

DESIGN OF ROUTE PROGRAMMING, AUTONOMOUS MAINTENANCE CHECKLIST TO REDUCE COSTS FOR A SMALL LIGHT- DUTY

Design Of Route Programming, Autonomous Maintenance Checklist To Reduce Costs For A Small Light-Duty Company

Gianella Charcape Quispe, Bachelor of Engineering¹; Marialaura Ruiz Rojas, Bachelor of Engineering²; Juan Luis Sotomayor Burga, Master of Sciences³

^{1,2}Universidad Privada del Norte, Perú, n00171308@upn.pe, n00227433@upn.pe, juan.sotomayor@upn.edu.pe

Abstract– This study addresses the problem of a transport company in Callao, Peru, which faces delays in deliveries and unscheduled mechanical failures. To mitigate these problems, two solutions were proposed: the implementation of a Route Programming Plan and an Autonomous Maintenance system. The research was carried out through an experimental design, where relevant information from the company was collected and analyzed, allowing the identification of critical areas that required attention. The simulation results showed a total benefit of \$1,500.57, an Internal Rate of Return (IRR) of 22%, a Net Present Value (NVA) of \$1,161.95 and a Benefit/Cost ratio (B/C) of 1.37. Route scheduling made it possible to establish standards that improved efficiency in deliveries, while autonomous maintenance encouraged the active participation of operators in the care of equipment, reducing downtime and preventing unscheduled mechanical failures. It is concluded that the implementation of these strategies not only optimizes operational processes, but also improves the profitability and sustainability of the company. The findings suggest that the adoption of standardized methodologies and a systematic approach to implementation are replicable in other companies in the light cargo transport sector, contributing to continuous improvement and competitiveness in the market.

Keywords– Route programming, autonomous maintenance, implementation, logistic.

Diseño de Programación de Rutas y Mantenimiento Autónomo Para Reducir Costos En Un Operador Logístico

Gianella Charcape Quispe, Bachelor of Engineering¹; Marialaura Ruiz Rojas, Bachelor of Engineering²; Juan Luis Sotomayor Burga, Master of Sciences³

^{1,2}Universidad Privada del Norte, Perú, n00171308@upn.pe, n00227433@upn.pe, juan.sotomayor@upn.edu.pe

Resumen– *El presente estudio aborda la problemática de una empresa de transporte en Callao, Perú, que enfrenta demoras en las entregas y fallas mecánicas no programadas. Para mitigar estos problemas, se plantearon dos soluciones: la implementación de un Plan de Programación de Rutas y un sistema de Mantenimiento Autónomo. La investigación se llevó a cabo mediante un diseño experimental, donde se recolectó y analizó información relevante de la empresa, permitiendo identificar las áreas críticas que requerían atención. Los resultados de la simulación mostraron un beneficio total de \$1,500.57, una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 22%, un Valor Actual Neto (VAN) de \$1,161.95 y una relación Beneficio/Costo (B/C) de 1.37. La programación de rutas permitió establecer estándares que mejoraron la eficiencia en las entregas, mientras que el mantenimiento autónomo fomentó la participación activa de los operarios en el cuidado de los equipos, reduciendo el tiempo de inactividad y previniendo fallas mecánicas no programadas. Se concluye que la implementación de estas estrategias no solo optimiza los procesos operativos, sino que también mejora la rentabilidad y sostenibilidad de la empresa. Los hallazgos sugieren que la adopción de metodologías estandarizadas y un enfoque sistemático en la implementación son replicables en otras empresas del sector de transporte de carga ligera, contribuyendo a la mejora continua y competitividad en el mercado.*

Palabras clave– Programación de rutas, mantenimiento autónomo, implementación, logístico.

I. INTRODUCCIÓN

En una pequeña empresa de transporte dedicada al transporte de carga pesada por vía terrestre existen problemas que están afectando gravemente su operación. A pesar de su compromiso con el cumplimiento de todas las normativas de seguridad vial, como las relacionadas con las dimensiones y pesos máximos permitidos, las condiciones de los vehículos, y la capacitación de los conductores, la empresa se enfrenta a obstáculos que impiden seguir los procesos establecidos, tales como los controles de pre-viaje, los registros de mantenimiento y los tiempos de espera previamente pactados. La demora en las entregas por servicio es el desafío crítico que enfrenta esta empresa. Actualmente, existen tiempos de espera de entrega de las cargas pesadas que pueden llegar hasta 120 minutos, lo que ocasiona retrasos, costos adicionales y una experiencia negativa para los clientes. Las causas del problema incluyen el tráfico en Lima, la alta demanda del servicio, errores en la dirección de

entrega y la falta de personal o recursos. Además de provocar una mala opinión en el cliente, este problema también genera costos adicionales: \$88.19 mensuales en combustible, \$645.63 mensuales en penalidades y \$430.42 mensuales en costos de oportunidad. [1] Si se llegara a solucionar esta dificultad, esto le permitiría a la empresa evitar estos costos innecesarios y mejorar la experiencia del cliente.

Otro problema identificado son las fallas mecánicas no programadas, causadas por la falta de mantenimiento preventivo. Los camiones pueden presentar fallas eléctricas y mecánicas, requiriendo cambios de componentes que los dejan inoperativos. La empresa no realiza un mantenimiento planificado, sino que reacciona a las averías cuando ocurren, generando un gasto de \$11.46 en técnicos y \$512.74 en materiales. Un mejor manejo y cuidado de los vehículos reduciría estos gastos.

En [2] los autores demostraron que la optimización de la cadena de suministro mediante tecnologías de la información reduce significativamente las demoras en las entregas. Implementar sistemas de gestión de inventarios y herramientas de seguimiento en tiempo real mejoró la eficiencia y redujo los tiempos de entrega.

En [3] el autor demostró en su artículo "Análisis de la gestión de mantenimiento para prevenir fallas mecánicas no programadas en plantas industriales" la eficacia de las estrategias de mantenimiento predictivo y correctivo. Los resultados mostraron una reducción significativa en la frecuencia de fallas mecánicas no programadas y los costos de reparaciones, destacando la importancia de una gestión proactiva del mantenimiento para mejorar la eficiencia operativa y reducir costos en el sector industrial.

A través del estudio actual, se busca resolver la pregunta ¿Cuál es el impacto del diseño de programación de rutas y mantenimiento autónomo sobre los costos de una empresa pequeña de carga liviana?

Al contestar la pregunta, podremos lograr nuestro objetivo el cual es determinar el impacto del diseño e implementación

de la Programación de Rutas y Mantenimiento Autónomo sobre los costos de una empresa pequeña de carga liviana.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación tiene un diseño descriptivo preexperimental donde la unidad de estudio fue una empresa pequeña de carga liviana. Para mitigar los problemas mencionados previamente, se plantearon dos alternativas de solución por cada problemática y, luego de evaluarlas mediante restricciones realistas, fueron seleccionadas. Estas restricciones funcionan como limitantes para identificar cuál de las opciones resulta más adecuada para resolver el problema propuesto. Las alternativas seleccionadas fueron el resultado de un proceso de **evaluación comparativa** entre dos opciones para cada problema, utilizando "**restricciones realistas**" como criterios para determinar la solución más adecuada y viable para la empresa de carga liviana estudiada. Este enfoque metodológico buscó asegurar que las soluciones propuestas fueran prácticas y tuvieran el mayor potencial de mitigar los problemas identificados. Entre las restricciones realistas, se consideraron factores como costos, impacto, tiempo de implementación, etc. Véase en la Tabla 1.

TABLA 1
RESUMEN DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

Problema	Alternativas de solución	
Demora en las entregas por servicio	<p>Implementación de Plan de Programación de Rutas</p> <p>En [4] el autor indica que es la optimización del recorrido de vehículos para cumplir con entregas o servicios en diversas ubicaciones, minimizando costos y tiempos.</p>	<p>Implementación de SAP TM</p> <p>En [5] el autor indica que es una metodología que gestiona y optimiza el transporte de mercancías a lo largo de toda la cadena de suministro, permitiendo una mejora en las operaciones, con mayor eficiencia y menor costo.</p>
Fallas mecánicas no programadas	<p>Implementación de Mantenimiento Preventivo</p> <p>En [6] el autor indica que este mantenimiento está ligado a la disposición del operario hacia mejoras; es vital respaldar a quienes no lo adoptan espontáneamente, fomentando su interés para una participación y no percibirlo como una carga adicional.</p>	<p>Implementación de Mantenimiento Autónomo</p> <p>En [7] el autor indica que consiste en un conjunto de actividades programadas que se ejecutan en momentos específicos para garantizar el correcto funcionamiento de los activos empresariales en su entorno, mejorando la eficiencia de los procesos y previniendo fallas.</p>

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, se detalla los costos de tipo de diseño, implementación y la capacitación. Respectivamente cada uno con las horas trabajadas. Véase en la tabla 2 y tabla 3.

TABLA 2
COSTO DE UN PLAN DE PROGRAMACIÓN DE RUTAS

DISEÑO	VALOR	UNIDAD
Tiempo para listar las unidades	4	Días
Tiempo para identificar costos y tiempo de demora	10	Días
Tiempo para dar puntaje a la mejoría de las entregas	8	Días
Costo de asesoría	40.35	Dólares por hora
COSTO TOTAL	94.15	Dólares
IMPLEMENTACIÓN	VALOR	UNIDAD
Compra de materiales para la implementación	6	Días
Costo de asesoría	13.45	Dólares por día
COSTO TOTAL	80.70	Dólares
CAPACITACIÓN	VALOR	UNIDAD
Tiempo de asesoría a los choferes	8	Días
Tiempo de asesoría al gerente	4	Días
Tiempo de redacción del manual	8	Días
Costo de asesoría	8.07	Dólares por día
COSTO TOTAL	161.41	Dólares
COSTO GENERAL	333.27	Dólares

Fuente: Elaboración Propia

Esta tabla presenta un desglose de los costos y tiempos estimados para las fases de diseño, implementación y capacitación de un proyecto, las cuales serán cruciales para comprender la inversión total requerida y la distribución de esfuerzos a lo largo del ciclo de vida del proyecto, permitiéndonos evaluar la viabilidad económica y la planificación temporal de las estrategias de reducción de costos en el operador logístico.

TABLA 3
COSTO DE UN PLAN DE IMPLEMENTACIÓN DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO

DISEÑO	VALOR	UNIDAD
Análisis de los equipos	24	Horas
Creación de procedimientos	8	Horas
Asesoramiento con una consultoría en diseño de mantenimiento autónomo	2	Horas
Reuniones Internas	2	Horas

Capacitación interna acerca del Mantenimiento Autónomo	2	Horas
Costo de Mano de Obra	1.85	Dólares por hora
COSTO TOTAL	70.28	Dólares
IMPLEMENTACIÓN	VALOR	UNIDAD
Establecimiento de rutinas de inspección	8	Horas
Implementación de un sistema de seguimiento	8	Horas
Costo de Mano de Obra	1.85	Dólares por hora
Costo de entrenamiento interno para el uso de equipos nuevos	8.07	Dólares por hora
Adquisición de herramientas básicas para el mantenimiento autónomo	67.25	Dólares
COSTO TOTAL	225.97	Dólares
CAPACITACIÓN	VALOR	UNIDAD
Sesión de capacitación interna sobre SST	12	Horas
Capacitación externa sobre conceptos de MA	12	Horas
Desarrollo de materiales para la capacitación interna	4	Horas
Costo de asesoría externa	6.73	Dólares por hora
Costo de Mano de Obra	1.85	Dólares por hora
COSTO TOTAL	110.30	Dólares
COSTO GENERAL	406.55	Dólares

Fuente: Elaboración Propia

La Tabla 3 detalla los costos de implementación de un plan de mantenimiento autónomo, divididos en las fases de diseño, implementación y capacitación. En la fase de diseño, se consideran las horas dedicadas al análisis de equipos, creación de procedimientos, asesoramiento externo, reuniones y capacitaciones internas, con un costo de mano de obra asociado. La implementación incluye el tiempo para establecer rutinas de inspección y un sistema de seguimiento, el costo de entrenamiento para nuevos equipos y la adquisición de herramientas básicas. Finalmente, la capacitación abarca sesiones internas sobre seguridad y salud en el trabajo (SST), capacitación externa sobre mantenimiento autónomo (MA), y el desarrollo de materiales internos, incluyendo costos de asesoría externa y mano de obra. Esta información es esencial ya que cuantifica los recursos necesarios para establecer un sistema de mantenimiento autónomo, permitiéndonos analizar su viabilidad económica y su impacto en la reducción de costos operativos en el operador logístico.

Para escoger la alternativa de solución más idónea para cada uno de los problemas, se evaluaron los mismos a través de restricciones realistas, las cuales funcionan como limitaciones que sirven de guía al momento de seleccionar la mejor, tomando en cuenta el objetivo del trabajo. Véase en la Tabla 4 y 5.

TABLA 4
CUADRO COMPARATIVO DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN DE DEMORA EN LA ENTREGA POR SERVICIO

Restricciones	Implementación de Plan de programación de rutas	Implementación de SAP TM
Costo de Implementación	\$387.38	\$1,614.08
Tiempo de Implementación	16 días	60 días
Accesibilidad	80%	74%
Funcionalidad	84%	40%
Usabilidad	90%	27%
Sostenibilidad	79%	24%

Fuente: Elaboración Propia

TABLA 5
CUADRO COMPARATIVO DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN DE FALLAS MECÁNICAS NO PROGRAMADAS

Restricciones	Mantenimiento Autónomo	Mantenimiento Preventivo
Costo de Implementación	\$406.55	\$1,396.85
Tiempo de Implementación	10 semanas	10 semanas
Accesibilidad	70%	50%
Funcionalidad	90%	66%
Usabilidad	86%	71%
Sostenibilidad	71%	61%

Fuente: Elaboración Propia

Después de realizar un análisis comparativo de ambas propuestas de mejora para cada problema encontrado, se escogió:

Para el primer problema de Demora en la entrega por servicio se escogió la implementación del Plan de Programación de rutas, debido que se establece estándares para procesos efectivos y eficientes al mismo tiempo que define prácticas para mejorar el orden y la limpieza.

Para el problema de Fallas mecánicas no programadas se escogió la implementación de un Mantenimiento Autónomo, el cual este mantenimiento está ligado a la disposición del operario hacia mejoras; es vital respaldar a quienes no lo adoptan espontáneamente, fomentando su interés para una participación activa y no percibirlo como una carga adicional.

III. DISEÑO

El método de programación de rutas se implementará con el objetivo de disminuir la demora en las entregas por servicio

para ello, se ha realizado un cronograma donde se detallan los pasos para una correcta implementación.

1) Fase 1 (Actividades de Pre-implementación)

A partir de esta etapa, se mostrarán las tareas a realizar antes de empezar con la implementación de la programación de rutas.

Inicialmente se entregará un acta de reunión detallando la ciudad de encuentro, día y año del presente siendo dirigidos a la Gerencia general y al líder de conductores. Ya en la reunión se hablará con el gerente para el proceso de la implementación en las diferentes etapas.

- Primera etapa: Recolección general de información de la empresa.
- Segunda etapa: Análisis de información de la empresa.
- Tercera etapa: Preparación del material a capacitar.
- Cuarta etapa: Capacitación inicial a todos los trabajadores.

2) Fase 2 (Actividades de Implementación)

En esta etapa, se detallan los pasos necesarios a seguir para lograr implementar el Método en el área de operaciones.

Primero, se evaluará la ruta con uno de los mejores conductores de la empresa. El punto de partida será dicha empresa hasta el puerto DP World. La evaluación consistirá en cronometrar el tiempo empleado por el conductor durante toda la ruta, una vez obtenido el tiempo empleado, será considerado como el tiempo promedio “adecuado” el cual será la base para tener en cuenta al programar los servicios.

- Primera etapa: Registro de Programación de Servicios.
- Segunda etapa: Elaboración de flujograma de servicios.

3) Fase 3 (Actividades de Post-Implementación)

Después se llevará a cabo un registro destinado a asegurar el cumplimiento de la implementación permitiendo a los trabajadores evaluar y garantizar que cumplan periódicamente con las actividades. Véase en la Tabla 6.

TABLA 6
REGISTRO DE CUMPLIMIENTO DEL DISEÑO DE LA PROGRAMACIÓN DE RUTAS.

Actividades	SI	NO	Observación
¿Ha revisado y comprendido la ruta asignada antes de iniciar su turno?			
¿Ha seguido la ruta planificada y ha informado de cualquier desviación necesaria debido a condiciones de tráfico u otros imprevistos?			
¿Ha reportado cualquier incidente o retraso significativo			
¿Ha mantenido una comunicación constante con el equipo de logística durante su turno para resolver cualquier problema en tiempo real?			
¿Ha participado en las reuniones de revisión y capacitación para mejorar su comprensión y eficiencia en el uso del sistema de rutas?			

Fuente: Elaboración Propia

El mantenimiento autónomo se implementará para reducir la frecuencia de averías en los camiones de transporte. Los procedimientos para llevar a cabo el mantenimiento autónomo se encuentran en la tabla a continuación. A los trabajadores se les entregó un cronograma donde se detalla los pasos necesarios para una implementación efectiva.

1) Fase 1 (Actividades Pre-implementación)

A partir de aquí, se mostrarán las tareas a realizar antes de empezar con la implementación del plan de mejora basado en el mantenimiento autónomo. Inicialmente, necesitamos comenzar una conversación con los directivos de la empresa para poder entender la situación en la que se encuentra la misma y así, posteriormente establecer el grupo que se encargará de la implementación del mantenimiento autónomo.

- Primera etapa: Recolección y análisis del estado de las unidades de la empresa.
- Segunda etapa: Designación del grupo encargado de la implementación del mantenimiento autónomo
- Tercera etapa: Preparación del material a capacitar.
- Cuarta etapa: Capacitación al grupo designado de trabajadores.

2) Fase 2 (Actividades de Implementación)

En esta etapa, se detallan los pasos necesarios a seguir para lograr implementar el mantenimiento autónomo en el área de operaciones. En una primera instancia, se identifican las tareas de mantenimiento que los miembros individuales de la empresa deben llevar a cabo en las máquinas de producción. Esto se hace como mencionamos anteriormente con la finalidad de reducir el tiempo de inactividad de las unidades, prevenir las fallas de las mismas y reducir el costo de mantenimiento de estas.

- Primera etapa: Inspección total de las unidades de la empresa.
- Segunda etapa: Mantenimiento de las unidades.
- Tercera etapa: Limpieza de las unidades.
- Cuarta etapa: Lubricación de las unidades.
- Quinta etapa: Registro y reporte de cada uno de los problemas de las unidades.

Marzo	55	25%
Abril	72	28%
Mayo	80	40%
Junio	100	45%

Fuente: Elaboración Propia

3) Fase 3 (Actividades Post-Implementación)

Una vez establecidas las actividades de mantenimiento para cada unidad, se elabora el programa de mantenimiento que los trabajadores deben seguir.

- Primera etapa: Creación de una implementación de mantenimiento autónomo
- Segunda etapa: Capacitación final a todos los trabajadores.
- Tercera etapa: Elaboración de un cronograma que será utilizado para supervisar de manera continua el mantenimiento autónomo.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Analizando los resultados:

- Programación de rutas

Paso 1: Calcular valores mensuales históricos del indicador “programación de rutas” (Y) mediante la fórmula propuesta. Véase en la tabla 7.

TABLA 7
VALORES HISTÓRICOS DEL INDICADOR

MES	X	Y (Indicador)
Enero	60	30%
Febrero	80	32%
Marzo	55	25%
Abril	72	28%
Mayo	80	40%
Junio	100	45%

Fuente: Elaboración Propia

Paso 2: Proponer una variable que reemplace la X, similar o que tenga relación con el indicador propuesto y reunir datos históricos de la misma. Véase en la tabla 8.

TABLA 8
VALORES HISTÓRICOS DEL INDICADOR Y VARIABLE

MES	Nº de pedidos	Y (Indicador)
Enero	60	30%
Febrero	80	32%

Paso 3: Evaluar el cuadro mediante un gráfico lineal. Véase en la figura 1.

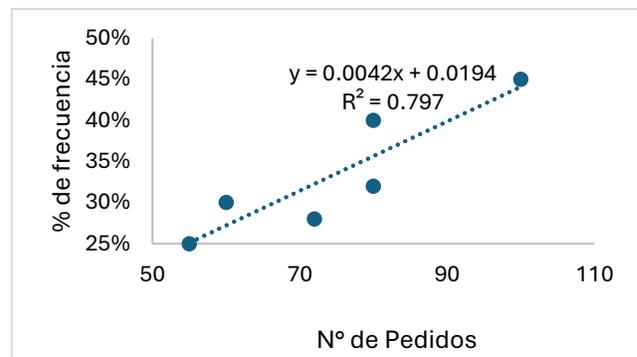


Figura 1. Gráfico matemático

Fuente: Elaboración Propia

Paso 4: Simular valores futuros en el indicador mediante la ecuación del gráfico visto en la figura 1. Para la variable se calcula mediante el promedio móvil simple de 5 periodos anteriores. Véase en la Tabla 9.

TABLA 9
VALORES FUTUROS DEL INDICADOR Y LA VARIABLE

MES	Nº de pedidos	Y (Indicador)
Enero	60	30%
Febrero	80	32%
Marzo	55	25%
Abril	72	28%
Mayo	80	40%
Junio	100	45%
Julio	77	55%
Agosto	77	55%
Septiembre	81	57%

Octubre	83	59%
Noviembre	84	59%
Diciembre	80	57%

Fuente: Elaboración Propia

Paso 5: Mediante un antecedente de aplicación de diseño que tenga una mejora porcentual, se ejecutará en nuestro estudio de investigación.

En [8] el autor indica en su tesis de maestría profesional: “La Evaluación del Sistema de Gestión del Transporte las operaciones logísticas de una Industria Brasileña de bebidas” menciona que tiene como resultado el 20% de las puntuaciones califican la contribución del programa de rutas como alta. Esto quiere decir que cuando se le pide a las personas o entidades que califiquen su contribución en las actividades de la empresa, el 20% de las respuestas indican que la contribución es “alta”, esto implica que un número significativo de evaluadores considera que la programación de rutas tiene un impacto positivo y significativo en las actividades de la empresa.

TABLA 10
VALORES FUTUROS Y LA MEJORA DEL ANTECEDENTE

MES	N° de pedidos	Y (Indicador)	Antecedente
Enero	60	30%	20%
Febrero	80	32%	20%
Marzo	55	25%	20%
Abril	72	28%	20%
Mayo	80	40%	20%
Junio	100	45%	20%
Julio	77	55%	20%
Agosto	77	55%	20%
Septiembre	81	57%	20%
Octubre	83	59%	20%
Noviembre	84	59%	20%
Diciembre	80	57%	20%

Fuente: Elaboración Propia

Según la figura 2 nos muestra una mejora rotunda en la visibilidad de la empresa a futuros clientes y así poder disminuir los clientes no atendidos.

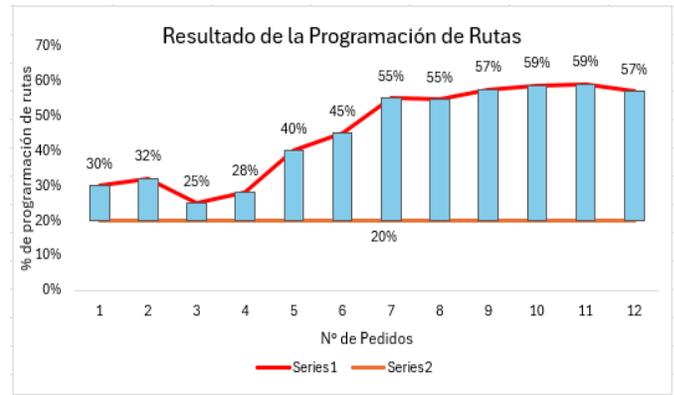


Figura 2. Gráfico de mejora

Fuente: Elaboración Propia

- Mantenimiento Autónomo

Paso 1: Calcular valores mensuales históricos del indicador “% de disponibilidad mecánica” (Y) mediante la fórmula propuesta. Véase en la tabla 11.

TABLA 11
VALORES HISTÓRICOS DEL INDICADOR

MES	X	Y (Indicador)
Enero		20%
Febrero		25%
Marzo		15%
Abril		20%
Mayo		23%
Junio		40%

Fuente: Elaboración Propia

Paso 2: Proponer una variable que reemplace la X, similar o que tenga relación con el indicador propuesto y reunir datos históricos de la misma. Véase en la tabla 12.

TABLA 12
VALORES HISTÓRICOS DEL INDICADOR Y VARIABLE

MES	N° de cumplimiento de actividades de mantenimiento	Y (Indicador)
Enero	10	20%
Febrero	8	25%
Marzo	7	15%
Abril	8	20%
Mayo	10	23%
Junio	12	40%

Fuente: Elaboración Propia

Paso 3: Evaluar el cuadro mediante un gráfico lineal. Véase en la figura 3.

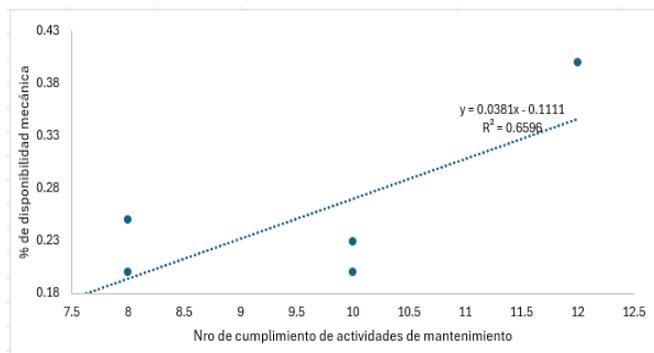


Figura 3. Gráfico matemático

Fuente: Elaboración Propia

Paso 4: Simular valores futuros en el indicador mediante la ecuación del gráfico visto en la figura 4. Para la variable se calcula mediante el promedio móvil simple de 5 periodos anteriores. Véase en la Tabla 13.

TABLA 13
VALORES FUTUROS DEL INDICADOR Y LA VARIABLE

MES	N° de cumplimiento de actividades de mantenimiento	Y (Indicador)
Enero	10	20%
Febrero	8	25%
Marzo	7	15%
Abril	8	20%
Mayo	10	23%
Junio	12	40%
Julio	9	23%
Agosto	9	24%
Septiembre	10	26%
Octubre	10	27%
Noviembre	10	27%
Diciembre	10	25%

Fuente: Elaboración Propia

Paso 5: Mediante un antecedente de aplicación de diseño que tenga una mejora porcentual, se ejecutará en nuestro estudio de investigación.

En [9] los autores utilizaron como base principal la metodología TPM, entre ellos estuvo el mantenimiento autónomo, para reducir un el tiempo en que las maquinas no se encuentran operativas dentro de la empresa manufacturera de

bolsas de plástico, lo que significó una reducción del tiempo de reparación del 21.03%

TABLA 14
VALORES FUTUROS Y LA MEJORA DEL ANTECEDENTE

MES	N° de cumplimiento de Act. de mant.	Y Indicador	Antecedente
Enero	10	20%	21.03%
Febrero	8	25%	21.03%
Marzo	7	15%	21.03%
Abril	8	20%	21.03%
Mayo	10	23%	21.03%
Junio	12	40%	21.03%
Julio	9	23%	21.03%
Agosto	9	24%	21.03%
Septiembre	10	26%	21.03%
Octubre	10	27%	21.03%
Noviembre	10	27%	21.03%
Diciembre	10	25%	21.03%

Fuente: Elaboración Propia

Según la figura 4, nos muestra una mejora rotunda en la fidelidad de los clientes a la empresa, luego de visibilizar de manera exitosa.

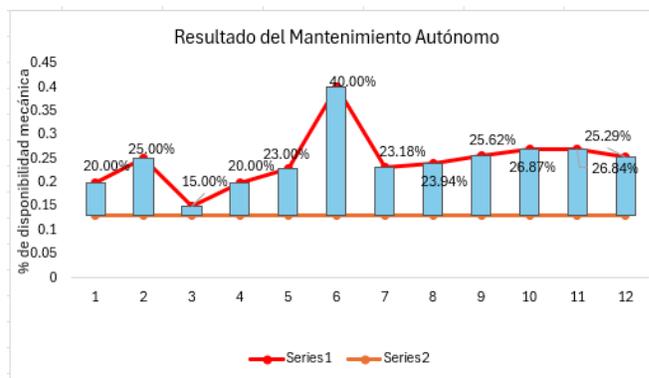


Figura 4. Gráfico de mejora

Fuente: Elaboración Propia

Para llevar a cabo la evaluación económica, se especifican las inversiones efectuadas para la implementación de las herramientas (solución propuesta). Véase en la Tabla 15.

TABLA 15
EGRESOS

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, se presentarán los indicadores económicos obtenidos tras la implementación de la herramienta durante un período de 12 meses, así como el flujo de caja final con los beneficios correspondientes cada mes. Véase la Tabla 6 y la Tabla 16.

TABLA 16
FLUJO DE CAJA

Beneficios	Jun	Jul	Ag	Sept	Oct
Programación de rutas	\$232.85	\$186.28	\$149.02	\$119.22	\$95.38
Mantenimiento Autónomo	\$66.66	\$57.99	\$50.45	\$43.89	\$38.19

Nov	Dic	En	Feb	Mar	Abr	May
\$76.30	\$61.04	\$48.83	\$39.07	\$31.25	\$25	\$20
\$33.22	\$28.90	\$25.15	\$21.88	\$19.03	\$16.56	\$14.41

Fuente: Elaboración Propia

TABLA 17
INDICADORES ECONÓMICOS

COK	10%
VAN	\$1161.95
TIR	22%
B/C	1.37

Fuente: Elaboración Propia

Al implementar las propuestas de mejora, se logra una TIR (Tasa Interna de Retorno) del 22%, un resultado positivo ya que supera el 0%. El VAN (Valor Actual Neto) de la propuesta es de \$1,161.95 y se obtiene un índice B/C de 1.37.

A través de los resultados podemos observar que para el primer problema de demoras en las entregas por servicio se utilizó los datos de la empresa, luego se realizó una simulación para obtener los valores resultantes de la aplicación del método de rutas. Esto se hizo basándonos en el indicador de programación de rutas para evaluar el cumplimiento, logrando así obtener los valores deseados, alcanzar y mantener un promedio de 75 % en los próximos 6 meses. Véase Figura 5.

Programación de Rutas y Mantenimiento Autónomo	
Diseño	-\$164.43
Implementación	-\$309.10
Capacitación	-\$271.70
Beneficios	-\$742.81

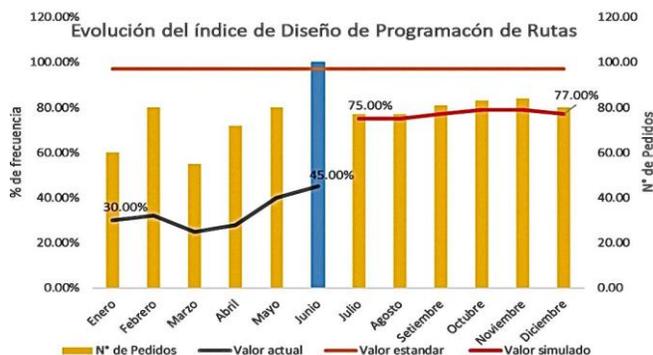


Figura 5. Resultados del indicador de Programación de rutas

Fuente: Elaboración Propia

Para la segunda problemática la empresa presentaba un problema de fallas mecánicas no programadas generadas por la falta de mantenimiento preventivo, donde los camiones presentaban fallas eléctricas y mecánicas. Esta situación fue solucionada gracias a la aplicación de la herramienta mantenimiento autónomo, la cual consistió en implementar una serie de actividades (limpieza, lubricación e inspección) para mantener las unidades en buenas condiciones y avisar si es necesario un mantenimiento más complejo.

En base a la información brindada por la empresa, se logró calcular que existe un índice de disponibilidad mecánica es del 40 % antes de la fase de simulación; luego de la simulación, se logró obtener un valor del 53 % en el índice de disponibilidad mecánica, permitiendo incrementar las medidas contra los posibles fallas eléctricas y mecánicas que pueden sufrir las unidades. Véase Figura 6.

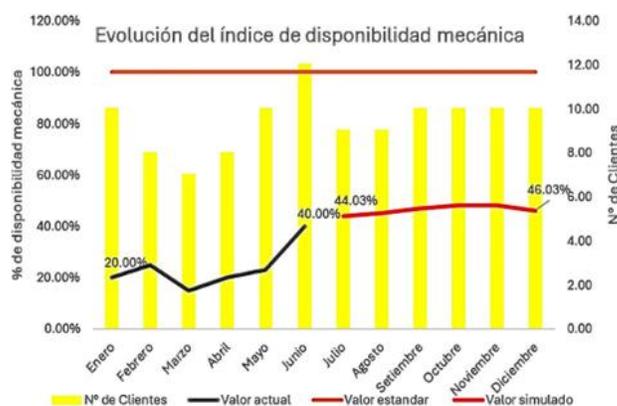


Figura 6. Resultados del indicador de Mantenimiento Autónomo

CONCLUSIONES

La implementación de la programación de rutas y el mantenimiento autónomo en esta empresa ha logrado optimizar los procesos operativos, reduciendo significativamente las demoras en las entregas y las fallas mecánicas no programadas. Los resultados, que incluyen un beneficio total de \$1,500.57 y una TIR del 22%, demuestran el impacto positivo en la reducción de costos. Esta estrategia no solo mejora la eficiencia, sino que también promueve un mayor compromiso del personal, cumpliendo así con el objetivo de mejorar la rentabilidad de la empresa.

La implementación de un sistema de mantenimiento autónomo es fundamental para mejorar la eficiencia operativa de la empresa, ya que permite a los operarios participar activamente en el cuidado y mantenimiento de las máquinas, lo que reduce el tiempo de inactividad y previene fallas mecánicas no programadas. Esto se logra a través de un enfoque estructurado que incluye capacitación y la creación de un checklist que guía a los trabajadores en sus tareas diarias.

La adopción de un plan de programación de rutas, complementado con un mantenimiento autónomo, no solo optimiza los tiempos de entrega de servicios, sino que también mejora la funcionalidad y usabilidad de los recursos disponibles. Este enfoque integral permite a la empresa responder de manera más efectiva a las demandas del mercado, al tiempo que se minimizan costos y se maximiza la sostenibilidad de las operaciones.

La replicabilidad de los resultados obtenidos es alta, gracias a la aplicación de metodologías estandarizadas y un proceso de implementación sistemático. Los beneficios económicos logrados refuerzan la efectividad y aplicabilidad de estas soluciones en contextos similares, demostrando que el enfoque es replicable y adaptable a otras empresas del sector de transporte de carga ligera.

AGRADECIMIENTO

Queremos empezar agradeciendo a nuestros padres ya que fueron ellos quienes hicieron todo lo necesario para darnos las herramientas necesarias, además de brindarnos su amor para poder avanzar en esta etapa. Agradecerles también por el sacrificio que han realizado para nuestra educación, por los consejos, por su apoyo constante y tenemos la esperanza de llegar a ser el orgullo de ellos. De igual manera, agradecer a nuestro profesor por el tiempo que se tomó para guiar con mucho esfuerzo nuestro desarrollo, además de otorgarnos todos sus conocimientos.

REFERENCIAS

[1] Servera Francés, D., Gil Saura, I., y Fuentes Blasco, M., (2009), "La influencia de la calidad de servicio logístico en la lealtad. Un análisis del papel moderador de las TIC, "Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de

la Empresa, vol. 15, no. 3, pp. 33-54.

[2] González, A., Pérez, C., y Martínez, D. (2021). Optimización de la cadena de suministros para reducir las demoras en las entregas de servicios: Un enfoque basado en tecnologías de la información. *Revista de Investigación en Logística*, 15(2), 45-56.

[3] López, A., Rodríguez M., y Gomez, L. (2022). Análisis de la gestión de mantenimiento para prevenir fallas mecánicas no programadas en plantas industriales. *Revista de Gestión Industrial*, 17(2), 45-58.

[4] Cachimuel, D., Monar, R., Garay, V., y Velasquez P. (2022). Process of design and planning of transport routes to improve delivery times. *Polo DelmConocimiento*, 7(4), 13-30. <https://doi.org/10.23857/pc.v7i4.3806>

[5] SAP. (2023). *SAP Transportation Management: Overview and features*. SAP Help Portal.

[6] Pillado Portillo, M., Castillo Pérez, V. H., y De la Riva Rodríguez, J. (2022). Metodología de administración para el mantenimiento preventivo como base de la confiabilidad de las máquinas. *Revista Iberoamericana Para La Investigación y El Desarrollo Educativo*, 12(24).

[7] Pérez Rondón, F. A. (2021). Conceptos generales en la gestión del mantenimiento industrial [Archivo PDF].

[8] Akram, M., García, B., Pérez, C., & Martínez, D. (2022). A review on recent advancements and applications of vehicle routing problem: Solution techniques and methodologies. *Journal of Logistics Research*, 18(3), 67-82.

[9] Torres, J. & Tucno, J. (2019) Propuesta de implementación del Mantenimiento Autónomo para reducir las paradas de máquina no programadas en una empresa metal mecánica. [Archivo PDF].

[10] Akhtar, S., Sadiq, K., & Akhtar, F. (2015). Total Rewards and Employee Retention: A Case Study from Pakistani Higher Education Institutions. *Journal of Management and Social Sciences*, 11(3), 1-12.

[11] Vila Torreón, F. G. y Barreto Calderón, E. R. (2023). Propuesta de mejora para aumentar la disponibilidad de equipos de la línea de sellado utilizando el TPM en una empresa manufacturera de bolsas de plástico [Tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas].