 15,231	754	9,048	2,320.60	3.08
Tru - Chillia - Truj	S/ 20,020	806	11,284	2,402.81	2.98
Total	S/ 91,957		66,554	Promedio	S/ 2.58

El 6.011% de exceso, representan 3,993 kilómetros en exceso, que con el costo promedio de S/2.58/Km, significó un sobrecosto de S/10,322

Propuesta de mejora de la Causa Raíz 1: Deficiente mantenimiento preventivo

El mantenimiento del camión *Donfeng*, es principalmente correctivo y las reparaciones del año de estudio, se consignan en la siguiente tabla.

Tabla 16

Fallas e indicadores de mantenimiento del camión Donfeng

	Inicia la reparación	Fin de la reparación	MTTR	MTBF	Falla	Modo de falla	Motivo	Sistema al que pertenece
1	2/01/2021 08:20	7/01/2021 08:46	05 días y 00:26		Falla de inyectores	Perdida de potencia. Incremento de consumo de combustible	Obstrucción con suciedad	Inyector
2	5/02/2021 08:35	6/02/2021 14:46	01 días y 06:11	695:49:00	Cambio disco de embrague	Dificultad para entrar los cambios	Desgaste en cojinetes de empuje. Cable flojo. Pedal desgastado.	Transmisión
3	8/02/2021 08:20	10/02/2021 16:45	02 días y 08:25	41:34:00	Rotura bomba de combustible	No se activa con la corriente. Pérdida de potencia. Recalentamiento.	Bomba rota. Relé defectuoso.	Motor
4	11/03/2021 08:15	14/03/2021 12:15	03 días y 04:00	687:30:00	Cambio Bomba de agua	No operativa. Deficiente anticongelante	Baja temperatura ambiental, afecta el anticongelante	Refrigeración
4	2/04/2021 12:45	7/04/2021 08:00	04 días y 19:15	456:30:00	Revisión sistema eléctrico	No enciende rápido. Se debe insistir	Cables deteriorados por intemperie	Eléctrico
5	5/05/2021 09:10	8/05/2021 15:30	03 días y 06:20	673:10:00	Ajuste de suspensión	Falla del compresor. Calentamiento del motor.	Falla en el compresor. Fuga por grieta en bolsa de aire. Carrocería desnivelada. Muelle vencido.	Suspensión
6	1/06/2021 11:45	4/06/2021 12:15	03 días y 00:30	572:15:00	Ajuste en la transmisión	Temblor al hacer cambio de velocidad. Ruido. Olor a quemado.	Holgura en cojinetes. Falta de lubricación. Falta en varilla de cambio.	Transmisión
7	12/06/2021 09:45	15/06/2021 08:46	02 días y 23:01	189:30:00	Revisión de carburación	El motor se acelera o desacelera. Problema al acelerar.	Excesivo juego en eje del carburador	Motor
8	14/07/2021 08:45	19/07/2021 09:15	05 días y 00:30	695:59:00	Revisión antibloqueo de frenos	Defecto al frenar. Arrastre	Falla en sistema ABS	Frenos
9	12/08/2021 08:00	15/08/2021 17:15	03 días y 09:15	574:45:00	Recalentamiento del motor	Sobrecalentamiento. Indicador en tablero.	Crucetas desgastadas. Revisión general	Motor
10	18/09/2021 08:15	22/09/2021 14:10	04 días y 05:55	807:00:00	Falla de inyectores	Pérdida de potencia del motor. No prende rápido	Obstrucción con suciedad.	Inyección
11	20/11/2021 08:45	24/11/2021 12:46	04 días y 04:01	1410:35:00	Revisión del sistema de freno	Golpeteo al soltar el freno	Falta líquido de frenos. Tubería con aire.	Frenos
12	30/11/2021 11:45	4/12/2021 14:20	04 días y 02:35	142:59:00	Revisión de suspensión	Avance desalineado. Rebota en los baches.	Falla en el compresor. Fuga de aire	Suspensión
13	12/12/2021 08:15	16/12/2021 09:10	04 días y 00:55	185:55:00	Revisión sistema eléctrico	No enciende rápido. Se debe insistir	Terminales flojos. Cables deteriorados.	Eléctrico
14	20/12/2021 13:45	23/12/2021 15:46	03 días y 02:01	100:35:00	Ajuste en la transmisión	Frenos desbalanceados. Muelles desajustados. Ruido. Muelles flojos o vencidos	Holgura en cojinetes. Falta de lubricación. Poca viscosidad del líquido.	Transmisión
15	29/12/2021 08:45	29/12/2021 10:50	00 días y 02:05	136:59:00	Revisión fuga de aceite	Fuga en motor. Olor a quemado.	Falla en juntas. Filtro mal colocado. Cambio de aceite a destiempo.	Motor
16	30/12/2021 08:15	31/12/2021 04:10	00 días y 19:55	21:25:00	Cambio secador de aire	Mezcla de aceite con agua. Falta en frenos.	Válvulas de purga obstruidas. Entradas de aire por sellos desgastados.	Frenos

La data de la tabla anterior, permite valorar el nivel de importancia del buen funcionamiento del sistema, en función del tiempo de paradas del camión.

Tabla 17
Tiempos de falla por componente

Componente	Tiempo	Horas	%
Frenos	10 días y 00:26	240.43	18%
Inyectores	09 días y 06:21	222.35	17%
Eléctrico	08 días y 20:10	212.17	16%
Motor	08 días y 18:46	210.77	16%
Suspensión	07 días y 08:55	176.92	13%
Transmisión	07 días y 08:42	176.70	13%
Refrigeradora	03 días y 04:00	76.00	6%
	23 días y 19:20	1,315.33	

En este análisis se respondieron incógnitas, que permitieron elaborar una lista de condiciones y requerimientos de actividades del plan de mantenimiento preventivo que se propone y que incluirá la revisión de:

- Cambios de aceite y engrase
- Revisión de los niveles de aceite y grasa
- Alineación de los neumáticos
- Reemplazo de piezas gastadas
- Búsqueda de fugas de aceite y aire
- Inspección de la combustión y escape de gases
- Revisión de mecanismos de dirección
- Limpieza del chasis y cabina
- Revisión de:
 1. La suspensión
 2. Espejos
 3. Luces direccionales
 4. Faros
 5. Frenos
 6. Dirección asistida
 7. Presión de aire de los neumáticos
 8. Bolsas de aire
 9. Cinturones de seguridad
 10. Descanso de cabeza
 11. Carrocería

Se propone organizar el mantenimiento preventivo, analizando las fallas y modos de manifestarse, clasificándolos conforme su relevancia, determinado por su Índice de prioridad de riesgo, NPR, en su matriz AMFE, con el objetivo de garantizar su servicio, cuando sea requerido, disminuyendo al mínimo los peligros y fallas potenciales que pueden producir consecuencias negativas.

Figura 19
Participación en la parada del camión, por falla de componentes

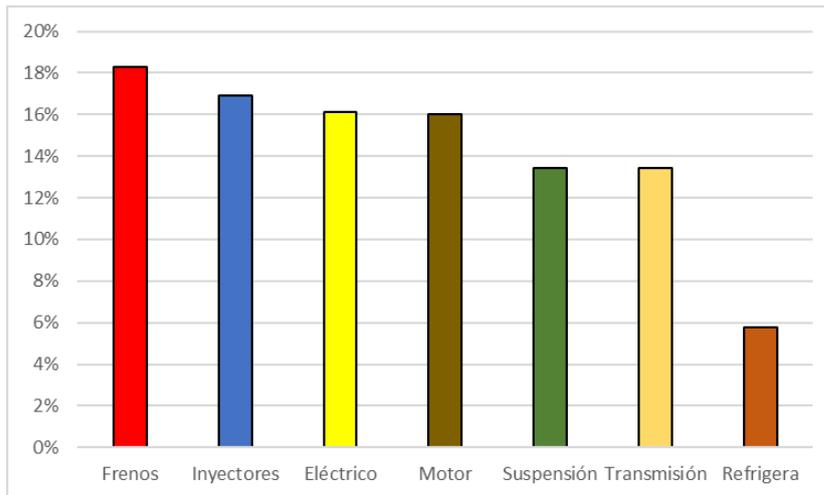


Figura 20
AMFE

	AMFE Operación/Función	Modo de falla	Efectos	Causas	Medidas de control previstas	Severidad	Ocurrencia	Detección	Índice Prioridad de Riesgo (NPR)	Acción preventiva
						00: Rasguño 05: Muerte	00 remoto 05: Seguro	00 : Fácil 05: difícil		
Hidráulico	Utiliza un fluido bajo presión para accionar maquinaria o mover componentes mecánicos	1. Freno deficiente 2. Contaminación del fluido. 3. Mangueras envejecidas. 4. Mangueras abrasadas. 5. Ruido anormal 6. Cavitaciones	1. Timón rígido. 2. Falta lubricación en engranes. 3. Bajo rendimiento	1. Fugas del líquido por sellos . 2. Falta de hermeticidad . 3. Bajo nivel líquido . 4. Empalmes mal hechos. 5. Aceite contaminado.	1. Una vez detectada la falla, la unidad será internada en el taller de mantenimiento para su revisión y reparación.	2	2	2	8	1. Medición depresión hidráulica 2.Verificación de conexiones 3.Cambio de aceite 4.Verificar goteos de líquido . 5.Verificar densidad líquido.
Motor	Máquina que transforma la energía química del combustible en energía mecánica, que da movimiento al eje	1. Recalentamiento 2. Detonación por combustión deficiente 3. Motor se apaga súbitamente 4. Motor deja escapar aceite 5. Alerta en panel	1. Pérdida de operatividad del motor. 2. Sobrecalentamiento 3. Rotura de partes móviles	1 - Punto de encendido adelantado. 2 - Tasa de compresión alta 3 - Sensor dañado o con problemas 4 - Deficiencia en el enfriamiento. 5 - Falta de torque en la bujía 6 - Bujía de encendido muy caliente. 7 - Mezcla de aire/combustible pobre. 8 - Combustible con bajo octanaje 9. Falta refrigerante 10 - Residuos en la cámara . 11 - Obstrucción sistema de escape. 12 Lubricación extemporanea 13. Deficiente mezcla combustible/aire 14. Falla en sensores	1. Mantener limpio el motor. 2. Usar bujías de tipo correcto . 3. Utilizar combustible adecuado. 4. Verificar el estado del aceite del motor. 5. Vigilar los fluidos 6. Cambiar regularmente los filtros. 7. Revisar frecuentemente el estado del radiador.	3	5	4	60	1.Verificación del torque de las bujías. 2.Verificación de niveles de aceite de motor. 3.Revisar fugas. 4.Revisar cables rotos. 5.Verificación de filtro de aire.
Frenos	Desacelera y para el movimiento de la unidad	1.Dificultad para frenar el vehículo	1. Deficiente frenado. Incremento en la distancia de frenado.	1. Agua interna y contaminación en el sistema de suministro y control de aire, paso de aceite del compreso. 2. Contaminación externa y corrosión, fugas de presión de aire, rendimiento reducido de los frenos, entre otros. 3. Desgaste	1. Inspección de tambores o discos, mangueras, revestimiento, empaquetaduras y resortes: sin grietas, fugas, golpes, cortes o desgaste excesivo.	5	3	4	60	1.Revisión de la hermeticidad de las tuberías. 2.Revisión de presión del líquido hidráulico. 3.Revisar periódicamente las líneas de aire del camión. 4.Verificar que no existan sellos o empaquetaduras rotas 5.Revisión del estado de las zapatas.

Eléctrico	Componentes eléctricos o electrónicos, conectados eléctricamente entre sí con el propósito de generar, transportar o modificar señales electrónicas o eléctricas.	1. El motor no enciende. 2. No funciona ningún sistema del camión.	1. Inoperatividad de la unidad	1. Batería obsoleta. 2. Cables en corto circuito 3. Falla en el alternador 4. Bornes mal ajustados 5. Bujías quemadas	1. Revisión del estado de los cables. 2. Medición de aislamiento del motor. 3. Revisión de funcionamiento del alternador	2	2	5	20	1.Revisión del cableado eléctrico. 2.Revisión del ajuste de las conexiones. 3.Verificar que no existan sellos o empaquetaduras rotas 4.Verificación de puesta a tierra.
Transmisión	Enlaza mecánicamente el motor con las ruedas, y ajusta la relación de giro entre ambos. Los engranajes en este tipo de transmisión cambian al activar y desactivar el embrague.	1. Temblor al variar la velocidad 2. Olor a aceite quemado 3. Ruido anormal 4. Dificultad para prender . 5. Deslizamiento de la caja de cambios 6. No acelera 7. Advertencia en el panel	1. Deterioro por sobrecalentamiento. Pérdida de operatividad.	1.Fuga de líquido 2. Suciedad o sedimentos en líquido 3. Falta líquido. Embrague mal acoplado 4. Cable de cambios flojo. 5. Falla en sistema de refrigeración.	1. Revisión constante del nivel del aceite de transmisión. 2. Verificar su viscosidad	5	2	3	30	1. Verificar niveles y viscosidad del aceite. 2. Verificar el sistema de refrigeración, para evitar sobrecalentamiento 3. Conducir con el cambio apropiado según la velocidad. 4.Calentar el motor 5 minutos, antes de arancar el movimiento,
Suspensión	La suspensión garantiza que las ruedas permanezcan conectadas con la carretera para un mejor agarre y frenado, evitando movimientos bruscos. Incluye, neumáticos, muelles, amortiguadores, barras, resortes, travesaño, etc.	1. Aumento en la distancia de frenado 2. Vibración excesiva e incómoda 3. Desgaste prematuro de neumáticos.	1. Manejo brusco e incómodo. Corre dando brincos. 2. Continuos pinchazos en neumáticos.	1. Falla del compresor 2. Rotura de ballestas que protegen el chasis. 3. Deterioro en regulador de altura. 4.Deterioro del muelle del neumático 5. Amortiguadores vencidos	1. Revisión periódica del sistema. 2. Reemplazo de amortiguadores por piezas originales.	3	2	4	24	1. No sobrepasar el límite de carga. 2. Evitar golpes fuertes directos hacia los neumáticos. 3. No dejar cargado el camión durante la noche, porque desgasta. 4. Distribuir la carga homogéneamente.

La información que se puede extraer de esta matriz AMFE, permitirá tomar las acciones correctivas y preventivas sobre el componente de la máquina, para aumentar la fiabilidad y la seguridad del mismo. Las conclusiones del AMFE y las acciones correctivas para eliminar los modos de fallos, se organizan según los criterios de esta matriz de decisión:

- Si existe bajo riesgo, severidad y ocurrencia baja, su atención no es prioritaria, pero debe programarse.
- Si hubiese riesgo moderado, se debe aplicar alguna medida de control.
- Ante un alto riesgo, se deberá aplicar acciones específicas, incluida, cambios significativos.

Con estas consideraciones, se preparó el siguiente plan de mantenimiento preventivo, para el camión Donfeng, previsto para incrementar su Disponibilidad

Tabla 18
Plan de mantenimiento preventivo para camión Dongfeng

Fecha del servicio de mantenimiento preventivo Dongfeng Kingrum	Verificar amortiguadores , nivel de altura del chasis y sistema de embrague.	Medir profundidad de cocada de los neumáticos. Evaluar probables causas de desgaste prematuro.	Verificar densidad del aceite de la transmisión. Verificar origen de la presencia de sedimentos.	Medición de la presión hidráulica. Evaluar probable causa de discrepancia.	Verificar cañerías y uniones hidráulicas. Ajustarlas según necesidad.	Verificar densidad del líquido hidráulico. Evaluar origen de la presencia de sedimentos.	Verificar limpieza de aceite en carter de transmisión.	Verificar torque de las bujías. Ajustarlas según necesidad.	Verificar estado de cables eléctricos y terminales.	Verificar nivel de aceite del motor	Verificar estado del filtro de aire	Verificar cañerías y uniones de lubricación.	Verificar densidad del aceite del motor. Verificar origen de la presencia de sedimentos.	Verificar estado de zapatas de freno	Verificar tanquede aire. Drenaje semanal.	Verificar puesta a tierra	Verificar carga de la batería	Revisión de empaquetaduras y sellas	Revisar goteos por fuga y subsanarlo.	Verificar funcionamiento de indicadores del panel	Verificar estado de fajas. Reemplazar anticipadamente.	Observaciones/ Otros	Responsable
	Mensual	Mensual	Semanal	Semanal	Semanal	Semanal	Semanal	Mensual	Semanal	Semanal	Mensual	Semanal	Mensual	Mensual	Mensual	Semanal	Mensual	Semanal	Semanal	Semanal	Mensual		
5-Ene																							
12-Ene																							
19-Ene																							
26-Ene																							
2-Feb																							
9-Feb																							
16-Feb																							
23-Feb																							

La aplicación de este plan de mantenimiento preventivo, busca incrementar la disponibilidad de 85.66% a, tentativamente, 90%, con lo que se conseguiría incrementar el número de viajes y un beneficio económico adicional en su rentabilidad de S/4,367 y será la base para mejoras sostenidas, para los ejercicios económicos siguientes.

Propuesta de mejora de la Causa Raíz 2: Deficiente asignación de fletes

Se propone revise la asignación de viajes y tipo de mercadería, a los distintos destinos, a los que la empresa de camiones presta servicio, de modo que se cumplan con las restricciones, establecidas por el cliente y se optimice las ganancias. Para ello se usó el *Solver* de *MS Office*.

Las restricciones están incluidas en la siguiente tabla. El cálculo, también incluye el incremento en la disponibilidad de 85.66% a 90%.

Figura 21
Planeamiento del Solver

Ruta	Dias por viaje	Ganancia por viaje	CERVEZA (666 cajas)			ARROZ (200 bolsas)			AZÚCAR (200 bolsas)			Total viajes por destino	Total dias de viaje
			Viajes	Mínimo anual	Máximo anual	Viajes	Mínimo anual	Máximo anual	Viajes	Mínimo anual	Máximo anual		
Tru - Humachuco - Tru	1.5	S/ 276	12	12	24	8	8	12	12	12			
Tru- Stgo de Chuco - Tru	1.5	S/ 245	12	12	24	8	8	12	12	12			
Tru - Cajabamba - Tru	1.5	S/ 371	12	12	24	8	8	12	16	24			
Tru -Llacuabamba- Truj	3.0	S/ 952	0	0	12	2	0	12	6	12			
Tru - Chillia - Truj	3.0	S/ 1,001	0	0	12	12	0	12	6	12			
Total						38						270	
Disponibilidad proyectad	90%											270	
Dias disponibles	300												

Parámetros de Solver

Establecer objetivo:

Para: Máx Mín Valor de:

Cambiando las celdas de variables:

Sujeto a las restricciones:

- \$D\$20 >= \$E\$20
- \$D\$21 <= \$F\$21
- \$D\$21 >= \$E\$21
- \$D\$22 <= \$F\$22
- \$D\$22 >= \$E\$22
- \$D\$23 <= \$F\$23
- \$D\$23 >= \$E\$23
- \$D\$24 <= \$F\$24
- \$D\$24 >= \$E\$24
- \$G\$20 <= \$I\$20
- \$G\$21 <= \$I\$21
- \$G\$20 >= \$H\$20

Figura 22
Solución Solver

Ruta	Días por viaje	Ganancia por viaje	CERVEZA (666 cajas)		ARROZ (200 bolsas)		AZÚCAR (200 bolsas)		Total viajes	Total días	Utilidad	Kilómetros ida & vuelta
			Viajes	Mínimo anual	Máximo anual	Viajes	Mínimo anual	Máximo anual				
Tru - Humachuco - Tru	1.5	S/ 276	12	12	24	8	8	12				
Tru- Stgo de Chuco - Tru	1.5	S/ 245	12	12	24	8	8	12				
Tru - Cajabamba - Tru	1.5	S/ 371	12	12	12	8	8	12				
Tru -Llacuabamba- Truj	3.0	S/ 952	0	0	12	2	0	12				
Tru - Chillia - Truj	3.0	S/ 1,001	0	0	12	12	0	12				
Total						38						
Disponibilidad proyectad	90%											
Días disponibles	300											

Resultados de Solver

Solver encontró una solución. Se cumplen todas las restricciones y condiciones óptimas.

Conservar solución de Solver

Restaurar valores originales

Volver al cuadro de diálogo de parámetros de Solver

Informes de esquema

Informes: Responder, Sensibilidad, Límites

Aceptar Cancelar Guardar e

Tabla 19
Asignación óptima

Ruta	Días por viaje	Ganancia por viaje	CERVEZA (666 cajas)		ARROZ (200 bolsas)		AZÚCAR (200 bolsas)		Total viajes por destino	Total días de viaje	Utilidad anual	Kilómetros ida & vuelta	Total Km recorridos
			Viajes	Mínimo anual	Máximo anual	Viajes	Mínimo anual	Máximo anual					
Tru - Humachuco - Tru	1.5	S/ 276	12	12	24	8	8	12	32	48	S/ 14,346	366	11,712
Tru- Stgo de Chuco - Tru	1.5	S/ 245	12	12	24	8	8	12	32	48	S/ 12,733	332	10,624
Tru - Cajabamba - Tru	1.5	S/ 371	12	12	12	8	8	12	36	54	S/ 20,772	454	16,344
Tru -Llacuabamba- Truj	3.0	S/ 952	2	0	12	2	0	12	10	30	S/ 13,327	754	7,540
Tru - Chillia - Truj	3.0	S/ 1,001	12	0	12	12	0	12	30	90	S/ 54,055	806	24,180
Total			50			38		52	140	270	S/ 115,232		70,400
Disponibilidad proyectad	90%		86							270			
Días disponibles	300												

Con esta nueva asignación de fletes y cargas, se obtiene una ganancia de S/115,232, que es 34% mayor que la actual, de S/86,200

Propuesta de mejora de la Causa Raíz 3: Deficiente gestión de repuestos.

Se propone utilizar el método ABC, en el control del inventario de repuestos, para tomar mejores decisiones sobre los artículos que se necesitan almacenar, respecto a, incrementar el índice de rotación del inventario; a la manera de ahorrar dinero en costos de almacenamiento e inventario y a mejorar el servicio a mantenimiento, reduciendo las roturas de stock, que conllevan a compras reactivas o a la obsolescencia del inventario.

El criterio de clasificación que se empleará, es por costo. Es decir, los de mayor precio, pertenecerán al segmento A.

Las políticas que se aplicarán son las siguientes.

Segmento “A”

- Estrictamente resguardados, sometidos a inventario semanal.
- Debe tener más de tres proveedores, para negociar precio.
- Negociar la reducción del *lead time*
- Infaltables. Negociar la posibilidad de comprarlos a consignación, manteniendo un almacén *in house*, con un proveedor, que ponga a disposición de la empresa, su inventario y experiencia, para reducir costos en inventario y evitar roturas de stock.

Segmento B

- Inventario mensual

Segmento C

- Inventario mensual

Criticidad

Los repuestos remarcados en rojo, son considerados muy críticos, por su frecuencia de cambio y por su impacto operacional. Debe mantenerse su stock mínimo, consignado en la columna derecha de la siguiente tabla y tenerse presente, el consumo planeado estadísticamente.

Se añadió una columna de “Consideración al requerirlo”, con la recomendación de “Compra a condición”, que significa no mantener stock mínimo y solicitarlo estrictamente cuando se necesite. Se tendrá en consideración que el lucro cesante promedio diario - considerando la utilidad por viajes, dividido entre su duración - es S/249, además de trabajar la posibilidad del almacén *in house*.

A continuación, se muestra la organización de los repuestos, con estas atingencias.

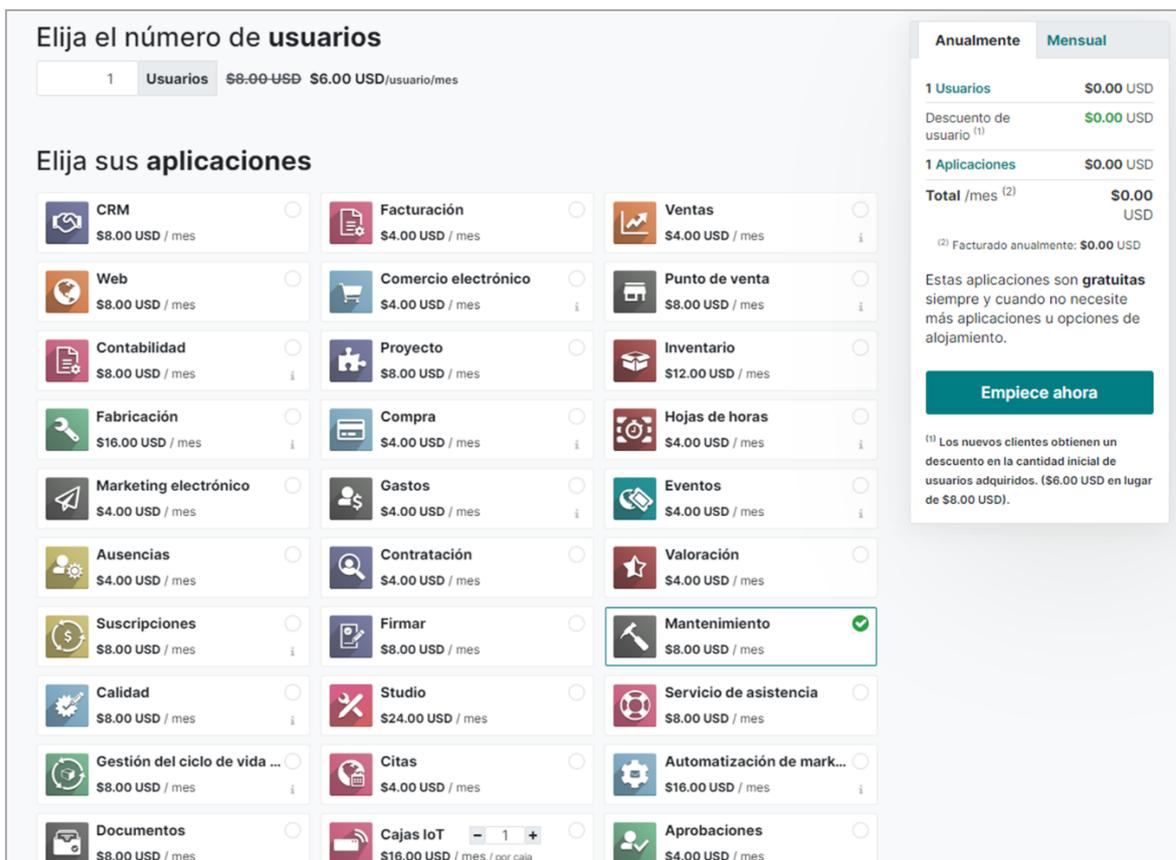
Figura 23
Control del stock de repuestos según ABC y criticidad

N°	Código	Repuestos y Material	Precio unitario	Data histórica de consumo			Consumo anual planeado (Und)	Costo anual planeado (S)	%	% Acumulado	ABC	CRITICIDAD			Consideración al requerido	Stock mínimo	
				Consumo 2019	Consumo 2020	Consumo 2021						Frecuencia consumo (Promedio ponderado 2019 - 2021)	Frecuencia de uso > 6mes : 10 pps < 6mes : 5	Consecuencia			Crítico >40
1	86214	Inyectores de la bomba	23,400	-	-	1	0.167	0	0.00%	0.00%	A	5	10	50	Compra a condición	1	
2	74109	Kit de motor	7,250	-	-	-	-	0	0.00%	0.00%	A	5	10	50	Compra a condición	1	
3	76298	Caja direccion	3,883	-	-	-	-	0	0.00%	0.00%	A	5	10	50	Compra a condición	1	
4	66998	Disco Embrague	1,935	1	-	1	0.667	1	1,935	5.25%	5.25%	A	5	10	50	Compra a condición	1
5	67657	Bomba de combustible	1,800	1	2	1	1.333	1	1,800	4.88%	10.13%	A	5	8	40	Compra a condición	1
6	84876	Neumatico	1,704	6	2	2	4.000	4	6,815	18.48%	28.61%	A	5	6	30	Compra a condición	1
7	64348	Radiador	1,602	-	1	-	0.333	1	1,602	4.34%	32.95%	A	5	5	25	Compra a condición	1
8	67108	Turbocargador	1,600	-	-	-	-	0	0.00%	32.95%	A	5	5	25	Compra a condición	1	
9	67976	Bomba de agua SC380	1,558	1	-	1	0.667	1	1,558	4.23%	37.18%	A	5	8	40	Compra a condición	1
10	60291	Secador de aire (KIT)	1,200	-	-	1	0.167	0	0.00%	37.18%	A	5	8	40	Mantener stock mínimo	1	
12	60313	Faro delantero der-izq.	1,110	1	1	1	1.000	1	1,110	3.01%	40.19%	A	5	5	25	Mantener stock mínimo	1
13	88406	Kit de Anillos	1,100	1	1	-	0.833	1	1,100	2.98%	43.17%	A	5	5	25	Mantener stock mínimo	1
14	72636	Compresor de aire	1,000	-	1	-	0.333	1	1,000	2.71%	45.88%	A	5	8	40	Mantener stock mínimo	1
15	70797	Bomba hidraulica direccion	986	1	-	-	0.500	1	986	2.68%	48.56%	A	5	10	50	Mantener stock mínimo	1
16	78981	Solenoide de arrancador	975	-	-	1	0.167	0	0.00%	48.56%	A	5	10	50	Mantener stock mínimo	1	
18	66894	Filtro de Adblue	972	1	-	-	0.500	1	972	2.64%	51.19%	A	5	5	25	Mantener stock mínimo	1
19	78466	Reten de excetrica	967	2	-	-	1.000	1	967	2.62%	53.82%	A	5	6	30	Mantener stock mínimo	1
20	69892	Alternador	900	-	-	1	0.167	0	0.00%	53.82%	A	5	10	50	Mantener stock mínimo	1	
21	85053	Eje de ventilador	763	1	-	-	0.500	1	763	2.07%	55.89%	A	5	5	25	Mantener stock mínimo	1
22	71101	Kit de pines y bocinas	703	-	1	-	0.333	1	703	1.91%	57.79%	A	5	5	25	Mantener stock mínimo	1
23	88844	Solenoide arrancador 24V	688	-	1	-	0.333	1	688	1.87%	59.66%	A	5	5	25	Mantener stock mínimo	1
24	66116	Faro posterior 340 original rojo	507	2	-	-	1.000	1	507	1.38%	61.03%	A	5	5	25	Mantener stock mínimo	1
25	81288	Faro posterior 340 original Blanco	507	2	-	-	1.000	1	507	1.38%	62.41%	A	5	5	25	Mantener stock mínimo	1
27	72819	Muelles	400	4	-	4	2.667	2	800	2.17%	64.58%	B	5	6	30	Mantener stock mínimo	1
28	71336	Bateria 12 x 33 placas	496	-	1	-	0.333	1	496	1.34%	65.92%	B	5	8	40	Mantener stock mínimo	1
29	86263	Sensor de presión de aceite motor	413	-	-	-	-	0	0.00%	65.92%	B	5	5	25	Mantener stock mínimo	1	
30	80669	Sensor Temperatura B12R	404	1	-	-	0.500	1	404	1.09%	67.02%	B	5	5	25	Mantener stock mínimo	1
31	79443	Ventilador	400	1	-	-	0.500	1	400	1.08%	68.10%	B	5	10	50	Mantener stock mínimo	1
133	66363	Perno 5/16X2 1/2	1	12	12	12	12.000	12	12	0.03%	99.75%	C	10	2	20	Mantener stock mínimo	3
134	78681	Tuerca 3/8 HF	1	12	12	16	12.667	12	12	0.03%	99.78%	C	10	2	20	Mantener stock mínimo	3
135	64913	Remache 1/8X1/2	1	12	16	20	14.667	14	13	0.03%	99.81%	C	10	2	20	Mantener stock mínimo	4
136	80236	Perno autorrosante 6X1 1/2	1	24	10	16	18.000	18	16	0.04%	99.86%	C	10	2	20	Mantener stock mínimo	5
137	69473	Perno M5X2	1	16	12	12	14.000	14	11	0.03%	99.89%	C	10	2	20	Mantener stock mínimo	4
138	70014	Tuerca seguro 3/8	1	12	12	12	12.000	12	8	0.02%	99.91%	C	10	2	20	Mantener stock mínimo	3
139	74291	Remache 5/32X1/2	1	6	10	6	7.333	7	5	0.01%	99.92%	C	10	2	20	Mantener stock mínimo	2
140	77717	Remache 1/8X1	1	6	8	10	7.333	7	5	0.01%	99.94%	C	10	2	20	Mantener stock mínimo	2
141	64848	Remache 5/32X3/4	1	8	4	6	6.333	6	4	0.01%	99.95%	C	10	2	20	Mantener stock mínimo	2
142	81812	Remache 3/16X3/4	1	8	4	10	7.000	7	5	0.01%	99.96%	C	10	2	20	Mantener stock mínimo	2
143	70209	Tuerca HC 1/4	1	6	4	10	6.000	6	4	0.01%	99.97%	C	5	2	10	Mantener stock mínimo	2
144	78980	Remache 1/8X3/4	1	8	8	10	8.333	8	4	0.01%	99.98%	C	10	2	20	Mantener stock mínimo	2
145	74442	Remache 5/16X1	0	8	8	6	7.667	7	2	0.01%	99.99%	C	10	2	20	Mantener stock mínimo	2
146	75774	Anillo plano 3/8	0	10	10	12	10.333	10	3	0.01%	99.99%	C	10	2	20	Mantener stock mínimo	3
147	77223	Remache5/32X1	0	12.00	12.00	16.00	12.667	12	2	0.01%	100.00%	C	10	2	20	Mantener stock mínimo	3

La gestión de inventarios, debe sistematizarse, para hacerla más proactiva. Para ello, se recomienda el uso del ERP en línea Odoo. Un software empresarial todo en uno que incluye CRM, sitio web y comercio electrónico, facturación, contabilidad, fabricación, gestión de almacenes y proyectos, e inventario entre otros.

Sus costos, se muestran seguidamente.

Figura 24
Tarifas Odoo



The screenshot displays the Odoo pricing interface. At the top, it asks to 'Elija el número de usuarios' (Choose the number of users), with '1 Usuarios' selected. The price is shown as '\$8.00 USD' crossed out and '\$6.00 USD/usuario/mes' (USD per user per month). Below this, it asks to 'Elija sus aplicaciones' (Choose your applications). A grid of application options is shown, each with an icon, name, and price per month. The 'Mantenimiento' (Maintenance) application is selected with a green checkmark. On the right, a summary table shows the total cost for 1 user and 1 application as '\$0.00 USD' per month. A note states that new clients receive a discount on the initial user quantity (\$6.00 USD instead of \$8.00 USD).

Aplicación	Costo / mes
CRM	\$8.00 USD / mes
Web	\$8.00 USD / mes
Contabilidad	\$8.00 USD / mes
Fabricación	\$16.00 USD / mes
Marketing electrónico	\$4.00 USD / mes
Ausencias	\$4.00 USD / mes
Suscripciones	\$8.00 USD / mes
Calidad	\$8.00 USD / mes
Gestión del ciclo de vida...	\$8.00 USD / mes
Documentos	\$8.00 USD / mes
Facturación	\$4.00 USD / mes
Comercio electrónico	\$4.00 USD / mes
Proyecto	\$8.00 USD / mes
Compra	\$4.00 USD / mes
Gastos	\$4.00 USD / mes
Contratación	\$4.00 USD / mes
Firmar	\$8.00 USD / mes
Studio	\$24.00 USD / mes
Citas	\$4.00 USD / mes
Cajas IoT	\$16.00 USD / mes / por caja
Ventas	\$4.00 USD / mes
Punto de venta	\$8.00 USD / mes
Inventario	\$12.00 USD / mes
Hojas de horas	\$4.00 USD / mes
Eventos	\$4.00 USD / mes
Valoración	\$4.00 USD / mes
Mantenimiento	\$8.00 USD / mes
Servicio de asistencia	\$8.00 USD / mes
Automatización de mark...	\$16.00 USD / mes
Aprobaciones	\$4.00 USD / mes

Fuente. Odoo.com

Propuesta de mejora de la Causa Raíz 4: Falta trazabilidad de los despachos

Se propone dar trazabilidad de los camiones de la empresa, para conocer en todo momento su ubicación y recorrido real. Esto permitirá estimar con precisión, la hora de arribo a los clientes y, evitar malas prácticas o deshonestidad de los choferes, que podrían traducirse en recorridos no autorizados, que generan sobrecostos.

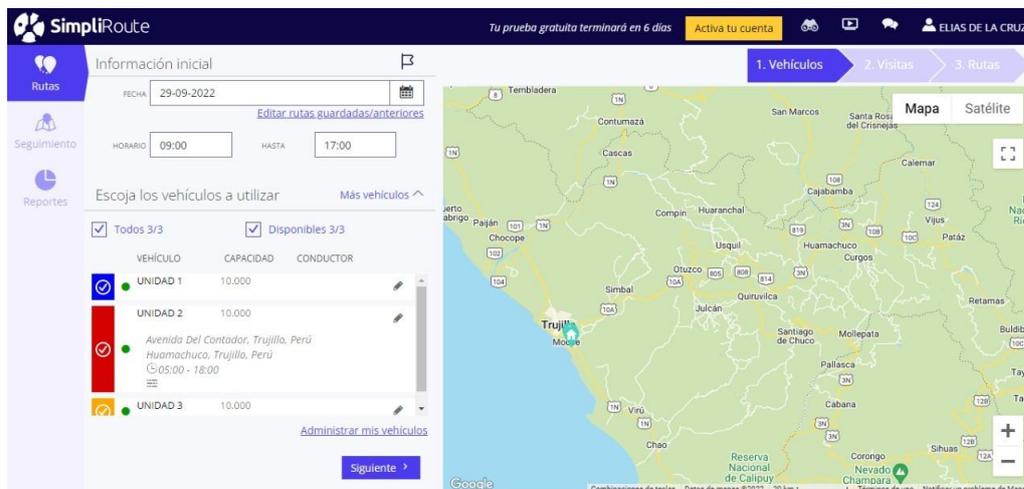
Para ello, se recomienda emplear el software de optimización de rutas de SimpliRoute, que es una herramienta que permite planificar las rutas de despacho de manera eficaz e inteligente, ahorrando tiempo y dinero, mientras mejora la seguridad y aumenta la satisfacción de los clientes.

También se esperaría Ahorrar tiempo en planificar las rutas manualmente, reduciendo, en algunos casos, el tiempo de viaje y el consumo de combustible.

El procedimiento es amigable, procediendo con los siguientes pasos.

1. Seleccionar fecha y hora de las entregas
2. Crear usuarios y vehículos a monitorear
3. Seleccionar o importar las direcciones de los clientes
4. El software determinará la mejor ruta y hará monitoreo en todo momento de la ubicación del camión, hasta su llegada al cliente.
5. Ofrece ahorrar hasta 30% los costos operacionales del transporte
6. Costo: US\$40 mensuales por cada camión.

Figura 25
Software Simpliroute



Fuente. Simpliroute

Evaluación económico-financiera

Inversión propuesta

Figura 26

Cotización Simpliroute

The image shows a pricing page for Simpliroute with two main columns. The left column is dark blue and features the 'Pro' plan, which is labeled 'El más elegido'. It includes a price of \$400 USD with 2 months free and a cost of \$40 per license/vehicle per month. The right column is light blue and features the 'Corporate' plan, intended for large companies with robust operations, and includes a 'Contáctanos' button for a personalized plan. Both plans include a list of features such as route optimization, mobile apps, vehicle tracking, and communication modules.

El más elegido

Pro

Para empresas que necesitan escalar sus operaciones al siguiente nivel

\$400 USD
¡2 meses gratis!
\$40 por licencia/vehículo por mes

Habla con el equipo de ventas

Incluye:

- ✓ Planificación de rutas optimizadas
- ✓ Aplicación móvil para conductores, con captura de firma digital
- ✓ Seguimiento de vehículos en ruta de forma centralizada
- ✓ Módulos de comunicación y tracking hacia el cliente final (SMS, email, whatsapp)
- ✓ Chat de comunicación entre conductores y administradores
- ✓ Dashboards de estadísticas y reportería
- ✓ Soporte, capacitación e implementación personalizada

Corporate

Para grandes empresas y corporaciones con operaciones robustas

Contáctanos
Para un plan personalizado

Habla con el equipo de ventas

Incluye el plan Pro más:

- ✓ Algoritmos de optimización para grandes flotas con múltiples visitas
- ✓ Integraciones, capacitaciones y desarrollos a medida
- ✓ Soporte e implementación personalizada
- ✓ Dashboards de estadísticas y reportería avanzada via Tableau

Fuente. Simpliroute

Figura 27

Engrasadora

The image shows a product listing on Alibaba for an electric grease dispenser. It features a blue cylindrical unit with a pressure gauge and hoses. The price is listed as \$158.74 per unit, with a minimum order of 10 units. The product title is 'Engrasador electrica de alta presion / Cubeta engrasadora electrica'.

Engrasador electrica de alta presion / Cubeta engrasadora electrica

\$158.74/ unit

10 units (Min. Order)

Fuente. alibaba

Tabla 20
Cotización de engrasadora

		Cantidad	Dolares	Total \$	Soles
Engrasadora		1	159	159	603
Flete	30.0%				181
Seguro	3.0%				18
Base imponible					802
Ad valorem	4.0%				32
Agente aduana	1.5%				12
IGV	18.0%				144
Total					991
Flete local					300
Total					S/ 1,291

Fuente. alibaba

Figura 28
Soldadura



SPARK brand master **soldadora** bx1-500 bx1 500 guangzhou electronic

\$116.00-\$200.00
1.0 piece (MOQ)

Verified 15 YRS  CN Supplier >

★ 5.0 (2) | "good service"

Contact Supplier  Chat Now! compare

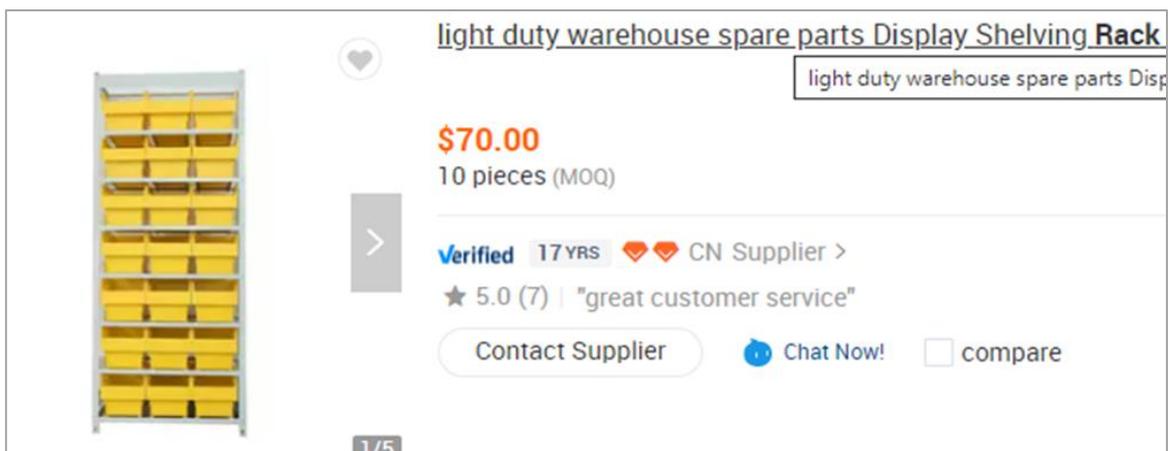
Fuente. alibaba

Tabla 21
Cotización de soldadora

		Cantidad	Dolares	Total \$	Soles
Soldadora		1	200	200	760
Flete	30.0%				228
Seguro	3.0%				23
Base imponible					1,011
Ad valorem	4.0%				40
Agente aduana	1.5%				15
IGV	18.0%				182
Total					1,248
Flete local					300
Total					S/ 1,548

Fuente. alibaba

Figura 29
Racks de herramientas



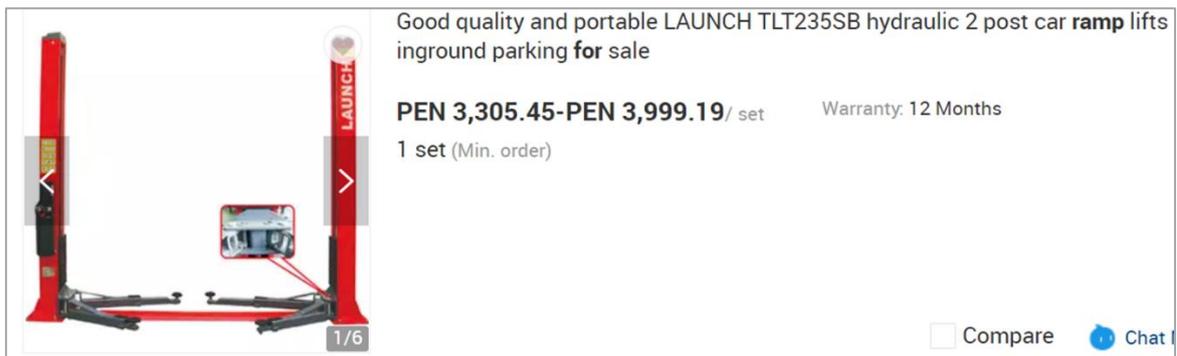
Fuente. alibaba

Tabla 22
Cotización de racks para herramientas

	Cantidad	Dolares	Total \$	Soles
Racks de repuestos	10	70	700	2,660
Flete	30.0%			798
Seguro	3.0%			80
Base imponible				3,538
Ad valorem	4.0%			142
Agente aduana	1.5%			53
IGV	18.0%			637
Total				4,369
Flete local				300
Total				S/ 4,669

Fuente. alibaba

Figura 30
Rampa de inspección



Fuente. alibaba

Costo: S/4,000

Flujo de caja proyectado

Tabla 23

Flujo de caja

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Annual
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	
<u>Inversión</u>													
Software en línea ODOOR	-	912											
App Simpliroute de geolocalización y reporte	-	365											
Soldadora	-	1,548											
Engrasadora	-	1,291											
Racks (13)	-	5,980											
Gabinete de herramientas	-	2,990											
Zanja para inspección	-	4,000											
Total inversión	-	17,086											
<u>Ingresos</u>													
Mejora en la disponibilidad y optimización de fletes	2,419	2,419	2,419	2,419	2,419	2,419	2,419	2,419	2,419	2,419	2,419	2,419	29,032
Mejor gestión de repuestos y reducción de compras reactivas	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89	89	1,064
Mejor trazabilidad y reducción de recorridos injustificados	287	287	287	287	287	287	287	287	287	287	287	287	3,441
Total ingresos	2,795	2,795	2,795	2,795	2,795	2,795	2,795	2,795	2,795	2,795	2,795	2,795	33,536
Total ingresos actualizados	2,757	2,719	2,682	2,646	2,610	2,575	2,540	2,505	2,471	2,438	2,404	2,372	30,719
<u>Egresos</u>													
Capacitación en gestión logística	-	1,000	-	1,000									-
Total egresos	-1,000	-1,000											-
Total egresos actualizados	-986	-973											-
Saldo antes de impuestos	1,795	1,795	2,795	2,795	2,795	2,795	2,795	2,795	2,795	2,795	2,795	2,795	35,536
Impuesto a la renta	467	467	727	727	727	727	727	727	727	727	727	727	10,661
Saldo después de impuestos	1,328	1,328	2,068	2,068	2,068	2,068	2,068	2,068	2,068	2,068	2,068	2,068	24,876
Flujo actualizado	-	17,086	1,310	1,292	1,985	1,958	1,931	1,905	1,879	1,854	1,829	1,804	1,779

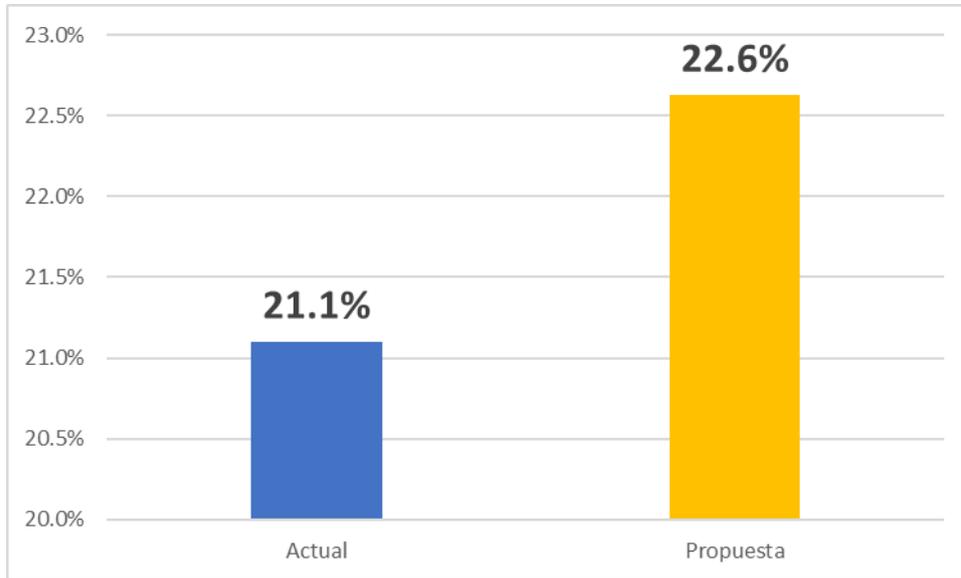
TMAR	17.83% anual
TEM	1.38% mensual
VAN	4,196
TIR	76.95%
B/C	1.61
Tiempo de retorno (años)	0.56
Tiempo de retorno (meses)	7

TMAR : (i) Premio al riesgo + (f) inflación media de 5 años previos + $i \times f =$	17.831300%
Inflación (f) :	
2020	2.00%
2019	2.25%
2018	1.51%
2017	2.99%
2016	3.56%
Prom	2.46%
Fuente : BCRP	

PREMIO AL RIESGO	
Alto	>20
Medio	11 % a 20%
Bajo	1% a 10%
Premio al riesgo : 15%	

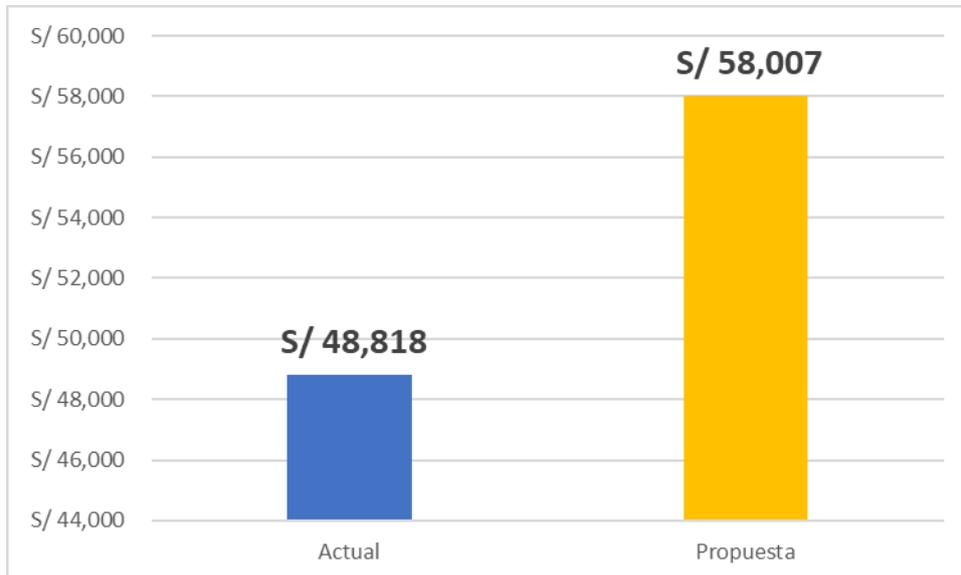
CAPÍTULO III. RESULTADOS

Figura 31
Rentabilidad



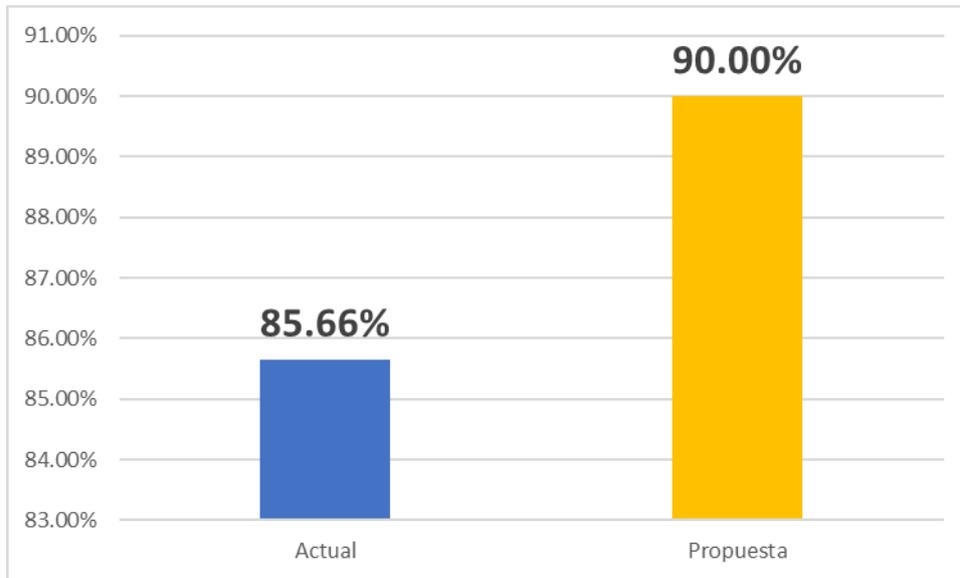
Con la propuesta, se logra incrementar la rentabilidad de 21.1 a 22.6%

Figura 32
Resultados



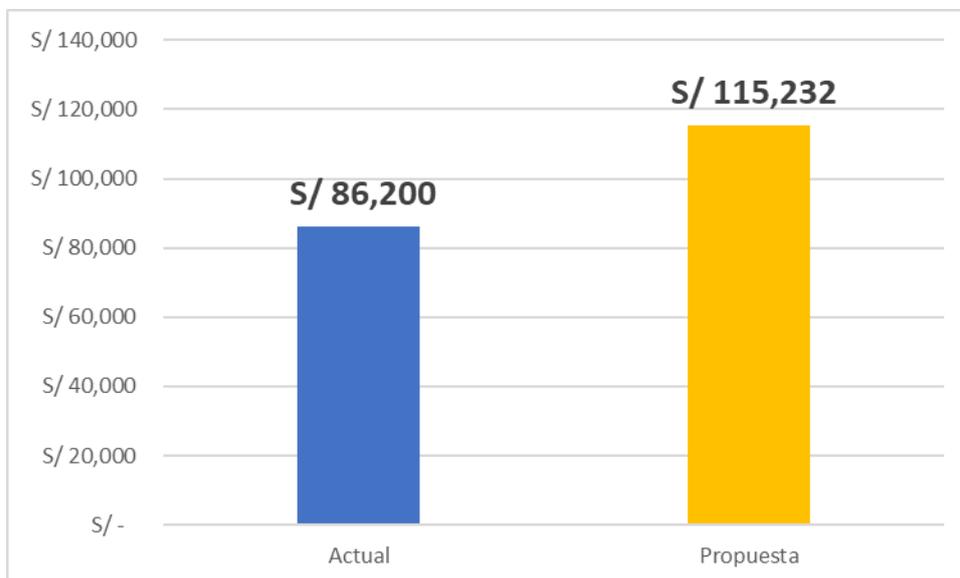
Como resultado de la propuesta, el resultado del ejercicio, subiría de S/48,818 a S/58,007

Figura 33
Disponibilidad



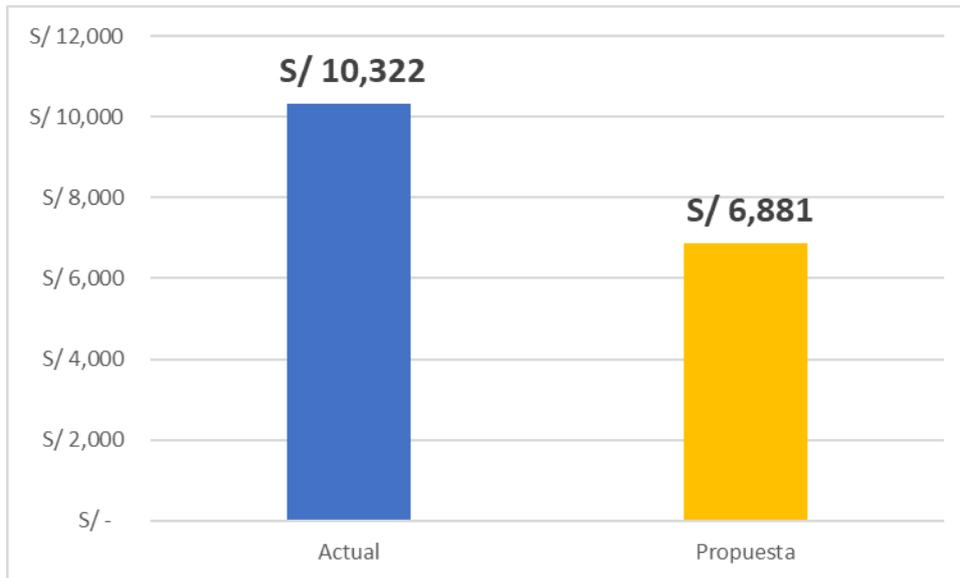
La Disponibilidad del camión, mejorará de 85.66% a, un estimado, de 90%, como resultado de la aplicación del plan de mantenimiento propuesto.

Figura 34
Ganancia con la asignación de la carga a clientes



La ganancia de la empresa, generada por el camión *Donfeng*, motivo de esta tesis, se incrementará de S/86,200 a S/115,232 anuales, con la optimización de la asignación de fletes, rutas y cargas.

Figura 35
Trazabilidad



Con la aplicación del software Simpliroute, se logrará reducir, el costo de los recorridos no programados, del camión, en primera instancia, de S/10,322 a, un estimado, de S/6,881

Estado de resultados

Tabla 24
Estado de resultados

	Actual		Propuesta	
Venta de fletes	S/	231,330	S/	256,328
Reducción viajes informales por trazabilidad			S/	3,441
Reducción compras reactivas			S/	1,064
Costo de los fletes	-S/	165,360	-S/	182,443
Utilidad bruta	S/	65,970	S/	78,388
Depreciación	S/	-	-S/	1,578
Utilidad operativa	S/	65,970	S/	76,811
Gastos financieros	S/	-	S/	1,578
Utilidad antes de participación e impuestos	S/	65,970	S/	78,388
Impuesto a la renta	S/	17,152	-S/	20,381
Utilidad neta	S/	48,818	S/	58,007
Reserva (10%)	S/	-	S/	-
Resultado del ejercicio	S/	48,818	S/	58,007
Rentabilidad sobre ventas		21.1%		22.6%
				7.24%

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

En su tesis, Gómez (2019) determinó que existen pérdidas económicas, por paradas en las máquinas y tiempos improductivos, por \$114,048 anuales, debido a la ausencia de un plan de mantenimiento preventivo. Añade seguidamente, que, con la propuesta de implementar un plan de mantenimiento, con una inversión de \$6,685 anuales - es decir, del 6% del perjuicio - en materiales y repuestos, la empresa mantendrá en buen estado las máquinas; llevará un mejor control en los costos por mantenimientos correctivos; mejorará el rendimiento de los procesos operativos y podrá entregar a tiempo los pedidos de los clientes, lo que le generará utilidades. En la presente tesis, los autores manifiestan que el impacto de las deficiencias, en las gestiones de logística y mantenimiento, fue S/33,536 y el costo para mitigarlo, S/15,775, o sea el 47%. Esta fuerte diferencia respecto a la tesis de referencia, empleada como antecedente, es explicable por el tamaño del proyecto, siendo el problema atendido en esta investigación, mucho más pequeño y circunscrito específicamente a la operación de un solo camión de carga, además, a que la inversión, se pagará solo en un año y su beneficio, se hará extensivo a las otras unidades de transporte de la empresa, durante los siguientes años.

De manera similar a Cárdenas, Bocanegra y Moreno (2019) , que proponen una mejora al plan de mantenimiento de una flota de buses , donde a través de un AMEF se evidenciaron las fallas más críticas de los elementos y sistemas de los buses de mayor movimiento en la ciudad de Bogotá, que actualmente presentan fallas funcionales que generan retornos a los talleres por varadas y mantenimientos correctivos que motivan incremento en los costos de mantenimiento y en los índices de insatisfacción de los clientes, en la presente tesis, los autores , también buscaron atender la baja disponibilidad del camión de marca *Donfeng*, que es el de mayor actividad, analizando las fallas; su modo de manifestarse y su impacto, como criterio de jerarquización, para luego dar pase a un plan de mantenimiento preventivo y un cronograma de actividades, para dicho fin.

Se coincide con el procedimiento y herramientas mencionadas por Villanueva (2020), cuando en su tesis de mejora en la gestión de mantenimiento y logística para incrementar la rentabilidad de una empresa de transporte de carga en la ciudad de

Trujillo, identificaron, en principio, las causas raíz que la afectan, determinando que entre otras, eran la falta mantenimiento preventivo; clientes/proveedores muy dispersos; falta de cálculo económico de compras; deficiente gestión de stock; falta de compromiso de proveedores; falta de buenas condiciones laborales, proponiéndose para atenderlas, la implementación de herramientas y métodos de la ingeniería industrial, como, un plan de mantenimiento preventivo; ingeniería de métodos, simulación con *Solver*, para asignar óptimamente las locaciones; gestión logística, con la clasificación ABC de los repuestos para actividades de mantenimiento y la gestión de recursos humanos, con el fin de mejorar el clima organizacional.

Al igual que Cueva y Medina (2019) quienes determinaron que su propuesta de mejora en la gestión de almacén e inventarios, empleando el método ABC, según su costos, rotación y lead time, permitió lograr un valor actual neto (VAN) de S/. 515 ,474.99 y una tasa interna de retorno (TIR) de 55% , superior al COK de 10% establecido referencialmente por la empresa, demuestra que esta inversión es viable, en la presente tesis, que se trata de un proyecto pequeño -por la magnitud de la empresa - empleando mejoras en la gestión logística y mantenimiento, como , también el método ABC por costos; un plan de mantenimiento preventivo, que incremente la Disponibilidad del camión Donfeng, seleccionado para su análisis y la optimización de los fletes a los diferentes clientes, se consiguió un VAN de S/5,685; una TIR de 75%; un beneficio/costo de 1.75 , con un retorno de seis meses, que también confirman su viabilidad.

4.2. Conclusiones

- Se determinó que la propuesta de mejora en la gestión de logística y mantenimiento incrementa la rentabilidad de la empresa de transporte de carga en la ciudad de Trujillo, de 21.1% a 22.6%.
- Se diagnosticaron problemas en la gestión actual de logística y mantenimiento que afectan negativamente la rentabilidad de la empresa de transporte de carga en la ciudad de Trujillo. Estas son: Deficiente mantenimiento preventivo, deficiente asignación de fletes, deficiente gestión de repuestos y falta trazabilidad de despachos.
- Se emplearon métodos y herramientas de la ingeniería industrial para incrementar la rentabilidad de la empresa de transporte de carga en la ciudad de Trujillo, como plan de mantenimiento preventivo, AMFE, criticidad, Solver, Software ODOO y Simpliroute, programación lineal, ABC y Stock mínimo, obteniendo un beneficio total de S/33,536 al aplicar la propuesta de mejora.
- La propuesta de mejora en la gestión de logística y mantenimiento en la empresa de transporte de carga es viable económicamente. Esto se demuestra con un VAN de S/5,685. Además, la Tasa Interna de Retorno es 74.68% y el Beneficio/Costo de 1.75, que indica que, por cada sol invertido en la propuesta de mejora, se obtendrá una ganancia de S/0.75. El retorno de la inversión será en 6 meses.

REFERENCIAS

- Alvarado, D. (2018). *Factores que afectan el consumo de combustible en los camiones*.
<https://mail.nitro.pe/camiones/factores-que-afectan-el-consumo-de-combustible-en-los-camiones.html>
- Baer, M. (2018). *Las compañías más grandes de transportes en Estados Unidos*.
<https://www.cuidatudinero.com/13082425/las-companias-mas-grandes-de-transportes-en-estados-unidos>
- Cárdenas, R., Bocanegra, A. y Moreno, S. (2019). *Propuesta mejora del plan de mantenimiento para una empresa de transporte público* (Tesis de Grado). Universidad ECCI, Bogotá, Colombia.
<https://repositorio.ecci.edu.co/bitstream/handle/001/1953/Trabajo%20de%20grado.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Domenech, J. (2010). Diagrama de Pareto.
- Fucci, T. (1999). *El gráfico ABC como técnica de gestión de inventarios*.
<http://www.ope20156.unlu.edu.ar/pdf/abc.pdf>
- García, R. (2005). Estudio del Trabajo: Ingeniería de métodos y medición del trabajo. México: McGraw-Hill.
- INEI (2022). *Movimiento de vehículos a nivel nacional aumentó 4.5% en noviembre de 2021*. <https://www.inei.gov.pe/prensa/noticias/movimiento-de-vehiculos-a-nivel-nacional-aumento-45-en-noviembre-de-2021-13310/>
- Cueva, A. y Medina, K. (2019). *Diseño de un sistema de gestión de almacén e inventario para reducir los costos operativos en el área de almacén de la empresa CCA-Perú SAC Cajamarca 2018* (Tesis de Grado). Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/14943>
- Flores, R. y Flores, N. (2017). *Propuesta de mejora en el área de logística para reducir los costos operativos generados en los almacenes de la empresa carrocería Metalbus S.A.* (Tesis de Grado). Universidad Privada del Norte, Trujillo, Perú.
<https://Flores%20Espejo,%20Rosy%20Katherine%20%E2%80%93%20Flores%20Espejo,%20Natalie%20Marylin.pdf>
- Gómez, M. (2019). *Propuesta de implementación de un plan de mantenimiento preventivo en el taller de metalmecánica de la empresa ensamblajes S.A.* (Tesis de Grado).

Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.
<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/41226/1/TRABAJO%20DE%20TITULACI%C3%93N%20DE%20MICHEL%20ANGELO%20G%C3%93MEZ%20PAZMI%20C3%91O.pdf>

Mecalux (2018). *Europa en ruta*. <https://www.mecalux.es/articulos-de-logistica/europa-en-ruta>

Moldtrans (2017). *Los orígenes del comercio y el transporte de mercancías*. <https://www.moldtrans.com/los-origenes-del-comercio-y-transporte-de-mercancias/>

Peinado, J. y Reis, A. (2007). *Administração da Produção (Operações Industriais e de Serviços)* Centro universitario positivo. Curitiba- Brazil 2007.

Pérez, A., Rodríguez, A., & Molina, M. (2002). Factores determinantes de la rentabilidad financiera de las pymes. *Spanish Journal of Finance and Accounting/Revista Española de Financiación y Contabilidad*, 31(112), 395-429.

Terrones, W. (2018). *Mejora del sistema de gestión de inventarios para reducir costos operativos de la empresa Autonort Cajamarca S.A.C 2018*. (Tesis de Grado). Universidad César Vallejo, Cajamarca, Perú.
<http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/27656>

Villanueva, B. (2020). *Propuesta de mejora en la gestión de mantenimiento y logística para incrementar la rentabilidad de una empresa de transporte de carga en la ciudad de Trujillo* (Tesis de Grado). Universidad Privada del Norte, Trujillo, Perú.
<https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/24683>

Zuluaga, C., Gallego, M., y Urrego, J. (2011). Clasificación ABC Multicriterio: Tipos de criterios y efectos en la asignación de pesos. *Iteckne*. <https://n9.cl/shp2>

ANEXOS

Anexo 1

Almacén de repuestos



Anexo 2

Visita a empresa de transportes de carga





Anexo 3

Interior de empresa de transporte de carga



Anexo 4

Productos a transportar



Anexo 5
Unidades de transporte

