

Modelo de optimización de gestión de inventarios basado en las metodologías 5S y DDMRP en Pymes comerciales

Inventory management optimization model based on 5S and DDMRP methodologies in commercial SMEs

Rosario Bellido Mantilla, Bsc¹, Leonardo Parihuaman Arivilca, Bsc¹, Victor Aparicio, Msc¹, Cesar Nunura, PhD¹
¹Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Peru, u201420379@upc.edu.pe, u201514192@upc.edu.pe, pcinvapa@upc.edu.pe, pcincun@upc.edu.pe

Abstract– La importancia de una buena gestión de inventarios es esencial para el óptimo funcionamiento de toda empresa, así como para las pequeñas y medianas empresas (Pymes). De esta manera, las empresas necesitan adaptarse a las necesidades de sus clientes y responder de una manera óptima a sus requerimientos de existencias. Según estudios realizados en años recientes, existe una nueva técnica llamada Demand Driven Material Requirement Planning (DDMRP), la cual permite a las empresas adaptarse de manera óptima a la demanda del entorno, reduciendo el nivel de inventarios innecesario sin ocasionar desabastecimientos. El impacto positivo de dicha técnica puede maximizarse al poseer un correcto control de inventarios físicos en el almacén, para ello la aplicación previa de la filosofía 5S en las zonas de control de mercadería tiene un impacto significativo en la eficiencia de almacenamiento. Tras implementar una gestión de inventarios basado en los métodos 5s y DDMRP se redujo los niveles de existencias en 10.87%, se incrementó la exactitud de registro de inventarios en 9.48% e incremento la rotación de inventarios en 0.99.

Keywords-- DDMRP; 5S; Gestión de inventarios; Planificación de inventarios; Pymes.

Abstract– The importance of a good inventory management is essential for the optimal development of any company, as well as for small and medium-sized companies (SMEs). In this way, companies need to adapt to the needs of their customers and respond optimally to their stock requirements. According to studies carried out in recent years, there is a new technique called Demand Driven Material Requirement Planning (DDMRP), which allows companies to optimally adapt to the demand of the environment, reducing the level of unnecessary inventories without causing shortages. The positive impact of this technique can be maximized by having a correct control of physical inventories in the warehouse, for this the prior application of the 5S philosophy in the merchandise control areas has a significant impact on storage efficiency. After implementing inventory management based on the 5s and DDMRP methods, inventory levels were reduced by 10.87%, inventory recording accuracy increased by 9.48% and inventory turnover increased by 0.99.

Keywords-- DDMRP; 5S; Inventory management; Inventory planning; SMEs.

I. INTRODUCCIÓN

El sistema logístico en el mercado actual es muy competente y más aún para las pymes. Actualmente para identificar qué país cuenta con un sistema logístico más eficiente se mide por medio del índice de desempeño logístico y que ubica al Perú en el puesto 83 de 160 países según información del Banco Mundial [1]; es decir, que el Perú tiene un camino por mejorar. Por lo tanto, es un factor importante para lograr contrarrestar las altas demandas de los productos y más aún de productos perecibles. La FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) muestra estadísticamente el crecimiento actual como el crecimiento proyectado para los próximos 3 años de los productos cárnicos aumentará [2]. Si bien la demanda suele ser mayor en ciertos productos también existe baja demanda en otros productos. La variabilidad de la demanda suele ser incierta, pero se puede contrarrestar con la implementación de nuevas metodologías y una óptima gestión de inventarios, para así evitar el sobreabastecimiento o el incumplimiento de la demanda como se mencionan a continuación en los siguientes estudios realizados por distintos autores.

[3] informa que la inadecuada gestión de inventarios proviene por errores en dimensionar los lotes de compra, deficiente administración de inventarios e incluso por la inadecuada toma de enrutamientos. Así mismo, realiza propuestas de solución como la formulación matemática, algoritmos de ramificación y precio, algoritmos heurísticos, entre otros con el fin de mejorar favorablemente a sus problemas identificados. Sin embargo, [4] estudian el sistema de comercialización de productos cárnicos de pymes en Brasil siendo un caso más semejante al sector que se enfoca el presente documento. Los autores describen los siete indicadores básicos que debe contar una empresa para la comercialización de sus productos y dentro de ellos mencionan que es importante la medición de los inventarios para evitar la baja rotación de inventario y como consecuencia la pérdida del producto por estar fuera de fecha del consumo del cliente; es decir, que es un

Digital Object Identifier (DOI):
<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2021.1.1.499>
ISBN: 978-958-52071-8-9 ISSN: 2414-6390

indicador importante en la comercialización de productos perecibles.

Así mismo, [5] llegan a identificar que la adecuada planificación de la demanda genera mejor rentabilidad y lo demuestran en su caso de estudio con el diseño de un modelo matemático en la cadena de suministro de productos perecederos, cuyos objetivos fueron maximizar la rentabilidad, el nivel de satisfacción con el uso de la tecnología, minimizar los costos y medir los impactos ambientales.

En tal sentido, es necesario comenzar a tratar este problema de la inadecuada planificación de inventarios, ya que es un tema de problema común también identificado en países extranjeros y así lo plantean en los distintos casos de estudios desarrollados. Por lo tanto, motiva vincular la herramienta 5'S junto a la metodología Demand Driven MRP como propuesta de mejora en la planificación de inventarios de productos perecibles.

II. METODOLOGÍAS Y CASOS DE ÉXITO

A. Planificación de requisitos de materiales basada en la demanda (DDMRP)

La metodología Demand Driven MRP basa su aplicación en la gestión de inventarios integrando los 6 pilares más conocidos del sistema Lean como MRP / Planificación de materiales, DRP / Requisitos de distribución de planificación, Lean Manufacturing, Teoría de restricciones, Six Sigma e Innovación como lo menciona [6] en sus distintos estudios de aplicación realizados.

Cabe mencionar que distintos autores [6;7;] definen el concepto de la metodología bajo el desarrollo de 5 fases: 1) Posicionamiento estratégico del inventario, 2) Perfiles y niveles de búfer, 3) Ajustes dinámicos, 4) Planificación basada en la demanda y 5) Ejecución visible y colaborativa. Un ejemplo de aplicación de la metodología lo presenta [6] en su caso de estudio, donde ella describe la ejecución de la metodología en las 5 fases descritas anteriormente. Lo cual, se desarrolla debido a la alta fluctuación de inventarios, trayendo como efecto de la aplicación de la metodología los siguientes resultados:

- El nivel de inventario se redujo en un 52.53%
- El consumo de material se incrementó en un 8.7%
- El Stock de seguridad se redujo en un 50%

Similar al caso anterior, [8] realizó la aplicación de la metodología en un estudio en Canadá, que identificaron como problemas los excesos de inventarios y desabastecimiento de sus productos. De tal manera, los autores desarrollaron el DDMRP bajo un software ARENA con resultados como mejora en la satisfacción de sus clientes en un 41%, reducción del stock disponible promedio en un 18%. Así mismo, [9] demuestra que el DDMRP también puede ser desarrollado en MS Excel; demostrando así, que los sistemas de alerta pueden funcionar correctamente, arrojando cantidades y fechas estimadas para gestionar los nuevos pedidos.

Luego de describir algunos casos de éxito en el párrafo anterior, en pocas palabras la metodología DDMRP sí permite mejorar la planificación de los inventarios, ante todo se puede

considerar que es un modelo innovador con grandes impactos tal como lo menciona [10].

B. Filosofía 5'S

La metodología 5'S es una herramienta Lean que se aplican en las empresas en 5 etapas como lo definen a continuación distintos autores [11]:

- Seiri: clasifica todos los artículos en el lugar de trabajo y elimina los innecesarios;
- Seiton: coloque los artículos en la ubicación óptima;
- Seiso: limpia regularmente el lugar de trabajo;
- Seiketsu: estandarizar el proceso;
- Shitsuke: sostenga el proceso, asegurando que las actividades anteriores

Un claro ejemplo de su efectividad es el caso de estudio desarrollado por [12] en México que obtuvo la reducción de un 84% de tiempo improductivo de la mano de la herramienta FIRO. Es decir, que es una herramienta que suele ser desarrollado junto a otras herramientas o metodologías. Tal es el caso de estudio en la empresa Rule Mining donde [11] aplicó a un algoritmo la filosofía 5'S, cuyo resultado fue el minimizar el tiempo de preparación de los pedidos. Por otro lado, [13] implemento en su caso de estudio las herramientas 5'S, Jidoka y Kanban para contrarrestar los retrasos de producción de plásticos en PYMES peruanas y obteniendo resultados favorables como la reducción de productos defectuosos del 18% al 10%, reducción del reproceso en un 4%, mejora del tiempo de entrega del 58% al 95%. Así mismo, [14] gestionaron la implementación de las técnicas de Kaizen y 5'S en una empresa de servicio para mejorar la productividad, trayendo como resultado la mejora del margen de beneficio en 2%, el índice de ganancias de un 11% al 32% entre otros. Por lo tanto, en relación a los casos de estudio mencionados se puede resaltar que la aplicación de la filosofía 5'S suele ser vinculada con otra herramienta; sin embargo, no se puede descartar su aplicación de manera individual como sobre empresas de servicios. Así mismo, los autores identifican que el desarrollo de las 5'S trae como efecto cambios en la eficiencia de los resultados, reducción de tiempo de producción como el incremento del nivel de producción. En tal sentido, [15] valida lo expuesto en su caso de estudio donde usó en conjunto las herramientas 5'S, Kanban y SMED y los resultados fueron los siguientes: la reducción de inventario de 15.3 a 4.5 días, reducción de productos defectuosos de 4.33 a 3.61% y el tiempo de valor agregado de 49 a 62%.

III. APORTE

La presente investigación tiene como propósito optimizar la planificación de inventarios en Pymes comerciales de productos cárnicos. Para almacenar y preservar la integridad de dichos productos, en este sector se utilizan cámaras frigoríficas, las cuales traen elevados costos por lo que es importante gestionar adecuadamente las prácticas en el almacén que garanticen un buen control del inventario. Asimismo, estas empresas se enfrentan a una demanda creciente con el tiempo,

lo que ocasiona que muchas de ellas incurran en sobreabastecimientos de inventarios que terminan siendo aún más costosos el mantenerlos en el almacén si ser vendidos en el tiempo óptimo. Para ello se proponen las herramientas 5S y DDMRP. La primera de ellas con el fin de mejorar las prácticas en el almacén y mejorar la eficiencia en los procesos de almacenamiento, mientras que el DDMRP está enfocado en la planificación de compras sujeta a la demanda, de manera que no se incurran a sobreabastecimiento ni desabastecimientos. La metodología propuesta se muestra en la Figura 1.

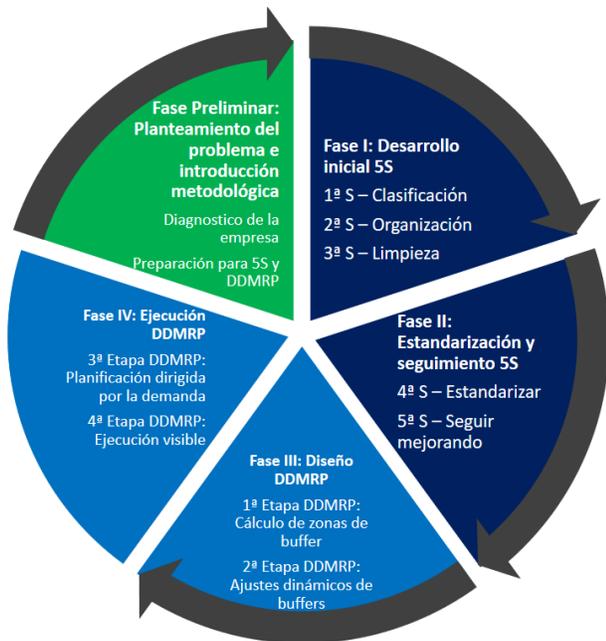


Fig. 1 Modelo propuesto

En primer lugar, se tiene la fase preliminar, planteamiento del problema e introducción metodológica, esta permite determinar la problemática principal y dar con las causas raíces de esta, para ello se analizan los distintos indicadores de desempeño y se comparan con los valores óptimos del sector. Una vez realizado ello se propone preparar a la empresa por medio de asesorías y capacitaciones previas al desarrollo de las metodologías que incluye el modelo. Existen algunos indicadores específicos que nos permitirán conocer si la planificación de compras y así como el control de inventarios dentro del almacén sean óptimos tras efectuar la propuesta. Ellos se detallan a continuación

- Tiempo de proceso de recepción de pedidos. Total de tiempo empleado por las actividades que forman parte de dicho proceso

$$Ta = \sum_{i=1}^n ta_i \quad (1)$$

Dónde: Ta : Tiempo total empleado del proceso de recepción de pedidos
 ta_i : Tiempo empleado de la actividad i del proceso de recepción de pedidos

- Tiempo de proceso de despacho de pedidos. Total de tiempo empleado por las actividades que forman parte de dicho proceso

$$Tb = \sum_{i=1}^n tb_i \quad (2)$$

Dónde: Tb : Tiempo total empleado del proceso de despacho de pedidos
 tb_i : Tiempo empleado de la actividad i del proceso de despacho de pedidos

- Exactitud de registro de inventarios. Índice de confiabilidad de registro de inventarios.

$$ERI = \frac{VD}{VT} * 100 \quad (3)$$

Dónde: ERI : Exactitud de registro de inventarios
 VD : Valor de diferencia de inventario
 VT : Valor total de inventario físico

- Obsolescencia de inventarios. Grado de unidades dañadas, obsoletas y/o pericidas del inventario.

$$OBS = \frac{UO + UV}{UD} \quad (4)$$

Dónde: OBS : Obsolescencia de inventarios
 UO : Unidades obsoletas
 UV : Unidades vencidas
 UD : Unidades disponibles

- Reducción del nivel de inventario. Porcentaje en que la cantidad de inventario disminuye

$$R\% = \frac{(I_r - I_p)}{I_r} * 100 \quad (5)$$

Dónde: $R\%$: Reducción porcentual del inventario
 I_r : Cantidad de inventario real o actual
 I_p : Cantidad de inventario propuesto

- Rotación de inventarios. Número de veces que fueron renovadas las existencias a lo largo de un periodo.

$$ROT = \frac{CV}{IP} \quad (6)$$

Dónde: ROT : Rotación de inventarios

CV: Costo de ventas
 IP: Inventario promedio

En segundo lugar, se tiene la fase I, desarrollo inicial 5S. Aquí se aplican las 3 primeras S con el fin de enfocarnos inicialmente en las mejoras del espacio físico, que incluyen las zonas del almacén, de recepción y despacho de productos. Donde se clasificarán los elementos de acuerdo a su uso y necesidad, se organizarán en sus áreas respectivas y se procederá a ejecutar un plan de limpieza.

En tercer lugar, se tiene la fase II, estandarización y seguimiento 5S. La cual se enfoca en la mejora y control de las prácticas de los operarios tanto dentro como fuera del almacén con el fin de mantener lo logrado en la fase anterior, a ello se le puede dar seguimiento realizando controles periódicos que permitan asignar una valoración al desempeño alcanzado como se muestra en la Tabla I

TABLA I
 CONTROL DE HERRAMIENTA 5S

Fecha:	Auditoría 5S		
Item	5s	Objetivo	Puntaje
1°S	Clasificar	Clasificación de elementos necesarios de innecesarios	-
2°S	Ordenar	Asignación de un lugar para cada elemento	-
3°S	Limpiar	Creación de rutina de limpieza en área de trabajo	-
4°S	Estandarizar	Poner en practica adecuadamente las 3S anteriores	-
5°S	Disciplina	Respetar las practicas establecidas	-
Puntaje obtenido			-

En cuarto lugar, se tiene la fase III, diseño del DDMRP. Aquí se calculan los parámetros y las zonas de buffer de los productos, lo que permitirá tener una visibilidad completa sobre el estado de nuestro inventario frente a la demanda. Seguido de ello se realizan los ajustes dinámicos a los buffers, esto quiere decir recalcularlos a través del tiempo con la demanda que se haya pronosticado a futuro para con ello tener un panorama a largo plazo.

Y, por último, se tiene la fase IV, ejecución del DDMRP. En la cual se hace uso de la ecuación del flujo neto (7) para determinar, guiándonos de los resultados obtenidos de los buffers, en qué momento realizar los pedidos de productos necesarios, así como la cantidad ideal. Seguido de ello se realiza su ejecución activa para planificar las compras adecuadamente.

$$FN = If + It - Dc \quad (7)$$

Dónde: FN: Flujo neto
 If: Inventario físico
 It: Inventario en tránsito
 Dc: Demanda calificada

Un correcto seguimiento a la planificación de inventarios puede apreciarse en una gráfica DDMRP, la cual muestre los buffers de seguridad, el flujo neto y el inventario final, de manera que se evidenciará que el manejo del inventario sea óptimo cuando el flujo neto se encuentre por encima del tope de la zona amarilla sin salir de la zona verde, y el inventario final dentro de la zona amarilla, dicho escenario se puede apreciar en la

Figura 2, esto garantizará que con la cantidad de inventario con el que se abastezca la empresa se evite caer en un sobreabastecimiento a la vez que se satisfaga la necesidad de sus clientes, en otras palabras, satisfacer la demanda con el inventario mínimo posible.

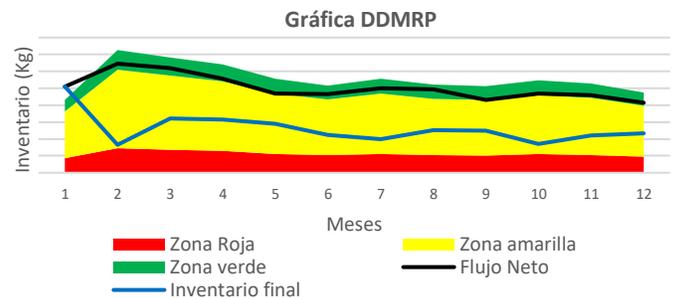


Fig. 2 Grafica DDMRP

La implementación de la propuesta puede apreciarse en la Figura 3.

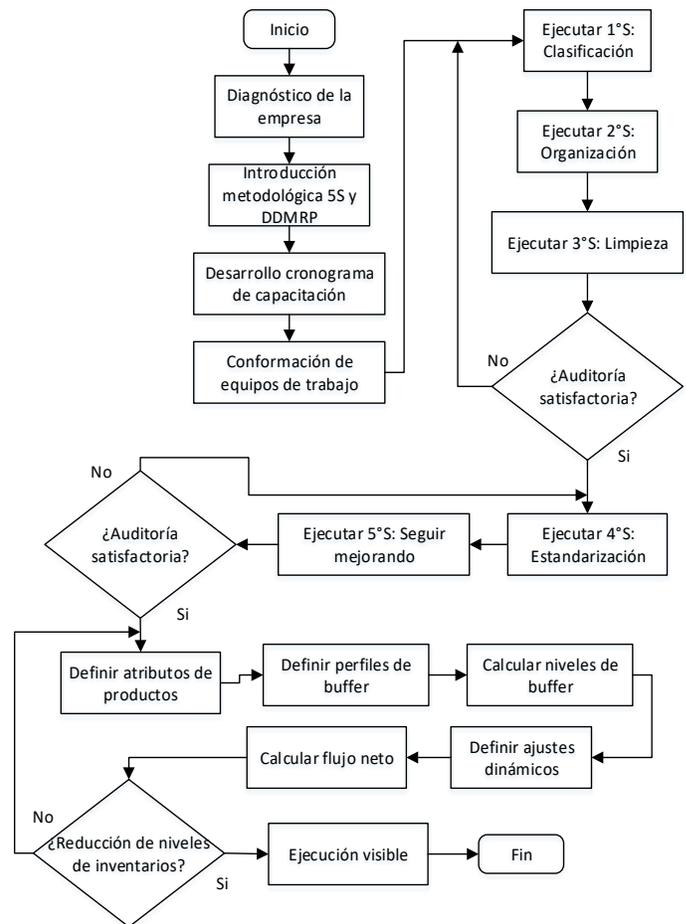


Fig. 3 Implementación de la propuesta

IV. VALIDACIÓN

La propuesta planteada, como se aprecia en la Figura 1, tuvo dos desarrollos de validación, las fases I y II correspondientes a la metodología 5S fueron implementadas a lo largo de 4 meses mientras que las fases III y IV, correspondientes al DDMRP, fueron simuladas haciendo uso del software Arena. La implementación de las dos primeras fases de la propuesta se llevó a cabo desde el 30 de septiembre del 2019 hasta el 3 de febrero del 2020. Se puede apreciar el impacto positivo que tuvo la aplicación de la herramienta sobre el tiempo de ejecución en las actividades de los procesos de recepción de pedidos y despacho de pedidos, ello se puede apreciar en la Tabla II y Tabla III respectivamente

TABLA II
REDUCCIÓN DE TIEMPOS EN PROCESO DE RECEPCIÓN DE PEDIDOS

N°	Proceso: Actividad	Recepción de pedidos		
		Tiempo inicial (min)	Tiempo actual (min)	Reducción (min)
1	Pesar pallet disponible	4.02	4.01	0.01
2	Trasladar de pallet a zona de descarga y despacho	4.46	3.41	1.05
3	Descarga de mercadería en pallets pesados	3.03	3.02	0.01
4	Trasladar pallets a balanza	3.11	3.07	0.04
5	Pesar pallet con mercadería	1.50	1.50	0.00
6	Trasladar pallet a cámara frigorífica	6.49	6.20	0.29
7	Ubicar espacio disponible para descarga	12.01	8.51	3.50
8	Descargar mercadería es espacio disponible del frigorífico	5.04	5.02	0.02
Total (min)		39.66	34.74	4.92

TABLA III
REDUCCIÓN DE TIEMPOS EN PROCESO DE DESPACHO DE PEDIDOS

N°	Proceso: Actividad	Despacho de pedidos		
		Tiempo inicial (min)	Tiempo actual (min)	Reducción (min)
1	Trasladar de pallet a la cámara frigorífica.	6.52	5.86	0.66
2	Ubicar físicamente mercadería requerida.	15.03	13.52	1.51
3	Armar pedido de venta en pallet	20.46	18.45	2.01
4	Colocar stretch film por pedido e mpaquetado	3.63	3.24	0.39
5	Trasladar de pallet a zona de descarga y despacho	6.46	5.48	0.98
6	Registrar pedido entregado a camión de carga	1.02	1.01	0.01
7	Cargar pedido a camión de carga con refrigeración	3.01	3.00	0.01
Total (min)		56.13	50.56	5.57

Tras realizar la auditoría final se obtuvo el puntaje deseado, calificando como una auditoría satisfactoria con oportunidades

de mejora, en la Tabla IV y Figura 4 se pueden apreciar los resultados y la evolución de los puntajes a lo largo del tiempo. Así, para el corto tiempo de trabajo se lograron resultados significativos sobre la eficiencia de los procesos de almacenamiento, el tiempo de proceso de recepción de pedidos se redujo de 39.66 a 34.74 minutos y el tiempo de despacho de redujo de 56.13 a 50.56 minutos, asimismo la exactitud de registro de inventarios incremento a 94.48% en un trimestre, mientras que la obsolescencia de inventarios se controló de mejor manera y paso de 7.12% a 2.10%.

TABLA IV
RESULTADOS AUDITORÍA

Auditoría 5S		Inicial	Final	Calificación				
5s		30/09/2019	3/02/2020	Auditoría rechazada	Auditoría cumplida parcialmente	Auditoría aprobada con oportunidades de mejora	Auditoría conforme	Descripción
1°S	Clasificar	6	10					
2°S	Ordenar	4	10					
3°S	Limpiar	0	8					
4°S	Estandarizar	0	10					
5°S	Disciplina	0	8					
Puntaje obtenido		10	46	0-30	31-40	41-49	50	Puntaje

Auditoría 5S después de la implementación

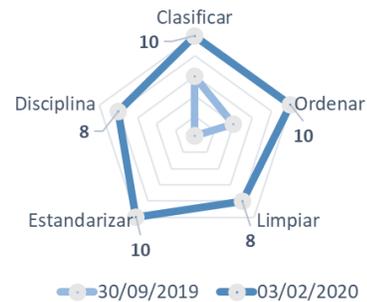
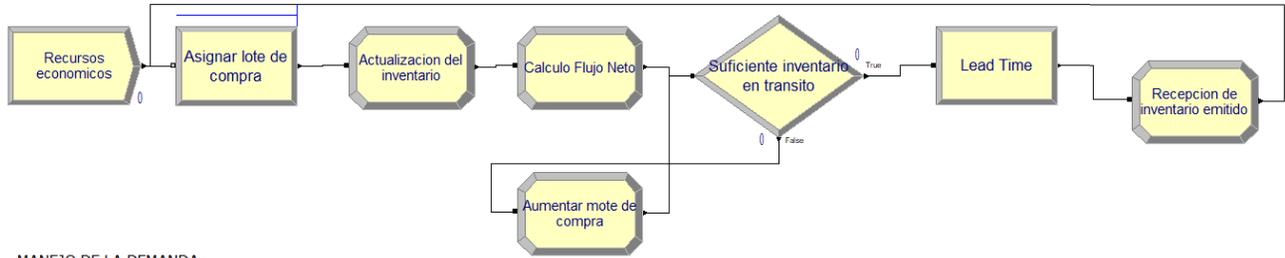


Fig. 4 Resultados gráficos de auditoría 5S

La simulación de las dos últimas fases de la propuesta se llevó a cabo con el nuevo escenario logrado en la empresa, así, se simularon los 4 productos principales obtenidos previo análisis ABC siendo estos los productos que aportan de manera significativa a las ventas realizadas en la empresa. La simulación se llevó a cabo en un horizonte de 52 semanas, equivalentes a un año. Para desarrollar el modelo adecuadamente se dividió el modelo en el manejo del inventario y en el manejo de la demanda, véase en la Figura 5, en el cual se utilizaron los tiempos de llegada de los clientes, la cantidad demandada de cada producto y el lead time del proveedor. Estos datos se validaron con las pruebas de Chi cuadrado y de Kolgomorov, resultando un valor $p > 0.05$. Luego de realizar un total de 50 repeticiones al modelo se obtuvieron las compras totales realizadas a lo largo de un año, y, al contrastar dichos valores con la cantidad de inventario que compro la empresa en el año 2018, se obtuvo una reducción de 10.87% en la cantidad de inventario comprado. Así, con la nueva cantidad de

MANEJO DEL INVENTARIO



MANEJO DE LA DEMANDA

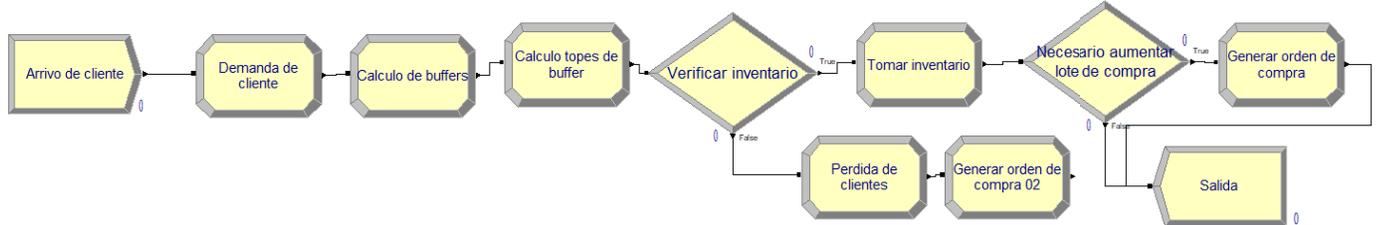


Fig. 5 Modelo de Simulación

inventario se halló la nueva rotación de estos considerando los costos del 2018, obteniendo así una rotación de inventarios de 4.79 siendo de acorde al sector.

A continuación, en la Tabla V se muestra un resumen de las mejoras obtenidas o que se obtendrían tras implementar la propuesta completa en la empresa en estudio.

TABLA V
RESULTADOS OBTENIDOS

Indicadores	Escenario actual	Escenario propuesto
Tiempo proceso de recepción de pedidos	56.13 min/pedido	50.56 min/pedido
Tiempo proceso de despacho de pedidos	39.66 min/pedido	34.74 min/pedido
Exactitud de registro de inventarios (Trim)	85% (regular)	94.48% (óptimo)
Obsolescencia de inventarios	7.12%	2.10%
Reducción de inventarios	-	10.87%
Rotación de inventarios	3.80 (bajo)	4.79 (óptimo)

V. CONCLUSIONES

En conclusión, para mejorar la planificación de inventarios es viable aplicar las metodologías 5's y DDMRP de manera conjunta para reducir los niveles de stock como mejorar la eficiencia del proceso de almacenamiento, entre otros aspectos.

Ambas metodologías pueden adaptarse a cualquier sector como a la economía disponible en una Pyme. Cabe resaltar que es importante asignar equipos de trabajo que gestionen la efectividad de su implementación como la identificación de algún problema que evite la continuidad de la propuesta.

Por un lado, la filosofía 5's logra mejorar la exactitud de los registros de inventario en el caso de estudio y por el otro la metodología Demand Driven MRP reduce los inventarios de los productos perecibles. La efectividad del trabajo conjunto de

ambas ejecuciones permitirá que la planificación y gestión de inventarios dejen de ser manual como lo suelen realizarlo en las pymes, y así colaborar con el futuro y crecimiento de estas. Por lo tanto, la propuesta es innovadora y contribuye con el sector comercial y más aún para incentivar el crecimiento de las pymes que suelen tener problemas en la operación logística.

REFERENCIAS

- [1] Banco Mundial y Facultad de Economía de Turku (2019). Encuestas sobre el Índice de Desempeño Logístico [Resumen de la data en excel]. Recuperado de https://datos.bancomundial.org/indicador/LP.LPI.LOGS.?name_esc=true&view=chart [Consulta: 10 de abril de 2020].
- [2] Panorama del mercado mundial de la carne (2018) Recuperado de OCDE/FAO [Consulta: 10 de abril de 2020].
- [3] Schiavo, G., Korzenowski, A. L., Soares Batista, E. R., Souza, D. L. de, & Scavarda, A. (2018). Customers' quality demands as directions to the cold chicken supply chain management. *Business Process Management Journal*, 24(3), 771–785. <https://doi.org/10.1108/BPMJ-11-2016-0224>
- [4] Tavakkoli Moghaddam, S., Javadi, M., & Hadji Molana, S. M. (2019). A reverse logistics chain mathematical model for a sustainable production system of perishable goods based on demand optimization. *Journal of Industrial Engineering International*, 15(4), 709–721. <https://doi.org/10.1007/s40092-018-0287-1>
- [5] Hadid, W. (2019). Lean service, business strategy and ABC and their impact on firm performance. *Production Planning and Control*, 30(14), 1203–1217. <https://doi.org/10.1080/09537287.2019.1599146>
- [7] Kortabarria, A., Apaolaza, U., Lizarralde, A., & Amorrortu, I. (2018). Material management without forecasting: From MRP to demand driven MRP. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 11(4), 632–650. <https://doi.org/10.3926/jiem.2654>
- [8] Ptak, C., & Chad, S. (2019). Demand Driven Material Requirements Planning (DDMRP), Version 3 (I. Industrial Press

- (ed.); Third edit). Industrial Press, Inc.; Third edition (August 9, 2019).
- [9] Velasco Acosta, A. P., Mascle, C., & Baptiste, P. (2019). Applicability of Demand-Driven MRP in a complex manufacturing environment. *International Journal of Production Research*, 0(0), 1–13. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1650978>
- [10] Pekarčíková, M., Trebuna, P., Kliment, M., & Trojan, J. (2019). Demand driven material requirements planning. some methodical and practical comments. *Management and Production Engineering Review*, 10(2), 50–59. <https://doi.org/10.24425/mper.2019.129568>
- [11] Miclo, R., Lauras, M., Fontanili, F., Lamothe, J., & Melnyk, S. A. (2019). Demand Driven MRP: assessment of a new approach to materials management. *International Journal of Production Research*, 57(1), 166–181. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1464230>
- [12] Bevilacqua, M., Ciarapica, F. E., & Antomarioni, S. (2019). Lean principles for organizing items in an automated storage and retrieval system: An association rule mining – Based approach. *Management and Production Engineering Review*, 10(1), 29–36. <https://doi.org/10.24425/mper.2019.128241>
- [13] Flores López, Ali Eduardo (2016). Aplicación del Método Lean Seis Sigma en el control de almacén de materiales Auxiliares de la empresa MSD Salud
- [14] Guillen, K., Umasi, K., Quispe, G., & Raymundo, C. (2018). LEAN model for optimizing plastic bag production in small and medium sized companies in the plastics sector. *International Journal of Engineering Research and Technology*, 11(11), 1713–1734.
- [15] Khan, S. A., Kaviani, M. A., J. Galli, B., & Ishtiaq, P. (2019). Application of continuous improvement techniques to improve organization performance: A case study. *International Journal of Lean Six Sigma*, 10(2), 542–565. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-05-2017-0048>
- [16] Belhadi, A., Touriki, F. E., & El Fezazi, S. (2018). Benefits of adopting lean production on green performance of SMEs: a case study. *Production Planning and Control*, 29(11), 873–894. <https://doi.org/10.1080/09537287.2018.1490971>