

PLANEACIÓN DE PRODUCCIÓN EN UNA ORGANIZACIÓN MANUFACTURERA DE ARNESES. UN CASO DE ESTUDIO DE NIVELACIÓN DEL INVENTARIO^{1,2,3}

Production planning in a harness manufacturing organization.
A case study of inventory leveling

Recibido: 09 de mayo de 2022

Aceptado: 27 de mayo de 2022

1- Autor: Itzel Judith Zapata Zamarrón. Grado académico: Estudiante de Maestría en Ingeniería Administrativa. Adscripción: Tecnológico Nacional de México, campus Ciudad Juárez. Correo electrónico: M20112744@itcj.edu.mx. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7217-9260>

2- Coautor 1: Diego Adiel Sandoval Chávez. Grado académico: Doctor en Investigación en Medio Ambiente, Energía y Sociedad. Adscripción: Tecnológico Nacional de México, campus Ciudad Juárez. Correo electrónico: dsandoval@itcj.edu.mx. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2536-1844>. *Autor de correspondencia

3- Coautor 2: Luz Elena Tarango Hernández. Grado académico: Maestra en Ciencias en Ingeniería Administrativa. Adscripción: Tecnológico Nacional de México, campus Ciudad Juárez. Correo electrónico: ltarango@itcj.edu.mx. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4194-9709>



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional.
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

RESUMEN

El control de inventarios requiere de una gestión adecuada que prevenga los retrasos en las entregas; las acciones de gestión deben definirse de acuerdo con la demanda promedio del mercado. La estandarización es una estrategia de competitividad mundial que trae consigo el reforzamiento de las operaciones de las organizaciones, mejorando su posicionamiento en los mercados. Por ello, se desarrolló y documentó un sistema llamado SIOP (Sales, Inventory and Operation Planning), teniendo como entradas la demanda y los inventarios disponibles, que se procesan, para generar las 3M de la capacidad (maquinaria, mano de obra y materiales). Se eligieron seis números de parte clasificadas como A para estudiar el impacto de la adopción del SIOP. Los resultados muestran que se redujeron los promedios y las variaciones en los niveles de inventarios. Se presenta una discusión general de los hallazgos y las conclusiones que se derivan, recomendando una continuidad para investigaciones futuras.

Palabras clave: *Producción nivelada; Flexibilidad en manufactura; Heijunka.*

ABSTRACT

Inventory control requires proper management to prevent delivery delays; management actions should be defined according to the average market demand. In this sense, standardization is a global competitiveness strategy that brings with it the strengthening of organizations' operations, improving their positioning in the markets. Therefore, a system called SIOP (Sales, Inventory and Operation Planning) was developed and documented, having as inputs the demand and available inventories, which are processed, to generate the 3M of capacity (machinery, labor, and materials). Six A-rated part numbers were chosen to study the impact of SIOP adoption. The results show that averages and variations in inventory levels were reduced. A general discussion of the findings and conclusions drawn is presented, recommending a continuation for future research.

Keywords: *Leveled production; Manufacturing flexibility; Heijunka.*

Clasificación JEL: L00, M11

Introducción

En el área de materiales de una organización de manufactura es deseable reducir la incertidumbre en relación con lo que se debe producir, es decir, establecer claramente las actividades y tareas a llevar a cabo para cumplir con la demanda a tiempo. A lo largo de esta investigación se mostrará el trabajo que se realizó en una empresa, específicamente en el área de materiales del departamento de planeación y control de la producción, para nivelar los niveles de inventario dentro de un rango deseable. Se expone la forma en la que una empresa realiza la planeación para el área de producción, tomando en cuenta diversos factores, como el personal operativo, la capacidad de líneas e incluso las ventas de la empresa.

En la organización en cuestión, se presentaba una situación de incertidumbre, ya que no existía un procedimiento estándar acerca de cómo crear el plan de producción, en virtud de que, en todas las plantas, se adoptan distintos sistemas ERP (*Enterprise Resource Planning*), los cuales, según Benvenuto-Vera (2006), son sistemas que permite planear y gestionar diferentes operaciones de manufactura. La falta de un estándar en el proceso generó distintos problemas; el principal fue la falta de entrega de producto a los clientes, lo cual da lugar a penalizaciones en el sistema de métricos (*scorecard*) e incluso hizo necesarios vuelos especiales que llegaron a costar miles de dólares a la empresa. A esto también se le agrega que, por contrato con los clientes, era necesario tener una semana de inventario (lo que equivale a cinco días laborales).

En la empresa bajo estudio se opera un archivo maestro para el área de planeación en el cual se detallan varios datos, tales como el plan de producción, las capacidades de la línea, las ventas, la demanda o los días de inventario. El sistema es muy completo, pero solo la persona que lo utiliza conoce con exactitud a qué se refiere cada dato. Para reducir la dependencia en su operación a solo el personal especializado, lo ideal sería que el archivo fuera estándar y que otras personas relacionadas con la función comprendieron y operaran este sistema. Esta investigación se avocó al desarrollo de un sistema para estandarizar el proceso SIOP mediante un procedimiento general aplicable al resto de las plantas que la organización opera en México, en el cual se buscó nivelar los días de inventario. Por motivos de confidencialidad no es posible mostrar el contenido del procedimiento; sin embargo, sí fue posible mostrar el impacto de su adopción, tanto en la reducción de los niveles de inventario como en su robustez, manifestada en la disminución de la variabilidad. De esta manera, el objetivo de este trabajo es presentar los resultados de un caso de estudio relativo a la gestión de inventarios mediante la nivelación y el robustecimiento (*heijunka*) en una planta manufacturera de arneses.

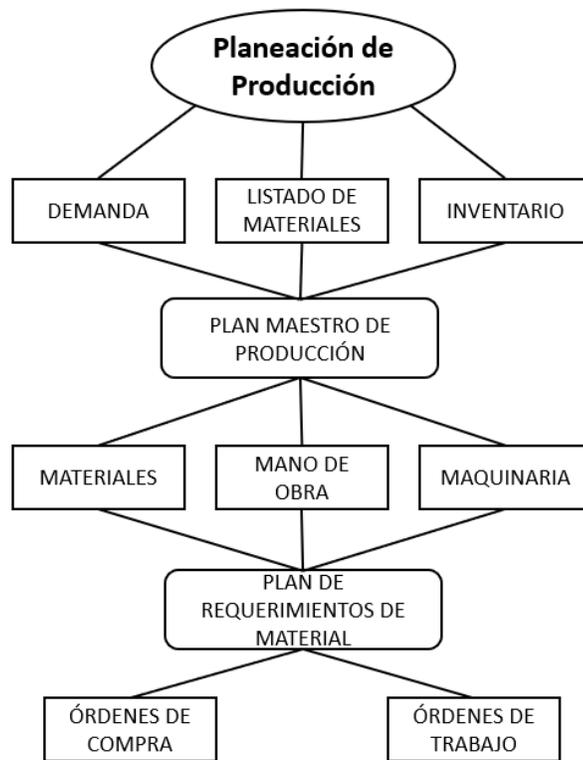
1. Marco Teórico

La planeación de producción se define como el conjunto de actividades que se concentran en el desarrollo de un curso en acción, mientras que el control garantiza que el desempeño de la empresa esté de acuerdo con lo planeado (Prado, 1992). Con esto, la planeación y control de producción en una empresa debe hacer planes para distribuir todos los recursos disponibles en función de una determinada demanda. El trabajo por parte de los directivos consiste en planear, organizar y controlar. Específicamente, en la dirección logística, la planeación forma un triángulo importante de decisiones sobre localización, inventario y transporte; el servicio al cliente es el resultado de estas decisiones (Castillo-Ramirez, 2020).

En la empresa en la que se realizó el estudio, se lleva un proceso para la planeación de producción específica, la cual es operada por los encargados de planeación y control de producción. Este proceso, como cualquier otro sistema, requiere de ciertos criterios de entrada para proseguir con un análisis y así obtener resultados en la salida. El proceso de cómo se lleva a cabo de planeación de producción se muestra en la Figura 1.

La planeación y control de producción tienen ciertos criterios de entrada que se procesan y generan resultados de salidas. Estas entradas son tres grandes requerimientos que se necesitan: el primero es la demanda, proporcionada por el cliente, el segundo es el listado de materiales, también conocido como BOM (*Bill of materials*), que Fernández-Gaxiola *et al.* (2018) lo define como una herramienta muy útil, por la presencia de detalles como cantidades, descripciones y números de parte específicos para elaborar un producto. Y, por último, el inventario de los materiales. La determinación de requerimientos que se realiza tras procesar el Plan Maestro de Producción (MPS, *Master Production Schedule*), tiene como resultado la necesidad de implementar las “3M’s de capacidad”, que son: mano de obra (*manpower*), maquinaria (*machines*) y materiales (*materials*), las cuales son el resultado de proceso MPS, ya que indica cuánto personal contratar, cuántas líneas instalar y cuánta materia prima es necesario comprar (Sipper y Bulfin, 1998).

Figura 1. Proceso de Planeación de Producción



Fuente: Elaboración propia.

La demanda de un mercado es el volumen total que un cliente compraría a un proveedor definido en un área geográfica, en un periodo de tiempo y en un medio ambiente (Prado, 1992). El patrón de la demanda de los artículos o servicios puede variar ampliamente, dado que la demanda se define con base en pronósticos, los cuales, según Botero-Bernal y Álvarez-Posada (2013), son estimaciones futuras de las demandas y los recursos de materia prima necesarios para poder abastecerla. Los pronósticos proporcionan información para tomar mejores decisiones. El primer paso es identificar la decisión. Si la decisión no se afecta por el pronóstico, este es innecesario. Una decisión de una sola vez requiere un pronóstico, mientras que una decisión recurrente necesita un pronóstico cada vez que se toma la decisión. Los pronósticos de ventas, calidad de materiales, ingresos, gastos, uso de energía o los tiempos de llegada de los clientes son una necesidad común en las empresas (Ballou, 2004).

El BOM es una lista que indica la cantidad de partes que se requieren para producir una unidad de producto. Se lleva a cabo por niveles, según el material que se esté analizando. Según Hidalgo-Prieto (2018), para una correcta definición de la estructura de materiales, es necesario cumplir con algunos requisitos, los cuales son que cada componente debe estar asociado a un código que lo identifique como único. El siguiente requisito es que a cada componente le corresponde cierto nivel de estructura, en el cual el primer nivel corresponde al producto terminado y los siguientes niveles serán según el proceso de fabricación. El último requisito es que a cada componente se le asigna el nivel más bajo al que pertenezca. A lo interior frecuentemente se le hace referencia como estructura jerárquica (Meyers y Stephens, 2020).

El concepto inventario se define como una cantidad de bienes bajo el control de una empresa, resguardados durante algún tiempo para satisfacer una demanda actual o futura. Se debe tener en cuenta que los bienes o productos pueden ser o no destinados a la venta (Arbulú-Salazar *et al.*, 2018).

De acuerdo con Ross *et al.* (2012), para poder llevar una mejor administración en los inventarios se tienen que aplicar fórmulas, en las cuales debe conocerse la rotación de inventario; para obtener los días de inventario o DOH (*Days On Hand*) se requiere utilizar una fórmula sencilla, la cual es:

$$\text{Días de inventario} = \frac{\text{Inventario promedio}}{\text{Ventas promedio}} \quad \text{Ec. (1)}$$

Los inventarios se registran en una clasificación llamada ABC, en la cual los productos se dividen de acuerdo con ciertos criterios, como lo son el costo unitario o el volumen anual de demanda. Los artículos A, son bienes cuyo valor de consumo anual es el más elevado, desde 70 - 80% del valor del consumo anual y tiene una alta rotación de inventario entre 10 - 20 % de los artículos de inventario total. Los artículos B, son los productos que tienen un valor de consumo medio, desde el 15 - 25% del valor del consumo anual generalmente representa el 30% de los artículos de inventario total. Los artículos C, son recursos con el menor valor de consumo. Solo cuenta con el 5 % del valor del consumo anual y el 50% de los recursos del inventario total (Salas-Guerrero, 2019).

Como se mencionó antes, en el sistema SIOP se obtienen como resultados la cantidad de personal a contratar, el número de líneas instalar y la cantidad de materia prima que es necesario comprar. La programación maestra de producción (MPS) se define como las tareas que deben de llevarse a cabo para cumplir con la demanda, se trata de un plan de entrega para la organización manufacturera, el cual incluye

las cantidades exactas y los tiempos de entrega para cada producto terminado. Se basa principalmente en los pronósticos de demanda, pero deben tomarse en cuenta algunas restricciones, dependiendo de la organización; la restricción más importante es la capacidad de cada línea de producción, la cual se debe tomarse en cuenta para el procesamiento del MPS (Sipper y Bulfin, 1998). Dentro de la industria, se conoce como mano de obra (*labor*) al personal que trabaja y realiza directamente la materia principal desde que se obtiene hasta sus últimas especificaciones, es decir, en este caso ya sea manual, semiautomático o en un proceso automatizado. Se debe tener la preocupación por mantener en constante capacitación a todo el personal para ofrecer un producto o servicio con personal calificado (Niebel y Freivalds, 2009).

Otro insumo importante se refiere a las máquinas y equipos, la parte mecánica y automática del proceso. Las máquinas forman parte importante de un área de producción, puesto que contribuyen directamente a la transformación de los materiales. Se debe contar con el equipo y maquinaria adecuados al producto y proceso, además de llevar un control de mantenimiento preventivo para evitar que se corra el riesgo de altos tiempos muertos y fallas de calidad en el producto (Zozaya-Torres, 2005). En este caso, se analiza línea por línea para revisar si es necesario disponer una nueva línea de producción o nueva maquinaria para estar en posibilidad de cubrir la demanda.

El insumo que comprende a los materiales se refiere a la materia prima y partes compradas que se emplea para manufacturar el producto final. En esta parte se debe buscar a los mejores proveedores que se adecuen a las necesidades del producto, contribuyendo a la calidad del proceso. Esta parte del sistema es muy importante, ya que una eventual falta de materiales puede impactar negativamente las líneas de producción. Por ello, el departamento de compras debe crear un proceso CTB (*Clear to build*) diariamente con las materias primas críticas y reportarlo para hacer la planeación adecuada. En caso de que el proveedor tenga problemas para surtir, se debe recurrir a un *bróker* (proveedor de segunda opción) que ayude a mejorar la fecha de entrega del material requerido (Vasquez-Marin, 2020).

Una de las salidas más importantes del sistema SIOF es el MRP del cual, según Sipper y Bulfin (1998), se generan dos archivos importantes, que son las órdenes de compra de material y las ordenes de trabajo para producción. Estos dos datos se relacionan directamente, ya que indican las cantidades de materia prima que se requiere de cada componente para obtener una cantidad determinada de producto terminado. Además, genera, según el BOM, las cantidades que previamente se han introducido como demanda semanal o mensual. Dentro de esta descarga, se requiere de una lista detallada de los materiales, la cual puede incluir ensambles subensambles o partes fabricadas. Todo este proceso debe ajustarse a un calendario de tiempo en producción, lo cual es el plan de producción para satisfacer la demanda (Prado, 1992).

Las órdenes de compra constituyen el plan de compras, así como las órdenes que se generan en el sistema como demanda al proveedor. Si de un determinado producto se necesita una determinada cantidad de piezas, esta cantidad se procesa en el sistema para realizar la orden de compra al proveedor y que proceda a establecer un tiempo de espera de entrega, (*Lead Time*) y realizar la programación de los números de parte. Asimismo, las órdenes de trabajo son cantidades de materia prima que deben manufacturarse y los tiempos de sus entregas, es decir, son las ordenes que llevan directamente al plan de producción de la planta. De esta manera, se emite el día que corresponde a esta fecha de entrega considerando el tiempo de manufactura (Sipper y Bulfin, 1998).

La producción es el proceso en el cual se transforma un conjunto de entradas (materia prima, mano de obra y maquinaria) en una o varias salidas (productos). El objetivo de producción es cumplir con los

plazos que se le indican, es decir, hacer despachos a tiempo. Se requieren tiempos cortos de elaboración del producto, rapidez, evitar tiempos muertos, que el material no esté inmovilizado. Así mismo, la inversión de capital, teniendo cantidades mínimas de existencias y reservas de material, mínimos créditos y mantener reducida la carga de los intereses (Paredes-Balladares, 2010). Un proceso es la sucesión de pasos y decisiones que se siguen para realizar una determinada actividad o tarea. Heras-Forcade (1996) define proceso como el conjunto de actividades en secuencia que realizan una transformación de una serie de entradas (material, mano de obra, capital, información, etc.) en las salidas deseadas (bienes o servicios) y añaden valor.

Cortés (2005) detalla el proceso en una industria de producción alimenticia, en el cual que existen tres bloques. El primero es la elaboración del pronóstico y reunión de consenso, con mercadotecnia y ventas, revisando la consistencia, disponiendo de series históricas de datos a nivel muy desagregado. La verificación de la consistencia servirá para consolidar una única propuesta de pronóstico final. Es indispensable que asistan todas las partes implicadas.

La segunda etapa es la planificación de la capacidad y el consenso; en la cual, con la información resultante de la propuesta de pronóstico planteada, se analiza la viabilidad en el ámbito industrial; se estudian las capacidades de las líneas para producir dichos volúmenes junto con la secuencia óptima de fabricación, en el caso de las líneas multiformato. Se deben atender también aspectos como la disponibilidad de materia prima para la elaboración de los productos terminados y la capacidad de almacenaje y limitaciones de distribución (Chopra y Meindl, 2012).

La tercera y última etapa es Pre-SyOP y reunión SyOP final en la cual el objetivo principal es la toma de decisiones, considerando el balance entre demanda y suministro. Como información de entrada se tienen los objetivos de la organización, el pronóstico consensuado junto con sus potenciales lagunas respecto de los objetivos y los acuerdos de capacidad. Será el departamento de Administración de Suministros (*Supply Chain*) el encargado de clarificar y llevar a cabo los contratos con los proveedores y es la entidad que se encargue de establecer escenarios alternativos como posibles soluciones. Como resultado de la reunión, se deberá confeccionar un plan de demanda, un plan de producción y un plan de existencias (*stock*) validado. Asimismo, se presentarán los escenarios alternativos junto con un análisis de costos y una recomendación para el 10% restante (Chopra y Meindl, 2012).

La reunión SyOP final tiene como objetivo revisar el rendimiento de la unidad de negocios identificando acciones correctivas, evaluar los escenarios propuestos con el fin de ajustar, ya sea la demanda o bien la capacidad y alcanzar un acuerdo entre los gerentes y directores. Los departamentos involucrados serán: Ventas, Mercadotecnia, Finanzas, Ingeniería Industrial, Compras y Cadena de Suministro. Los resultados de la reunión se comunicarán mediante un resumen con las decisiones tomadas en el ámbito de demanda o capacidad, los planes de SyOP (demanda, producción y existencias) y una recapitulación de aquellas decisiones que deberán ser tomadas al nivel de alta dirección (Cortés, 2005). La planeación de la cadena de suministro busca encontrar el equilibrio entre la demanda y el abastecimiento al menor costo y con el más alto nivel de servicio. El no contar con una buena estrategia ordenada, genera pérdida de posicionamiento de mercado frente a los competidores, así como conflictos entre las diferentes áreas de la cadena, al no trabajar en conjunto para lograr un objetivo común (Chopra y Meindl, 2012).

El modelo de administración de la cadena de suministros utilizado en una industria de empaques flexibles en Ecuador es la Planeación de Ventas y Operaciones SyOP. Según Bracho-Ibarra (2017), este

proceso permite mejorar el servicio al cliente, reducir niveles de inventario, mejorar los tiempos de entregas, registrar a mediano y largo plazo los recursos necesarios para la producción y facilitar a la gerencia el manejo del negocio. Este proceso requiere del trabajo de Ventas, Operaciones y Logística, Planificación de la Producción, Finanzas y la Gerencia General, donde en conjunto se analiza el cumplimiento de los objetivos de la organización. La idea es alinear el plan de operaciones con el plan estratégico de la alta dirección buscando un equilibrio entre la demanda y el abastecimiento.

Los beneficios de la implementación de SyOP incluyen el aumento a la productividad, generando un control de las horas de tiempo extra, mayor visibilidad en posibles problemas en mediano y corto plazo, reducción de niveles de inventarios para evitar desabastecer los productos, así como un control adecuado entre los pronósticos de demanda y las capacidades de producción.

El primer paso para la implementación del SyOP es la elaboración del pronóstico de ventas. El siguiente paso es la reunión Pre - SyOP, en esta junta se revisan el análisis de la capacidad de producción, revisión horas disponibles para una mejor programación de turnos de trabajo y los nuevos lanzamientos de productos que no hayan sido considerados en el presupuesto inicial. El último paso es la reunión ejecutiva, en ella participan los gerentes de cada área del proceso, Ventas, Producción, Logística, Finanzas y la Gerencia General. En esta reunión se revisan el desarrollo de nuevos productos, los niveles de inventarios, la rotación, la capacidad de producción para los siguientes meses y los puntos críticos de la organización. Al final de la reunión se realiza una minuta con los puntos y compromisos a trabajar para sostener el ciclo del proceso en los siguientes meses, cada gerente conoce lo que la compañía espera de cada área y estos acuerdos son comunicados a los equipos de trabajo (Bracho-Ibarra, 2017).

Una empresa siderúrgica ecuatoriana lleva a cabo su planeación de producción mediante diferentes procesos, los cuales son claves para dar el soporte correcto, debido a los niveles de automatización que se requieren. Según Santillán-Martínez *et al.* (2013), se encuentra implementado el ERP (*Enterprise Resource Planning*), en el cual se incluye un modelo que permite la gestión de los procesos de manufactura, pero, aun así, hace falta que se muestre más información necesaria para el área de operaciones.

Otras metodologías ya existentes son el JIT (*Just InTime*), OPT (*Optimized Production Technology*) y Kanban. El primero tiene como filosofía principal el fabricar la cantidad justa del producto adecuado en el momento preciso, busca reducir el desperdicio en la empresa principalmente en el proceso de producción. Basándose en esa filosofía, este enfoque busca reducir las actividades que no agregan valor al producto, entre ellas, se encuentra la sobreproducción, el transporte o movimiento de material, los tiempos de espera, el sobre inventario, entre otros.

La segunda metodología es la de OPT, según Santillán Martínez *et al.* (2013) tiene como objetivo eliminar o reducir las limitantes o los cuellos de botella que haya en el sistema, mediante eso se pretende obtener una mayor producción. La ideología del OPT está encaminada a las áreas cuya mejora tenga una mayor incidencia en todo el sistema. La filosofía tiene reglas como, lo son identificar las limitantes del sistema, decidir cómo se harán las mejoras de dichas limitantes, subordinar decisiones y mejorar las limitaciones (Štefan-Kolumber, 2021).

La última metodología es el Kanban, el cual es un término japonés que se traduce como etiqueta de instrucciones y el cual va ligado a la metodología anterior, debido a que es un componente esencial para la planeación de producción JIT. Es comúnmente utilizada para la entrega de material a tiempo a las líneas de producción utilizando tarjetas.

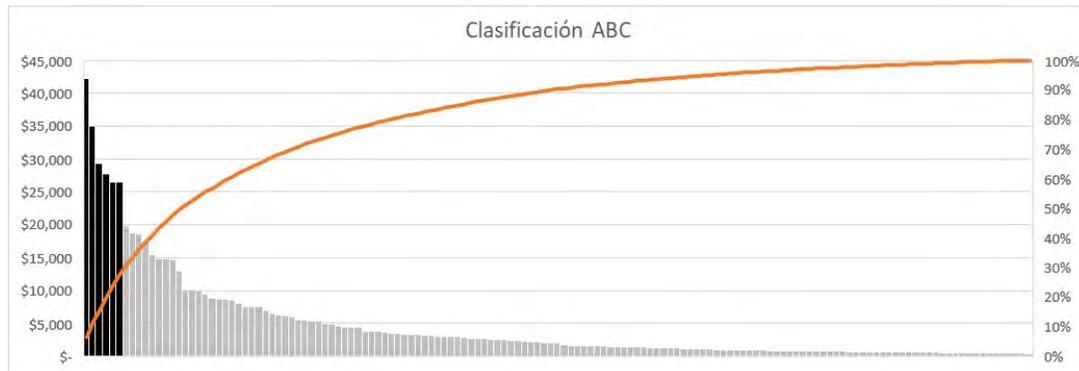
Como parte de la industria automotriz, en la empresa Tesla se implementa el método de planeación de ventas y operaciones, mejor conocido por sus siglas en inglés como SyOP. Este es un proceso para mantener el abasto y la demanda en balance, manteniendo un continuo alineamiento y sincronización con todas las funciones organizacionales, focalizándose en los objetivos del negocio. Se realiza una revisión mensual con un horizonte de 24 meses, el cual esta segregado en cinco pasos (Brenis *et al.*, 2019).

2. Método

Se detalla el procedimiento para realizar la investigación, los recursos necesarios que fueron utilizados para desarrollar el estudio, las herramientas para la recolección de los datos necesarios a analizar y obtener los resultados, comprobar la hipótesis y lograr el objetivo planteado al inicio de la investigación. También se especifica cómo fue estructurada la información para su presentación en el desarrollo de la metodología del estudio.

A efecto de ver el impacto que tiene la revisión del procedimiento se eligieron seis números de parte (de un total de 445) de cuatro líneas de producción diferentes, las cuales, pertenecen a la clasificación de inventarios A, debido a que comprenden aproximadamente el 30% de las ventas, como se muestra en la Figura 2.

Figura 2. Clasificación ABC de inventarios de los números de parte seleccionados



Fuente: Elaboración propia.

Se elaboró y diseñó el procedimiento de planeación de producción. El archivo existente se realizó mediante el desarrollo de un proceso documentado y estandarizado con base en el estándar ISO 9001. El procedimiento fue consensuado con un grupo de expertos en el área con la técnica ANOVA de *Friedman*. Una vez desarrollado, se implementó en las áreas de su cobertura y se registró el ajuste de los días de inventario. Los resultados fueron tratados con el *software* MINITAB, utilizando un análisis longitudinal antes y después para evaluar el impacto de la implementación del procedimiento. Para la elaboración y comprobación de datos se consideró una temporalidad de 50 días antes y 30 días después de aplicar el procedimiento para analizar los cambios.

Se condujo la prueba de normalidad de *Anderson Darling*. Si en los datos era posible asumir normalidad, se procedió a la validación con una prueba *t-student* para muestras independientes para la media y la prueba *Chi-cuadrado* para varianzas, en dado caso de que no se pueda probar normalidad, se utilizó la prueba de medianas de Mann-Whitney para la media y de *Bonett* para varianzas.

Se tienen dos hipótesis principales para probar los cambios antes y después de la aplicación del procedimiento, las cuales se enlistan a continuación.

- a. Hipótesis del parámetro de localización (media o mediana). La hipótesis nula establece que los niveles promedio de inventario -o en su caso la mediana- después de que se adoptó el procedimiento documentado son mayores o iguales a los niveles que se encontraron después de su adopción. Por su parte, la hipótesis alternativa establece que la adopción del procedimiento documentado redujo los niveles promedio -o la mediana- de los niveles de inventario.

$$H_0 : \mu_D \geq \mu_A$$

$$H_1 : \mu_D < \mu_A$$

- b. Hipótesis del parámetro de dispersión (varianza). La hipótesis nula establece que la dispersión de los niveles de inventario después de que se adoptó el procedimiento documentado es mayor o igual que la se encontró después de su adopción. Por su parte, la hipótesis alternativa establece que la adopción del procedimiento documentado redujo la dispersión del nivel de inventario.

$$H_0 : \sigma^2_D \geq \sigma^2_A$$

$$H_1 : \sigma^2_D < \sigma^2_A$$

3. Resultados

Para obtener los resultados se llevó a cabo la captura de datos antes de presentar el procedimiento durante 50 días laborales, estos datos que se observan en la Tabla 1, con gráficos en la Figura 3. Así mismo, se tomaron muestras 30 días después de la aplicación y los resultados se muestran en la Figura 4 y Tabla 2.

Tabla 1. Datos de días de inventario antes de la aplicación del procedimiento

Semana	Periodo	68417571AC	68528645AA	68528646AA	N1MT 14B060 BBC	HL3P 7G276 AJ	HL3P 7G276 BJ
1-Nov	WK 45	16	10	8	3	5	6
8-Nov	WK 46	18	6	14	3	5	2
15-Nov	WK 47	12	7	9	2	4	5
22-Nov	WK 48	9	7	5	3	5	19
29-Nov	WK 49	8	7	11	2	11	16
6-Dec	WK 50	10	8	16	3	0	1
13-Dec	WK 51	27	18	21	3	10	16

Continúa...

Semana	Periodo	68417571AC	68528645AA	68528646AA	N1MT 14B060 BBC	HL3P 7G276 AJ	HL3P 7G276 BJ
20-Dec	WK 52	31	16	17	10	12	12
3-Jan	WK 2	14	4	6	3	4	4
10-Jan	WK 3	8	2	5	1	2	0
17-Jan	WK 4	3	2	4	1	1	0
24-Jan	WK 5	5	0	6	0	0	3

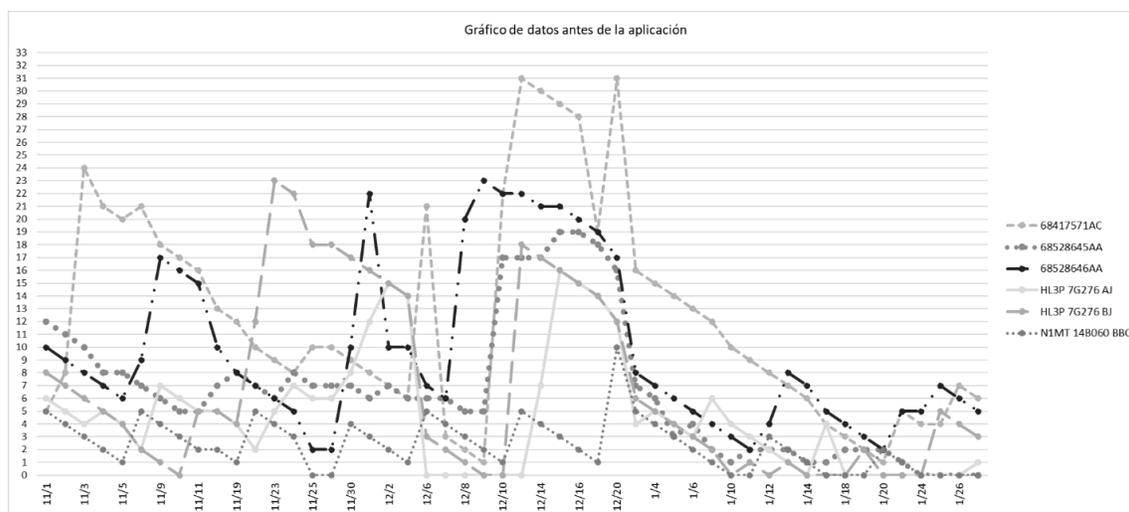
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2. Datos de días de inventario después de la aplicación del procedimiento

Semana	WK	68417571AC	68528645AA	68528646AA	N1MT 14B060 BBC	HL3P 7G276 AJ	HL3P 7G276 BJ
28-Feb	WK 10	2	4	1	7	4	2
7-Mar	WK 11	6	2	3	7	5	3
14-Mar	WK 12	4	2	4	7	3	3
21-Mar	WK 13	4	2	3	6	4	0
28-Mar	WK 14	3	1	4	6	1	0
4-Apr	WK 15	5	0	2	5	7	2
11-Apr	WK 16	7	0	4	7	7	6

Fuente: Elaboración propia.

Figura 3. Días de inventario antes de la aplicación del procedimiento



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4. Días de inventario después de la aplicación del procedimiento



Fuente: Elaboración propia.

Asimismo, la Tabla 3. muestra los resultados de los seis números de parte en los que se trabajaron.

Tabla 3. Resultados de cálculo de días de inventario

Número de parte	Nivel de inventario antes (días)	Nivel de inventario después (días)	Significancia estadística	Varianza antes (días) ²	Varianza después (días) ²	Significancia estadística
68417571AC	13.42	4.29	p < 0.004	72.08	2.95	p < 0.009
68528645AA	7.25	1.571	p < 0.004	29.11	1.952	p < 0.019
68528646AA	10.17	3.0	p < 0.001	31.42	1.333	p < 0.002
HL3P 7G276 AJ	4.92	4.42	p < 0.739	16.99	4.619	p < 0.124
HL3P 7G276 BJ	7.0	47.27	p < 0.176	2.286	4.238	p < 0.009
N1MT 14B060 BBC	2.833	6.152	p < 0.0035	6.429	0.619	p < 0.196

Fuente: Elaboración propia.

El nuevo procedimiento documentado fue sujeto a sesiones de escrutinio en las que se fue construyendo el acuerdo y el consenso. Estas sesiones promovieron la sinergia entre las partes interesadas y fomentan el trabajo en equipo. El hecho que se plasme en un documento controlado y sistematizado la forma en la que se lleva el trabajo, facilita su réplica. Las principales especificaciones de los puntos que se llevan a cabo en el procedimiento se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4. Especificaciones de procedimiento

Sección	Característica	Comentario
Título	Consensuado, claro y específico.	Se discutió con las partes interesadas.
Propósito	Posee claridad y objetividad.	Se consensuó con el equipo especializado.
Alcance	Se especifica su dimensión y campo de aplicación.	Se hizo notar claramente el área de aplicación.
Definiciones	Poseen claridad, son entendibles y específicas.	Se clarificación con anticipación.
Procedimiento	Específico, claro, entendible, preciso.	Se escribió y reviso con el equipo experto.
Responsabilidades	Claras y directas.	Se indicó a los responsables sus actividades.
Requisitos de retención	Apegado a la política organizacional	Se conservarán los registros de acuerdo con la política organizacional.
Anexos	Ejemplos claros.	Especificados al final del procedimiento.

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados en lo general son reveladores, ya que, de los seis números de parte estudiados, en cinco fue posible reducir el nivel de inventario, mientras que, en el restante, que ya mostraba bajos niveles, fue posible conservarlo. Por otra parte, se robusteció el volumen de los inventarios, logrando nivelarlos mediante la reducción de las fluctuaciones. Lo anterior se manifiesta en la reducción de la variabilidad. En efecto, en cuatro números de parte se niveló significativamente el inventario y, al igual que en el caso de los promedios o medianas, se conservó la baja variabilidad que presentaban las dos restantes.

Por lo que respecta al diseño del procedimiento documentado, sin bien no es posible por razones de confidencialidad presentar detalles específicos, sí es posible afirmar que se abordaron aspectos totales en el proceso de diseño. En primer lugar, se clarificaron los términos y conceptos para que fueran comprensibles para los usuarios y afectados por el procedimiento, es decir, las partes interesadas. En el pasado, si bien se realizaban las funciones relativas a la planificación y control de materiales, únicamente la persona responsable conocía los detalles; ahora las partes conocen y se involucran en la ejecución del procedimiento. En segundo lugar, se explicitaron las fórmulas y los métodos de cálculo de recursos, un aspecto que permanecía oscuro y sin clarificar. En tercer lugar, se deslindaron responsabilidades, ahora cada parte interesada no solo conoce su ámbito de acción, sino que tiene la posibilidad de consultarlo en un documento escrito. Por último, pero no menos importante, el diseño del procedimiento estandarizó el trabajo, este es precisamente uno de los objetivos de los estándares internacionales.

4. Conclusiones

El diseño, desarrollo y puesta en marcha de un procedimiento documentado y estandarizado permitió adoptar nivelar y robustecer los niveles de para seis números de parte de alta importancia para la organización arnesera. Esta nivelación se logró sin poner en peligro el suministro a los clientes. Al tiempo, la aplicación del procedimiento dio paso a la disminución de la variación en el nivel de inventario, un elemento decisivo que abre paso a su adecuada gestión, visibilizando escenarios de excesos y faltantes,

de forma que se tomen decisiones proactivamente. El análisis estadístico mostro normalidad para cuatro números de parte y no normalidad para dos, para estos dos casos se condujo la prueba de medianas de *Mann-Whitney*. Con base en lo anterior y en los resultados del estudio, es posible concluir que la estandarización del trabajo tiene un efecto positivo en la planificación, la programación y el control de los niveles de inventarios en la organización manufacturera donde se realizó la investigación.

Por lo que respecta al diseño y desarrollo de procedimientos documentados, se concluye que el proceso de alta interacción y consenso que les da lugar, se constituye en un ejercicio de gestión consensuado en el que se liman asperezas, se logran acuerdos y se construye el consenso. Se trata de una gestión participativa que promueve el trabajo colaborativo en equipo. Con este marco, es posible concluir que los estándares internacionales que exigen la explicitación de lo que se hace y cómo se hace, son un factor determinante para el buen desempeño empresarial que refuerzan la competitividad y el posicionamiento del sector manufacturero.

5. Recomendaciones

El estudio se limitó a solo seis números de parte que, si bien tienen un alto impacto en el desempeño financiero de la organización, para futuros trabajos se recomienda incluir una variedad mayor de partes, de forma que sea posible conocer el eventual efecto diferenciado de la puesta en marcha del procedimiento. Por otra parte, se sugiere poner en operación el procedimiento de planeación de producción continuamente, de manera que sea posible su adaptación continua a las circunstancias siempre cambiantes del ambiente manufacturero. Por último, se recomiendan acciones de gestión para reforzar la disciplina de apego al procedimiento en las diferentes áreas que conforman las partes interesadas.

Referencias

- Arbulú-Salazar, M. N., Flores-Benito, F. A., Samame-Torres, S. L. y Sánchez-Rodas, R. S. (2018). *Propuesta para la mejora en la gestión de inventarios para productos manufacturados por terceros de una empresa de Manufacturas Eléctricas*. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Recuperado de: <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/624950>.
- Ballou, R. H. (2004). *Logística: administración de la cadena de suministro*. Editorial Pearson.
- Benvenuto-Vera, A. (2006). Implementacion de Sistemas ERP, su Impacto en la Gestion de la Empresa e Integracion con Otras TICs. *Capiv Review*, 4(3), 33-48.
- Botero-Bernal, J. L. y Álvarez-Posada, L. M. (2013). *Caracterización de la Gestión de Pronósticos de Demanda Empresarial*. Universidad del Rosario. DOI: https://doi.org/10.48713/10336_4847.
- Bracho-Ibarra, C. E. (2017). *Implementación del Proceso de Planeación de Ventas y Operaciones SyOP en una Industria de Empaques Flexibles* (Tesis de maestría). Escuela Superior Politécnica del Litoral. Recuperado de: https://www.lareferencia.info/vufind/Record/EC_a3009d39fff37ad3c2505ab4b34db27e.

- Brenis, L. K., Mavila, A. J. y Moreno, P. (2019). *Plan estratégico para Tesla en el período 2019-2021* (Tesis de maestría). Universidad del Pacífico. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/11354/2524>.
- Castillo-Ramirez, A. (2020). *Principios de Administración*. Universidad Autónoma de San Luis Potosí.
- Chopra, S. y Meindl, P. (2012). *Administración de la Cadena de Suministro*. Editorial Pearson.
- Cortés, M. (2005). *Establecimiento de un procedimiento para obtener previsiones de ventas en una empresa de gran consumo* (Tesis de pregrado). Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Barcelona. Recuperado de: <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/2837>.
- Fernández-Glaxiola, C. C., Fierro-Márquez, D. y Pérez-Olguin, I. J. (2018). Renovación de certificación IVA IEPS, mediante la creación del listado de materiales estructurado. *En búsqueda de la optimización: Herramientas y métodos*, 19-24.
- Heras-Forcade, M. Á. (1996). *Gestión de la Producción*. ESADE.
- Hidalgo-Prieto, R. (2018). *Desarrollo piloto de Sistema de Gestión de Aprovisionamiento para futura implementación en ERP* (Tesis de pregrado). Escuela Técnica Superior de Ingeniería. Recuperado de: <https://idus.us.es/handle/11441/84578>.
- Meyers, F. E. y Stephens, M. P. (2020). *Diseño de Instalaciones de Manufactura y Manejo de Materiales*. Editorial Pearson.
- Niebel, B. W. y Freivalds, A. (2009). *Ingeniería industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo*. Editorial McGraw Hill.
- Paredes-Balladares, E. M. (2010). *Modelo de Gestión de Producción y su incidencia en las Ventas de la Empresa la Raiz del Jeans del Cantón Pelileo* (Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Ambato. Recuperado: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/1529>.
- Prado, J. R. (1992). *La planeación y el control de la producción*. Universidad Autónoma Metropolitana. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/11191/4503>.
- Ross, S. A., Westerfield, R. W. y Jaffe, J. F. (2012). *Finanzas Corporativas*. Editorial McGraw Hill.
- Salas-Guerrero, H. (2019). *Inventarios: manejo y control*. ECOE Editoriales.
- Santillán-Martínez, H. X., Beltrán-Zeballos, J. E. y Armijos-Zavala, J. E. (2013). *Estudio para la Optimización de la Gestión de Producción* (Tesis de pregrado). Universidad Politécnica Salesiana. Recuperado de: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/5387>.
- Sipper, D. y Bulfin, R. L. (1998). *Planeación y control de la producción*. Editorial McGraw Hill.
- Štefan-Kolumber, M. M. (2021). Optimized Production Technology. *IDS International Days of Science*, 102-108.
- Vasquez-Marín, D. L. (2020). *Gestión de inventarios y su optimización: una revisión de la literatura científica* (Trabajo de investigación). Universidad Privada del Norte. Recuperado de: <https://hdl.handle.net/11537/25923>.
- Zozaya-Torres, C. (2005). *Metodología para mejora de la productividad en una línea de producción a través de la aplicación del modelo 3M (Mano de obra, Máquinas y Materiales) para la eliminación de desperdicios* (Tesis de maestría). Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/11285/567467>.