

Improvement plan to reduce high costs in the transport company Caipo S.R.L.

Vladimir Sandoval¹, Julia Vargas¹, Raúl Reyes¹ and Teodoro Geldres-Marchena, Master's Industrial Engineering²

¹Students of Industrial Engineering of Universidad Privada del Norte, Peru, vladimirsandoval.28sc@gmail.com, Juliavargasruiz17@gmail.com, raulyordireyesvidal@gmail.com

²Industrial Engineering Professor at Universidad Privada del Norte, Peru, teodoro.geldres@upn.pe

Abstract– *The objective of this research work is to determine the extent to which the improvement plan reduces high costs in the transport company Caipo S.R.L., presents a pre-experimental design methodology; On the other hand, alternative solutions are proposed in relation to engineering standards, with the execution of four tools which are the implementation of an SG-SST, layout modification, inventory management software and TPM. The results indicate that the Layout tool gives us a benefit of S/ 5,452.35, the TPM manages to increase a benefit of S/ 18,440.00, the SG-SST has a benefit of S/ 9000 and the Software tool brings with it a benefit of S/ 4550. Based on the foregoing, it is concluded that a NPV of S/365,733.00 is achieved, an IRR of 111% and C/B of S/ 6.80, generating higher returns for the transport company Caipo and reducing operational problems.*

Keywords-- MPT, Capstone Project, Transportation, Engineering Tools.

Plan de mejora para reducir elevados costos en la empresa de transportes Caipo S.R.L.

Vladimir Sandoval¹, Julia Vargas¹, Raúl Reyes¹ y Teodoro Geldres-Marchena, Maestro en Ingeniería Industrial²

¹Estudiantes de Ingeniería Industrial de la Universidad Privada del Norte, Perú, vladimirsandoval.28sc@gmail.com, Juliavargasruiz17@gmail.com, raulyordireyesvidal@gmail.com

²Industrial Engineering Professor at Universidad Privada del Norte, Peru, teodoro.geldres@upn.pe

Resumen– *El presente trabajo de investigación que tiene como objetivo determinar la medida en que el plan de mejora reduce los costos elevados en la empresa de transportes Caipo S.R.L., presenta una metodología de diseño pre experimental; por otro lado, se plantea alternativas de solución en relación a los estándares de ingeniería, con la ejecución de cuatro herramientas las cuales son la implementación de un SG-SST, modificación de layout, software administrador de inventario y el TPM. Los resultados indican que la herramienta de Layout nos brinda un beneficio de de S/. 5,452.35, el TPM logra incrementar un beneficio de S/18,440.00, el SG-SST tiene un beneficio de S/ 9000 y la herramienta del Software trae consigo un beneficio de S/. 4550. Por lo expuesto se concluye que se logra un VAN de S/365,733.00, un TIR de 111% y C/B de S/6.80 generando mayores rentabilidades para la empresa de transportes Caipo y reduciendo los problemas operativos.*

Palabras Clave-- MPT, Capstone Project, Transportes, Herramientas de Ingeniería.

I. INTRODUCCIÓN

El sector transporte desempeña un papel vital en la economía global, facilitando el flujo de bienes y servicios a nivel local e internacional. Sin embargo, para modernizar el sistema de transporte de Estados Unidos, los líderes del sector, los planificadores y los socios deben abordar tres necesidades principales en el próximo año: una crisis en desarrollo en la financiación del transporte, ineficiencias actuales y futuras en el sistema de transporte y modernizar los sistemas de transporte de manera equitativa e inclusive [1].

Por otro lado, aumentar la eficiencia operativa, mejorar la experiencia del usuario, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, usar las inversiones de manera más efectiva e involucrarse directamente en la resignificación del entorno urbano son desafíos. Entender cómo la tecnología puede colaborar con los gestores del transporte público de viajeros y las empresas privadas del sector para mejorar el servicio y ser crucial para la transformación sostenible de las ciudades [2].

En la actualización del censo de INEI sobre el comportamiento desfavorable del subsector Almacenamiento y

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).
DO NOT REMOVE

Mensajería (-15,35%), el sector Transporte, Almacenamiento y Mensajería experimentó una disminución del 2,94% en enero de este año, que fue atenuada por el avance del subsector Transporte (3,46%) [3].

Asimismo, la Gerencia Regional de Transportes y Comunicaciones de La Libertad, viene realizando capacitaciones a efectivos de la unidad e tránsito de la seguridad vial de la PNP [4] y campañas para medir la salud mentales de los conductores que brindan el servicio de transporte de pasajeros [5].

Para evitar costos elevados las empresas de transportes realizan ciertas actividades logísticas, en el caso de operaciones y logística se coordinan mantenimientos y controlan indicadores logísticos; así mismo, respecto a la tecnología de procesos, se identifican problemas y aplican softwares de procesamiento de información [6].

Además, existen indicadores identificados que pueden ser implementados en las empresas de transporte para minimizar costos logísticos, como el tiempo de procesamiento del pedido, el costo asociado al transporte, el costo de corregir errores logísticos y mantenimientos realizados [7].

La presente investigación se ejecutó en una empresa perteneciente al rubro de transporte, siendo Caipo S.R.L. con RUC 20481468648, que inicio sus actividades desde el 2007 en la ciudad de Trujillo, además realiza transporte a nivel interprovincial y movilización de personal de mina en La Libertad.

Con previo diagnóstico a la empresa se obtiene que el área de logística es la más crítica en pérdida económicas, además se pudo identificar que para transportar el personal a mina existen deficiencias principalmente en operaciones, logística y mantenimiento de los vehículos. Se detectaron problemas como: parada de vehículos, rotura de stock, Accidentes y enfermedades ocupacionales y traslados innecesarios, por lo mencionado, se llega a la siguiente pregunta: ¿en qué medida el plan de mejora reduce los costos elevados en la empresa de transportes Caipo S.R.L?

Por tanto, se obtuvo mediante un diagrama Pareto se encontraron 4 problemas que representan un 20% de las causas que generan el 80% de las consecuencias. Con los resultados se realizó un costeo general que corresponde a costo por parada de vehículos, asumiendo como S/ 28,320.00 pérdida económica mensual, costo por rotura de stock la suma de S/ 5,850.00, costos por accidente va a una pérdida económica de S/ 15,000.00 y los traslados innecesarios que es un costo de S/ 7,481.00, haciendo un total de S/ 56,651.00 pérdida económica mensual.

La situación actual de la empresa de transportes Caipo S.R.L. requiere la implementación de un plan de mejora para reducir costos elevados. Debido a ello, el presente estudio tiene una justificación válida al ser muy evidente los altos costos operativos en la empresa de Transportes Caipo S.R.L., por ello se considera la implementación de herramientas que contribuyan en la solución de los problemas en que se incurren actualmente. Para tal fin, se ha tenido que buscar herramientas

metodológicas como 5'S, Software administrador de inventario, SG-SST y la modificación de Layout, las mismas que combinan con las mejores prácticas de las metodologías clásicas y el mundo ágil.

Guzman [8], en un trabajo de investigación propuso las Herramientas Lean Manufacturing en una empresa de transporte urbano, uso las 5'S, ANDON y TMP, obteniendo resultados optimos y rentables con un aumento del 10% y un B/C de S/ 1,9. Además, Placeres [9] en un analisis de la gestión actual de inventarios del almacén de repuestos del concesionario automotriz Interamericana, este estudio los costos de inventario y estableció sus políticas para los productos seleccionados, logrando como beneficio un aumento del 3% en ganancias y el 6% a nivel de ventas.

Es por ello que la presente investigación tiene como objetivo general determinar la medida en que el plan de mejora reduce los costos elevados en la empresa de transportes Caipo S.R.L; y como objetivos específicos son diagnosticar el estado situacional de la empresa de transportes Caipo S.R.L., diseño de un plan de mejora para la reducción de costos de la empresa Caipo S.R.L., simular los resultados de las herramientas de mejora para para la reducción de costos de la empresa Caipo S.R.L. y la evaluación económica del plan de mejora implementado

II. METODOLOGÍA

A. Diseño de la Investigación

El presente proyecto se basa en un diseño pre experimental, que según Dzul [10] indica que este diseño se realiza sin manipular variables deliberadamente, es decir, se desarrolla principalmente observando los fenómenos en su contexto natural para analizarlos.

A continuación se presenta el diseño:

TABLA I
DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

G	X ₁	O	X ₂
Muestra	Pre - test	Propuesta	Post - test

Donde:

G: Empresa de Transportes Caipo

X1: Medición de costos iniciales

O: Simulación de la implementación del plan de mejora

X2: Medición de costos luego de mejora

Nuestro trabajo de investigación guarda relación y fundamento porque con el plan de mejora va a reducir los costos elevados en la empresa de transportes Caipo S.R.L en por lo menos un 80%. Este diseño se desarrolla en tres etapas, el pretest, test y pos-test, en el primero se realizó el diagnostico integral en el área de estudio, en la segunda se va a implantar el plan de mejora mediante las herramientas como 5'S, software

administrador de inventarios, implementación de un SG SST y la modificación del Layout y en la última etapa se realizará la respectiva evaluación de este plan de mejora para generar mayores utilidades a la organización.

B. Diagnóstico Integral

El presente trabajo de investigación utilizó ciertas técnicas y herramientas, tales como: 5 Fuerzas de Porter, Matriz MEFE, Diagrama de Ishikawa y Matriz FODA. Todo esto nos permitió conocer la situación y contexto de la empresa en cuestión, como es que la misma realiza sus actividades tanto a nivel interno como externo y sus implicancias en el sector. La investigación se centró en el área de logística y mantenimiento ya que presenta elevados costos operativos. Fue necesario la aplicación del Diagrama de Ishikawa para identificar los principales problemas y por ende sus causas-raíz. Finalmente, se tuvo como priorización para los mencionados problemas, sus costos y su influencia. Evidentemente con el diagnóstico inicial, se determinó las causas raíz para la problemática: “Parada de vehículos”, “Rotura de stock”, “Accidentes y enfermedades ocupacionales” y “Traslados innecesarios”, equivalentes a S/ 28,320.00, S/ 4,431.00, S/ 3,665.00 y S/ 3,050.00 respectivamente.

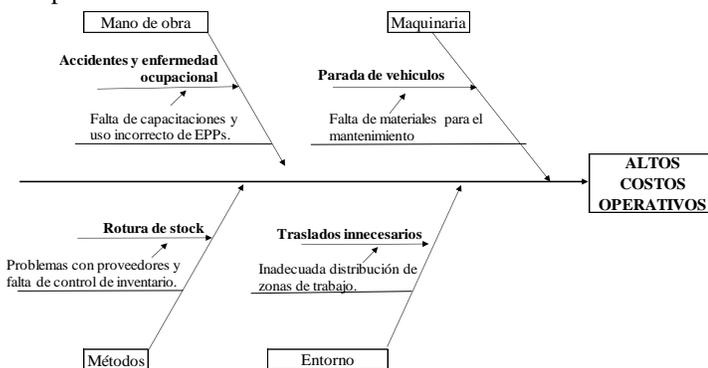


Fig. 1 Diagrama de Ishikawa de la empresa Caipo

C. Alternativa de solución

En base a lo analizado en el proceso productivo de la empresa de transportes Caipo S.R.L. y haber encontrado la monetización de los problemas en el que incurre la empresa, se tuvo a bien presentar las propuestas de solución con el fin de reducir los elevados costos operativos en la empresa de Transporte. Las mencionadas propuestas de solución se deberán agrupar según sus alternativas y éstas, a su vez, deberán recoger distintas herramientas y métodos de ingeniería industrial.

TABLA II
ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN SEGÚN PROBLEMA

PROBLEMA	HERRAMIENTA
Parada de vehículos	TPM (Mantenimiento Productivo Total) 5S
Rotura de stock	Software administrador de inventario MRP 2 (Plan de Requerimiento de Materiales)
	Implementación de un SG-SST para evitar accidentes

Accidentes y enfermedad ocupacional	Adquisición de EPPs modernos
Traslados innecesarios	Modificación de Layout 5S

D. Selección de la alternativa

Luego de recopilar un listado de herramientas de solución, se presentó a la empresa 2 alternativas con las herramientas agrupadas de la manera más apropiada con el fin de buscar la solución de los 4 problemas mencionados. Para realizar la selección de la mejor alternativa fue importante evaluar el costo de la aplicación de cada una de ellas.

Alternativa 1: Esta alternativa consiste en la implementación de la herramienta TPM, un Software administrador de inventario, implementación de un SG SST y modificación del Layout actual, con un costo de S/ 33,420.00 El cual permite disminuir la cantidad de paradas de buses, minimizar la rotura de stock por medio de un control de existencias para el abastecimiento del mantenimiento, estandarizar medidas de protección de seguridad, y redistribuir los espacios para evitar traslados innecesarios.

Alternativa 2: Este plan consiste en la implementación de la herramienta 5s, el MRP II y la adquisición de EPPs modernos, con un costo de S/ 34,997.00. El cual propone minimizar los tiempos de búsqueda de repuestos a través del orden y limpieza, planificar el requerimiento de materiales, y adquirir EPPs modernos para salvaguardar la salud de los trabajadores.

TABLA III
ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

ALTERNATIVA	HERRAMIENTAS
1	TPM (Mantenimiento Productivo Total)
	Software administrador de inventario
	Implementación de un SG-SST para evitar accidentes
	Modificación de Layout
	5S
2	MRP 2 (Plan de Requerimiento de Materiales)
	Adquisición de EPPs modernos
	5S

Luego de agrupar las herramientas en 2 alternativas propuestas, se procedió a realizar un análisis para cada una de las alternativas según los criterios técnicos que ha comunicado la empresa en 6 diferentes ámbitos.

TABLA IV
CRITERIOS TÉCNICOS PARA LAS ALTERNATIVAS

Criterios Técnicos	Plan Alternativa 1	Plan Alternativa 2
Maquinaria	3	4
Tiempo (12 meses)	5	1
Economía	4	1
Política de la empresa	3	3
Tecnología	2	5
Mercado	5	5
Total	22	19

Asimismo, se considera evaluar las restricciones realistas de la empresa, las cuales son clave para seleccionar la mejor alternativa.

TABLA V
RESTRICCIONES REALISTAS PARA LAS ALTERNATIVAS

Restricciones reales	Alternativa 1	Alternativa 2
Altos costos en área de Logística y Mantenimiento	TPM, SOFTWARE ADMINISTRADOR, SG SST Y LAYOUT	5S, MRP II, ADQUISICIÓN DE EPPS MODERNOS
Costo: La inversión requerida por la implementación no debe sobrepasar de S/ 34 000	S/ 33,420.00	S/ 34,997.00
Tiempo: La empresa dispone de 12 meses para la implementación de la alternativa de mejora.	12 meses	8 meses
Alcance: La empresa no desea realizar alianzas estratégicas con otras empresas de su rubro	0%	0%
Recursos humanos: Las horas de trabajo dedicadas al proyecto no pueden ser mayor a 15 horas por semana	12 horas	18 horas

Seleccionamos la alternativa 1 ya que es capaz de solucionar las problemáticas en el área de logística y mantenimiento, además de cumplir con los criterios técnicos y las restricciones realistas de la empresa. Asimismo, es una alternativa que ocupa menor inversión económica, con una aplicación de 12 meses de duración.

E. Diseño de la alternativa seleccionada

Teniendo en cuenta los criterios de costo-beneficio se procedió a la selección de la alternativa de mejora, para tal efecto, se dio paso a la ejecución del diseño, considerando la selección de actividades, flujograma, cronograma de implementación y diagramas, esto se dará a través de la implementación de la alternativa 1 que contiene el TPM (Mantenimiento Productivo Total), Software administrador de inventario, capacitación para el uso de EPPs y modificación de Layout.

El TPM tiene una metodología con el fin de mejorar la efectividad de las máquinas eliminando defectos y otros errores [11], por otro lado los software han sido aprovechados por las empresas para gestionar los inventarios y mejorar el monitoreo [12]. Además, respecto al SG-SST, se ha comprobado la gran eficiencia de su aplicación para evitar accidentes dentro de las zonas de trabajo [13]. Añadido a ello, se menciona que la definición del layout previene accidentes y minimiza tiempos muertos [14].

Se desarrolló cada una de estas herramientas con el objetivo de lograr la reducción de los costos actuales de la empresa de transportes Caipo S.R.L.

F. Identificación y selección de estándares de ingeniería

Para seleccionar los estándares de ingeniería apropiados para el plan de mejora mediante una rigurosa calificación a cada uno de ellos, tomando en cuenta tres criterios de priorización, los cuales consisten en tener bajo, medio o alto grado de relación respecto a la investigación de la empresa de transporte Caipo S.R.L. Luego de la revisión de fuentes de estándares de ingeniería y de la determinación de criterios, se procedió a identificar y priorizar los estándares con mayor relación a las necesidades de la empresa, que aporten significativamente en el desarrollo del Plan de mejora, y que de esta manera la empresa se encuentre respaldada por estándares de aseguramiento de calidad, seguridad y eficiencia de sus servicios. Siendo así, se logró priorizar 7 estándares, los cuales cumplen con las necesidades del estudio, debido a que mantienen una alta relación con la realidad de la empresa. En la Tabla VI se muestra un resumen de los estándares seleccionados.

TABLA VI
ESTÁNDARES SELECCIONADOS

ITEM	ESTÁNDAR
1	Norma ISO 22301:2019
2	Norma ISO 45001:2018
3	Norma ISO/IEC 90003:2014
4	Norma ISO 39001:2012
5	Norma ISO 9001:2015
6	Norma IRIM 3001:2016
7	Norma ISO 50001:2011
8	Norma DECAP PCAS-2018

Al realizar la búsqueda y revisión de fuentes para estándares de ingeniería, se considerando puntos clave de búsqueda como el rubro de la empresa y las necesidades según el plan de mejora. La aplicación de estándares mejorará la eficiencia de la empresa, a la vez aumentará la capacidad de la misma para competir a nivel nacional e internacional.

G. Formulación y cálculo de indicadores

Al analizar el problema y sus excesivos costos, se tuvo que seleccionar el plan de alternativa 1 ya que es el más accesible para la empresa, teniendo como objetivo reducir los costos excesivos de la empresa de transportes Caipo S.R.L. Para ello, se toma en cuenta ciertos indicadores los cuales se presentan a continuación, tomando como referencia las problemáticas de la empresa:

Nº de accidentes laborales: Para detallar más a profundidad el indicador de la Matriz IPERC, se determina el número de los accidentes laborales que surgieron en el mes de abril, además se tiene presente que cuenta con tres subindicadores más críticos; ahora el número de casos depende a los subindicadores, ya sea accidentes, días de descanso ya sea lesiones leves o graves; también se calcula lo siguiente que en

el mes de abril hubo 4 lesiones con 10 días de descanso médico, su día laboral es de S/ 75.00 lo que se generó una pérdida de S/ 3000.00, ahora, para obtener el porcentaje del subindicador, se tiene que dividir el coste de perdida con el coste de área, donde esta cuenta con 80 trabajadores con 20 días laborales y su remuneración es de S/ 75.00, siendo un total de S/ 120 000.00, lo cual en porcentaje arroja un 0.025%. En el indicador de lesión profunda por mes solo fue un caso con 20 días de descanso médico y remunerado a S/ 75.00 por día, lo que nos genera un costo total de pérdida de S/ 3000.00, para la determinación del porcentaje se usa la metodología anterior, dando como resultado un 0.025% y finalmente los movimientos repetitivos de la mano por parte del conductor de los buses que se presentó 2 casos en los 60 días, que genera una pérdida de S/ 9000.00, también se usa la metodología anterior para el cálculo del % dando como resultado el 0.075%. En conclusión, se tiene ya que implementar la matriz IPERC para reducir los accidentes laborales, haciendo uso de la identificación de peligros y riesgos laborales para la toma de controles y buenas decisiones.

Tiempo muerto por mes: Se halló el valor monetario actual considerando que el tiempo de búsqueda para cada repuesto en almacén es de 15 min en promedio, repuestos que son requeridos para el mantenimiento que cada bus, dicho esto el número de mantenimientos realizados al mes son 104, por ende, es la misma cantidad de repuestos solicitados. Así mismo, se toma en cuenta el sueldo mensual de un trabajador, S/ 1,025 para poder hallar el costo de hora de trabajo el cual permite llegar al valor del costo total que provoca los tiempos muertos, siendo S/ 7,481.00. Por otro lado, el valor porcentual se halló dividiendo la cantidad de horas de tiempo muerto en un mes, con el total de horas de trabajo, llegando a tener un valor de 7.92%.

N° de paradas de bus por mes: Para hallar el valor monetario se consideró los costos totales que genera la parada de bus siendo este valor S/ 7,080.00, además del número de paradas de bus en el mes, en este caso 4. Para el valor porcentual se requirió restar el requerimiento de buses con los buses que han salido a operar sin ninguna parada, teniendo como resultado a 4 buses parados en el mes, tal valor se dividió con el requerimiento de buses para obtener el porcentaje de 1.65%.

N° de repuestos no suministrados: Para hallar el valor monetario se consideró los 712 repuestos Pértiga no suministrados multiplicado por el sobrecosto unitario generado al no suministrar a tiempo el repuesto para el mantenimiento. En cuanto al valor porcentual se ha requerido dividir la cantidad suministrada de 18 repuestos no suministrados a tiempo con los 730 repuestos solicitados durante el mes.

H. Diseño de modelos de simulación

En el presente trabajo se buscó utilizar softwares de simulación con el fin de garantizar un buen proceso en la implemetación de herramientas, para esto, es menester la selección de simuladores idóneos para las herramientas de ingeniería aplicados con el propósito de garantizar y reflejar resultados con la mayor exactitud posible. Para seleccionar los

simuladores correctos, se consideró varios métodos y softwares de los que se mencionan, Risk Assessment, Suite, Auditor by, Montecarlo, FlexSim, AnyLogic, Promodel, TPM Simulador, Plant Engineering y Simulador PES. Una vez que se consideró los posibles simuladores, se siguió con el proceso de selección teniendo en cuenta su costo, facilidad de manejo, conocimiento del simulador y características que cumplan con el requerimiento de las herramientas. Teniendo en cuenta todo lo anterior, se determinó que Promodel, Montecarlo y FlexSim tienen la capacidad de atender los necesarios requerimientos, simulando de la manera correcta procesos determinados.

En la Fig. 2 se denota las actividades, decisiones y secuencia de los procesos de simulación en el programa Promodel para obtener nuevos resultados sobre los traslados innecesarios que se realizan en la empresa de Transportes Caipo.

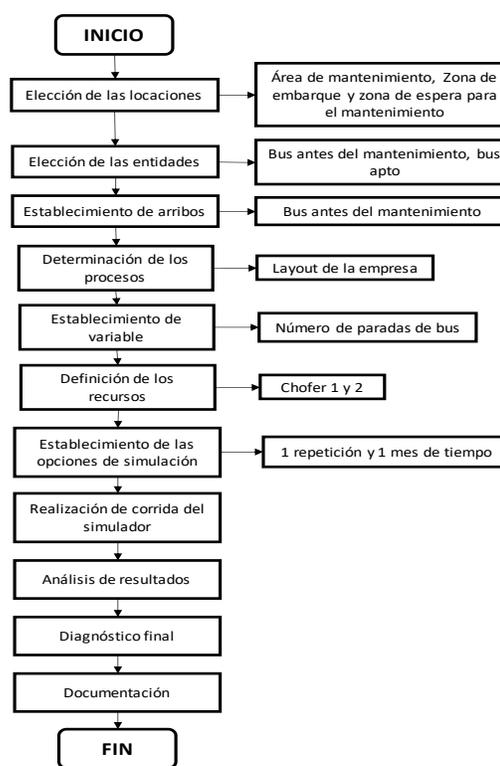


Fig. 2 Análisis del Desarrollo de Promodel

Para la identificación y análisis del modelo apropiado para la simulación en Promodel se ha indagado acerca de los procesos y funciones que permite realizar el software. De esta forma se determinaron las locaciones, entidades, redes de ruta, recursos, arribos y el proceso necesario para que exista movimiento, considerando los tiempos y capacidades. Se llegó a realizar un modelo con las mejoras proporcionadas por las herramientas de mejora, para comparar los resultados y realizar el análisis respectivo.

Para identificar las paradas de bus, se consideró como locaciones a la zona de espera para el mantenimiento de los buses, al área de mantenimiento y a la zona de embarque. Se tuvo dos entidades únicas en la simulación de ProModel, la primera es el bus cuando se encuentra sin mantenimiento y la segunda el bus apto para operar luego de salir del mantenimiento. Por parte de los arribos, solo se tuvo como único arribo al bus antes del mantenimiento, con una frecuencia de entrada al sistema de 25 unidades cada hora. Asimismo, para identificar la rotura de stock las locaciones son las mismas para todos los tipos de repuesto. Se tuvo una entidad única en la simulación de ProModel de cada repuesto, los cuales saldrán del almacén hacia el área de mantenimiento. Por parte de los arribos, solo se tuvo como único arribo al repuesto, para el repuesto pérdida la frecuencia de entrada en el sistema es de 1 hora. Se ha considerado a las estaciones de trabajo involucradas dentro de la solicitud de repuestos para el mantenimiento.

La Figura 3 muestra el desarrollo de la simulación en Montecarlo, el cual consiste en la simulación de escenarios reales, de esa manera se genera predicciones del comportamiento de las variables usadas; entre sus ventajas tenemos que nos brinda análisis de escenarios, sensibilidad, gráficos y correlación de variables de entrada.

Para la simulación del modelo, se considero los tipos de accidentes, recolectando así datos históricos de la empresa, según la data histórica la frecuencia de lesiones leves son 15; lesión profunda, 9 y movimiento repetitivo de la mano con lesión nerviosa, 6. Con la simulación, se genera números aleatorios, identificando el tipo de accidente laboral, al mismo tiempo la cantidad de días de descanso, asimismo como resultado final se obtiene el total de días de descanso, el cual fue 80 días.

Para la identificación y análisis del modelo apropiado para la simulación se ha indagado y se muestra en la Fig. 4 acerca de los procesos y funciones que permite correr el software FlexSim. De esta forma se determinaron los recursos, componentes y el proceso necesario para que exista movimiento, considerando los tiempos y capacidades. Se llegó a realizar un modelo con las mejoras proporcionadas por las herramientas de mejora, para comparar los resultados y realizar el análisis respectivo.

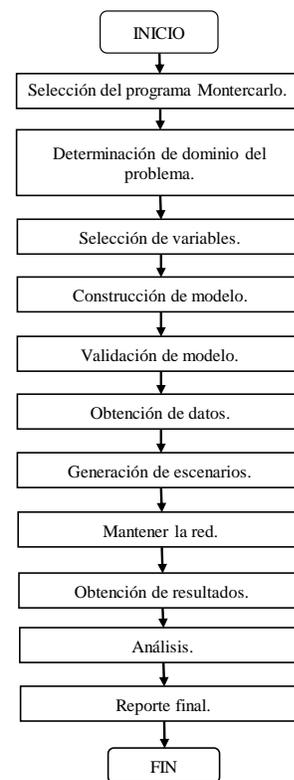


Fig. 3 Análisis del Desarrollo de Montecarlo

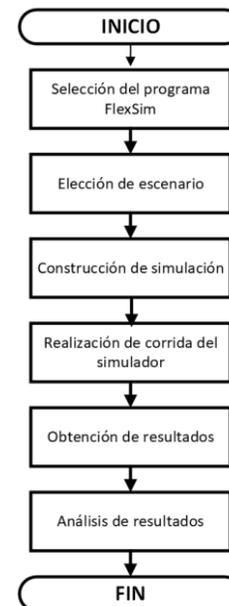


Fig. 4 Análisis del Desarrollo de FlexSim

II. RESULTADOS

A. Simulación del plan de mejora

Simulación implementación TPM: La implementación del TPM ha brindado una mejora dentro de los procesos de mantenimiento y preparación de los buses para evitar su parada, es así como se simulan los resultados por medio del software Promodel y se identifica la mejora. Para el desarrollo de la simulación en el software ProModel, se ha necesitado realizar una serie de pasos y procedimientos dentro del diseño. Se trata de la determinación de las locaciones, las entidades, los arribos, las variables, los recursos, los procesos y el layout. El modelo ProModel fue diseñado según el área de producción de la empresa, donde se consideró el área de producción. Para ello, se insertó, una librería gráfica en la que se adjuntaron las imágenes correspondientes al proceso de producción. Esta simulación será especificada por el indicador tiempo. Se ha tomado 24 horas como tiempo de simulación y se empleó el estamento lógico Wait para indicar el tiempo en el que permanece la entidad en una determinada locación.

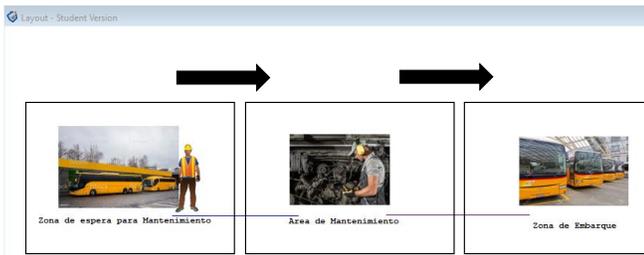


Fig. 5 Layout en la simulación Promodel

Resultados de la Simulación: El anterior proceso de preparación y mantenimiento de bus permitía la salida de 181 buses al mes, sin embargo, luego de la aplicación del TPM, el estado de los buses, así como el proceso de mantenimiento ha mejorado, llegando a disminuir además el tiempo de mantenimiento de 2 a 1 hora. Como resultado de la simulación se puede observar que ha aumentado la salida de buses con un valor de 241 unidades al mes.

Nombre	Tiempo Programado (Hr)	Capacidad	Total Entrandas	Tiempo por Entrada Promedio (Min)	Contenido Promedio
Área de Mantenimiento	728	1	242	120.1	0.67
Zona de Embarque	728	25	241	60	0.33
Zona de espera para Mantenimiento	728	25	268	4,044.36	24.81

Fig. 6 Resultado de la simulación Promodel

Simulación implementación de Software: La implementación del Software administrador de inventario ha brindado una mejora dentro de los procesos de abastecimiento

de repuestos solicitados para el mantenimiento de los buses, evitando sobrecostos por no satisfacer a tiempo el repuesto requerido, es así como se simulan los resultados por medio del software Promodel y se identifica la mejora. Para el desarrollo de la simulación en el software ProModel, se han seleccionado el repuesto más significativo respecto a sobrecosto, siendo este la Pértiga.

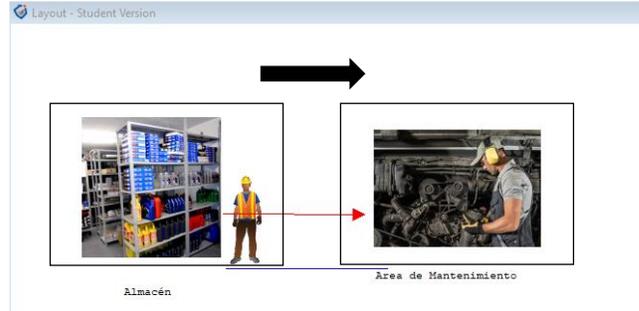


Fig. 7 Layout en la simulación Promodel

Resultados de la Simulación: El anterior proceso de búsqueda de repuestos para el mantenimiento de bus permitía satisfacer la entrega de 712 pértigas al mes, sin embargo, luego de la aplicación del software, se pudo satisfacer la entrega de más repuestos al mes, debido a que el tiempo que ha demorado en entregarlos ha disminuido a causa de que ya no es necesario invertir tiempo extra realizando coordinaciones por rotura de stock. En ese sentido, como resultado de la simulación se puede observar que, a causa de la minimización de rotura de stock, ha aumentado la entrega de repuestos al mes, siendo 726 unidades, por ende, aumentó el número de salidas de bus.

Simulación accidentes y enfermedades: Para la simulación del modelo, se considero los tipos de accidentes, obteniendo así datos históricos de la empresa, como se muestra a continuación:

TABLA VII

DATA HISTÓRICA SOBRE EL TIPO DE ACCIDENTE

Nº de datos	Tipo de accidente	Nº que sucede el accidente	Nº de días de descanso
1	Lesión leve.	2	3
2	Lesión profunda.	1	20
3	Movimiento repetitivo de la mano con lesión nerviosa.	1	30
4	Lesión leve.	3	5
5	Lesión profunda.	2	15

Por último, se realiza la simulación, donde se genera números aleatorios, identificando el tipo de accidente laboral, al mismo tiempo la cantidad de días de descanso, asimismo como resultado final se obtendrá el total de días de descanso, el cual fue 80 días:

TABLA VIII
SIMULACIÓN EN MONTE CARLO

N° accidente	Aleatorio	Tipo de accidente	Días de descanso	Total de días de descanso
1	0	Lesión leve	3	0
2	0	Lesión leve	3	0
3	0	Lesión leve	3	0
4	2	Movimiento repetitivo de la mano con lesión nerviosa.	30	60
5	0	Lesión leve	3	0
6	1	Lesión profunda.	10	10
7	1	Lesión profunda.	10	10
8	0	Lesión leve	3	0
Total días descanso	80			

Simulación Layout: Para la identificación y análisis del modelo apropiado para la simulación se ha indagado acerca de los procesos y funciones que permite correr el software. De esta forma se determinaron los recursos, componentes y el proceso necesario para que exista movimiento, considerando los tiempos y capacidades. Se llegó a realizar un modelo con las mejoras proporcionadas por las herramientas de mejora, para comparar los resultados y realizar el análisis respectivo.

Luego de la modificación del Layout de la empresa de Transportes Caipo, se realizó el desarrollo en el programa Flexsim para simular el proceso de búsqueda de repuestos que solicita el área de mantenimiento de buses. Dentro de la programación del simulador, cada recurso representa un componente, los cuales se detallan a continuación:

- Source 1: Almacén
- Queue 1: Repuesto X
- Processor 1: Máquina en mantenimiento
- Queue 2: Recepción de repuestos

De este modo, se crea el diseño en el simulador, el cual se presenta en la figura 7

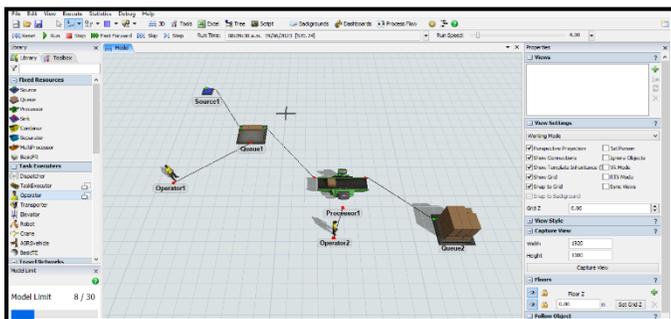


Fig. 8 Layout en la simulación de FlexSim

Se realizan los cálculos para hallar el costo por hora de trabajo, donde el sueldo del trabajador es de S/ 1 025 y los días laborados al mes son 26. Asimismo, se determinó el gasto

incurrido por buscar un repuesto, donde el costo por minuto de trabajo se multiplica con la cantidad de minutos invertidos en la búsqueda del repuesto en un día.

TABLA IX
GASTOS POR BÚSQUEDA DE REPUESTOS

Materiales	Costo de Hora de trabajo	Días laborados al mes	Gasto incurrido al mes
REPUESTOS	4.93	5	9.51
Total			9.51

El promedio de buses que se le dan mantenimiento al mes es de 100. Este número se multiplica por el gasto incurrido en la búsqueda de repuestos al mes y obtenemos S/ 2028.65.

B. Costos de implementación

En la Tabla IX se pueden observar los egresos incurridos en la implementación del plan de mejora en la empresa de Transportes Caipo S.R.L., en el que se está considerando la compra de equipos, nuevo personal calificado, capacitaciones y otros costos.

TABLA IX
RESUMEN DE EGRESOS

MES	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo
EGRESOS	0	1	2	3	4
Compra de maquinaria	S/. 19,750				
Otras inversiones	S/. 10,000				
Nuevo personal contratado		S/. 1,500	S/. 1,500	S/. 1,500	S/. 1,500
Mantenimiento		S/. 1,500		S/. 1,500	
Capacitación	S/. 4,000		S/. 1,000		S/. 1,000
Costos operativos adicionales					
TOTAL EGRESOS	S/. 33,750	S/. 3,000	S/. 2,500	S/. 3,000	S/. 2,500

Del mismo modo se realizó la proyección de los respectivos beneficios que se podría obtener por cada problema, según se observa en la Tabla X.

TABLA X
RESUMEN DE INGRESOS

INGRESOS	0	1	2	3	4
Beneficios P. 1	S/. 9,000	S/. 9,000	S/. 9,000	S/. 9,000	S/. 9,000
Beneficios P. 2	S/. 5,452	S/. 5,452	S/. 5,452	S/. 5,452	S/. 5,452
Beneficios P. 3	S/. 21,240	S/. 21,240	S/. 21,240	S/. 21,240	S/. 21,240
Beneficios P. 4	S/. 4,550	S/. 4,550	S/. 4,550	S/. 4,550	S/. 4,550
TOTAL INGRESOS	S/. 0	S/. 40,242	S/. 40,242	S/. 40,242	S/. 40,242

Finalmente se tuvo que caucular la proyección del flujo mensual, se considera un flujo negativo al principio por razones evidentes, sin embargo, en los siguientes meses se ve los resultados positivos, según se muestra en la Tabla XI

TABLA XI
RESUMEN DE EGRESOS

FLUJO MENSUAL DE CAJA	-S/. 33,750	S/. 37,242	S/. 37,742	S/. 37,242	S/. 37,742

C. Evaluación económica

Es importante mencionar que para la tasa impositiva se consideró el 25% anual, Ahora bien, para la evaluación económica se tuvo que aplicar el flujo de caja antes mencionado, en donde la evaluación abarca el periodo de un año. Por otro lado, se calculó los beneficios generados por la aplicación de las herramientas, resultados que se ven reflejados claramente en la tabla XII.

Finalmente, se realizó el cálculo de la tasa de descuento mensual de 1.88%. En efecto, los resultados obtenidos demuestran claramente que el TMAR es menor que la TIR, reflejando que el Proyecto es viable y aceptable, además, el VAN es mayor a 0, reforzando contundentemente la aceptabilidad del Proyecto. Por último, el costo-beneficio es de S/ 6.80.

TABLA XII
RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN ECONÓMICA

TMAR	1.88%
TIR	111%
VAN	S/. 365,733
B/C	S/. 6.80
VAN Ingresos	S/. 428,811
VAN Egresos	S/. 63,078

Como es notorio en la Tabla XII el valor actual neto (VAN) es mayor a 0 y por otro lado, la tasa interna de retorno

(TIR) es mayor que la tasa media anual de reducción (TMAR), lo que refleja que al implementar dicho plan seleccionado la empresa en estudio obtendría beneficios importantes y por consiguiente se puede afirmar que el Proyecto es viable.

III. DISCUSIONES

Con los resultados obtenidos, en el presente apartado se muestra la discusión respecto a cada objetivo propuesto. Como primer objetivo se diagnosticó el estado situacional de la empresa de transportes Caipo S.R.L, tal como [15] se realizó en una investigación, con ello se determinó los problemas que aquejan al proceso de producción. Es por ello que también se optó por realizar el diagnóstico de situación actual.

Luego se diseñó el plan de mejora para la reducción de costos de la empresa Caipo S.R.L. Comparando con los resultados obtenidos en la investigación [16], donde el plan de mejora consistía en la aplicación de un PMP, MRP, Heijunka, TPM, 5'S y Poka Yoke, se logró un TIR de 46%. En el caso del presente estudio, con la implementación del TPM, software administrador de inventario, un SG-SST y la modificación del Layout, se logró un TIR de 111%.

Además, como tercer objetivo se simuló los resultados de las herramientas de mejora para la reducción de costos de la empresa Caipo S.R.L. Según otra investigación científica [17], se usó el software ProModel y Ms. Excel para simular e identificar el beneficio de S/ 2324.49. Lo cual concuerda con el presente estudio y se confirma que el uso de ProModel y Ms. Excel son una herramienta efectiva para estimar los resultados de la aplicación de herramientas de ingeniería.

Finalmente, se tuvo como objetivo la evaluación económica del plan de mejora implementado, que en comparación con el estudio de [18], el cual obtuvo un VAN de S/ 6,157.00, TIR del 25% y un B/C de 1.65; se concluye que existe una concordancia ya que en el presente estudio se obtuvo un TIR de 111%, un VAN de S/ 365,733 y un C/B de S/ 6.80.

IV. CONCLUSIONES

Se logró determinar la medida en que el plan de mejora reduce los costos elevados en la empresa de transportes Caipo S.R.L. mediante la realización del diagnóstico del estado situacional de la empresa de transportes Caipo S.R.L.; para luego, diseñar un plan de mejora que consistió en las herramientas de ingeniería como la implementación del TPM, software administrador de inventario, implementación de un SG-SST y la modificación del Layout; seguidamente se simuló las herramientas de mejora arrojando resultados positivos para la empresa y por último se realizó la evaluación económica.

Aplicando el plan de mejora se llegan a mejorar los sobrecostos por accidentes laborales, reduciendo S/9,000.00, así mismo, los costos por traslados innecesarios bajan S/ 5,452.35, se minimizan los costos por paradas de vehículos una cantidad de S/ 21,240.00 y S/ 4,550.00 para los costos por rotura de stock.

Ante lo mencionado se concluye que el plan de mejora reduce los costos elevados en la empresa Caipo ya que nos arroja un TIR de 111%, un VAN de S/ 365,733 y un C/B de S/ 6.80.

[18]Cadillo et. al (2022). Plan de mejora basado en herramientas de ingeniería industrial para disminuir sobrecostos en una empresa de alquiler de maquinaria pesada. https://laccei.org/LACCEI2022-BocaRaton/full_papers/FP331.pdf

REFERENCIAS

[1] Juárez, C (2022). *Tendencias de transporte para el 2023*. <https://thelogisticsworld.com/transporte/tendencias-de-transportacion-para-el-2023/>

[2] Green 4T (2023). *La tecnología y los retos del transporte público en 2023*. <https://www.green4t.com/es/insights/la-tecnologia-y-los-retos-del-transporte-publico-en-2023/>

[3] INEI (2023). *Producción nacional disminuyó 1,12% en enero de 2023*. <https://m.inei.gob.pe/prensa/noticias/produccion-nacional-disminuyo-1-12-en-enero-de-2023-14297/>

[4] Gobierno del Perú (2021). *GRTC capacitación*. <https://www.onsv.gob.pe/post/la-libertad-gerencia-regional-de-transportes-y-comunicaciones-realizo-charlas-para-los-efectivos-de-la-unidad-de-transito-de-seguridad-vial-de-la-pnp/>

[5] Gobierno del Perú (2023). *La Libertad: Gerencia Regional de Transportes y Comunicaciones realiza campaña para medir la salud mental*. <https://www.onsv.gob.pe:5000/la-libertad-gerencia-regional-de-transportes-y-comunicaciones-realiza-campana-para-medir-la-salud-mental-a-conductores-del-servicio-de-transporte-de-pasajeros/>

[6] M. Arango, S. Ruiz y L. Ortiz (2016, octubre 21). *Indicadores de desempeño para empresa del sector logístico: Un enfoque desde el transporte de carga terrestre*. Disponible: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=77254022014>

[7] S. Gargate (2022, mayo 18). *La planificación estratégica y la competitividad en las empresas del sector transporte interprovincial terrestre de pasajeros de Lima, 2021*. Disponible: <https://www.redalyc.org/journal/816/81674244003/>

[8] Guzmán et. al (2022). Plan de mejoras para reducir los costos en una empresa procesadora de papas. https://www.laccei.org/LACCEI2022-BocaRaton/full_papers/FP335.pdf

[9] Placeres et. al (2017). Procedimiento para la gestión de inventario en el almacén central de una cadena comercial cubana. *Revista Universidad y Sociedad*, 9(1), 41-51. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2218-36202017000100006&script=sci_arttext

[10]Dazul (2019). Aplicación básicas de los métodos científicos. https://www.uaeh.edu.mx/docencia/VI_Presentaciones/licenciatura_en_mercadotecnia/fundamentos_de_metodologia_investigacion/PRES38.pdf

[11]N.Canahua (2021, junio). Implementacion de la metodología TPM-Lean Manufacturing para mejorar la eficiencia general de los equipos (OEE) en la producción de repuestos en una empresa metal mecánica. Disponible: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1810-99932021000100049&script=sci_arttext

[12].R.Ahumada, L. Cervantes y R. Martelo (2020, diciembre 30). Sistema de información para la gestión de inventario y actividades en un hato ganadero. Disponible: <http://es.revistaespacios.com/a20v41n50/a20v41n50p15.pdf>

[13].Y. Barrios, (2020, marzo 19). Diagnóstico de la implementación del SG-SST en las constructoras pioneras de Colombia. Disponible: <https://www.redalyc.org/journal/5604/560467941010/560467941010.pdf>

[14].S. Olivera, B. Liébana, M. Verdú y M. González (2018). Definición del Layout y modificación de diseño Sistema venteo filtrado de la contención de C.N. Cofrentes. Disponible: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7236277>

[15]Calderón et. al (2022). Design of engineering tools for cost reduction in the footwear company Rambel E.I.R.L. Doi: https://laccei.org/LACCEI2022-BocaRaton/full_papers/FP321.pdf

[16]Alipio et. al (2022). Improvement plan to reduce operating costs of Empresas Chang S.R.L. https://laccei.org/LACCEI2022-BocaRaton/full_papers/FP324.pdf

[17]Chávez et. al (2022). Implementation of an improvement plan to reduce the operating costs of a manufacturing company. https://laccei.org/LACCEI2022-BocaRaton/full_papers/FP328.pdf