

Cadena De Abastecimiento: Planificación Basada En La Demanda Real

Supply chain: planning based on real demand

Exleider Ospina Vasco
Leonel Arango Vasquez

Resumen

La demanda es hoy más impredecible y exigente y los altos niveles de inventario son inadecuados para gestionarla. Por ello se requieren modelos como la Planificación de Requisitos de Materia Prima basada en la Demanda (DDMRP), que gestionan los inventarios minimizando las incertidumbres en la cadena de abastecimiento al alinear la producción con la demanda real. No obstante, la literatura hasta hoy ha prestado poca atención al modelo DDMRP, herramienta de planificación de inventarios útil para empresas de diferentes tamaños y sectores. El objetivo de este artículo es describir la aplicación de este modelo, mostrando sus principales características y ventajas. Bajo un enfoque cualitativo, se argumenta con un ejemplo práctico por qué los gerentes logísticos pudieran adoptar este modelo en sus procesos industriales, mejorando las tasas de retorno sobre la inversión y disminuyendo costos de operación, tiempos de entrega y niveles de inventario.

Palabras clave: planificación de la demanda, retorno sobre la inversión, cadena de abastecimiento.

Códigos JEL: L60, M10, M11.

Abstract

Demand is more unpredictable and challenging today, and high inventory levels are inadequate to handle it. For this reason, models such as Demand Driven Material Requirements Planning (DDMRP) are required, which manage inventories minimizing uncertainties in the supply chain by aligning production with real demand. However, the literature to date has paid little attention to the DDMRP model, an inventory planning tool useful for companies of different sizes and sectors. The objective of this article is to describe the application of this model, showing its main characteristics and advantages. Under a qualitative approach, it is argued with a practical example why logistics managers could adopt this model in their industrial processes, improving the rates of return on investment and reducing operating costs, delivery times and inventory levels.

Keywords: demand planning, return on investment, supply chain.

Resumo

A demanda hoje é mais imprevisível e exigente, e altos níveis de estoque são inadequados para lhe administrar. Por esse motivo, são necessários modelos como Planejamento de Requisitos de Matéria-Prima com Base na Demanda (DDMRP), para a gestão de estoques, minimizando incertezas na cadeia de suprimentos, alinhando a produção à demanda real. No entanto, a literatura até hoje prestou pouca atenção ao modelo DDMRP, uma ferramenta de planejamento de inventário útil para empresas de diferentes tamanhos e setores. O objetivo deste artigo é descrever a aplicação desse modelo, mostrando suas principais características e vantagens. Sob uma abordagem qualitativa, argumenta-se com um exemplo prático por que os gerentes de logística podem adotar esse modelo em seus processos industriais, melhorando as taxas de retorno do investimento e reduzindo os custos operacionais, prazos de entrega e níveis de estoque.

Palavras-chave: Planejamento de na demanda, retorno do investimento, cadeia de suprimentos.

Introducción

La logística internacional permite el flujo y transferencia de productos intermedios y terminados entre países (Li and Wang, 2018). Según Lyu and Jing (2015) ofrece la garantía para que el comercio global se desarrolle. En ese comercio global las cadenas de abastecimiento son redes altamente interconectadas, complejas y dinámicas (Fink and Benz, 2019). Esto hace que los integrantes de la cadena de abastecimiento experimenten dificultades al gestionar la demanda como consecuencia de las variaciones que se presentan cuando se asciende a lo largo de esa cadena (Villamizar et al. 2013).

En consecuencia, los gerentes de logística internacional deben estar atentos a las señales de una demanda cambiante, al aumento del número de referencias de productos y a los plazos de entrega cortos y personalizados. Esto es vital toda vez que las empresas son globales (Renaud et al. 2015) y están insertas en mercados en los que según Cardoso et al. (2017) deben producir más y a un menor precio, siendo clave la gestión de la cadena de abastecimiento.

La cadena de abastecimiento es fuente de competitividad (Tate et al. 2018; Marche et al. 2019; Parella, 2019), aunque presenta riesgos, según Parella (2019), como retrasos en la producción y procesos deficientes de control de calidad. Así mismo, según Hussain et al. (2018), gestionar la cadena de abastecimiento de forma eficiente mejora el desempeño de la empresa. Por tanto, es necesario prestar atención a los eslabones de la cadena y a sus procesos, entre ellos, la gestión de inventarios. De hecho, esta última es esencial en la administración de la cadena de abastecimiento (Tsao et al. 2018).

De acuerdo a Nkuna et al. (2018) la gestión de inventarios es crucial para las empresas. Es el proceso de elección del material, su almacenamiento, manipulación y organización (Faro, 2015). Así mismo, para Kuzin (2015) es la optimización de la distribución física en bodega, minimizando gastos de manipulación de materias primas y maximizando el espacio

disponible. Por esto, las empresas dedicadas a la manufactura o ensamblaje de productos dependen de una adecuada gestión de inventarios (Medeiros et al.2018).

Dado lo anterior, modelos como el DDMRP (*Demand Driven Material Requirements Planning*) son una herramienta útil de planificación de inventarios para alinear la producción con la demanda real, facilitando una eficiente toma de decisiones. El modelo DDMRP se basa en la conexión entre creación, protección y aceleración del flujo de materia prima e información relevante (Ptak and Smith, 2016), creando conciencia sobre la importancia de los tiempos de entrega y la generación de retorno sobre la inversión (ROI).

El ROI está relacionado con el desempeño de una inversión (Zamfir et al. 2016; Crawley-Stout et al. 2016). Para Magdalena (2017) mide la capacidad de la empresa para generar ganancias a través de los activos disponibles que posee. Esto implica que el ROI debe ser superior a los intereses que la empresa paga por préstamos (Yan, 2016). Según Priya et al. (2015), en este último caso la empresa podría financiarse mediante deuda con intereses fijos, aumentando su valoración. Si el ROI es menor que los intereses no habrá estabilidad financiera y pocos inversores estarán dispuestos a prestar recursos (Wang and Sun, 2018).

Considerando que en la revisión de literatura sobre el modelo DDMRP en el ámbito logístico es notable la ausencia de trabajos que presenten su aplicación, el objetivo de este artículo es explicar la operacionalización de este modelo, el cual actúa como herramienta de enlace entre la gestión de inventarios dentro de la cadena de abastecimiento y la maximización del ROI.

Este artículo tiene la siguiente estructura. En primer lugar, y después de esta introducción, se presenta el marco conceptual. En segundo lugar se indican las consideraciones metodológicas. En tercer lugar se explican la planificación y ejecución del modelo DDMRP. En cuarto lugar se propone un caso práctico de aplicación del modelo. En quinto lugar se presentan las conclusiones. En sexto lugar se destacan las limitaciones de este trabajo. Finalmente se incluyen las referencias consultadas.

1. Marco conceptual

1.1. Planificación de la demanda

Para referirse a la planificación de la demanda debe hacerse alusión al impulso de la demanda. Según Ashayeri and Kampstra (2005) el impulso de la demanda es la focalización en los clientes, es decir, el ajuste de la empresa a la demanda. Para Barrett (2007) es un sistema que comprende los procesos, la tecnología y la organización de las respuestas de los empleados, proveedores y clientes. Así mismo, Netti (2007) lo entiende como la capacidad de la empresa para captar de manera inteligente las señales del mercado.

Ayers and Malmberg (2002) plantean que el impulso de la demanda hace posible que las decisiones de producción e inventarios no estén basadas en pronósticos, sino en señales de la demanda en tiempo real. Así mismo, Bozutti and Esposto (2019) lo consideran como una nueva forma de percibir y satisfacer los requerimientos de los clientes. Esto sugiere que la planeación de la demanda es fundamental para el fortalecimiento de las operaciones logísticas.

La planificación de materia prima requerida tiene como objetivo garantizar la disponibilidad del material necesario para la producción en los tiempos requeridos, satisfaciendo los propósitos internos y las necesidades de distribución (Prostean et al. 2016). Para Kurbel (2013) es un proceso basado en requerimientos de partes y componentes que tiene en cuenta los niveles de inventario actuales y los programados. Así mismo, para Tekin and Konina (2017) es un sistema orientado a la planificación de las necesidades de materia prima.

Múltiples empresas usan la planificación de materia prima requerida para hacer una gestión de inventarios y pronosticar el volumen de partes y componentes para la producción (Widmer et al. 2019). La planificación de materia prima requerida apareció, según Allaoui et al. (2019), en la década de los 60's del siglo pasado como resultado de la evolución de los sistemas de planificación para ajustarse a las necesidades de las empresas y mejorar los niveles de competitividad.

La planificación de materia prima requerida fue concebida para un mercado con exceso de demanda centrado en la productividad, sin importar el costo ni el lucro cesante (Arreola and DeCroix, 1998). No obstante, las respuestas a los nuevos retos, donde las cantidades ofertadas superan a las demandadas, han marcado una era en la cual la flexibilidad para sincronizar la oferta y la planeación de la demanda es crucial (Pekarciková et al. 2019).

Así, y considerando lo expuesto, se resalta la importancia de este modelo para ser utilizado por aquellas empresas que buscan una adecuada gestión de inventarios, lo cual tiene, además, efectos positivos en cuanto a la maximización del ROI.

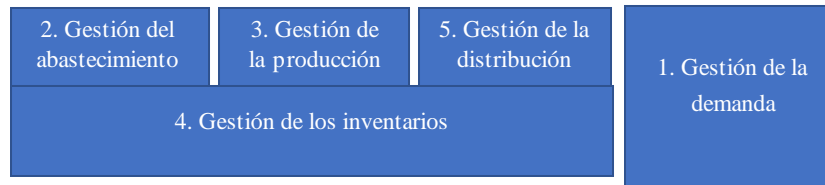
1.2. El modelo DDMRP

El DDMRP fue presentado por primera vez en el libro Orlicky's Material Requirements Planning, que se basa en la conexión entre creación, protección y aceleración del flujo de materia prima, información relevante y retorno sobre la inversión (Ptak and Smith, 2016). Permite la planificación de inventarios para tener una producción alineada con la demanda real, facilitando una mejor y más rápida toma de decisiones, tanto a nivel de planificación como de ejecución.

El modelo está basado en inventarios de seguridad en la cadena de abastecimiento. Estos son niveles de inventarios posicionados estratégicamente para absorber la incertidumbre de la demanda, generar mayor visibilidad de los inventarios y disminuir los costos de operación mediante la reducción de tiempos de entrega, identificación de puntos claves de abastecimiento y mejora de tasas de retorno de la inversión (Fisher, 1997).

La fluctuación de las ventas genera variación en los requerimientos de compras de materia prima durante toda la cadena de abastecimiento (Lee et al. 1997). Como lo plantean Kaipia et al. (2017), una eficiente planeación de la demanda requiere la cooperación y el intercambio de información entre los participantes de la cadena de abastecimiento. Según Mazo et al. (2011), la planeación de la demanda implica entonces la articulación entre la gestión de abastecimiento, producción, inventarios y distribución (Ver Gráfico 1).

Gráfico 1. Planeación de la demanda en la cadena de abastecimiento

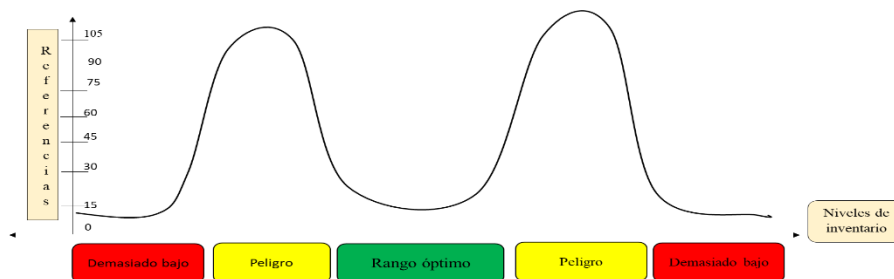


Fuente: elaboración propia con base en GS1 Colombia

El modelo DDMRP está alineado con el avance tecnológico, particularmente con la Industria 4.0. Según Blos et al. (2018), Industria 4.0 es un término introducido por la empresa Siemens y hace referencia a la integración de sistemas interconectados en una industria específica. La Industria 4.0 es un examen para muchas empresas (Zhou and Le Cardinal, 2019), dado que exige la adaptación e integración de nuevos procesos de manera novedosa. Representa una transformación integral de la producción en las industrias al incorporar tecnología digital e internet (Setiawan, 2019).

En dicho contexto son necesarios modelos de planificación de la demanda en los que la alineación de la producción y las materias primas no se basen en las salidas, lo cual según Pekarciková et al. (2019) es un error, dado que no es realista en términos de tiempo, capacidad y disponibilidad del inventario. El modelo DDMRP se ajusta a esta necesidad actual. En efecto, este modelo se basa en un inventario de distribución bi-modal (Ver Gráfico 2) para tener niveles de inventario bajos o altos según la demanda.

Gráfico 2. Efecto bi-modal de la distribución del inventario



Fuente: elaboración propia con base en Pekarciková et.al., (2019)

El objetivo del modelo DDMRP es el abastecimiento basado en la necesidad del mercado. Esto implica migrar de una producción basada en el inventario a una producción basada en las necesidades específicas de los clientes.

En el modelo DDMRP las cadenas de abastecimiento, según Sander (2014), son sistemas adaptativos complejos dinámicos, racionales (la interacción entre los eslabones aumenta la experiencia y el conocimiento), con comportamiento no lineal y, adaptables y auto-regulables.

Si la cadena de abastecimiento es un sistema adaptativo complejo, el comportamiento no lineal es el principal factor de afectación y por ello es necesario establecer un punto de control y alerta en la cadena. Por tanto se requieren inventarios de seguridad de niveles mínimos, medios y máximos, con ubicación estratégica y no estática a lo largo de la cadena. Esto, según Ptak and Smith (2016), permite que el inventario sea el correcto, en el lugar correcto y en el tiempo correcto.

El DDMRP separa la demanda dependiente de la independiente maximizando el ROI de los inventarios y establece niveles de seguridad que ofrecen información de la demanda en tiempo real. Para entender el proceso del DDMRP se debe realizar una diferenciación entre su planificación y ejecución. La primera es el proceso generador de requerimientos de pedidos de suministro a través del flujo de información. La segunda es la gestión de las órdenes de suministro contra los criterios de cantidades mínimas y máximas a comprar, niveles de servicio, tiempo de entrega y costo del inventario (Ptak and Smith, 2016).

2. Consideraciones metodológicas

La revisión de literatura sobre el modelo DDMRP revela que son pocos los trabajos que explican su aplicación en el contexto de la logística internacional. Por tanto, este artículo está orientado hacia la ejemplificación y no hacia la discusión teórica.

Numerosos trabajos publicados en revistas académicas están dirigidos a públicos especializados. Por el contrario, este artículo pretende que la explicación del modelo DDMRP sea sencilla y fácilmente comprensible, y se ha desarrollado para distintos públicos, entre ellos, docentes, investigadores y miembros de empresas, especialmente gerentes de logística.

Las fuentes de información de este artículo son secundarias. Se hizo una búsqueda de literatura en *Web of Science*, *Scopus* y *Google Scholar* sin restringirse a una temporalidad específica, aunque se dio prioridad a trabajos recientemente publicados, tanto en español como en inglés.

Este trabajo es cualitativo y ejemplifica de manera sencilla la aplicación de un modelo de gestión de inventarios que puede ser usado por empresas de distintos sectores y tamaños, sin requerir destreza estadística en manipulación de datos.

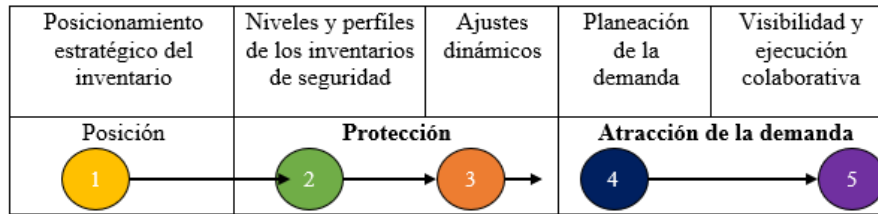
3. Modelo DDMRP: planificación y ejecución

3.1. Planificación del modelo DDMRP

El modelo DDMRP está conformado por cinco componentes secuenciales que minimizan debilidades y alinean la producción con las necesidades del consumidor, creando una herramienta que integra a toda la cadena de abastecimiento, incluyendo al cliente y a los proveedores (Ver Tabla 1).

Además, el modelo usa una lista de cantidades necesarias desde el sistema de planificación de materia prima requerida para determinar el posicionamiento estratégico de los inventarios de seguridad a través de la cadena de abastecimiento, puesto que es la mejor forma de absorber las fluctuaciones de la demanda y la variabilidad en la cadena de abastecimiento (Ptak and Smith, 2016).

Tabla 1. Componentes del modelo DDMRP



Fuente: elaboración propia con base en Ptak and Smith (2016)

3.1.1. Posicionamiento estratégico del inventario

Para proteger y promover el flujo de información relevante se identifica dónde instalar los puntos de desacople y sus inventarios de seguridad para mitigar la distorsión de la señal de la demanda. Esta es una decisión estratégica que incide en la cadena de abastecimiento, servicio, capital de trabajo, flujo de caja y ROI (Ptak and Smith, 2016).

La empresa debe considerar seis factores para desacoplar correctamente los elementos de la cadena de abastecimiento (Ver Tabla 2).

Tabla 2. Factores para el desacoplamiento en la cadena de abastecimiento

Factores	Descripción
Tiempo de tolerancia del cliente	Tiempo que está dispuesto el cliente interno-externo a esperar antes de buscar una fuente alternativa
Tiempo de entrega potencial del mercado	Tiempo que prefiere el cliente interno-externo.
Horizonte de visibilidad del pedido de ventas	Visibilidad de las ventas futuras en el tiempo
Variabilidad externa	Desde la demanda: conocer si se tiene visibilidad de los pedidos dentro de la tolerancia del cliente Desde el abastecimiento: conocer la disrupción del proveedor (la calidad y confiabilidad en las entregas)
Apalancamiento de inventarios y flexibilidad	Identificación de inventario clave y común en la cadena de abastecimiento
Protección de operación crítica	Identificación de áreas con capacidad limitada (cuellos de botella)

Fuente: elaboración propia con base en Ptak and Smith (2016)

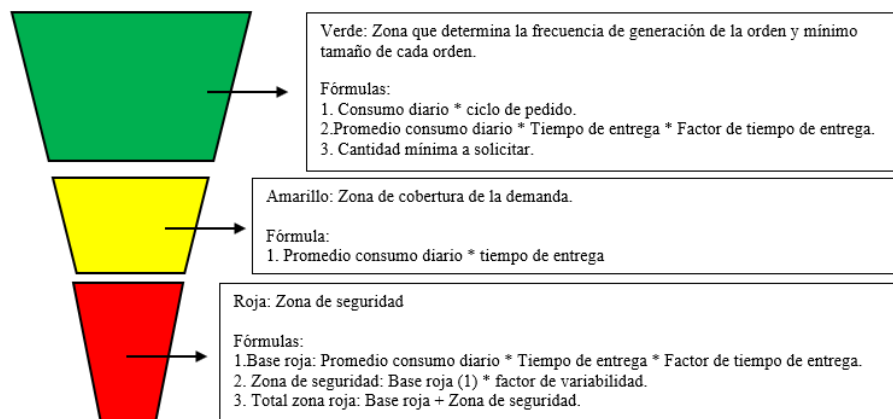
Estos factores deben aplicarse para determinar las mejores posiciones de desacoplamiento para comprar, fabricar, almacenar, proteger y promover el flujo de información e impulsar el rendimiento de la inversión.

3.1.2. Niveles y perfiles del inventario de seguridad

El inventario debe ser cuidadosamente gestionado en toda la cadena de abastecimiento para cumplir tres principios: absorción del impacto (reducir los niveles de artículos con estado de agotado en caso de que se genere una mayor demanda), consideración del plazo de entrega (considerar el tiempo desde la generación del pedido hasta su entrega), generación de pedidos de suministro (crear alertas que les permita a las áreas de compras, planeación y/o producción realizar solicitudes de materia prima necesaria).

Los inventarios de seguridad se calculan considerando los tiempos de entrega y el promedio de consumo diario y se clasifican según Ptak and Smith (2016) así: zona verde (Determina la frecuencia de pedido promedio y el tamaño de pedido típico, siendo la visión más conservadora con respecto a la frecuencia de pedido recomendada y media), zona amarilla (Se calcula como el 100% del uso diario promedio por el tiempo de entrega esperado), zona roja (Es la que presenta mayor afectación al cambio. Entre mayor sea la variabilidad del número de referencias mayor será la zona roja). En el Gráfico 3 se presenta un ejemplo de los perfiles, niveles y fórmulas para el cálculo de los inventarios de seguridad.

Gráfico 3. Perfiles, niveles y fórmulas para el cálculo de los inventarios de seguridad



Fuente: elaboración propia con base en Ptak and Smith (2016)

Cada nivel cumple una función diferente. Para su cálculo se debe tener en cuenta el tipo de artículo (posicionamiento del artículo al interior de la cadena de abastecimiento -artículo para manufactura, compra o distribución-), los tiempos de entrega (los cuales se pueden estandarizar de acuerdo al tipo de artículo según la Tabla 3) y la variabilidad (la disrupción en la demanda y el abastecimiento, la cual se clasifica en tres tipos como se muestra en la Tabla 4).

Tabla 3. Tiempos de entrega según artículo

Tiempo de entrega	Manufactura	Compras	Factor de entrega
Corto plazo	0 – 4 días	0 – 10 días	61% – 100 %
Mediano plazo	5 – 9 días	11 – 25 días	41% - 60 %
Largo plazo	10 días en adelante	26 días en adelante	20% - 40%

Fuente: elaboración propia con base en Ptak & Smith (2016)

Tabla 4. Tipo de variabilidad

Tipo de variabilidad	Demanda	Abastecimiento
Alta	61% – 100 %	61% – 100 %
Media	41% - 60 %	41% - 60 %
Baja	20% - 40%	20% - 40%

Fuente: elaboración propia con base en Ptak & Smith (2016)

Luego se procede con el cálculo de los inventarios de seguridad, teniendo en cuenta las fórmulas indicadas, el promedio de consumo diario, las cantidades mínimas, el número promedio de días entre pedidos y el tiempo de entrega entre pedidos.

3.1.3. Ajustes dinámicos

La demanda es dinámica. Esto exige actualizar los posicionamientos de los inventarios de seguridad en la cadena de abastecimiento dado que el objetivo principal del modelo DDMRP es la continua optimización de los inventarios y del ROI.

Existen tres factores generadores de variaciones y ajustes: variabilidad del consumo promedio diario (los consumos diarios no son constantes, son aleatorios en cantidad y tiempo), estacionalidad de la demanda (los productos con estacionalidad son un reto para la memoria de los inventarios si no se abordan correctamente), campañas promocionales (pueden derivar en mayores ventas que no se contemplaron durante el desarrollo del inventario generando fluctuaciones).

3.1.4. Planeación de la demanda

Es un método de generación de pedidos de suministro. Constituye un punto focal para crear, promover, proteger y determinar la información relevante y generar pedidos de suministro. Este método depende, según Ptak and Smith (2016), del correcto análisis de la ecuación de flujo neto:

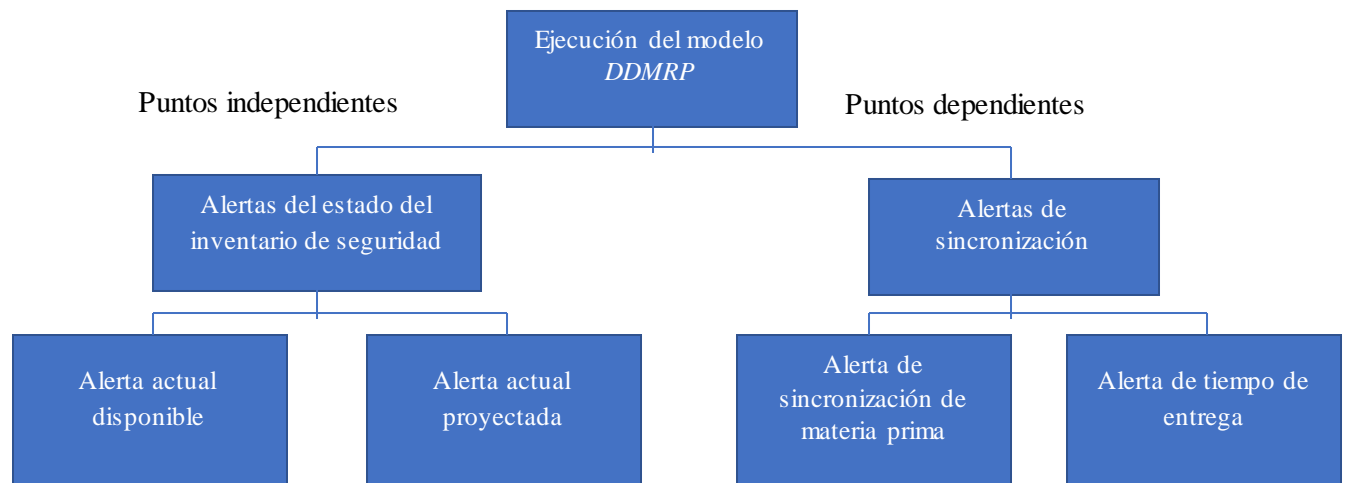
$$\text{Flujo neto: } \text{Inventario en bodega} + \text{Inventario en tránsito} - \text{Ventas demandadas}$$

Esta ecuación controla el número de unidades de materia prima a solicitar en los inventarios de seguridad en la cadena de abastecimiento, y transforma las disminuciones del tiempo de entrega en capital de trabajo.

3.2. Ejecución del modelo DDMRP

La ejecución del modelo DDMRP posibilita la administración y gestión de las órdenes de suministro, así como la aplicación de diferentes alertas respecto a las existencias de desacoplamiento dependiente e independiente (Ptak and Smith, 2016). Es decir, prioriza las órdenes ya generadas para monitorear el agotamiento de inventarios en cada ubicación estratégica y detecta posibles problemas a lo largo de la cadena de abastecimiento, teniendo como base el estado de los inventarios y las órdenes de compra (Ver Gráfico 4).

Gráfico 4. Ejecución del modelo DDMRP



Fuente: elaboración propia con base en Ptak & Smith (2016)

La demanda independiente son requerimientos ajenos a la empresa sujetos a las condiciones del mercado y no a la demanda de elementos inventariados o producidos internamente. La demanda dependiente son los requerimientos y las decisiones derivados de otros elementos inventariados o producidos por la empresa (Bustos and Chacón, 2007).

Además, alinear los planes de los proveedores con los requerimientos de los clientes representa un problema para la priorización de las órdenes de compra cuando la prioridad se basa en el tiempo de entrega. Por ello, la ejecución del modelo DDMRP usa dos alertas, las alertas de los inventarios de seguridad y la sincronización de las alertas. Ambas, según Ptak and Smith (2016), están centradas en la integridad de la memoria intermedia del punto de desacoplamiento actual y proyectado de la demanda, cuyo objetivo es la sincronización, promoción y protección del flujo de información relevante.

3.2.1. Alertas de los inventarios de seguridad

3.2.1.1. Alerta actual disponible

Muestra, a los departamentos de compras lo que se requiere con urgencia para abastecer al inventario, y a los departamentos de producción lo que debe fabricarse para abastecer la demanda.

3.2.1.2. Alerta de inventario disponible proyectado

Calcula la penetración de zona roja en el futuro cercano para advertir al personal de la cadena de abastecimiento sobre los problemas inminentes de tiempo y cantidad, y así poder informar al proveedor o al cliente sobre el estado actual del inventario.

3.2.2. Sincronización de las alertas

3.2.2.1. Sincronización de material

Los inventarios de seguridad se deben establecer en los puntos de mayor importancia, por lo cual no todos los artículos van a tener uno. Es aquí donde la sincronización de materia prima tiene importancia, dado que su objetivo es validar todos los inventarios de seguridad a través de la cadena de abastecimiento en relación con aquellos que no lo tienen. Esto identifica afectaciones y adopta opciones de sincronización basadas en el establecimiento de alertas de inventario disponible.

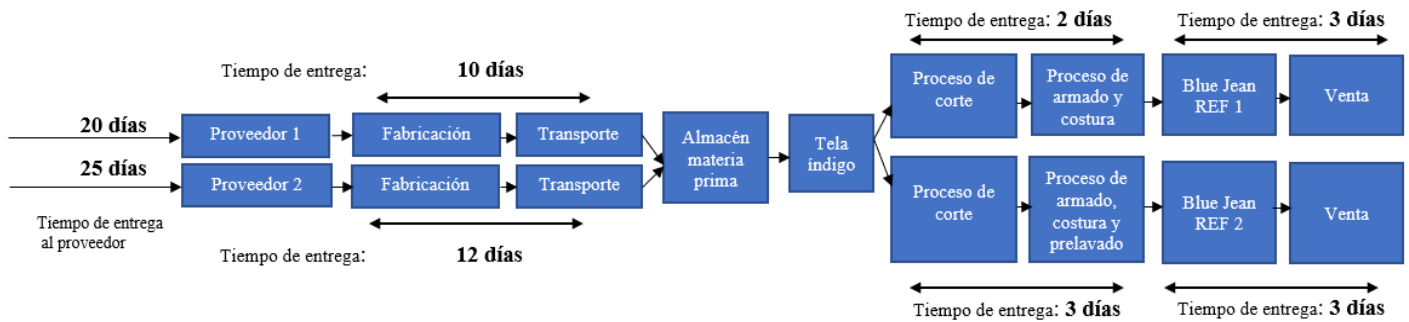
3.2.2.2. Alerta de tiempo de entrega

Alerta de ejecución para elementos estratégicos sin inventario de seguridad que puede proceder de un proveedor cuyos tiempos de entrega no son confiables. Solicita la verificación del estado de los artículos críticos sin inventario de seguridad antes de que se conviertan en un problema. Realiza un seguimiento de los pedidos de suministro gestionados por el tiempo de entrega y, de acuerdo a Ptak and Smith (2016), se debe enfocar en el último 33,33% del tiempo total de la entrega, tiempo que recibe el nombre de “horizonte de alerta de tiempo de entrega”.

4. Caso práctico: aplicación del modelo DDMRP

A continuación se presenta un ejemplo hipotético de una empresa colombiana importadora de materia prima para la confección y venta de dos referencias de *blue jeans* (REF1 y REF2). La empresa aplica el modelo para sus dos referencias. Por tanto, debe iniciar con el posicionamiento estratégico del inventario. La recomendación es graficar la cadena de abastecimiento actual (Ver Gráfico 5).

Gráfico 5. Cadena de abastecimiento actual



Fuente: elaboración propia

Ahora se aplican los seis factores claves para un correcto desacoplamiento (Ver Tabla 5).

Tabla 5. Aplicación de los seis factores claves

Factores	Respuesta
Tiempo de tolerancia del cliente	Tres días para las dos referencias, ya que se considera el tiempo de entrega mayor como la base de la cadena de abastecimiento
Tiempo de entrega potencial del mercado	La REF1 tiene un día de entrega menos que la REF2, es decir, se puede contar con disponibilidad mucho más rápido
Horizonte de visibilidad del pedido de ventas	Tres días para recibir nuevas solicitudes de compra
Variabilidad externa	Desde la demanda: los pedidos grandes generalmente se conocen con suficiente antelación Desde el abastecimiento: los proveedores 1 y 2 tienen fiabilidad aceptable, aunque con tiempos de entrega diferentes
Apalancamiento de inventarios y flexibilidad	La tela índigo es la materia prima y común para ambas referencias

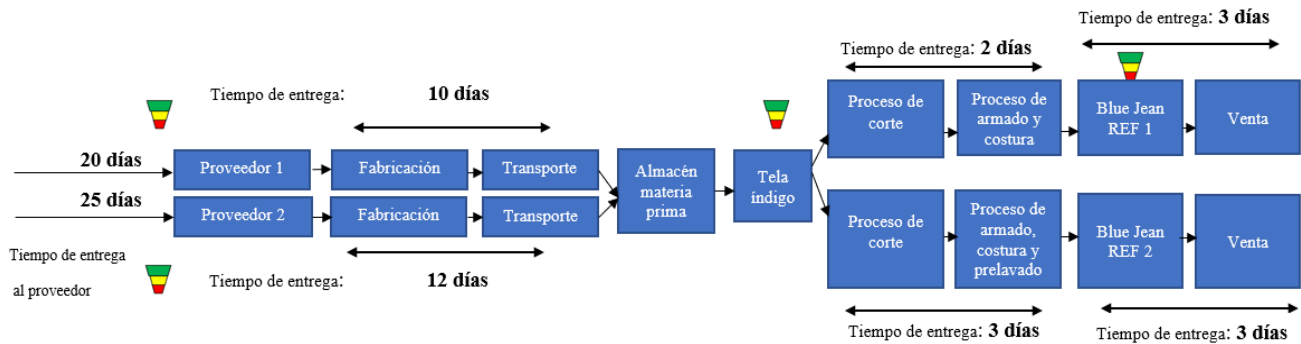
Protección de operación crítica

La tela índigo se requiere en ambos procesos de fabricación y por ende se convierte en un punto de abastecimiento crítico que no puede faltar

Fuente: elaboración propia

Luego se instalan inventarios de seguridad en los puntos críticos, tanto por la interrupción que se puede presentar en el tiempo de entrega, como por el tiempo de respuesta al cliente, la afectación a los ingresos y la rentabilidad de la empresa. En este caso el tiempo de entrega de los proveedores, la disponibilidad del índigo y la rapidez de venta de la REF1 son los más críticos en la cadena de abastecimiento (Ver Gráfico 6).

Gráfico 6. Instalación de inventarios de seguridad



Fuente: elaboración propia

Ahora se procede con la selección del punto de desacoplamiento y el cálculo de inventarios. Considerando que el índigo es uno de los suministros más importantes, se toma como base para calcular los niveles de inventario óptimos (Ver Tabla 6).

Tabla 6. Información para el cálculo de los inventarios de seguridad

Datos para el ejemplo	Valor
Consumo diario promedio	10 metros
Perfil del inventario de seguridad	Sector: compras Variabilidad: baja (0.33) Tiempo de entrega: mediano plazo (0.50)
Cantidad mínima por políticas	50 metros
Promedio entre pedidos	7 días
Tiempo de entrega	12 días

Fuente: elaboración propia

Finalmente se procede con el cálculo teniendo en cuenta:

- La zona verde tiene en cuenta el resultado mayor de tres factores:
 - a. Ciclo de pedido mínimo impuesto o deseado: su fórmula corresponde a la multiplicación del consumo diario por el ciclo de pedido. Para este caso sería el resultado de multiplicar $10 \times 7 = 70$.
 - b. Cantidad mínima requerida: vinculada 100% con las políticas de mínimos y máximos¹ de la empresa. Para el ejemplo sería 50.
 - c. Factor de tiempo de entrega: determinado por la fórmula del promedio de consumo diario por tiempo de entrega por factor de tiempo de entrega. Sería el resultado de multiplicar $10 \times 12 \times 0.5 = 60$.
- La zona amarilla es la zona de cobertura del inventario. Es la multiplicación del consumo promedio por el tiempo de entrega, es decir, $10 \times 12 = 120$.
- La zona roja es la zona de seguridad. Tiene que considerar el mayor de tres factores:
 - a. Base roja: determinado por la fórmula del promedio de consumo diario por tiempo de entrega por factor de tiempo de entrega. Es decir, el resultado de multiplicar $10 \times 12 \times 0.5 = 60$.
 - b. Seguridad roja: implica multiplicar la base roja por el factor de variabilidad, es decir, $60 \times 0.33 = 20$.
 - c. Base total zona roja: es la suma de la base roja y la seguridad roja, en este caso, 80.

La principal función del inventario de seguridad es identificar los puntos de reorden a través de una mayor visibilidad de la información con las zonas verde, amarilla y roja (Ver Tabla 7). Estos puntos de reorden constituyen un mecanismo de mejora continua y están sujetos a ajustes por variabilidades, estacionalidades y campañas promocionales.

¹ Son las cantidades mínimas y máximas que una empresa decide tener de un producto en su inventario.

Tabla 7. Inventario de seguridad y puntos de reorden

Promedio consumo diario	10	Zona verde	1. Promedio consumo diario (10) * ciclo de pedido (7): 70	70
Perfil del inventario de seguridad	C, B (0.33), M (0.50)		2. Promedio consumo diario (10) * Tiempo de entrega (12) * Factor de tiempo de entrega (0.5): 60	
Cantidad mínima	50		3. Cantidad mínima: 50	
Promedio entre pedidos	7 días	Zona amarilla	1. Promedio consumo diario (10) * Tiempo de entrega (12): 120	120
Tiempo de entrega	12 días	Zona roja	1. Base roja: Promedio consumo diario (10) * Tiempo de entrega (12) * Factor de tiempo de entrega (0.5): 60	80
			2. Zona de seguridad: Base roja (60) * Factor de variabilidad (0.33): 20	
			3. Total zona roja: Base roja (60) + Zona de seguridad (30): 80	

Fuente: elaboración propia

Como se observa en el Gráfico 7, el cálculo de los inventarios con los datos de la Tabla 6 indica que el total de inventario de tela índigo que se debe tener es 270 metros (resultado de sumar los valores de la zona verde, amarilla y roja).

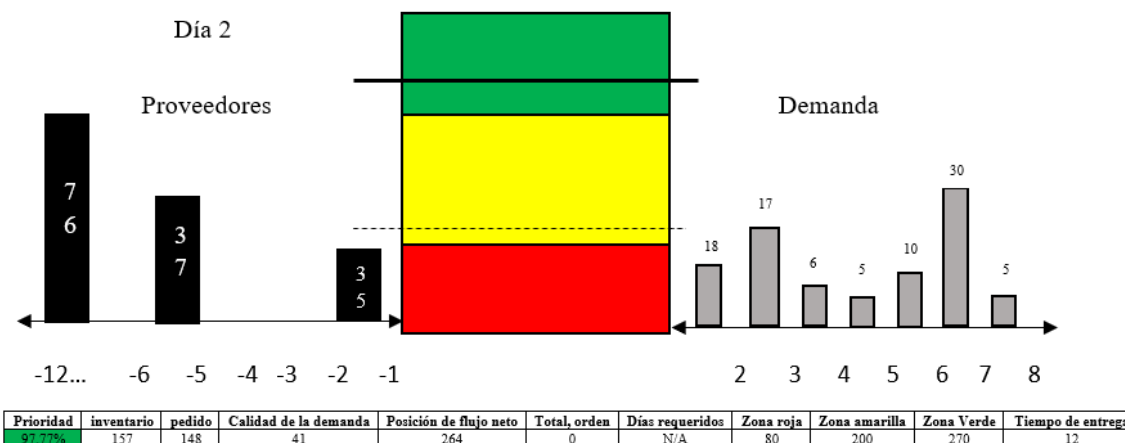
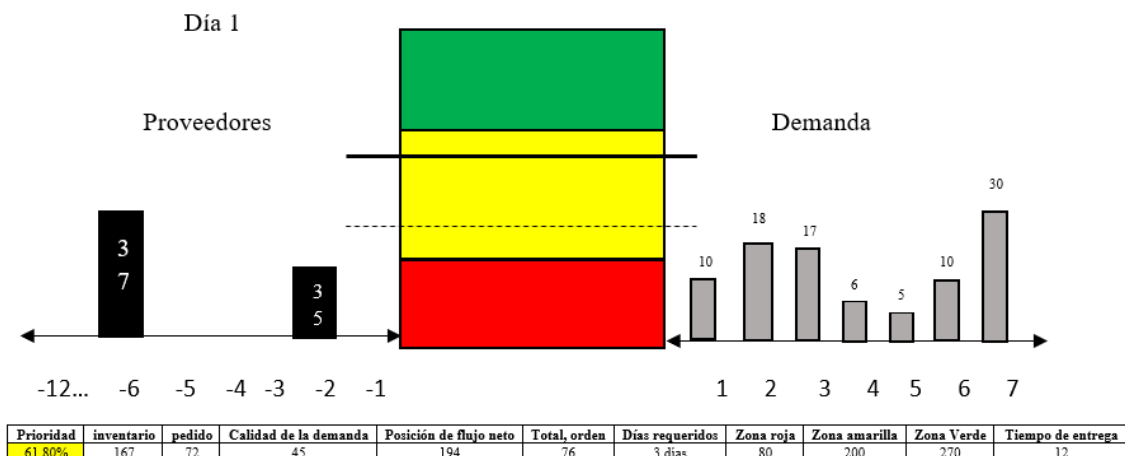
El establecimiento de los niveles y perfiles de los inventarios de seguridad se ejecuta de manera independiente a la planificación de la demanda y el proceso de reabastecimiento se realiza teniendo en cuenta: (1) el flujo neto² del inventario que se debe encontrar en mayor proporción en la zona verde, (2) el inventario disponible que se encuentra ubicado en la zona amarilla, puesto que tener “sobre inventario” afecta al capital de trabajo, (3) la visibilidad de los pedidos en tránsito y la demanda requerida. Este último factor permite determinar la cantidad a solicitar (Ver Gráfico 7).

No obstante, deben indicarse algunas precisiones para calcular los niveles y perfiles de los inventarios de seguridad: el valor de metros que se establecen en las zonas es acumulativo, es decir, la zona verde es el resultado de sumar los niveles de inventario de las tres zonas (verde, amarilla, roja); la prioridad es el resultado de dividir el inventario disponible sobre el total de la zona verde y multiplicar por 100; el inventario equivale al inventario disponible

² Flujo neto: Inventario en bodega + Inventario en tránsito – Ventas demandadas

para la venta; el pedido equivale al inventario en tránsito desde el proveedor hacia el almacén de materias prima; la calidad de la demanda corresponde a la demanda real en los próximos días, es decir, las ventas del horizonte de visibilidad del pedido (para efectos de este caso es 3 días); la posición de flujo neto equivale a la realización de cálculo de flujo neto; el total de la orden es la cantidad de inventario óptimo que se debe solicitar.

Gráfico 7. Niveles y perfiles de los inventarios de seguridad



Fuente: elaboración propia

Durante el “Día 1” la solicitud de compra óptima fue de 76 metros y en el “Día 2” no se requirió ninguna cantidad. Es decir, la planeación dirigida por la demanda busca generar una

visualización global del inventario a lo largo de la cadena de abastecimiento desde el proveedor y generar solicitudes de reabastecimiento de las cantidades correctas, con la premisa de disminuir la frecuencia del tiempo de entrega entre cada solicitud de reabastecimiento y maximizar el capital de trabajo disponible.

Para calcular las alertas de materia prima disponible se tienen en cuenta el inventario actual y el máximo valor de la zona roja (TOR). Según Ptak and Smith (2016), se calcula la alerta con el 50% de la TOR y se calcula el estado del inventario considerando que el que se encuentre por debajo de la alerta de inventario disponible será de color rojo, es decir, inferior a 40. Los demás estados estarán ligados a los cálculos de los inventarios de seguridad realizados inicialmente para la zona amarilla y verde (Ver Tabla 8).

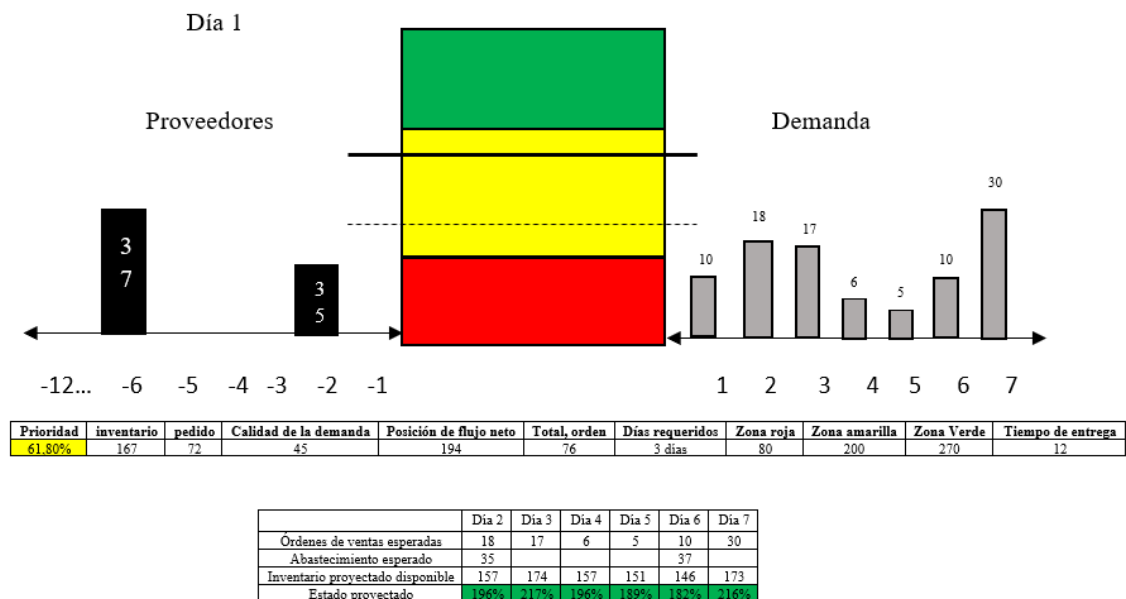
Tabla 8. Alerta del inventario de seguridad

Día	En inventario (unidades)	Máximo de la zona roja (unidades)	Alerta de inventario (unidades)	Estado
1	167	80	40	Verde – 209%
2	157	80	40	Verde – 196%
3	139	80	40	Verde – 174%

Fuente: elaboración propia

La alerta del inventario disponible se calcula dividiendo el inventario disponible sobre la TOR. Según la Tabla 8, sería el resultado de dividir 167 sobre 80, que fueron las establecidas como la zona de seguridad y, posteriormente multiplicar por 100 para obtener 209% (Zona verde). Este valor estará en constante fluctuación a medida que se realicen consumos e ingresos de materia prima o artículos, y será de color amarillo cuando el inventario se encuentre entre 40 metros y 80 metros, y de color rojo cuando se encuentre por debajo de 40 metros. Sin embargo, las alertas también pueden ser proyectadas (Ver Gráfico 8).

Gráfico 8. Inventario de seguridad con alerta proyectada



Fuente: elaboración propia

El Gráfico 8 muestra que el posicionamiento del inventario de seguridad es igual a la estructura inicialmente desarrollada. Al lado izquierdo se consideran los nuevos ingresos y al lado derecho la demanda proyectada. El componente adicional es la tabla en la parte inferior del gráfico. Este, al igual que la alerta actual disponible, tiene como premisa el uso del inventario disponible y la TOR como base para su cálculo, así:

- Luego de establecer el inventario con cada uno de sus componentes, se diseña una tabla con los ingresos y consumos de los próximos días para los cuales se tiene visibilidad.
- Dado que es una alerta proyectada, siempre se debe iniciar con el segundo día, es decir, no se debe basar en el presente o el pasado.
- Una vez diseñada la tabla con los ingresos y consumos, se debe considerar el cálculo del inventario proyectado. Este cálculo, que parte del segundo día, inicia con el inventario actual menos el consumo del primer día. Para este caso sería el resultado de restar a 167 las 10 unidades del primer día, es decir, 157 unidades. Para el tercer día el cálculo consiste en sumar las 157 unidades y las 35 que ingresaron al inventario, menos el consumo del

- día 2 (18 unidades), para obtener 174 unidades, y así sucesivamente con cada día para el cual se tenga visibilidad.
- Esta alerta está sujeta a la división del inventario disponible sobre la TOR y a la alerta del inventario disponible. Es decir, cualquier valor que se encuentre por debajo de la alerta del inventario disponible será de color rojo. Si es menor o igual a la TOR será de color amarillo, y si es mayor a la TOR será de color verde.

Así, la elección del tipo de alerta de material disponible dependerá de quién realice su análisis. No obstante, la alerta proyectada ofrece una mejor y más completa visibilidad de los consumos y estados de los inventarios de seguridad a través de la cadena de abastecimiento.

La alerta de tiempo de entrega juega un papel importante en la visibilidad de aquellas referencias sin inventario de seguridad, ya que busca una reacción proactiva frente a los problemas de agotados, enfocándose en el último 33,33% del tiempo total de la entrega (horizonte de alerta de tiempo de entrega), y que a su vez se divide en tres zonas de proporciones iguales (verde, amarillo y rojo) (Ver Tabla 9).

Tabla 9. Alerta de horizonte de tiempo de entrega

Tiempo de entrega administrado por el proveedor									Alerta de horizonte de tiempo de entrega			
									Zona verde	Zona amarilla	Zona roja	Retraso
May-1	May-2	May-3	May-4	May-5	May-6	May-7	May-8	May-9	May-10	May-11	May-12	May -13

Fuente: elaboración propia

Para la entrega de la tela el tiempo total es 12 días, cuyo pedido se realizó en May-1 y se entregaría en May-12. Siguiendo la propuesta de Ptak and Smith (2016), el horizonte de alerta de tiempo de entrega serían los últimos tres días del plazo de entrega (días 10, 11 y 12). Cuando el pedido esté a tres días de la fecha de entrega (día 10), ingresará a la zona verde, cuando esté a dos días (día 11) ingresará a la zona amarilla y cuando esté a un día (día 12)

ingresará a la zona roja del horizonte de alerta del tiempo de entrega. Luego del día 12 estará retrasado.

Por lo tanto, la alerta del tiempo de entrega tiene el objetivo de conocer los problemas de sincronización, desempeño del proveedor y niveles de cumplimiento, confianza y asertividad de las entregas, para crear una ejecución altamente visible y colaborativa en toda la cadena de abastecimiento.

5. Conclusiones

Alinear la demanda y la oferta es un propósito de la gestión y planeación de las cadenas de abastecimiento, aunque es difícil para empresas sin sistemas de registro, archivo y análisis de información.

El modelo DDMRP resulta útil para pequeñas y medianas empresas como herramienta administrativa de control de inventarios, otorgando beneficios financieros y ventajas competitivas.

Es de resaltar que el modelo se basa en un sistema de priorización y eficiencia administrativa de inventarios para la eliminación de las oscilaciones de la cadena de abastecimiento a través de los inventarios de seguridad, teniendo como premisa la visibilidad de la cadena y la flexibilidad del sistema.

El modelo tiene en cuenta el tiempo de entrega, el consumo dinámico y el impulso de la demanda. Es decir, opera con base en señales para la generación de información útil para la toma de decisiones de abastecimiento y consumos futuros. No obstante, tiempos largos de entrega tienden a dificultar su funcionalidad.

Finalmente, el modelo DDMRP reconoce la importancia de los inventarios e integra a toda la cadena de abastecimiento identificando puntos claves. Además, exige estar preparado para

lo que pueda suceder, no solo generando mayores controles, sino también mejorando las tasas de ROI, ya que permite reducir los inventarios en base a la demanda real y proyectada.

6. Limitaciones

Este artículo no hace énfasis en las debilidades del modelo DDMRP, solo muestra las ventajas de su utilización en el ámbito de la logística. Un examen minucioso podría dar lugar a conclusiones adicionales a las aquí presentadas.

Otra limitación es que la mayoría de gráficas, tablas y cálculos se basan en la propuesta de Ptak and Smith (2016). Esto se debe a que el modelo DDMRP es relativamente nuevo. Es deseable incorporar elementos adicionales al análisis, derivados de futuras investigaciones sobre este modelo.

El ejemplo presentado es hipotético, lo cual puede ser otra limitante dado que al no ser un caso real pudo dejar de lado elementos importantes para el análisis. Así, investigaciones futuras brindarán una idea más precisa de cuáles son los elementos relevantes a considerar.

7. Referencias Bibliográficas

- Allaoui, H., Guo, Y., & Sarkis, J. (2019). Decision support for collaboration planning in sustainable supply chains. *Journal of Cleaner Production*, 229, 761-774.
- Arreola, A., & DeCroix, G. (1998). Make to order versus make to stock in a production inventory system with general production time. *IIE Transactions*, 30, 705 - 713.
- Ashayeri, J., & Kampstra, R. P. (2005). Demand driven distribution: The logistical challenges and opportunities. *Proceedings of International Trade & Logistics, Corporate Strategies and the Global Economy*. Le Havre: University of Le Havre.
- Ayers, J. B., & Malmberg, D. M. (2002). Supply chain systems: are you ready? *Information Strategy: The Executive's Journal*, 19(1), 18-27.
- Barrett, J. (2007). Demand-Driven is an Operational Strategy. *Industrial Management*, 49(6).
- Blos, M. F., Cortes, H. M., & da Silva Filho, J. I. (2018). The Paraconsistent Annotated Logic

- with annotation of two values (PAL2v) in the context of the Industry 4.0-An Approach for the Cyber-Physical Systems (CPS). *Unisantia Science and Technology*, 6(2), 69-79.
- Bozutti, D. F., & Esposto, K. F. (2019). Sales and Operations Planning: a comparison between the demand-driven and traditional approaches. *International Journal of Production Management and Engineering*, 7(1), 23-38.
- Bustos, C. E., & Chacón, G. B. (2007). El MRP En la gestión de inventarios. *Visión Gerencial*, (1), 5 - 17.
- Cardoso, W. C., Júnior, W. A., Bertosse, J. F., Bassi, E., & Ponciano, E. S. (2017). Digital manufacturing, industry 4.0, cloud computing and thing internet: Brazilian contextualization and reality. *Independent Journal of Management & Production*, 8(2), 459-473.
- Crawley-Stout, L. A., Ward, K. A., See, C. H., & Randolph, G. (2016). Lessons learned from measuring return on investment in public health quality improvement initiatives. *Journal of Public Health Management and Practice*, 22(2), 28-37.
- Faro, C. (2015). *Gestão de estoques*. Rio de Janeiro; Editora FGV.
- Fink, S., & Benz, F. (2019). Flexibility planning in global inbound logistics. *Procedia CIRP*, 79, 415-420.
- Fisher, M. (1997). What is the right supply chain for your product?. *Harvard Business Review*, 103 - 118.
- Hussain, Z., Jusoh, A. B., Sarfraz, M., & Wahla, K. U. R. (2018). Uncovering the Relationship of Supply Chain Management and Firm Performance: Evidence from Textile Sector of Pakistan. *Information Management and Business Review*, 10(2), 23-29.
- Kaipia, R., Holmström, J., Småros, J., & Rajala, R. (2017). Information sharing for sales and operations planning: Contextualized solutions and mechanisms. *Journal of Operations Management*, 52, 15-29.
- Kurbel, Karl (2013). *Enterprise resource planning and supply chain management: Functions,*

- business processes and software for manufacturing companies. Progress in IS. Heidelberg: Springer.
- Kuzin, D. A. (2015). The economic result at a lean warehouse. *The Genesis of Genius*, (4-1), 33-37.
- Lee, H., Padmanabhan, V., & Seungjin, W. (1997). The bullwhip effect in supply chains. *Sloan Management Review*, 93 - 102.
- Li, Y. N., & Wang, Q. (2018). Strategic Deployment of Logistics Management with Diversity Characteristics Based on Internet+ Environment. In *Proceedings of the 2nd International Symposium on Computer Science and Intelligent Control* (p. 18). ACM.
- Lyu, L., & Jing, Z. (2015). The Impact of Modern International Logistics Development on International Trade in Tianjin. *Management & Engineering*, (21), 73.
- Magdalena, R. (2017). Financial Performance Analysis of Location, Rental Rate and Parking Revenue on Shopping Centers. *Journal of Accounting and Business Education*, 1(2), 230-246.
- Marche, B., Boly, V., Morel, L., Mayer, F., & Ortt, R. (2019). Agility and product supply chain design: The case of the Swatch. *Journal of Innovation Economics Management*, (1), 79-109.
- Mazo Zuluaga, A., Molina Parra, P. A., & Guisao Giraldo, É. Y. (2011). La planeación de la demanda como requisito para la gestión de las cadenas de suministro en las empresas de Colombia. *Revista Politécnica*, 7(12), 11 -22.
- Medeiros Filho, J. R. D., Oliveira, M. C. F. D., Oliveira, P. W. S. D., & Verneck, L. A. (2018). Automation of the entry of tax invoices for the optimization of the process in a metallurgical company. *International Journal of Engineering Trends and Technology*. Volume X Issue Y. 1-4.
- Netti, Domenico. (2007). A glance of modern logistics. Demand planning process. *Management and Marketing*. (2), 89-94.
- Nkuna, M. A. T., Belangany, M. M., & Badibanga, S. N. (2018). Data Mart Approach for Stock Management Model With a Calendar Under Budgetary Constraint. *International Journal of Computer Science Issues (IJCSI)*, 15(5), 58-66.

- Parella, K. (2019). Improving Social Compliance in Supply Chains. *Notre Dame Law Review*, 95(2), 2-58.
- Pekarciková, 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.
- Priya, K., Balasundaram, N., & Pratheepan, T. (2015). Impact of Capital Structure on the Firm Value: Case Study of Listed Manufacturing Companies in Sri Lanka. *Scholars World-IRMJCR*, 3.
- Prostean, G., Vasar, C., & Badea, A. (2016, August). Logistics Scenario for Wind Turbine Assembly Based on ERP. In *International Workshop Soft Computing Applications* (pp. 194-200). Springer, Cham.
- Ptak, C., & Smith, C. (2016). *Orlicky's Material Requirements Planning*. Connecticut: Industrial Press, Inc.
- Renaud, K., Hoskins, A., & von Solms, R. (2015). Biometric identification: Are we ethically ready? In *2015 Information Security for South Africa (ISSA)* (pp. 1-8). IEEE.
- Sander, W. (2014). Demand Driven Performance Using Smart Metrics. *Quality Progress*, 47(6), 69.
- Setiawan, A. (2019). Blended Learning as a way Vocational School (VS) Students of confronting The Industry 4.0. *Journal of Curriculum Indonesia*, 2(2), 53-62.
- Tate, W., Bals, L., & Ellram, L. (2018). *Supply Chain Finance: Risk Management, Resilience and Supplier Management*. Kogan Page Publishers.
- Tekin, A. V., & Konina, O. V. (2017, December). The role of information and communication technologies in the process of strategic management of entrepreneurial structures activities: the budget and financial aspect. In *Perspectives on the use of New Information and Communication Technology (ICT) in the Modern Economy* (pp. 269-278). Springer, Cham.
- Tsao, K. H., Chang, Y. C., Lee, M. C., & Chang, K. H. (2018). Using Exponentially Weighted Moving Average to Improve Buffer Adjustment of Demand-Driven Replenishment Strategies. *Journal of Testing and Evaluation*, 47(1), 602-626.

- Villamizar, J. C. M., León, Ó. P., & Jaimes, W. A. (2013). Efecto látigo en la planeación de la cadena de abastecimiento, medición y control. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 23(2), 37-54.
- Wang, G., & Sun, G. (2018). Analysis of the Influence of BOT Mode on the Financing of Sewage Treatment Enterprises in China. *Ekoloji Dergisi*, (106).
- Widmer, T., Klein, A., Wachter, P., & Meyl, S. (2019, June). Predicting Material Requirements in the Automotive Industry Using Data Mining. In *International Conference on Business Information Systems* (pp. 147-161). Springer, Cham.
- Yan, J. (2016). The Study on the Pricing Model of the Urban Sewage Treatment Plant Public Private Partnership Project. In *International Conference on Electronics, Mechanics, Culture and Medicine*. Atlantis Press.
- Zamfir, M., Manea, M. D., & Ionescu, L. (2016). Return on Investment—Indicator for Measuring the Profitability of Invested Capital. *Valahian Journal of Economic Studies*, 7(2), 79-86.
- Zhou, R., & Le Cardinal, J. (2019, July). Exploring the Impacts of Industry 4.0 from a Macroscopic Perspective. In *Proceedings of the Design Society: International Conference on Engineering Design* (Vol. 1, No. 1, pp. 2111-2120). Cambridge University Press.

