

Inventory Planning and Management in the Automotive After-Sales Supply Chain

Sofía Rodríguez¹, Héctor López¹, Gino Viacava, Msc¹, y Christian del Carpio, Msc²

¹Ingeniería Industrial, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), Lima - Perú, u201410579@upc.edu.pe, u201320899@upc.edu.pe, pcingvia@upc.edu.pe

²Dirección de investigación, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), Lima – Perú, pcelcdel@upc.edu.pe

Abstract– This article examines the problem of inattentions that occur at the time of performing the vehicle maintenance service in a company in the automotive sector. Currently, the inattentions represent monthly between 40% and 50% of the total number of car services, causing the payment of penalties by the company, which represents an economic loss of 25% with respect to its monthly income. The problem lies due to shortage of spare parts, as stock breaks occur due to improper planning and programming of supply. Therefore, to address the lack of spare parts, a proposal was developed that for preventive maintenance is based on the use of a Kanban System based on Pull principles, while for corrective maintenance an ABC system is used for the classification of spare parts in conjunction with an inventory system Model EOQ (Economic Purchase Lot) in order to define the minimum and maximum levels of inventories. This proposal aims to have auto parts availability through supply management by reducing the costs incurred in penalties by 77% by reducing the number of neglects by 61%, with an investment recovery period of 1 year.

Keywords-- Automotive After Sales Service, Pull System, Kanban, ABC Analysis, EOQ Model.

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.178>

ISBN: 978-958-52071-4-1 ISSN: 2414-6390

Planificación y Gestión de Inventarios en la cadena de Suministro del sector Post Venta Automotriz

Sofía Rodríguez¹, Héctor López¹, Gino Viacava, Msc¹, y Christian del Carpio, Msc²

¹Ingeniería Industrial, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), Lima - Perú, u201410579@upc.edu.pe, u201320899@upc.edu.pe, pcingvia@upc.edu.pe

²Dirección de investigación, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), Lima – Perú, pcelcdel@upc.edu.pe

Abstract– *This article examines the problem of inattentions that occur at the time of performing the vehicle maintenance service in a company in the automotive sector. Currently, the inattentions represent monthly between 40% and 50% of the total number of car services, causing the payment of penalties by the company, which represents an economic loss of 25% with respect to its monthly income. The problem lies due to shortage of spare parts, as stock breaks occur due to improper planning and programming of supply. Therefore, to address the lack of spare parts, a proposal was developed that for preventive maintenance is based on the use of a Kanban System based on Pull principles, while for corrective maintenance an ABC system is used for the classification of spare parts in conjunction with an inventory system Model EOQ (Economic Purchase Lot) in order to define the minimum and maximum levels of inventories. This proposal aims to have auto parts availability through supply management by reducing the costs incurred in penalties by 77% by reducing the number of neglects by 61%, with an investment recovery period of 1 year.*

Keywords-- *Automotive After Sales Service, Pull System, Kanban, ABC Analysis, EOQ Model.*

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, las empresas de servicio han pasado a conformar un sector importante que contribuye al crecimiento y desarrollo económico de un país. Actualmente las actividades de servicios son responsables de dos tercios de la economía mundial y es la principal fuente de empleo en las economías más desarrolladas del mundo [1].

Según un reciente estudio del Instituto de Economía y Desarrollo Empresarial (IEDEP) de la CCL, en la última década en el Perú el PBI Servicios pasó de representar el 36.6% del PBI a 41% en el 2017, acumulando 16 años de crecimiento sostenido [2]. Para el año 2019 la actividad comercial registró un crecimiento de 3.19% debido a la incidencia positiva del comercio automotriz [3].

De acuerdo con la Asociación Automotriz del Perú, las ventas de vehículos livianos aumentaron en un 5.1% a inicios de año. Sin embargo, según el BCRP, el servicio Postventa de mantenimiento y reparación de vehículos automotores disminuyó en 3.9%. Este decrecimiento puede deberse a diversos factores, teniendo como principal factor el agotamiento de inventarios o materias primas para el desarrollo de su actividad principal.

El problema se acrecienta debido a una deficiente planificación y gestión de inventarios lo cual, en los últimos años, ha sido fundamental para el éxito de las empresas. Por ello, el objetivo primordial de toda organización es cumplir con la demanda requerida por el cliente y asegurarse de que todos los procesos de la compañía se encuentren integrados con la finalidad de satisfacer y/o atender sus necesidades.

En este contexto, se han encontrado múltiples problemas en empresas del rubro Automotriz dedicadas al servicio post venta de mantenimiento y reparación de vehículos automotores. Señalan que, mes tras mes, la cantidad de vehículos desatendidos incrementa debido a la falta de repuestos mecánicos al momento de realizar el mantenimiento lo cual se traduce en un desabastecimiento de existencias. Como un hospital, un taller mecánico realiza atenciones diarias a personas que solicitan con urgencia una revisión técnica [4]. Para que estos vehículos sean dados de alta a tiempo, se necesita de un trabajo bien organizado y una eficiente administración de los recursos.

Para el presente estudio se analizó la situación actual de las empresas del sector y sus necesidades las cuales presentaban problemas relacionados con la planificación y gestión de los inventarios como el agotamiento y sobre stock de estos. Para mitigar este problema, se propuso desarrollar las herramientas de planificación y gestión de inventarios como el Sistema Kanban basado en principios Pull, ABC y EOQ con el objetivo de evitar las roturas de stock y así las empresas del sector puedan atender la demanda diaria.

Finalmente, la aplicación de estas herramientas resultó eficiente en empresas de diversos sectores para el tema de gestión de inventarios. Asimismo, el trabajo de investigación se divide en las siguientes secciones: Revisión de la Literatura, Aporte, Validación y Conclusiones.

II. ESTADO del Arte

Los autores señalan que en las empresas no existe una adecuada gestión de los inventarios lo cual trae consigo problemas financieros significativos para la organización y que se traduce en un escaso nivel de inventario o exceso de material. Asimismo, la gestión de inventarios debe comprometerse a crear un plan de compras que asegure que los artículos o materias primas se encuentren disponibles en el momento que se necesiten y con las cantidades requeridas [5].

Digital Object Identifier (DOI):
<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.178>
ISBN: 978-958-52071-4-1 ISSN: 2414-6390

2.1 Gestión de inventarios

El inventario o las materias primas son un factor importante para la operación comercial. En general, las fábricas industriales almacenan entre 10,000 y 50,000 listas de inventario. Por lo tanto, para controlar el inventario de manera efectiva, las organizaciones deben conocer cada lista de inventario. Si la gestión es inadecuada; los efectos negativos pueden estar en diferentes partes de las operaciones comerciales, como la interrupción de la producción debido a la escasez de material, lo que lleva a un retraso en las entregas y la insatisfacción de los clientes. Como resultado, la previsión y la planificación de compras es una opción para minimizar el costo de inventario, y para reducir la pérdida de oportunidades de brindar servicio al cliente [6].

La gestión eficiente de repuestos en el plano automotriz es indispensable para las actividades de postventa como mantenimiento y reparaciones de vehículos pues estas generan un flujo de ingresos más constante y, como tal, puede ser una fuente fundamental de ganancias por lo que es indispensable contar con el stock necesario para evitar paros en la operación.

Al mismo tiempo, los desafíos están asociados con la gestión de estas actividades posventa de una manera rentable. La demanda de repuestos, por ejemplo, es muy difícil predecir. Cuando se solicita una parte crítica y no está disponible en stock, la empresa no puede realizar la operación de mantenimiento a tiempo. Esto podría poner en peligro la productividad de la operación, causando demoras y altos costos en penalidades. Para evitar la falta de disponibilidad de autopartes, las compañías mantienen a los compradores para hacer frente a la incertidumbre de la demanda. Sin embargo, mantener existencias adicionales puede ser costoso cuando se hace para una gran cantidad de artículos, o para artículos caros. La gestión eficiente del inventario de piezas de repuesto es, por lo tanto, una tarea importante pero desafiante [7].

El pronóstico de la demanda de repuestos ha generado varias metodologías de modelado, mientras que la naturaleza estocástica de varios problemas encontrados en diversas áreas de investigación (industria, sector público, fenómenos naturales, etc.) hace que sea conveniente desarrollar mejores técnicas para pronosticar el problema específico que se estudia con mayor precisión. En el caso particular de las piezas de repuestos, el problema se ha abordado sobre la base de diversas perspectivas, según la naturaleza de la demanda y la información disponible. Al contar con una buena base de datos, con información sobre los productos vendidos aún en uso, tiempos de falla, plazos de entrega, programas de mantenimiento y otros, es posible estimar la cantidad de repuestos que se necesitarán a lo largo del tiempo, mediante un análisis de la base instalada [8]. Es por ello que, para abordar el tema de roturas de stock de repuestos mecánicos, se realizó diversos estudios respecto a las siguientes técnicas:

2.2 Sistema Kanban basado en principios Pull

Uno de los autores menciona que el problema de stock cero (desabastecimiento) puede abordarse si se conoce la demanda a corto plazo de cada producto. Esta información permite identificar productos que causan stock 0 si no se reponen en el tiempo [9]. Asimismo, debe establecerse un stock base que limite la cantidad de inventario a lo largo del proceso. Para operar un stock base, es necesario transmitir información de la demanda a todas las etapas del proceso a medida que se produce la demanda [10].

Hoy en día, se utiliza una gran variedad de Sistemas Kanban en la práctica para ajustarlo a las necesidades individuales de cada sistema de producción y logística, el mismo está motivado por la filosofía de justo a tiempo y fue creado para controlar los niveles de inventario al mínimo mientras se programan operaciones de etapas múltiples en producción y logística. Se utiliza para dirigir materiales y transmitir información sobre qué y cuánto producir y/o reponer [11].

Las tarjetas Kanban son simplemente los ejemplos más comunes de sistemas de extracción (Pull). Normalmente son retazos de cartulina con un código de barras impreso en la tarjeta que indica la información, como la siguiente [12]: Nombre de parte y número de parte, Proveedor o proceso de suministro interno, Cantidad de embalaje, Dirección de almacenamiento, Dirección del proceso de consumo, Con qué frecuencia se debe retirar.

En la gran parte de artículos investigados, todos los autores le otorgan dos tipos de funcionalidad a las tarjetas Kanban. El primero se denomina Kanban de producción, es decir indican a un proceso el tipo y la cantidad de suministro (productos, piezas, etc.) que necesita para el desarrollo de sus actividades. El segundo se denomina Kanban de retiro el cual autoriza el transporte de los productos o piezas para el siguiente proceso [12].

Por otro lado, un estudio en la industria automotriz en Alemania determina que el factor de seguridad para temas de inventario debe ser el 30% a más. Asimismo, se sabe que el nivel de servicio es la probabilidad del no agotamiento. Dicha empresa muestra un problema de desabastecimiento lo que causa retraso en el procesamiento de los pedidos. El modelo propuesto basado en la aplicación de tarjetas Kanban permitió mejorar el nivel de servicio de la empresa de un 39% a un 96% logrando así atender todo el lote de pedidos [11].

2.3 Sistema ABC

Los autores plantean el análisis ABC como solución ante los problemas de inventarios de repuestos en la industria automotriz con la finalidad de diseñar un sistema de Gestión de Inventarios, el cual busca a través de la clasificación de las

existencias reducir los costos en la misma, esta herramienta fue aplicada para una empresa del sector obteniendo como resultado una reducción del 13% del costo de existencias [13].

Por otro lado, un estudio en la industria medica en Turquía empleo el análisis ABC para una red de hospitales buscando reducir el número de existencias, puesto que contaban con medicamentos con excedentes de inventarios como con déficit de inventarios, lo que no permitía ofrecer un óptimo nivel de servicio por una inadecuada gestión del stock, la clasificación ABC le permitió a la empresa obtener un ahorro de 379 millones de dólares entre el 2009 y 2013 [14].

Además, si bien la aplicación del análisis ABC busca reducir los costos también mejora ciertos los indicadores de gestión de inventarios como el nivel de rotación, un estudio en una empresa del sector automotriz logró mediante la aplicación de esta herramienta clasificar sus inventarios y de esta manera asignarles el tratamiento adecuado, es así como logró una reducción de la rotación de inventarios de 3.15 a 2.13 anualmente [15]. Se puede observar que esta herramienta es muy importante, ya que muchas empresas la han empleado en sus inventarios obteniendo resultados positivos con respecto a la reducción de costos como obteniendo un mejor nivel de servicio.

2.4 Cantidad económica de pedido (Sistema EOQ)

Los estudios han demostrado que la técnica EOQ enfatiza la optimización del tamaño del pedido de lote para que los costos vinculados al inventario se minimicen [16].

Uno de los autores discute sobre el control de inventario de piezas de repuesto que se inicia con la agrupación de estas mediante el uso del método de análisis ABC para saber que ítem requiere un control estricto. Luego, en función de los mejores resultados de pronóstico, se calcula el valor del stock de seguridad, el Punto de pedido (ROP) y el número de pedido óptimo mediante el método de Cantidad de lote económico (EOQ) para cada pieza de repuesto. Por último, se calcula el costo total del inventario. El objetivo final es comparar el costo total de inventario entre el control de inventario realizado por la empresa y el control de inventario con el método propuesto [17].

Por otro lado, un estudio en una tienda médica de un hospital de atención superior en Nueva Delhi determinó los beneficios que brinda el sistema EOQ en la reducción de costos vinculados en inventario y costos de oportunidad. Con la adopción del EOQ se logró tener como resultado una reducción del 62% en los costos de inventario [16].

III. APORTE

En un sector tan cambiante como lo es el de la industria Automotriz, las organizaciones que no se encuentren a la vanguardia de las nuevas tendencias y que no promuevan la

innovación para ofrecer sus productos o servicios están condenadas a desaparecer. El sector cada vez se vuelve más competitivo y es que en los últimos años ha mostrado gran relevancia económica a nivel mundial y a la cual el Perú ha empezado a tomarle interés como un factor que contribuye al crecimiento económico. La empresa en estudio es una financiera automotriz la cual tiene como particularidad un modelo de negocio que no solo se basa en el financiamiento de vehículos, sino que también cuenta con un taller mecánico el cual brinda el soporte técnico necesario a sus unidades. Todo ello con la finalidad de mantener operativa a toda su flota de vehículos para taxi. Actualmente existe un problema de desatenciones de vehículos para mantenimiento en el taller el cual ha generado pérdidas económicas en los últimos meses del año 2019.

3.1 Vista Fundamento

La empresa en estudio presenta un problema que le genera un impacto económico sobre los ingresos, estos son las desatenciones de vehículos en el taller y las deudas por parte del cliente. En la Tabla I se puede observar que en promedio se desatiende más del 40% de vehículos que ingresan al taller ya sea por mantenimiento preventivo o correctivo.

TABLA I
VEHÍCULOS QUE INGRESARON PARA MANTENIMIENTO

Ítem	Ene-19	Feb-19	Mar-19
Total de vehículos que ingresaron	481	450	436
Cantidad de Vehículos desatendidos	268	195	205
% Vehículos que son desatendidos	56%	43%	47%

Se debe tener en cuenta que estas desatenciones generan pérdidas económicas para la empresa, puesto que la empresa tiene que cubrir una penalidad de 80 soles en promedio por cada día que es desatendido este vehículo, en otras palabras, que se mantiene en el taller. En la Tabla II se muestra el monto y porcentaje de ingresos que se dejan de percibir al mes con respecto a los ingresos proyectados, este monto representa en promedio un 25% de ingresos que son asumidos por la empresa en temas de penalidades.

TABLA II
PÉRDIDAS ECONÓMICAS POR DESATENCIONES DE VEHÍCULOS

Mes	Cantidad de Eventos	Monto	% Representa de los Ingresos Proyectados
Ene-19	268	S/ 205,578.52	21.62%
Feb-19	180	S/ 203,450.50	22.59%
Mar-19	250	S/ 224,835.45	24.29%

Por otro lado, este problema se debe a 4 causas las cuales se mencionan en la Fig. 1, de estas, la más relevante es el

desabastecimiento de repuestos, ya que como se puede observar en la Fig. 2 esta origina más del 80% de las desatenciones.



Fig. 1 Principales Causas de las desatenciones de vehículos

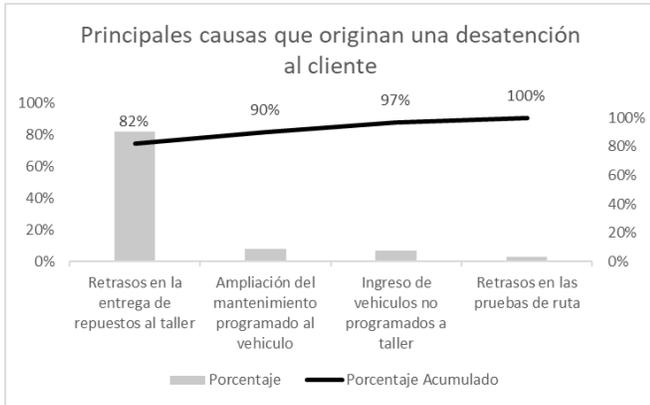


Fig. 2 Porcentaje de las causas de desatenciones de vehículos

A partir de esta problemática, se busca que empresas que tienen como giro de negocio la parte financiera como automotriz implementen un adecuado modelo de Planificación y Gestión de inventarios que permita, ante cualquier servicio de mantenimiento, entregar los repuestos y materiales a tiempo.

3.2. Vista general de la propuesta

El modelo planteado en la Fig. 3 para el desarrollo de la propuesta estará dividido entre mantenimiento preventivo y correctivo debido a que cada uno recibe un tratamiento distinto.

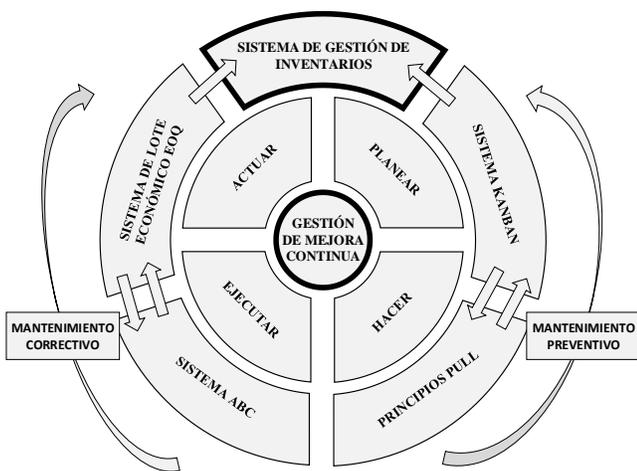


Fig. 3 Modelo de la Propuesta

Para el grupo de preventivos se propone utilizar la combinación de las herramientas del Sistema Kanban aplicando los principios del Sistema Pull. Para el grupo de correctivos se propone utilizar un Sistema ABC y EOQ para la clasificación de los inventarios. El modelo tendrá como base de apoyo el Sistema de Gestión de mejora continua para su eficiente desarrollo.

3.3. Vista detallada de la propuesta

3.3.1 Mantenimiento preventivo

Recolección y Análisis de la información: La información de vehículos programados para mantenimiento debe ser enviada por el área de Programaciones semanalmente. De esta manera, el área de compras tiene una semana de plazo para abastecerse de repuestos en base a la demanda real y a su vez confirmar la cantidad de vehículos que pueden ingresar al taller para mantenimiento. El flujo de información que se muestra en la Fig. 4 se dará a través de la utilización de Tarjetas Kanban que permitirán la comunicación óptima entre áreas.

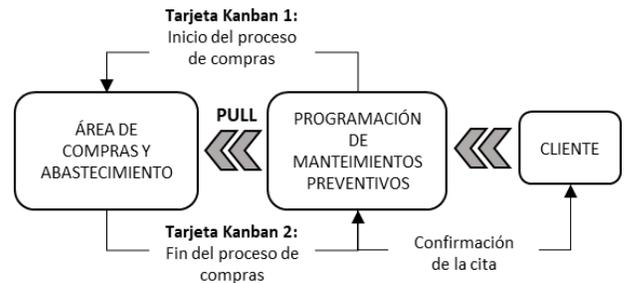


Fig. 4 Proceso propuesto

Proceso y desarrollo: Después de recibir la información de vehículos programados para mantenimiento, la planificación para el abastecimiento de inventario se llevará a cabo en el área de compras. Esta información es indispensable para iniciar la realización de pedidos de compra a través de la ejecución de una primera Tarjeta Kanban que se muestra en la Fig. 5. Esta tarjeta detallará las programaciones totales.

INTRODUCIR DATOS DEL MANTENIMIENTO	
N° DE MANTENIMIENTO	
FECHA DE MANTENIMIENTO	
PLACA	
MARCA	
MODELO	
CANTIDAD DE KIT MP	
GRABAR DATOS	

Fig. 5. Tarjeta Kanban 1: Programaciones

Luego de realizar la compra de repuestos en base a lo demandado, el área de compras envía una segunda Tarjeta

Kanban, la cual se muestra en la Fig. 6, donde confirma que cuenta con el stock necesario para atender a una cierta cantidad de vehículos.

RESUMEN DE VEHÍCULOS A PROGRAMAR			
FECHA DE PROGRAMACIÓN	CHEVROLET	HYUNDAI	KIA
23/09/2019	6	8	10
24/09/2019	8	8	8
25/09/2019	8	8	8
26/09/2019	9	7	8
27/09/2019	7	8	9
28/09/2019	8	8	8
Total general	46	47	51

PANEL DE DISPONIBILIDAD			
FECHA DE PROGRAMACIÓN	CHEVROLET	HYUNDAI	KIA
23/09/2019	DISPONIBLE	DISPONIBLE	DISPONIBLE
24/09/2019	POR CONFIRMAR	POR CONFIRMAR	POR CONFIRMAR
25/09/2019	POR CONFIRMAR	NO DISPONIBLE	POR CONFIRMAR
26/09/2019			
27/09/2019			
28/09/2019	NO DISPONIBLE	NO DISPONIBLE	NO DISPONIBLE

Fig. 6 Tarjeta Kanban 2: Panel de disponibilidad

Finalmente, el proceso culmina cuando el área de Programaciones recibe la información brindada en la Tarjeta Kanban 2 y contacta a los clientes para confirmar su próxima fecha de mantenimiento preventivo.

3.3.2 Mantenimientos correctivos

Recolección y Análisis de la Información: Para esta parte del aporte se requirió de información de la demanda y costo de los repuestos, costo de mantener inventario y costo de ordenar. Esta data servirá como entrada para el desarrollo de las herramientas. Para ello, se empleó el análisis ABC que permitió clasificar los repuestos según su nivel de rotación como por tipo de familia, en total se analizaron 306 repuestos teniendo como resultado 37 repuestos en la clasificación A, 48 en B y 221 en C (Ver Tabla III).

Una vez clasificados estos repuestos se le asignó un nivel de servicio (NS) según su clasificación y posteriormente se realizó el cálculo del lote óptimo de compra, punto de reorden (PR) e inventario de seguridad (SS). A continuación, en la Tabla IV se muestran los resultados de estos cálculos para los 6 repuestos con mayor demanda.

TABLA III
RESULTADOS DE CLASIFICACIÓN ABC

Clasificación	Tipo de Repuestos	% Representa del total
A	37	69.99%
B	48	14.12%
C	221	15.88%
Total	306	100.00%

TABLA IV
NIVEL DE SERVICIO, EOQ, PUNTO DE REORDEN Y SS

Código	Nivel de Servicio	Lote Optimo	Punto de Reorden	Stock de Seguridad
1.9.012	95%	102	4	71
1.5.032	95%	71	8	68
1.4.173	95%	54	2	34
1.9.010	95%	47	2	37
1.4.167	95%	51	2	32
1.6.019	95%	16	3	21

A partir de la información calculada se procedió a determinar los niveles mínimos y máximos de inventario a través de (1) y (2).

$$\text{Nivel Mínimo} = \text{Stock de Seguridad} + \text{Punto de Reorden} \quad (1)$$

$$\text{Nivel Máximo} = \text{Nivel Mínimo} + \text{Lote Optimo de Compra} \quad (2)$$

A continuación, en la Tabla V se muestran los resultados obtenidos para los 6 ítems con mayor demanda.

TABLA V
NIVELES MÍNIMOS Y MÁXIMOS DE INVENTARIO

Código	Stock mínimo	Stock máximo
1.9.012	75	190
1.5.032	76	175
1.4.173	36	62
1.9.010	39	99
1.4.167	34	58
1.6.019	24	47

Proceso y desarrollo: El proceso de abastecimiento se realizará en base a las condiciones que se muestran en (3) y (4). Además, se tomará en cuenta la clasificación del repuesto. Esto quiere decir que se le dará la prioridad de abastecimiento a los repuestos de clasificación A y posiblemente los de B.

$$\text{Abastecer Repuesto si Stock Actual} \leq \text{Stock Mínimo} \quad (3)$$

$$\text{Abastecer Repuesto si Stock Actual} \leq \text{Punto de Reposición} \quad (4)$$

El formato que se muestra en la Fig. 7 permitirá realizar estas reposiciones.

Ref.	Familia	Clasificación	Stock Mín	Stock actual	Stock Máx	Acción a Tomar	Cantidad a comprar
1.9.012	Lubricante	A	75	7	190	Se requiere realizar la compra	102
1.5.032	Filtros	A	76	95	175	No Comprar	
1.4.173	Eléctrico	A	36	0	62	Se requiere realizar la compra	54
1.9.010	Lubricante	A	39	145	99	Se Excedió en la compra	
1.4.167	Eléctrico	A	34	136	58	Se Excedió en la compra	
1.6.019	Freno	A	24	2	47	Se requiere realizar la compra	16
1.3.028	Dirección	A	23	19	34	Se requiere realizar la compra	14
1.9.013	Lubricante	A	23	10	45	Se requiere realizar la compra	45
1.1.029	Accesorios	A	7	31	19	Se Excedió en la compra	

Fig. 7 Formato de reposiciones

Este formato contiene las acciones que se deben acatar, tomando como base la comparación del stock actual con los niveles mínimos y máximos de inventarios como el punto de reposición e incluso la clasificación para la priorización al momento de realizar las compras.

3.4. Vista del Proceso – Fases

Para el desarrollo de este proyecto se cuenta con siete fases: Abarca desde el inicio del proyecto cuando se conforma el equipo del proyecto con los miembros de la empresa, en donde se les asignan responsabilidades a los mismos de acuerdo con el alcance del proyecto teniendo en cuenta el tipo de organización e infraestructura. Posteriormente se da una fase de planificación en la que se desglosan entregables del proyecto a lo largo de este en conjunto con la asignación de los respectivos recursos para estos entregables con la finalidad de definir de manera concreta la fase de diseño. Una vez definido el diseño de la propuesta se procede con la fase de implementación y ejecución en la que se harán las capacitaciones de las herramientas empleadas y la aprobación de los usuarios con respecto a ellas. En base a esto, se entregará el proyecto clave en mano que incluye manuales, formatos y planes de contingencia con los posibles riesgos del proyecto.

Finalmente, en las últimas dos fases se determinará el adecuado funcionamiento como la sostenibilidad de la propuesta a través de los años con una periódica retroalimentación en la fase de ejecución de pruebas y la fase de seguimiento, ajuste, monitoreo y control del proceso de implementación. Estas fases se muestran en la Fig. 8.

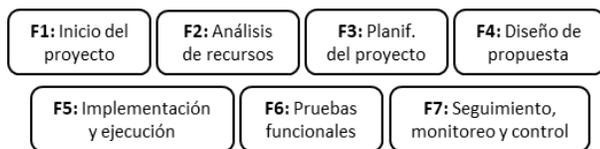


Fig. 8 Fases de implementación de la propuesta

3.5. Indicadores de evaluación de la propuesta

Porcentaje de desatenciones (Indicador 1): Mide el nivel de respuesta de la empresa ante un mantenimiento preventivo o correctivo. De no contar con los repuestos necesarios el vehículo procederá a ser desatendido, haciendo que este indicador sea mayor. El cálculo de dicho indicador se muestra en (5).

$$\%D = \frac{\text{número de vehículos desatendidos}}{\text{número de vehículos ingresados al taller}} \times 100 \quad (5)$$

Porcentaje de penalidades (Indicador 2): Mide el porcentaje de penalidades que se ha incurrido en un periodo de tiempo con respecto a los ingresos que se debieron percibir en el mes. El

indicador aumentará de acuerdo con la cantidad de vehículos desatendidos, midiendo el nivel de rentabilidad que tiene la empresa. El cálculo de dicho indicador se muestra en (6).

$$\%P = \frac{\text{total de penalidades (Soles)}}{\text{total de ingresos proyectados (Soles)}} \times 100 \quad (6)$$

Entrega de repuesto a tiempo (Indicador 3): Este indicador mide el porcentaje de repuestos que se han entregado a tiempo con respecto al total de repuestos solicitados. El indicador aumentará a medida que se solicite algún tipo de repuesto, este se encuentre disponible en almacén.

Este indicador se calcula como se muestra en (7).

$$\%ERT = \frac{\text{cantidad de repuestos entregados}}{\text{cantidad de repuestos solicitados}} \times 100 \quad (7)$$

Estos indicadores son importantes, ya que se encuentran relacionados directamente con el problema y contribuirán a determinar el logro de los objetivos que es la reducción en las desatenciones, logrando una mayor rentabilidad.

IV. VALIDACIÓN

4.1. Descripción del Escenario actual

Actualmente, la empresa cuenta con un porcentaje de desatenciones que representa en promedio el 51% de los vehículos que ingresan al taller entre los meses de enero y junio del 2019, estas desatenciones en los respectivos meses generan en promedio el 19% de pérdidas sobre los ingresos proyectados en el mes. Una de las causas principales es el desabastecimiento de repuestos. Por ello, el aporte se encuentra enfocado en atacar esta causa y con ello mejorar el nivel de atenciones de vehículos.

4.2. Validación – Simulación e Implementación Piloto

Para la validación de la propuesta se realizó una simulación del servicio de mantenimientos preventivos, mientras que para los mantenimientos correctivos se realizó una implementación piloto. Por ello, para una comprensión más precisa, estas validaciones serán detalladas siguiendo el esquema de la Fig. 9.

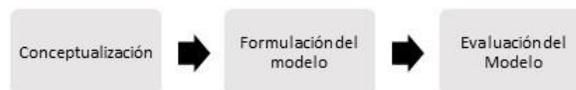


Fig. 9 Etapas para elaborar el modelo

4.2.1. Mantenimientos preventivos – simulación

Para validar esta parte de la propuesta se realizó una simulación en el software Arena.

Conceptualización

En esta etapa se procedió a definir las variables de entrada como de salida del modelo. Para este caso las variables de entrada escogidas serán las consultas ya sea de automóviles a programar (Por modelo) como las consultas para reposición de repuestos (Por tipo) y las variables de salida serán los automóviles atendidos como desatendidos

Formulación del Modelo

Con las variables definidas se elaboró el modelo que consta de 3 partes, las cuales se muestran en la Fig. 12, Fig. 13 y Fig.14.

En la primera parte que se visualiza en la Fig. 12, se realiza la consulta de vehículos a programar y según la cantidad de repuestos disponibles pasan a ser programados. Posteriormente, estos pasan a ser atendidos disminuyendo la cantidad de repuestos disponibles y contabilizándolos como atendidos. Cabe mencionar que el modelo contempla una cantidad de autos desatendidos que se generan por causas ajenas al abastecimiento de repuestos.

En la segunda parte se muestra la Fig. 13 y Fig. 14, donde se visualiza de forma paralela las consultas por tipo de repuesto, comparando el stock actual con el mínimo, máximo y punto de reposición. En caso de que el stock actual cumpla alguna de las condiciones establecidas se procede a reabastecer de repuestos. Además, en esta parte el lead time es considerado según el tipo de repuesto. Para tener un mejor detalle de la simulación del abastecimiento, esta se muestra en la Fig. 10.

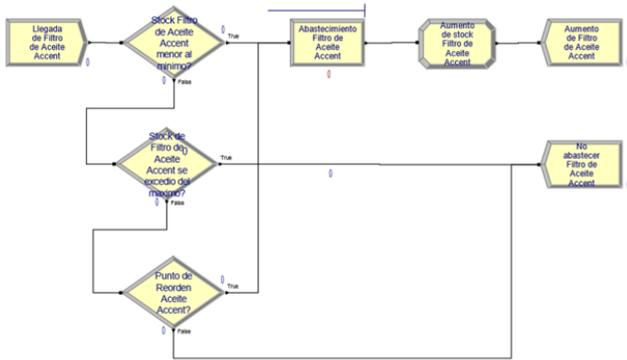


Fig. 10 Modelo de Abastecimiento de repuestos (Detalle)

Evaluación del Modelo

Se realizó la evaluación del modelo contabilizando los vehículos que salen del sistema, ya sea los que fueron atendidos como los que no fueron atendidos. Para ello, se realizó la simulación para 2 meses (julio-agosto). Los resultados fueron evaluados y comparados con los meses (enero-junio) del mismo año, a través de los indicadores establecidos.

4.2.2. Mantenimiento correctivo – plan piloto

Para validar la propuesta se realizó un plan piloto en la empresa en estudio el cual duró 2 meses aproximadamente.

Conceptualización

En esta etapa se definen las variables de entrada y de salida del Plan Piloto. Para este caso las variables de entrada son los datos históricos de venta de repuestos por mes (movimientos) y el stock diario. Las variables de salida serán la cantidad de vehículos atendidos y desatendidos.

Formulación del Modelo

Con las variables definidas se realizó el diseño del Plan Piloto en la Fig. 11, el cual involucra a 2 áreas administrativas que servirán de apoyo para a la ejecución del modelo.

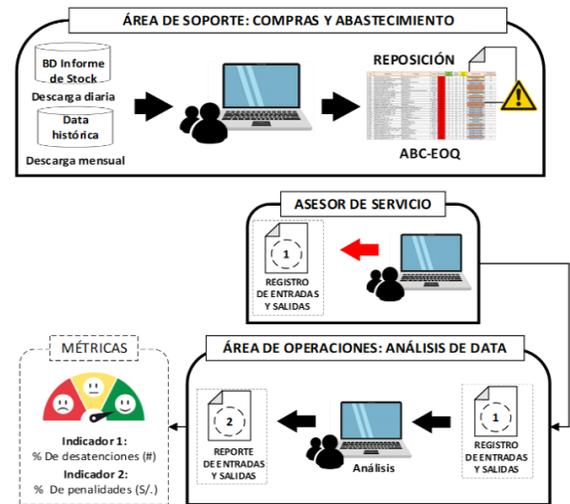


Fig. 11 Diseño del Plan Piloto – Correctivos

Para la ejecución del Piloto, el área de compras es la encargada de realizar la reposición de los inventarios en base a las variables de entrada (Data histórica e Informes de Stock). Asimismo, utilizará el cuadro de reposición diseñado a base del Sistema ABC y EOQ con la finalidad de evitar las roturas de stock. Todos estos movimientos son analizados por el área de Operaciones mediante el uso del informe de entradas y salidas que realizan los Asesores de Servicio. Este reporte refleja la cantidad de vehículos que fueron o no atendidos. Finalmente se implementaron unos indicadores de gestión para poder medir el nivel efectividad de la implementación del piloto.

Evaluación del Modelo

Se realizó la evaluación del modelo midiendo los vehículos que salen del sistema, ya sea los que fueron atendidos como los que no fueron atendidos. Para ello, se realizó el Plan Piloto para 2 meses (julio-agosto).

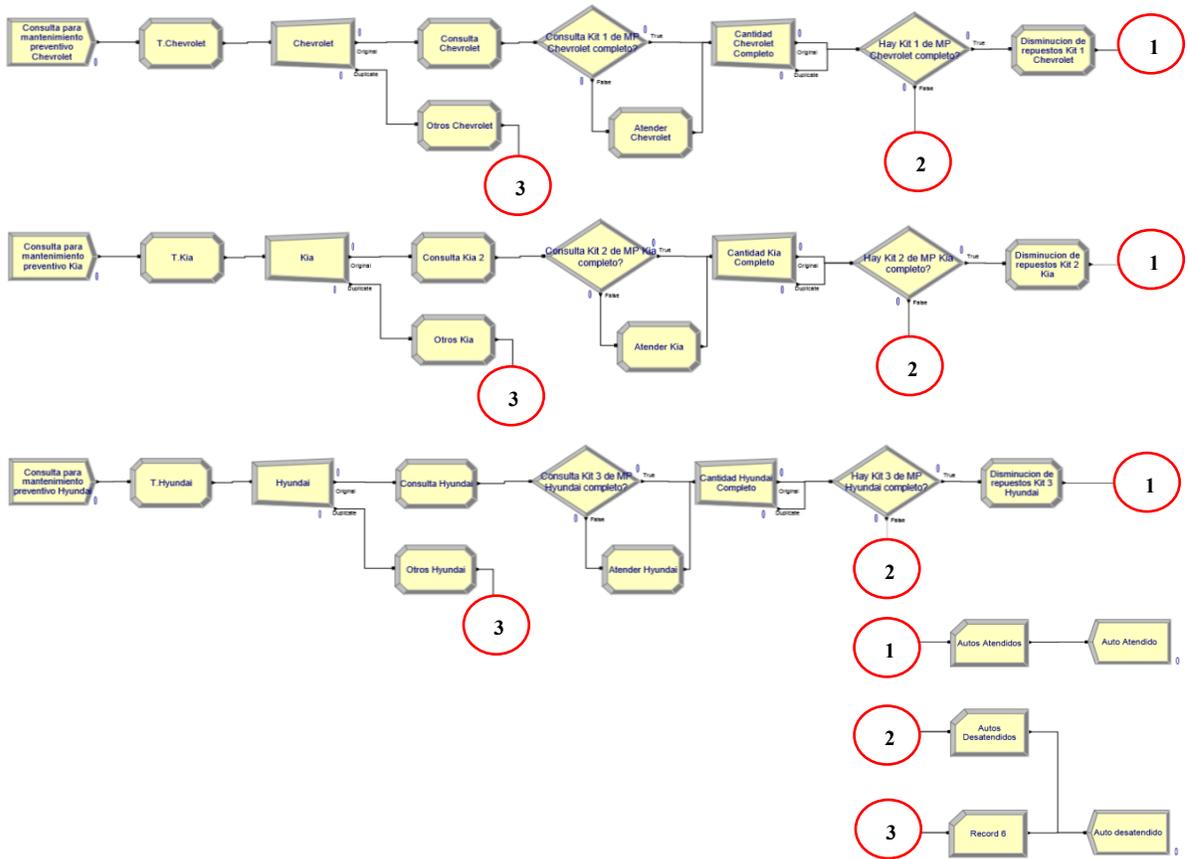


Fig. 12 Modelo de atención de vehículos

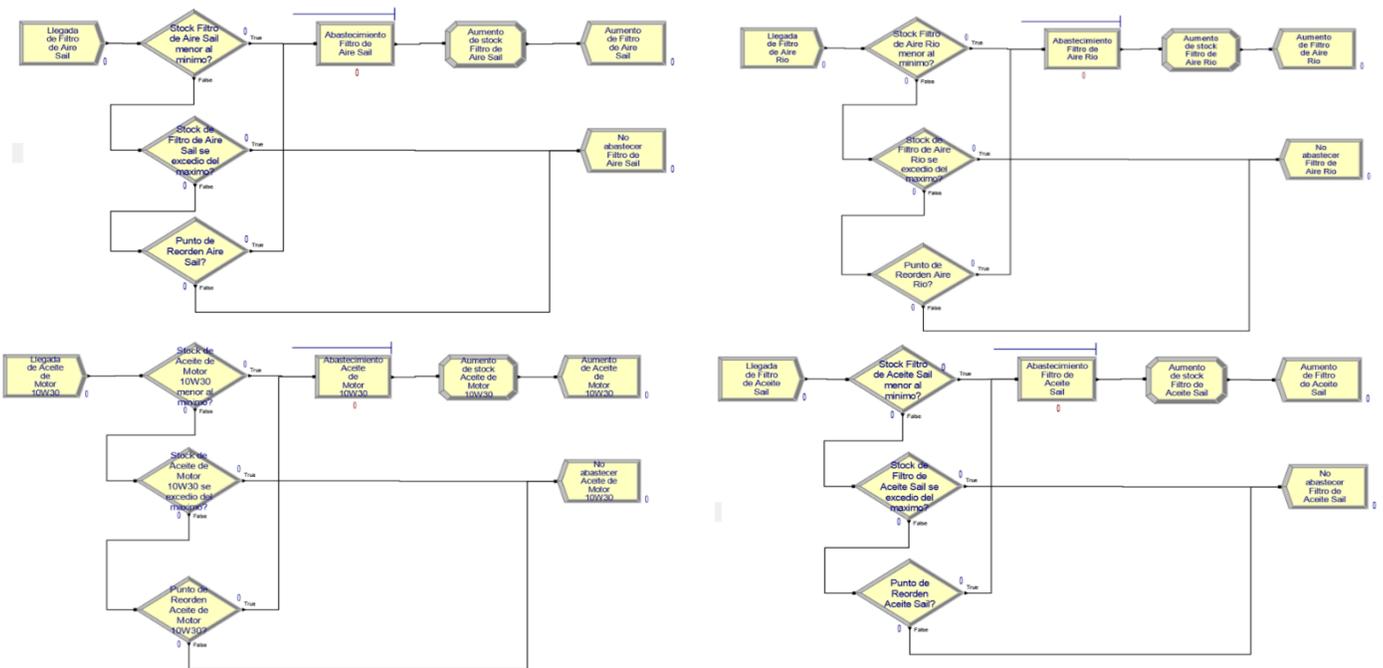


Fig. 13 Modelo de abastecimiento de repuesto 1 y repuesto 2

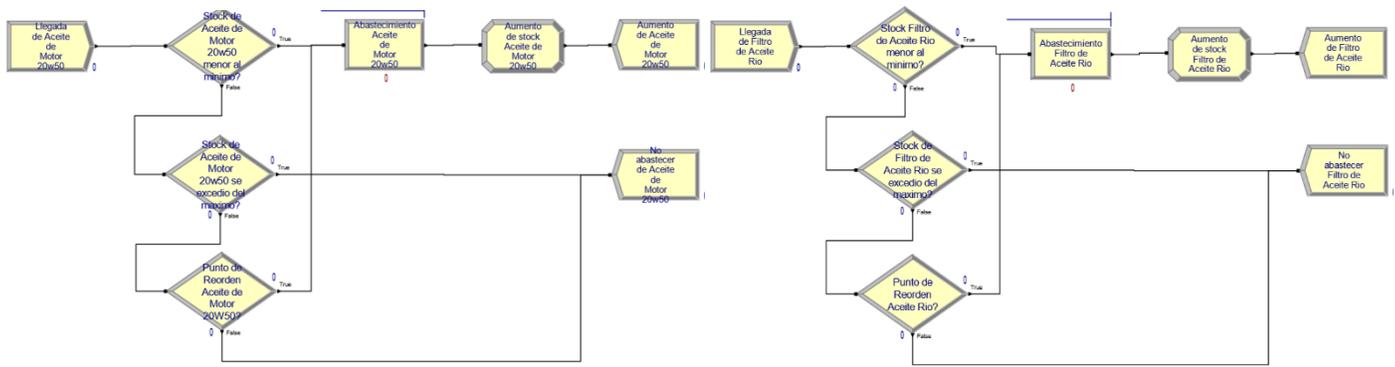


Fig. 14 Modelo de abastecimiento de repuesto 3

Estos resultados nos permitirán calcular los indicadores de desatenciones como penalidades para compararlos con los meses (enero-junio) del mismo año.

4.3 Comparación de los resultados:

Una vez realizada la simulación y la ejecución del plan piloto se dieron los siguientes resultados por tipo de mantenimiento.

Mantenimiento Preventivo

A continuación, se muestran los resultados que se obtuvieron a través de la simulación, los cuales se están comparado con los resultados actuales a través de los indicadores establecidos estos se muestran en la Fig.15.

	ACTUAL	PROPUESTA
INDICADOR N°1	% Prom. de Desatenciones (#) Enero - Junio 51%	% Prom. de Desatenciones (#) Julio - Agosto 33%
INDICADOR N°2	% Prom. de penalidades (S/.) Enero - Junio 19%	% Prom. de penalidades (S/.) Julio - Agosto 11%
INDICADOR N°3	% de entrega de repuestos Enero - Junio 51%	% de entrega de repuestos a tiempo Julio - Agosto 33%

Fig.15 Comparación entre la situación actual y propuesta

Mantenimiento Correctivo

A continuación, se muestran los resultados que se obtuvieron a través de la implementación piloto, los cuales se están comparado con los resultados actuales a través de los indicadores establecidos estos se muestran en la Fig. 16.

	ACTUAL	PROPUESTA
INDICADOR N°1	% Prom. de Desatenciones (#) Enero - Junio 51%	% Prom. de Desatenciones (#) Julio - Agosto 38%
INDICADOR N°2	% Prom. de penalidades (S/.) Enero - Junio 19%	% Prom. de penalidades (S/.) Julio - Agosto 13%
INDICADOR N°3	% de entrega de repuestos Enero - Junio 51%	% de entrega de repuestos Julio - Agosto 38%

Fig.16 Comparación entre la situación actual y propuesta

V. DISCUSIÓN

Para este punto se realizará el análisis de los resultados obtenidos en ambos tipos de mantenimiento. Como se muestran los resultados a partir de la simulación para los meses de julio-agosto se ha disminuido en promedio el porcentaje de desatenciones (Indicador 1) en un 35%, esto generó una reducción en promedio del porcentaje de penalidades (Indicador 2) en un 42% y un aumento en los repuestos entregados a tiempo (Indicador 3) en un 35%. Todas estas mejoras se dieron con respecto a los resultados obtenidos entre los meses de enero - julio. Se puede concluir que el aporte produce un efecto positivo en las desatenciones (Fig.17).

	% de reducción de desatenciones (Indicador 1)	% de reducción de pérdidas económicas (Indicador 2)	% de mejora de repuestos entregados (Indicador 3)
RESULTADOS	35%	42%	35%
OBJETIVO	40%	35%	40%

Fig.17 Porcentaje de Mejora según indicadores

Sin embargo, se puede observar, que el Indicador 1 no superó el objetivo planteado, debido a que aún se presentan problemas ajenos al abastecimiento, así como ciertos temas relacionados a una curva de aprendizaje, puesto que se está empleando un

nuevo proceso de abastecimiento lo que genera que las personas se encuentren en un proceso de adaptación.

Por otro lado, con respecto al Indicador 2 no superó el objetivo planteado, ya que aún se dan las desatenciones, debido a que en este caso se tiene una demanda incierta lo que ha ocasionado que lleguen vehículos y se soliciten repuestos que ya han sido agotados. Con respecto al Indicador 3 no se pudo llegar al objetivo debido a factores externos como el lead time de los proveedores y temas internos como los registros en almacén con respecto a lo que se tiene en el sistema.

CONCLUSIONES

El problema principal parte a raíz de las roturas de stock que se presentaban al momento de solicitar los repuestos para el mantenimiento de los vehículos. Todo ello debido a que el área Logística del taller no tenía establecido un modelo de reposición de inventarios en base a la demanda.

Para atacar el problema, se plantearon 2 modelos de propuesta, tanto para mantenimientos preventivos como correctivos, ya que el comportamiento de la demanda de los repuestos necesarios para dichas operaciones variaba. La primera propuesta basada en un Sistema Kanban y Pull para el tratamiento de repuestos de mantenimiento preventivo y la segunda propuesta basada en un Sistema ABC y EOQ para correctivos. Inicialmente la empresa desatendía el 45% de su flota (entre preventivos y correctivos) mensualmente lo cual representaba pérdidas económicas del 25% de la utilidad total. El modelo desarrollado logró reducir en un 61% el número de desatenciones de vehículos para mantenimiento, mientras que en términos económicos las pérdidas se redujeron en un 77%.

El proyecto requiere de una inversión de S/125 000 soles teniendo como retorno de la inversión 1 año. Asimismo, el beneficio obtenido por este proyecto será de S/3, 817,015.00 soles con un costo beneficio de S/31.78 soles. Todos estos indicadores aseveran la factibilidad que presenta la implementación de las propuestas, tanto en términos de productividad como económicos.

Como conclusión, la finalidad del desarrollo del presente Proyecto fue el de reducir costos y mejorar la capacidad de atención de vehículos través de las buenas prácticas de planificación y gestión de inventarios. Todo ello soportado por un área crucial como la Logística la cual es la encargada de planificar, gestionar y controlar todos los procesos inmersos a ella con la finalidad de contar con todos los medios necesarios para llevar a cabo las operaciones. En este caso, cerciorarse de contar con todos los materiales y repuestos mecánicos necesarios para la ejecución de los mantenimientos. Toda buena gestión, conlleva a tener clientes satisfechos y con un cliente satisfecho se puede asegurar parte del éxito de las empresas.

REFERENCIAS

- [1] Peñaranda, C. (2018). Sector servicios acumula 16 años de crecimiento sostenido. Retrieved 5 October 2019, from https://www.camaralima.org.pe/repositorioaps/0/0/par/r852_1/iedep_852.pdf
- [2] Comercio, R. (2018). CCL: Sector servicios exportó en promedio solo 8,3% de su PBI en 10 años. Retrieved 5 October 2019, from <https://elcomercio.pe/economia/peru/ccl-sector-servicios-exporto-promedio-8-3-pbi-10-anos-noticia-nndc-579511-noticia/>
- [3] INEI. (2019). Encuesta mensual del sector servicios 2019. Retrieved 6 October 2019, from https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/boletin_servicio_s_julio_2019.pdf
- [4] PELPS. (2019). Administración de taller mecánico | administrar taller mecánico | gestión talleres mecánicos. Retrieved 6 October 2019, from <https://www.pelpl.cl/blog/tips-la-administracion-taller-mecanico/>
- [5] Nallusamy, S., Balaji, R., & Sundar, S. (2017). Proposed Model for Inventory Review Policy through ABC Analysis in an Automotive Manufacturing Industry. *International Journal of Engineering Research in Africa*, 29, 165–174. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/jera.29.165>
- [6] Kitti-Udomporn, S., Sukchareonpong, P., & Witchakul, S. (2018). Forecasting and purchasing planning for shelf life-limited spare parts. *Proceedings of 2018 5th International Conference on Business and Industrial Research: Smart Technology for Next Generation of Information, Engineering, Business and Social Science, ICBIR 2018*, 264–269. <https://doi.org/10.1109/ICBIR.2018.8391204>
- [7] Van der Auweraer, S., & Boute, R. (2019). Forecasting spare part demand using service maintenance information. *International Journal of Production Economics*, 213, 138–149. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.03.015>
- [8] Vargas, C. A. G., & Cortés, M. E. (2017). Automobile spare-parts forecasting: A comparative study of time series methods. *International Journal of Automotive and Mechanical Engineering*, 14(1), 3898–3912. <https://doi.org/10.15282/ijame.14.1.2017.7.0317>
- [9] De Vries, H., Carrasco-Gallego, R., Farenhorst-Yuan, T., & Dekker, R. (2014). Prioritizing replenishments of the piece picking area. *European Journal of Operational Research*, 236(1), 126–134. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2013.12.045>
- [10] Khojasteh, Y., & Sato, R. (2015). Selection of a pull production control system in multi-stage production processes. *International Journal of Production Research*, 53(14), 4363–4379. <https://doi.org/10.1080/00207543.2014.1001530>
- [11] Klug, F. (2016). A hybrid push/pull design of kanban systems during production ramp-up phase. *International Journal of Services and Operations Management*, 24(3), 397–417. <https://doi.org/10.1504/IJSOM.2016.076907>
- [12] Miwa, K., Nomura, J. (2016). Module-based modeling and analysis of a manufacturing system adopting a dual-card kanban system with a delivery cycle, 2382–2483.
- [13] Kampf, R., Lorincová, S., Hitka, M., & Caha, Z. (n.d.). The Application of ABC Analysis to The Application of ABC Analysis to Inventories in the Automatic Industry Utilizing the Cost Saving Effect Primjena ABC analize za inventar u automatiziranoj proizvodnji koristeći učinak uštede troškova KEY WORDS cost man. <https://doi.org/10.17818/NM/2016/S18>
- [14] Yıldız, M. S., & Khan, M. M. (2018). Hospital Level Inventory Control and System-Wide Cost Savings: A Case Study from Turkey. *Journal of Health Management*, 20(4), 498–507. <https://doi.org/10.1177/0972063418799183>
- [15] Nallusamy, S., Balaji, R., & Sundar, S. (2017). Proposed Model for Inventory Review Policy through ABC Analysis in an Automotive Manufacturing Industry, 29, 165-174. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/JERA.29.165>
- [16] Kausar, M., Madaan, N., & Arya, S. K. (2017). Study on applicability and benefits of EOQ lot order based cost optimization in an apex tertiary care government hospital in India. *Indian Journal of Public Health Research and Development*, 8(4), 808–816. <https://doi.org/10.5958/0976-5506.2017.00434.X>
- [17] Sato, Y., & Jauhari, W. A. (2019). Managing critical spare part inventories in an oil drilling company using an economic ordering quantity (EOQ) method. *AIP Conference Proceedings*, 2097(April). <https://doi.org/10.1063/1.5098204>