

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL

MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN Y OPERACIONES INDUSTRIALES

Tema: MODELO DE GESTIÓN BASADO EN LA METODOLOGÍA DDMRP PARA EL APROVISIONAMIENTO DE MATERIALES EN LA INDUSTRIA DEL CALZADO.

Trabajo de Titulación, previo a la obtención del Grado Académico de Magister en Producción y Operaciones Industriales.

Modalidad de titulación Proyecto de Desarrollo.

Autor: Ingeniero Edwin Geovanny Soria Amán

Director: Ingeniero Israel Ernesto Naranjo Chiriboga Magister.

Ambato – Ecuador

2021

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

A la Unidad Académica de Titulación de la Facultad Ingeniería en Sistemas Electrónica e Industrial.

El Tribunal receptor de la defensa del Trabajo de Titulación presidido por la Ingeniera Elsa Pilar Urrutia Urrutia Magister, e integrado por las señoras Ingeniera Jéssica Paola López Arboleda Magister, Ingeniera Daysi Margarita Ortiz Guerrero Magister designados por la Unidad Académica de Titulación de Posgrado de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, para receptor el Trabajo de Titulación con el tema: “MODELO DE GESTIÓN BASADO EN LA METODOLOGÍA DDMRP PARA EL APROVISIONAMIENTO DE MATERIALES EN LA INDUSTRIA DEL CALZADO”, elaborado y presentado por el señor Ingeniero Edwin Geovanny Soria Amán, para optar por el Grado Académico de Magister en Producción y Operaciones Industriales; una vez escuchada la defensa oral del Trabajo de Titulación el Tribunal aprueba y remite el trabajo para uso y custodia en las bibliotecas de la Universidad Técnica de Ambato.

Ing. Elsa Pilar Urrutia Urrutia, Mg.
Presidente y Miembro del Tribunal de Defensa

Ing. Jéssica Paola López Arboleda, Mg.
Miembro del Tribunal de Defensa

Ing. Daysi Margarita Ortiz Guerrero, Mg.
Miembro del Tribunal de Defensa

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

La responsabilidad de las opiniones, comentarios y críticas emitidas en el Trabajo de Titulación presentado con el tema: “MODELO DE GESTIÓN BASADO EN LA METODOLOGÍA DDMRP PARA EL APROVISIONAMIENTO DE MATERIALES EN LA INDUSTRIA DEL CALZADO”, le corresponde exclusivamente a: Ingeniero Edwin Geovanny Soria Amán, Autor bajo la Dirección del Ingeniero Israel Ernesto Naranjo Chiriboga Magister, Director del Trabajo de Titulación; y el patrimonio intelectual a la Universidad Técnica de Ambato.

Ing. Edwin Geovanny Soria Amán

AUTOR

Ing. Israel Ernesto Naranjo Chiriboga Mg.

DIRECTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que el Trabajo de Titulación, sirva como un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos de mi Trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad Técnica de Ambato.

Ing. Edwin Geovanny Soria Amán.
c.c.1803344058

ÍNDICE GENERAL

Contenido

1. PORTADA.....	i
APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
ÍNDICE GENERAL.....	v
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
AGRADECIMIENTO	xi
DEDICATORIA	xii
RESUMEN EJECUTIVO	xiii
EXECUTIVE SUMMARY.....	xv
CAPÍTULO I.....	1
1. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. Introducción	1
1.2. Justificación.....	3
1.3. Objetivos	4
1.3.1. General	4
1.3.2. Específicos	4
CAPÍTULO II	5
2. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	5
2.1. Fundamentación teórica	5
2.1.1. Administración de inventarios	5
2.1.2. Administración de la demanda.....	8
2.1.3. Sistemas de gestión de manufactura	10
2.1.4. Planeación de requerimiento de materiales impulsados por la demanda.....	12

2.2. Revisión de la literatura	20
2.2.1. Casos de estudio DDMRP	20
2.2.2. Beneficios DDMRP	23
CAPÍTULO III	24
3. MARCO METODOLÓGICO.....	24
3.1. Ubicación	24
3.2. Equipos y materiales	24
3.3. Tipo de investigación	24
3.4. Prueba de hipótesis.....	25
3.5. Población o muestra	37
3.6. Recolección de la información.....	37
3.7. Procesamiento de la información y análisis estadístico	38
CAPÍTULO IV	39
4. METODOLOGÍA E IMPLEMENTACIÓN	39
4.1. Posicionar.....	39
4.2. Proteger	43
4.2.1. Perfil y nivel del buffer	44
4.2.2. Ajustes dinámicos	58
4.2.3. Políticas de abastecimiento y de ajuste dinámicos del buffer.....	64
4.3. Halar.....	65
4.3.1. Planeación controlada por la demanda.....	65
4.3.2. Ejecución visible y corporativa.....	70
4.4. Comparación entre TOC y DDMRP	72
CAPÍTULO V	77
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	77
5.1. CONCLUSIONES	77
5.2. RECOMENDACIONES	78

6. BIBLIOGRAFÍA	80
-----------------------	----

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 2-1 TIPO DE INVENTARIO SEGÚN SU NATURALEZA.....	6
TABLA 2-2: TIPO DE INVENTARIO SEGÚN SU FUNCIÓN.....	7
TABLA 2-3 COSTOS ASOCIADOS AL INVENTARIO.....	8
TABLA 2-4 FUNCIONES ORGANIZACIONALES, OBJETIVOS Y MEDIDORES	13
TABLA 3-1 MATERIALES Y UTILIDAD.....	24
TABLA 3-2 COEFICIENTE DE PEARSON.....	34
TABLA 4-1 ZONAS DEL BUFFER.....	44
TABLA 4-2 RANGOS DE FACTOR DE LT.	45
TABLA 4-3 RANGOS DE FACTOR DE VARIABILIDAD.....	46
TABLA 4-4 VENTA (PARES) PLASTICAUCHO INDUSTRIAL.....	47
TABLA 4-5 ANÁLISIS ABC.....	47
TABLA 4-6 ZONA VERDE (MOQ).....	49
TABLA 4-7 CPD MODELO M1.....	50
TABLA 4-8 CÁLCULO ZONA VERDE (FRECUENCIA DE REORDEN).....	50
TABLA 4-9 FACTORES LT PLASTICAUCHO INDUSTRIAL.	51
TABLA 4-10 CÁLCULO ZONA VERDE (% CPD EN LT).....	51
TABLA 4-11 CÁLCULO ZONA VERDE FINAL.....	52
TABLA 4-12 CÁLCULO ZONA AMARILLA.....	52
TABLA 4-13 CÁLCULO ZONA ROJA BASE.....	53
TABLA 4-14 FACTORES DE VARIABILIDAD PLASTICAUCHO INDUSTRIAL.	53
TABLA 4-15 FACTOR DE LT.....	54
TABLA 4-16 CÁLCULO ZONA ROJA DE SEGURIDAD.....	54
TABLA 4-17 CÁLCULO ZONA ROJA TOTAL.....	55
TABLA 4-18 CÁLCULO DE BUFFER POR SEMANA.....	57
TABLA 4-19 PORCENTAJE DE VENTAS M1.....	58
TABLA 4-20 ÍNDICE ESTACIONAL.....	59
TABLA 4-21 CÁLCULO DE BUFFER MODELO BOTA M1.....	60
TABLA 4-22 TOC VS DDMRP M1.....	72
TABLA 4-23 TOC VS DDMRP M2.....	73
TABLA 4-24 TOC VS DDMRP M3.....	73
TABLA 4-25 TOC VS DDMRP M4.....	74

TABLA 4-26 TOC VS DDMRP M5.	74
TABLA 4-27 TOC VS DDMRP M6.	74
TABLA 4-28 TOC VS DDMRP M7.	75
TABLA 4-29 ATRIBUTOS TOC Y DDMRP	75

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 2-1 TIPOS DE DEMANDA.....	9
FIGURA 2-2 GESTIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO	11
FIGURA 2-3 PIRÁMIDE DEL DDMRP.	13
FIGURA 2-4 PROCESOS ALINEADOS AL FLUJO	14
FIGURA 2-5 LA DISTRIBUCIÓN BINOMIAL DEL INVENTARIO.	15
FIGURA 2-6 LA FUNCIÓN DE PERDIDA DE INVENTARIO DE TAGUCHI. ..	15
FIGURA 2-7 EL EFECTO LÁTIGO.....	16
FIGURA 2-8 PILARES EN LOS QUE SE FUNDAMENTA DDMRP	17
FIGURA 2-9 CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DEL DDMRP	18
FIGURA 2-10 LOS CINCO COMPONENTES DEL DDMRP	19
FIGURA 3-1 TABLA T-STUDENT	37
FIGURA 4-1 COMPONENTES DEL DDMRP	39
FIGURA 4-2 DISEÑO DE LA CADENA DE SUMINISTRO.....	42
FIGURA 4-3 INVENTARIO ACTIVO O PASIVO	43
FIGURA 4-4 PARETO DE VENTAS PLASTICAUCHO INDUSTRIAL.	48
FIGURA 4-5 RESUMEN CÁLCULO DE BUFFER POR SKU.	56
FIGURA 4-6 BUFFER MODELO DE BOTAS GENÉRICO.....	58
FIGURA 4-7 BUFFER DEL MODELO DE BOTAS M1	61
FIGURA 4-8 BUFFER DEL MODELO DE BOTAS M2	61
FIGURA 4-9 BUFFER DEL MODELO DE BOTAS M3	62
FIGURA 4-10 BUFFER DEL MODELO DE BOTAS M4	62
FIGURA 4-11 BUFFER DEL MODELO DE BOTAS M5	63
FIGURA 4-12 BUFFER DEL MODELO DE BOTAS M6	63
FIGURA 4-13 BUFFER DEL MODELO DE BOTAS M7	64
FIGURA 4-14 INDICADOR GESTIÓN MODELO BOTAS M1	66
FIGURA 4-15 INDICADOR GESTIÓN MODELO BOTAS M2	67
FIGURA 4-16 INDICADOR GESTIÓN MODELO BOTAS M3	67
FIGURA 4-17 INDICADOR GESTIÓN MODELO BOTAS M4	68
FIGURA 4-18 INDICADOR GESTIÓN MODELO BOTAS M5	69
FIGURA 4-19 INDICADOR GESTIÓN MODELO BOTAS M6	69
FIGURA 4-20 INDICADOR GESTIÓN MODELO BOTAS M7	70
FIGURA 4-21 TIPOS DE ALERTAS	71

AGRADECIMIENTO

Le agradezco a Dios por guiarme en el camino de la vida y nunca desampararme.

A los docentes de la Facultad de Ingeniería en Sistemas Electrónica e Industrial por prepararme para solventar los retos que se presentan en el ámbito profesional.

A la compañía “Plasticaucho Industrial S.A.” por la confianza depositada en mí y su apoyo incondicional en este trabajo de investigación.

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada al amor de mi vida, mi esposa Paty, que siempre me ha apoyado en todos mis sueños; a mis hijos David y Ariel que con su amor y alegría son el motor que me da la fuerza necesaria para seguir adelante y cumplir cualquier objetivo que me proponga.

A mi madre Elsy que me inculco desde pequeño el gusto por el estudio.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA E
INDUSTRIAL
MAESTRÍA EN PRODUCCION Y OPERACIONES INDUSTRIALES

TEMA: MODELO DE GESTIÓN BASADO EN LA METODOLOGÍA DDMRP PARA EL APROVISIONAMIENTO DE MATERIALES EN LA INDUSTRIA DE CALZADO.

AUTOR: Ing. Edwin Geovanny Soria Amán

DIRECTOR: Ing. Israel Ernesto Naranjo Chiriboga Mg.

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

- Diseño, Materiales y Producción.

FECHA: 27 de abril del 2020

RESUMEN EJECUTIVO

Este estudio permitió aplicar la metodología DDMRP en la industria del calzado, se fundamenta en la planeación de requerimiento de materiales basado en la demanda que consiste en modelar, halar y gestionar toda la cadena de suministro en tiempo real. Esta forma de administrar los recursos se origina por el crecimiento de las organizaciones pues existe una mayor complejidad en la planeación de aprovisionamiento de materiales, programación de la producción y las redes de distribución.

El DDMRP tiene como fin la generación de sinergia de los procesos alrededor del flujo de materiales e información relevante, enfocando a todos los procesos en un objetivo en común, la ejecución de la metodología DDMRP se basa en el conocimiento de la demanda real (calificada), sumado a los puntos de control como el posicionamiento estratégico de los buffers, la generación de alertas como: nivel del inventario físico promedio que es un indicador que muestra la cantidad de stock que la organización está dispuesta a administrar, alerta de agotado proyectado, este indicador muestra los posibles desabastecimientos que puede generarse y finalmente el gerenciamiento de los buffers que muestran visualmente su comportamiento para la toma de decisiones

oportunas, con toda esta congregación de información se instauró las políticas necesarias para administrar todos los recursos de la cadena de suministro, con la aplicación de esta metodología, se disminuyó las urgencias por agotados y se mejoró el nivel de abastecimiento.

Se realizó una comparación entre las metodologías de TOC y DDMRP, los parámetros que se examinaron son la cantidad de inventario y el nivel de rotación, TOC sugiere como inventario promedio mensual 174.497 pares de botas, en el caso de DDMRP el valor del inventario recomendado es 194.782 pares de botas, al revisar los índices de rotación no existe una diferencia evidente entre las dos metodologías.

Descriptor: (Demand Driven MRP, Cadena de Suministro, Buffer, Nivel de Servicio, TOC).

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA E
INDUSTRIAL**

MAESTRÍA EN PRODUCCION Y OPERACIONES INDUSTRIALES

THEME: MANAGEMENT MODEL BASED ON DDMRP METHODOLOGY
FOR SUPPLY MATERIALS IN THE FOOTWEAR INDUSTRY.

AUTHOR: Ing. Edwin Geovanny Soria Amán

DIRECTED BY: Ing. Israel Ernesto Naranjo Chiriboga Mg.

LINE OF RESEARCH

- Desing, Materials and Production

DATE: April 27th, 2020

EXECUTIVE SUMMARY

This study allowed to apply DDMRP methodology in footwear industry, it is based on planning of material requirements based on demand that consists of modeling, pulling and managing entire supply chain in real time, this way of managing resources originates from the growth of organizations since there is greater complexity in planning of material supply, production scheduling and distribution networks.

The purpose of the DDMRP is generate synergy of processes around flow of materials and relevant information, focusing all processes on a common objective, the execution of the DDMRP methodology is based on the knowledge of real demand (qualified) , added to the control points such as strategic positioning of buffers, the generation of alerts such as: average physical inventory level that is an indicator that shows amount of stock that organization is willing to manage, out-of-stock alert projected, this indicator shows possible shortages that can be generated and finally management of buffers that visually show their behavior for making timely decisions, with all this congregation of information, the necessary policies were established to manage all the resources of supply chain, with the application of this methodology, emergencies were

reduced due to exhaustion and the supply level was improved.

A comparison was made between the TOC and DDMRP methodologies, the parameters that were examined are the amount of inventory and the level of turnover, TOC suggests 174, 497 pairs of boots as monthly average inventory, in the case of DDMRP the inventory value recommended is 194,782 pairs of boots, when reviewing the turnover rates there is an obvious difference between the two methodologies.

Keywords: (Demand Driven, Supply Chain, Buffer, Service Level, TOC).

CAPÍTULO I

1. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Introducción

Todas las compañías en su organización interna deben usar una metodología que soporte el aprovisionamiento de materiales para mantener un flujo continuo en la cadena de suministro, de esta forma se supervisa que todos los eslabones se encuentren sincronizados desde el proceso de abastecimiento de materiales, la fabricación de los productos, almacenamiento, *cross-docking* y distribución hasta la entrega a los clientes (Kuhn, 2015).

Una de las metodologías usadas en la década pasada es la Teoría de Restricciones (TOC), establecida por *Eliyahu M. Goldratt*, cuya filosofía es ganar dinero, que es la meta de todas las organizaciones. Uno de los aspectos más importante del TOC es la identificación de los cuellos de botella o restricciones (Ribeiro et al., 2018), cuya capacidad es igual o inferior a la demanda ejercida sobre él, al tener claramente identificado los cuellos de botella se evita que el flujo de un proceso se detenga.

Los siguientes conceptos que administra la metodología TOC son los ingresos, inventarios y gastos de operación. El ingreso es el valor en dinero menos el pago de la materia prima que se usa en un proceso productivo. El inventario es todo el capital de trabajo que se encuentra almacenado para una venta posterior y los gastos operacionales es todo el dinero que gasta el sistema para convertir el inventario en ingresos netos (Goldratt et al., 2005).

Conociendo los conceptos descritos anteriormente se procede al cálculo de un amortiguador que no es otra cosa que el nivel de inventario objetivo que las empresas deben conocer y administrar, este cálculo se lo hace en función de la demanda histórica; el valor del amortiguador se divide en tres zonas: rojo, amarillo y verde, (Dr. Anjay Kumar Mishra, 2020) que me permite visualizar el nivel de inventario.

De esta forma se logró controlar de mejor manera el inventario de las organizaciones, sin embargo, existe una nueva metodología que incorporó nuevos conceptos a los de la teoría de restricciones, es la Planeación de Requerimiento de Materiales Impulsados

por la Demanda (DDMRP).

DDMRP se basa en dos características fundamentales, la primera que es el punto de desacoplamiento que es la separación de la demanda dependiente de la independiente, se trata de una definición estratégica para maximizar el retorno sobre la inversión (ROI) (Pekarčikova et al., 2019), la segunda es la posición estratégica de los amortiguadores que permiten observar los cambios en los mismos por la variación de la demanda.

El DDMRP es un método que se basa en el lema de posicionar, proteger y halar (Miclo, 2016), de esta forma permite modelar y planear la cadena de suministro. Posicionar tiene un componente “posicionamiento estratégico del inventario”, que es determinar el lugar en la cadena de suministro donde se colocará el amortiguador para desacoplar la variabilidad de la demanda. Proteger consta de dos componentes que son los “perfiles y niveles del amortiguador” y sus “ajustes dinámicos”, esto significa, valorar el nivel del inventario (amortiguador) y su comportamiento en el tiempo; estos tres componentes definen el modelo de planeación de requerimientos de materiales. Finalmente, halar que consta de dos componentes “planeación basada en las ventas” y la “ejecución visible y colaborativa”, estos definen los aspectos operacionales que son la planeación y la ejecución (Ptak & Smith, 2016b).

La empresa Plasticaucho Industrial S.A., se encuentra permanentemente en proceso de mejora continua, por esta razón se plantea si los buenos resultados obtenidos con la metodología TOC es la forma correcta de administrar sus inventarios en toda la cadena de suministro. Este proyecto de investigación analiza si la metodología que se está aplicando en este momento (TOC) es eficaz frente a una nueva forma de administrar los recursos con DDMRP, la línea de negocio en la que se enfoca el análisis es calzado moldeado por inyección (botas), los beneficios que se estiman de esta investigación son: lograr comparar los datos existentes de los niveles de inventario (amortiguadores) generados con TOC con la nueva propuesta del DDMRP; la forma de priorizar los envíos de las órdenes a producción y el nivel de alerta para evitar el desabastecimiento de las botas a los clientes.

En el capítulo II, se encuentra la fundamentación teórica y la revisión de la literatura. El tipo de investigación, la hipótesis, la ubicación, el cálculo de la población y la

muestra, plan y recolección de información se indican en el capítulo III. El capítulo IV contiene el análisis e interpretación de resultados. Finalmente, el capítulo V está conformado por las conclusiones y recomendaciones.

1.2. Justificación

El trabajo investigativo tiene como beneficiario la empresa Plasticaucho Industrial S.A, específicamente la línea de negocio de botas. Para determinar los materiales a estudiar se realizó un ABC de productos, con esta clasificación el análisis se enfocó en los materiales con tipología A donde se verificó si la cantidad de producto terminado a nivel de talla es óptima para cumplir con la demanda de los clientes.

La aplicación de la metodología DDMRP, permitió obtener como beneficio directo la validación de los niveles de inventario en toda la cadena de suministro que administra la empresa Plasticaucho Industrial S.A. Se realizó un mapa de amortiguadores de la organización donde se identificó los puntos de desacoplamiento, posteriormente se asignaron amortiguadores y de esta forma se aseguró la continuidad del flujo de las operaciones. Se realizó el cálculo de los niveles de amortiguadores donde se evidenció las primeras diferencias entre las metodologías TOC y DDMRP, los valores obtenidos en el cálculo del inventario físico (menor inventario) muestran un mejor comportamiento del DDMRP. Se validó las fluctuaciones del inventario en el tiempo mediante una simulación, de esta forma se logró verificar las sugerencias para ajustar dinámicamente los amortiguadores. Con estos datos se evidenció que el DDMRP percibe el cambio de la demanda del cliente y por consiguiente hala al proceso de producción.

Con la revisión de los componentes citados anteriormente se calculó los niveles de inventario óptimos para la compañía Plasticaucho Industrial, se verificó que el DDMRP se acopla sin ningún inconveniente al modelo de planificación y programación que tiene estructurado la compañía. Con esta información de las operaciones se genera un aporte de la planificación financiera de la organización.

1.3. Objetivos

1.3.1. General

- Diseñar un modelo de gestión basado en la metodología DDMRP para el aprovisionamiento de materiales en la industria del calzado.

1.3.2. Específicos

- Definir el posicionamiento estratégico de los inventarios en la línea de negocio de botas.
- Determinar los niveles óptimos de inventario por cada código de artículo (sku).
- Establecer el modelo y políticas de abastecimiento para el corto y mediano plazo.
- Realizar un estudio comparativo entre la metodología TOC actual y el DDMRP propuesto.

CAPÍTULO II

2. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

2.1. Fundamentación teórica

En la actualidad la administración de toda la cadena de suministro es uno de los retos más importantes a la que las empresas se enfrentan, la literatura siguiente se enfoca en los conceptos que se debe comprender para la aplicación de la metodología de planeación de requerimiento de materiales impulsados por la demanda (DDMRP).

2.1.1. Administración de inventarios

Unidad de almacenamiento de existencia (SKU). Las empresas deben lidiar con diferentes tipos de productos (sku), los mismos que se refieren a artículos de inventario que son completamente específicos en cuanto a su función, estilo, color, tamaño y ubicación (van Kampen et al., 2012).

Inventario. Es un conjunto de bienes que están almacenados y su uso es para la venta, se caracteriza por ser un porcentaje muy significativo del capital total de la organización (Nemtajela & Mbohwa, 2016). El inventario generalmente se encuentra como insumo (materias primas) para la fabricación de un bien, o como producto terminando para cumplir con la necesidad de los clientes. Otro criterio importante considera que la administración del inventario es encontrar el punto de equilibrio entre la inversión en el inventario y el servicio al cliente (Heizer et al., 2009).

Control de inventario. Uno de los métodos de control del inventario más usado es la cantidad económica del pedido (EOQ), este método se fundamenta en una demanda conocida y constante, el costo de almacenar el inventario y el costo de realizar un pedido de reposición (Axsäter, 2015). Una forma de controlar el inventario es mediante un categorización ABC, la categoría A son los materiales más significativos, la categoría B son los materiales considerados significativos moderado y la categoría C son los materiales significativos (Nemtajela & Mbohwa, 2016). Como explicación, los materiales A son los que tienen un consumo más alto en un período de tiempo; los materiales B tienen un consumo medio y los materiales C son los de bajo consumo.

Gestión del inventario. Se define como el control y supervisión de los productos

terminados para cumplir con un pedido para la atención de un cliente; con esta descripción se mide el nivel de servicio de una empresa a sus clientes. En el caso de que el inventario sea una materia prima se define como el control y almacenamiento de los suministros usados para la producción de un bien (Ismail et al., 2015). La sociedad estadounidense de producción define a la gestión de inventarios como parte de la gestión empresarial encargada de la planificación y control de inventarios (Toomey, 2000).

Sistema de inventario. Los sistemas de inventario son fundamentales en el control de todos los bienes de la cadena de suministro, se encuentran diseñados con políticas que permiten dimensionar la cantidad que se debe abastecer. Una forma de controlar la eficiencia del sistema de inventario es mediante los movimientos de cada artículo en el almacén, el método más conocido es el manejo del stock de seguridad y el reabastecimiento por el punto de pedido (Efrilianda et al., 2018); con este método se determina el mínimo inventario que se podría seguir ofreciendo a los clientes y el punto de pedido es el indicador del reabastecimiento de inventario para que la distribución de los artículos se pueda entregar a tiempo.

Tipos de inventario. Los inventarios se clasifican de acuerdo a su naturaleza (Heizer et al., 2009) y se encuentran detallados en la TABLA 2-1.

TABLA 2-1 TIPO DE INVENTARIO SEGÚN SU NATURALEZA

Tipo de inventario	Descripción
Inventario de materias primas	Son todos los insumos que se compran para posteriormente ser incorporados en un proceso productivo. Este inventario sirve para desacoplar al proveedor del proceso productivo.
Inventario de trabajo en proceso (WIP)	Son los productos semielaborados, es la transformación de la materia prima, pero todavía debe ingresar a un proceso productivo para transformarse en producto terminado.
Inventario para mantenimiento, reparación y operaciones (MRO)	Son los inventarios asociados a los suministros de mantenimiento, reparación y operaciones; son necesarios para mantener un flujo continuo, se relaciona con los insumos para las maquinarias.
Inventario de producto terminado	Se constituyen en todos los artículos elaborados que se encuentran listos para su comercialización.

Fuente: Principios de administración de operaciones (Heizer, Render, y Murrieta, 2009)

Este tipo de clasificación tiene como enfoque principal la administración de los inventarios en los procesos productivos, su función es conocer los actores que intervienen indirectamente en su proceso ya que estos proveen de insumos necesarios

para el proceso de manufactura.

Otros autores realizan la clasificación según su función (García-Sabater, 2020) y se describe en la TABLA 2-2.

TABLA 2-2: TIPO DE INVENTARIO SEGÚN SU FUNCIÓN

Tipo de inventario	Descripción
Inventario de seguridad	Es el inventario existente para variaciones en la demanda, tiene como objetivo no ser utilizado.
Inventario de ciclo	Son las variaciones del inventario a medida que se recibe y se entrega el producto, este inventario se encuentra por encima del inventario de seguridad.
Inventario en tránsito	También se lo conoce como reposiciones planificadas; es el inventario ya solicitado, pero aún no se encuentra disponible.
Inventario disponible	Es aquel que se encuentra físicamente en la empresa.
Inventario de especulación	Es el que dispone una compañía anticipándose a las variaciones de la demanda, como ejemplo podemos citar: informar al cliente un incremento de precios y esto genera un mayor consumo.
Inventario emocional	Este tipo de inventario se refiere a la compra de materias primas para lanzamientos no planificados, permite ocultar los fallos y errores que pueden tener los procesos productivos.

Fuente: Gestión de stocks de demanda independiente (García-Sabater, 2020).

En esta clasificación la función primordial del inventario es la satisfacción del mercado, por lo tanto, las organizaciones deben decidir qué cantidad de inventario deben tener, cuándo realizar pedidos, cuándo recibir pedidos, y finalmente qué cantidad almacenar.

Costo de inventario. En la gestión del inventario uno de los objetivos de mayor importancia es el costo, por esta razón es necesario conocer los costos involucrados al mismo (Guerrero Salas, 2010). Los costos asociados al inventario se describen en la TABLA 2-3.

TABLA 2-3 COSTOS ASOCIADOS AL INVENTARIO

Tipo de costo	Descripción
Costo de mantenimiento	Se genera por el almacenamiento de un artículo, dentro de este se puede disgregar: los valores asociados al dinero invertido en la compra del bien, el costo de la administración que incluye la custodia, y el costo de los seguros.
Costo de penalización	Se genera en el momento que un cliente realiza una solicitud de compra y no se le puede entregar. Este costo se asocia a la oportunidad de la entrega.
Costo por ordenar o fijo	Se genera al momento de realizar una compra o el envío de una orden de producción.
Costo variable	Este es asociado a la producción y compra de un bien. El costo en producción depende directamente del número de unidades enviadas a producir, en el caso de órdenes de compra es el valor a pagar a los proveedores.

Fuente: Inventarios: manejo y control. Guerrero (2010)

El costo del inventario es una de las variables de mayor importancia en toda organización, se considera que el costo de adquisición de un artículo es la parte más importante en el cálculo del costo del inventario, por lo tanto se debe analizar una tasa cercana a la tasa libre de riesgo que es la forma más adecuada para valorar las inversiones relacionadas con el mantenimiento del inventario (Kouvelis et al., 2017).

2.1.2. Administración de la demanda

La demanda se define como la cantidad real de un bien o servicio que los consumidores desean comprar a un precio determinado (Krugman et al., 2013). La demanda se puede considerar de varias fuentes, como ejemplos podemos citar: los pedidos solicitados por los clientes (demanda real), y el envío de órdenes a producción que proviene de una proyección de ventas, por lo tanto, la demanda también puede ser pronosticada. Un pronóstico es la estimación de una demanda futura, se lo puede construir mediante métodos cuantitativos, cualitativos o una combinación de estos (Ptak & Smith, 2016a).

La demanda se clasifica en varios tipos los mismos que se muestran en la Figura 2-1. Demanda independiente es aquella que se genera por elementos propios del mercado, es decir un consumo natural. La demanda dependiente es aquella que se vincula con la demanda de otro producto, este producto puede tener demanda independiente. Demanda predecible es aquella que se conoce la cantidad y su tiempo de entrega. Demanda estable aquella que, aunque el valor de la demanda varía lo hace alrededor de una cantidad constante en el tiempo. Demanda con tendencia es aquella en la que

el valor medio de la demanda varía con el tiempo, la tendencia puede ser creciente o decreciente. Demanda estacional es una variación de la demanda media, se encuentra relacionada con el consumo del mercado, y se prevé en el ciclo de planificación y finalmente la demanda de movimiento rápido o lento; la demanda de movimiento rápido se asume que tiene una distribución de tipo normal; en el caso de movimiento lento se asemeja a una distribución de Poisson (Garcia-Sabater, 2020).

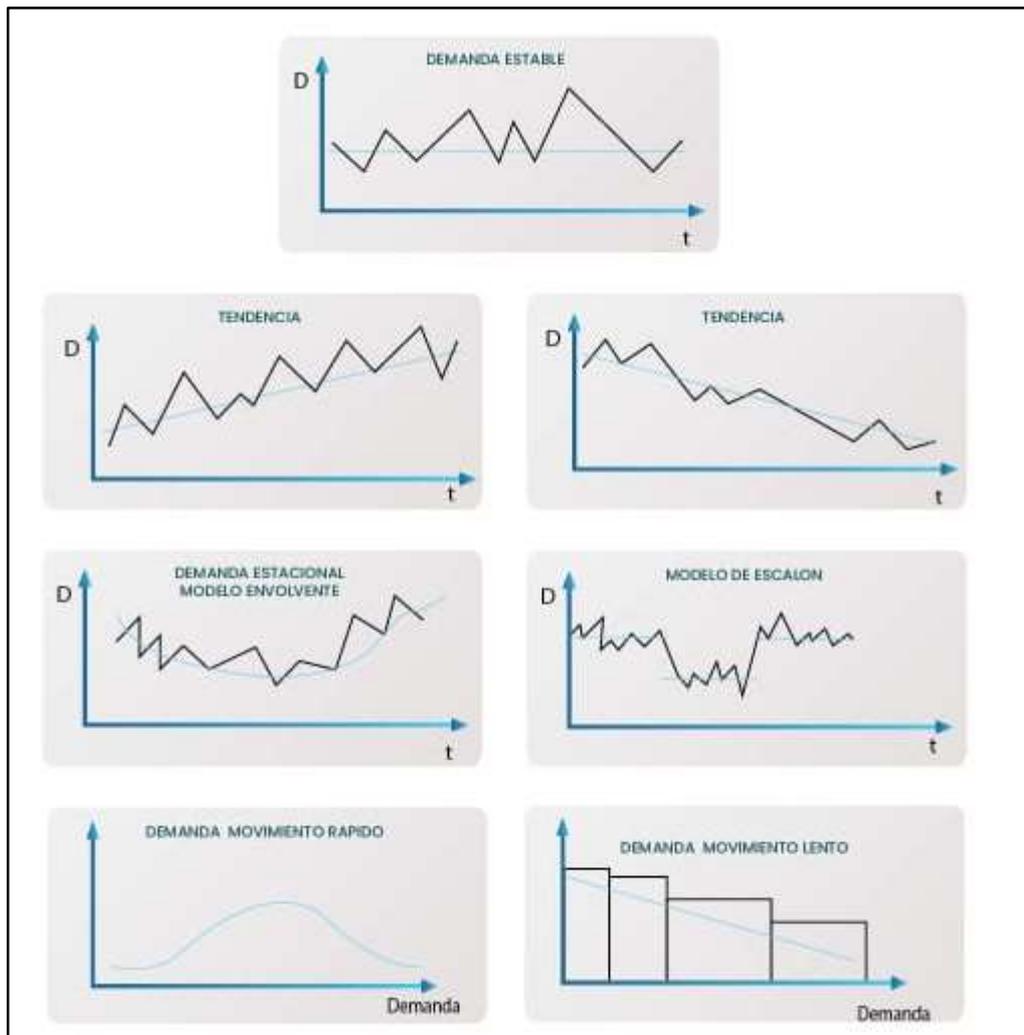


Figura 2-1 Tipos de demanda.

Tiempo de espera (LT). El LT es el tiempo que transcurre desde que se genera una orden de compra de un producto por parte de un cliente, hasta el momento de su entrega, el LT se clasifica en: LT probabilístico, este tipo de LT es estocástico ya que el tiempo de entrega al cliente es variable; y LT independiente, este tipo de LT es determinístico ya que se conoce el tiempo que se demora el producto en ser entregado (Axsäter, 2015).

Nivel de servicio. Se conceptualiza el nivel de servicio como una magnitud, grado o calidad definida del cumplimiento del servicio prestado, de esta forma medimos la satisfacción de los clientes (Dorado Romero, 2014). El objetivo principal de mantener inventario es garantizar que al momento de que el cliente solicite un producto se lo pueda atender, esta medición se la obtiene en porcentaje y su fórmula de cálculo se muestra en la ecuación (1).

$$N.S = \frac{\text{Cantidad solicitada por el cliente}}{\text{Cantidad entregada por la compañía}} * 100 \quad (1)$$

2.1.3. Sistemas de gestión de manufactura

Planeación de requerimiento de materiales (MRP) II. El MRP es un conjunto de técnicas que usa los datos de la lista de materiales, datos de inventario y la programación maestra de producción para calcular los requerimientos de los materiales, además debido a que tiene fases de tiempo hace recomendaciones para reprogramar los pedidos abiertos cuando las fechas de entrega se encuentran desfasadas, cuenta con la integración de los módulos de centros de trabajo, donde se define la disponibilidad de recursos del sistema. Los módulos integrados del MRP II son: compras, producción y contabilidad de costos, transformándolo en un sistema conocido como planeación de recursos de materiales.

Planeación de recursos empresariales (ERP). En los años 90 se encontraba disponible la arquitectura cliente-servidor, esta tecnología permite que todos los procesos de las organizaciones tengan la información en línea, de esta forma se genera un sistema de información dando soporte a toda la organización y no simplemente al proceso productivo.

Gestión de la cadena de suministro (SCM). Con las bases sólidas del MRP II en las actividades de compras-producción-distribución y logística, se expandieron a otros procesos internos como: recursos humanos, el área comercial e inclusive a nuestros clientes y proveedores (Delgado & Marín, 2000).

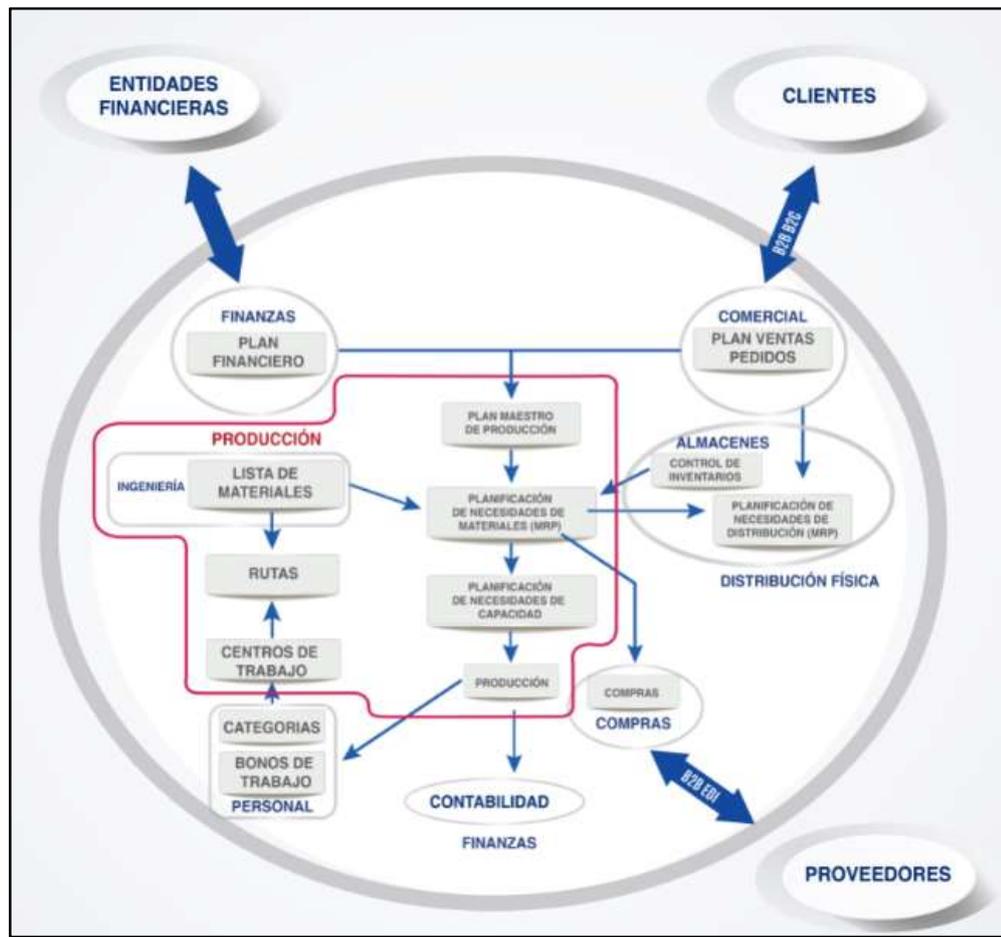


Figura 2-2 Gestión de la cadena de suministro

En la Figura 2-2 se evidencia la apertura que hoy en día existe entre las industrias con sus clientes y proveedores, es indispensable en ciertos casos crear relaciones mutuamente beneficiosas con los proveedores para que estos entiendan el giro de negocio, de esta manera se logra llegar a mejores acuerdos para obtener mejores tiempos de entrega, disminución en la cantidad mínima de pedido y por consiguiente en la disminución del inventario.

Gestión de relación con los clientes (CRM). Es una estrategia cuyo objetivo fundamental es mantener una buena relación con los clientes, con esta implementación se espera mejorar la rentabilidad de las empresas y generar nuevas oportunidades de negocio.

Gestión del ciclo de vida del producto (PLM). Es la información técnica recopilada en todo el ciclo de vida del producto, dicha información consta desde la fase del diseño hasta la entrega del producto al cliente.

DDMRP. Es una metodología que permite planificar y gestionar la cadena de suministro promoviendo el flujo de materiales e información relevantes, consta de 5 elementos secuenciales (Favaretto & Marin, 2018), los que se indican a continuación:

1. Desacoplamiento estratégico
2. Perfiles de inventario y sus niveles
3. Ajuste dinámico del amortiguador
4. Planificación impulsada por la demanda y
5. Ejecución visible y colaborativa.

2.1.4. Planeación de requerimiento de materiales impulsados por la demanda

DDMRP. Es un método de planeación y ejecución formal multinivel que protege y promueve el flujo de información y materiales relevantes, el medio usado es el desacoplamiento y la localización estratégica del inventario (Ptak & Smith, 2016a).

Una de las bases más importantes del DDMRP es proteger y promover el flujo que no es otra cosa que la maximización del retorno sobre la inversión (ROI), su fórmula de cálculo se muestra en la ecuación (2).

$$ROI = \frac{\textit{Beneficios antes de interés y después de impuestos}}{\textit{Capital invertido}} \quad (2)$$

Todas las empresas tienen como meta ganar dinero (Goldratt et al., 2005), por lo tanto es necesario que el flujo de información y materiales relevantes crezca para que el ROI (Figura 2-3) también crezca, la relevancia de los materiales e información se determina por el consumo real de los clientes.



Figura 2-3 Pirámide del DDMRP.

Fuente: (Smith, 2013)

Para que el flujo se establezca como la base del sistema y sea visible, es necesario alinear todos los procesos internos de las compañías. Una práctica que promueve este alineamiento es cambiar los indicadores departamentales a indicadores que promuevan el flujo, en la TABLA 2-4 se muestra una forma de medir cada uno de los procesos.

TABLA 2-4 FUNCIONES ORGANIZACIONALES, OBJETIVOS Y MEDIDORES

Función	Objetivo Primario	Ejemplo de Medidor
Planeación	Sincronizar la oferta y la demanda	Agotados y exceso de inventarios
Finanzas	Fortalecer los activos de los socios	Retorno sobre el capital promedio
Ventas	Capturar la demanda	Cantidad de pedidos
Mercadeo	Crear conciencia de marca y demanda.	Porcentaje de participación del mercado
Operaciones	Utilización de activos	Eficiencia global de los equipos
Calidad	Cumplir las especificaciones	Reclamos por parte de los clientes

Fuente: Ptak, C. A., & Smith, C. (2016a). DDMRP Planeación de requerimiento de materiales Demand Driven.

Al final cuando todos los procesos se encuentran alineados, el flujo genera coherencia entre todos los departamentos, en la Figura 2-4 se ejemplifica lo mencionado.



Figura 2-4 Procesos alineados al flujo

Fuente: (Ptak & Smith, 2016a)

Cuando todos los departamentos de una organización trabajan pensando en el flujo, los conceptos cambian en beneficio mutuo ya que se deja de lado el pensamiento de las mediciones individuales y de esta forma es posible resolver los problemas transversalmente.

La realidad actual a la que se enfrentan las industrias es como hacer una planificación eficiente de los inventarios, DDMRP es un modelo de demanda cuyo papel es eliminar el inventario basado en una distribución bimodal (Pekarčíkova et al., 2019) y se ilustra en la Figura 2-5.

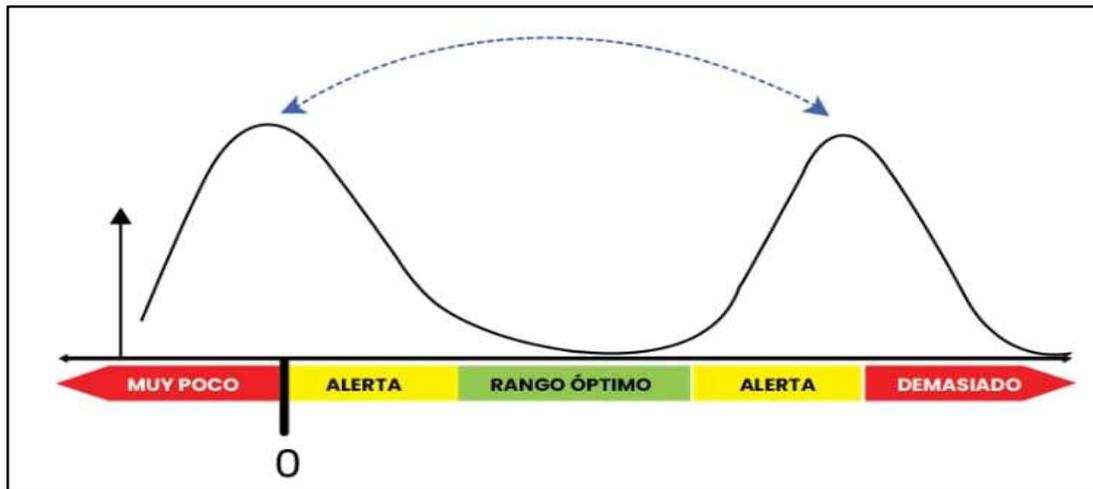


Figura 2-5 La distribución binomial del inventario.

Fuente: (Pekarčíkova et al., 2019)

La interpretación de la Figura 2-5 es la siguiente: al lado izquierdo cuyo indicador es “muy poco”, nos indica que existe riesgo que genere ruptura de inventario y por consiguiente se incumpla la venta a los clientes, este efecto se reflejará en el indicador del nivel de servicio, que es el grado de calidad definido del cumplimiento del servicio prestado (Dorado Romero, 2014, p. 2005). El efecto contrario es “demasiado”, este indicador muestra que existe gran cantidad de inventario y por consiguiente se generará una pérdida de liquidez, ya que esos recursos financieros se encuentran amortizados por el exceso de inventario.

Dentro de los puntos A y B (Figura 2-6) existe un término denominado “nerviosismo sistemático” causado por el efecto látigo.

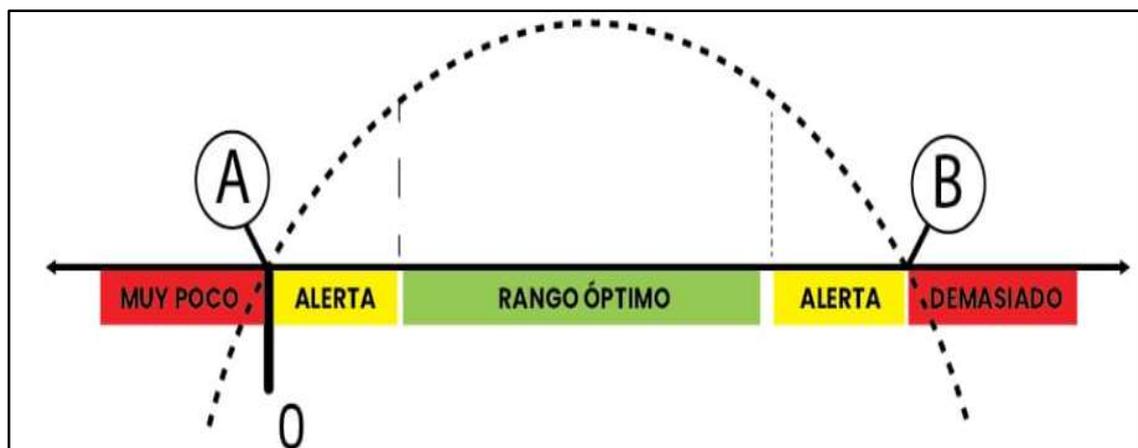


Figura 2-6 La función de pérdida de inventario de Taguchi.

Fuente: (Ptak & Smith, 2016a)

El efecto látigo se define como un cambio provocado en la demanda y genera una gran cantidad de cambios en toda la cadena de suministro y esto a su vez genera una enorme cantidad de inventario en sus diversos actores; el inventario puede pasar rápidamente de tener faltantes a excesos (Ptak & Smith, 2016a). Este efecto es el rompimiento sistemático de la información y los materiales relevantes en una cadena de suministro.

La Figura 2-7 es una representación gráfica donde se observa que el movimiento de la flecha ondulante de derecha a izquierda es la distorsión de la información, la onda de flecha crece en amplitud durante toda la cadena de suministro y representa la desconexión de la información con el origen de la señal. La flecha ondulada que se mueve de izquierda a derecha representa la distorsión de los materiales, la onda crece en amplitud desde los proveedores hasta el productor de la referencia (órdenes de entrega de materiales OEM), indicando la acumulación de los retrasos debido a los agotados.



Figura 2-7 El efecto látigo

Pilares del DDMRP

DDMRP se apoya en seis pilares fundamentales que se muestra la Figura 2-8.

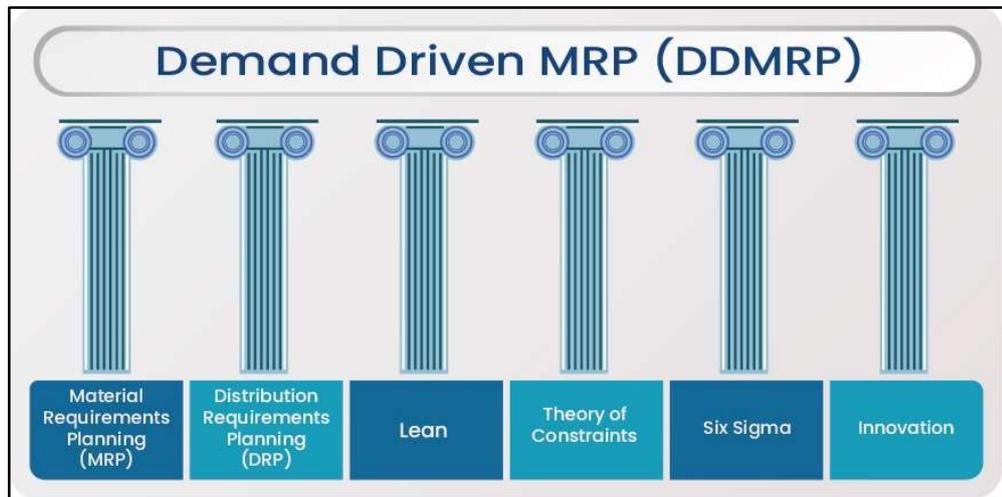


Figura 2-8 Pilares en los que se fundamenta DDMRP

Fuente: (Miclo, 2016)

Los conceptos de los 6 pilares (Miclo, 2016) se detallan a continuación:

MRP. Es un conjunto de técnicas que utiliza: lista de materiales, datos de inventario y programación maestra de producción; que permite mediante una explosión de materiales calcular las necesidades de materia prima para la elaboración de un producto, además sugiere la liberación de pedidos de reabastecimiento.

Distribución de requisitos de planificación (DRP). Es una herramienta que utiliza los inventarios para hacer un análisis de reabastecimiento a los centros de distribución o a las sucursales.

Manufactura esbelta (Lean). Es una filosofía que se fundamenta en la disminución de todos los recursos (incluyendo el tiempo) usado en todas las actividades de la empresa. Contiene un conjunto de principios, que sirven para identificar los desperdicios, y de esta manera minimizar los costos en los procesos de fabricación.

Teoría de restricciones (TOC). Es una filosofía de gestión integral desarrollada por el Dr. Eliyahu M. Goldratt que se basa en los principios de simplicidad inherente. En un estudio comparativo entre DDMRP y MRP se considera que el TOC es una metodología que se basa en la mejora continua, donde los sistemas se definen como

una serie de procesos independientes, a los que el TOC se enfoca en mejorarlos (Favaretto & Marin, 2018). El TOC se orienta en encontrar los procesos que evitan que el sistema cumpla su objetivo común.

6 Sigma. Es un conjunto de conceptos y prácticas que reducen la variabilidad en los procesos y por consiguiente deficiencias en el producto.

Innovación. Es una acción continua que se da en el tiempo, se relaciona con la mejora de los métodos y procesos, es parte de los conocimientos previamente adquiridos.

Características del DDMRP

El DDMRP se basa en dos características básicas que se muestran en la Figura 2-9 (Pekarčikova et al., 2019).



Figura 2-9 Características básicas del DDMRP

La primera característica es el punto de desacoplamiento, que es la separación de la demanda dependiente de la independiente; con esta ubicación estratégica permite la maximización del retorno sobre la inversión (ROI) ya que no existe interrupciones en el flujo de las operaciones. La segunda característica es la demanda actual, esto permite que el sistema detecte las variaciones del consumo. Las otras características no menos

importantes son los amortiguadores que están calculados para soportar las variaciones y se regulan automáticamente, evitando tener urgencias, manteniendo un nivel óptimo de inventario e incrementado la satisfacción de los clientes.

El DDMRP tiene cinco componentes secuenciales, los que se ilustran en la Figura 2-10:



Figura 2-10 Los cinco componentes del DDMRP

Los primeros tres componentes definen la configuración inicial del modelo de planeación de requerimiento de materiales impulsados por la demanda. El posicionamiento estratégico del inventario determina el lugar en la cadena de suministro donde se ubican los puntos de desacople. Los niveles de los amortiguadores determinan la cantidad de protección que tienen los puntos de desacople. Los ajustes dinámicos se generan acorde al consumo (venta), de esta forma el amortiguador puede incrementar o disminuir su nivel de protección.

Los elementos cuatro y cinco definen los aspectos operacionales. En DDMRP la planeación es el proceso que genera las órdenes que pueden ser de compra o de producción y la ejecución visible y colaborativa que es la gerencia de las órdenes (compras o producción) abiertas.

Cálculo de los niveles y las zonas de los amortiguadores

El amortiguador es la cantidad de inventario que se encuentra posicionado estratégicamente en un punto de desacoplamiento, este se divide en tres zonas (Smith, 2013). La zona verde, es el núcleo de la generación de las órdenes de reposición, determina la frecuencia de la generación de órdenes y el tamaño mínimo de cada orden. La zona amarilla, es el núcleo de la cobertura de la demanda del amortiguador. La zona roja es la seguridad insertada en el amortiguador, esto significa que mientras mayor

variabilidad tenga una referencia mayor debe ser la zona roja (Ptak & Smith, 2016a). A continuación, se indica el método de cálculo de cada una de las zonas.

Zona verde

1. Se debe conocer la cantidad mínima de pedido.
2. Frecuencia de la orden.
3. Cálculo (tiempo de espera desacoplado * consumo promedio diario * el porcentaje del tiempo de espera).

Zona amarilla

1. Cálculo (consumo promedio diario* tiempo de espera desacoplado)

Zona roja

1. Zona roja base: Cálculo (tiempo de espera desacoplado * consumo promedio diario * el porcentaje del tiempo de espera).
2. Zona roja segura: Cálculo (zona roja base * % de variabilidad)
3. Zona roja total = zona roja base + zona roja segura.

2.2. Revisión de la literatura

2.2.1. Casos de estudio DDMRP

La razón principal para que las compañías implementen la planeación de requerimiento de materiales impulsados por la demanda (DDMRP) es hacer un cambio de los métodos de gestión que les permitirá cumplir sus objetivos empresariales como mejorar su nivel de servicio y tener menor cantidad de inventario.

En un estudio se analizó una muestra de treinta empresas de Estados Unidos que se inclinaron por esta metodología, como información importante se destaca la existencia de ocho empresas que administraban su cadena de suministro con la metodología de teoría de restricciones (TOC) que es uno de los pilares en los que se fundamenta el DDMRP (Bahu et al., 2019).

En otro estudio realizado, en una empresa del sector automotriz en Indonesia, se generó una simulación mediante DDMRP por un período de cuatro semanas; el análisis

se enfoca en la cantidad que se debe aprovisionar de cuatro referencias necesarias para la fabricación de un vehículo, se comparó los valores obtenidos de su sistema actual (MRP) versus DDMRP, obteniendo una disminución de 52 a 3 días de aprovisionamiento, que representa una reducción del 94% del tiempo; este resultado se obtuvo al desacoplar la listas de materiales y mitigar su variabilidad, con esta información se comprobó que el nivel de inventario existente soportó la demanda de cada uno de los componentes semielaborados, incrementado su nivel de servicio y disminuyendo los agotados (Mohamad Jihan Shofa & Wahyu Oktri Widarto, 2017).

Inkco es una industria de origen alemán dedicada a la fabricación de tintas para tampografía, serigrafía e impresión digital, cuyo mercado es de 80 países a nivel mundial. Los problemas con los que la compañía lidiaba es el exceso de inventario innecesario y las urgencias provocadas por falta de inventario correcto para cumplir con sus ventas. Se realizó un estudio donde se simuló la administración del inventario con DDMRP, se seleccionó una muestra de 28 productos (tipo A), los de mayor rotación, se calculó los niveles de amortiguador utilizando las ventas desde el año 2013. Los resultados obtenidos sobre el comportamiento del inventario son importantes ya que el amortiguador detectó 95% menos de falta de existencias, este indicador visualiza si el inventario puede llegar a cero; otro dato muy relevante es que el 39% de los productos redujeron el inventario (Ihme & Stratton, 2015).

Factory X es una industria de entorno de fabricación compleja, ya que sus productos tienen cuatro niveles de lista de materiales; se realizó una simulación tomando en cuenta los componentes: la demanda por tipos de producto (40), número de componentes de fabricación (83), el tiempo de entrega de los componentes (24 a 26 días) y tiempo de entrega a los clientes (7 días). El escenario de simulación es de 48 semanas, se realizó mediante el software Arena, la configuración de los parámetros del DDMRP se enfocaron en el posicionamiento estratégico de los amortiguadores y principalmente en la reducción del tiempo de espera (DLT). Los resultados del modelo se evaluaron en dos categorías: en el nivel de existencia, la simulación del DDMRP genera un inventario inicial de 26.641 unidades en todos los componentes de fabricación, llegando a una media de 11.656 unidades que representa el 43% de reducción en el inventario. La satisfacción del cliente se mide por el tiempo de entrega que es 2,6 días, representando 41% de reducción de tiempo (Acosta et al., 2019).

Existen publicaciones que describen la integración de la planeación de ventas y operaciones como una innovación de DDMRP, este vínculo se conoce como Planeación de Ventas y Operaciones Basada en la Demanda (DDS&OP) y a este se suma un Sistema Adaptativo Impulsado por Demanda (SADD) dando como resultado el Modelo Impulsado por la Demanda Adaptado a la Empresa (DDAE). El DDS&OP es un punto de integración bidireccional para la toma de decisiones (anual, trimestral) y la táctica (semana y día). DDMRP establece los parámetros del modelo operativo, sustentados en la estrategia de negocio y la inteligencia de mercado, esto genera como salida del proceso (SADD) (Vidal et al., 2020).

Otros estudios intentan validar cuantitativamente el comportamiento de la gestión de los materiales, se realizó una comparación que permite verificar el comportamiento de las siguientes metodologías: MRP II, Kanban y DDMRP; este estudio se basa en un diseño experimental que consta de dos factores: sistema de planificación (tres niveles) y variabilidad de la demanda (en dos niveles). El primer factor es la planificación enfocada en MRP II, Kanban y DDMRP, el segundo factor es la variabilidad que es alta y baja, el escenario propuesto para la simulación es de 240 interacciones y 14 referencias (Miclo et al., 2019).

Con los datos anteriores se realizó una simulación en DDMRP, se analizó el posicionamiento de los amortiguadores y se definió que materiales se desacoplan, de esta forma se disminuye los tiempos de entrega y se reduce la variabilidad. En el método Kanban en el sistema de planificación analizaron la gestión de la carga y su capacidad, con esta premisa la variabilidad está controlada, finalmente la planificación con el método MRP II se basa en una demanda prevista promedio, a partir de esto se genera las órdenes de producción semanal y su respectivo requerimiento de material.

En lo referente a la variabilidad se utilizó una distribución beta que permite simular la variabilidad de la demanda real. En los resultados obtenidos se observa el dominio del DDMRP con respecto a los otros modelos, en el análisis de los resultados se evidencia su eficiencia principalmente en el anticipo de la fabricación de los artículos cuyo porcentaje de cumplimiento está sobre el 99% con una variabilidad alta en la demanda, el valor de la desviación estándar (39,58) es mejor respecto al resto de métodos, el autor considera que la ventaja del DDMRP con respecto al resto de metodologías es la integración de aspectos de MRP, Lean, Six Sigma y TOC.

2.2.2. Beneficios DDMRP

Los beneficios que se pueden obtener al implementar la metodología DDMRP en una organización son: los muy buenos resultados obtenidos en la rotación y disminución de la cantidad de inventario (Kortabarria et al., 2018). A continuación, se detalla los pasos de dicha implementación:

El DDMRP se implementó en una empresa española que es líder en la fabricación de cerrajería, su participación de mercado es del 85% a nivel nacional, mientras que el resto de su capacidad productiva está dedicada a la exportación de alrededor de 50 países. En el análisis de la situación actual se observó que la mayoría de los proveedores de esta compañía son de China, por lo tanto, el tiempo de aprovisionamiento de su materia prima es de 3,5 meses. El proceso de planificación de las compras de los materiales se realizaba una vez por mes, usando el pronóstico como herramienta, la única persona encargada de esta tarea es el gerente de planificación, esto generó un riesgo a la compañía ya que únicamente él tenía la información sobre las cantidades de compra y fechas de llegada.

La Organización decidió implementar DDMRP enfocándose en el aprovisionamiento de materiales por la falta de flexibilidad en la cantidad al momento de comprar y por sus largos tiempos de aprovisionamiento. En la fase de implementación de la metodología DDMRP, es necesario posicionar estratégicamente el amortiguador, esto es definir en qué parte de la cadena de suministro se contará con inventario, de esta forma se mitiga la variabilidad de la demanda, la compañía poseía un inventario de producto terminado por seguridad esto se debe a que el tiempo de entrega al cliente es relativamente mínimo de 24 a 48 horas, en esa posición estuvo correcto por lo tanto este paso se encontraba listo. Se calculó el tamaño de los amortiguadores y se los diferenció por familias de producto, posteriormente se realizó un ajuste dinámico de los amortiguadores que inclusive visualizaba el cierre de las operaciones de los proveedores por año nuevo chino, de esta manera se aseguró que no exista desabastecimiento en esas fechas. El análisis se realizó en 579 referencias, durante un período de 11 meses, en los datos globales se observa que el consumo promedio diario se incrementó en 8,7% y en contraste el inventario disminuyó en un 52,3%.

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Ubicación

El trabajo investigativo se realizó en la empresa Plasticaucho Industrial S.A. que se encuentra ubicada en la provincia de Tungurahua en el cantón Ambato (parque industrial), cuya actividad económica es la fabricación y comercialización de calzado.

3.2. Equipos y materiales

Para la realización de este estudio investigativo se utilizará los materiales detallados en la TABLA 3-1

TABLA 3-1 MATERIALES Y UTILIDAD

Material	Utilidad
Sistema ERP SAP	Software que permite la obtención de la data estadística como: venta, inventario, valor del buffer calculado con TOC.
Paquete de Microsoft Office Excel 365	Procesamiento de la información. Realización de hojas de cálculo que permite calcular los valores del buffer y su correspondiente abastecimiento.
Paquete de Microsoft Office Visio 365	Elaboración del mapa de los buffers y su posicionamiento estratégico.
Documentación propia de la compañía	Análisis de las políticas de abastecimiento de los buffers definidos por la compañía.
Equipo de cómputo y materiales de oficina.	Almacenamiento de la información.

3.3. Tipo de investigación

El análisis del trabajo de investigación tiene un enfoque cuantitativo, se orientó a la obtención de la información necesaria para determinar la cantidad óptima de inventario. Las variables que se tomaron en cuenta son: la demanda calificada, misma que se relaciona con el tiempo de entrega a los clientes; el perfil del amortiguador que es el nivel del inventario y la prioridad de envío de la orden de reposición.

Se analizó la demanda histórica, cuál es su variabilidad y posteriormente se calculó el nivel de inventario. Con estos datos se comprobó el comportamiento del amortiguador,

se verificó la estacionalidad de la demanda y con los datos obtenidos se analizó la cobertura de inventario.

La modalidad de investigación del presente trabajo es de tipo bibliográfico documental, ya que la selección y almacenamiento de la información se realizó por medio de la lectura crítica de libros y artículos científicos, que permitió entender a mayor profundidad el problema de investigación.

3.4. Prueba de hipótesis

El proyecto de investigación se enfoca en optimizar la cantidad de inventario existente en la compañía Plasticaucho Industrial S.A, el desarrollo se realizará mediante la comprobación de la prueba de hipótesis por t Student, siendo las siguientes alternativas de verificación:

Hipótesis

H_{11} : Un buen análisis de la demanda, optimiza el nivel de inventario que necesita la compañía.

Hipótesis Alternativa

H_a : Un buen análisis de la demanda, optimiza el nivel de inventario que necesita la compañía.

Hipótesis Nula

H_0 : Un buen análisis de la demanda No optimiza al nivel de inventario que necesita la compañía.

Para determinar la relación estadística existente entre las variables de la venta e inventario es necesario calcular el coeficiente de correlación de Pearson. La fórmula se muestra en la ecuación (3).

$$r = \frac{S_{xy}}{S_x S_y} \quad (3)$$

En donde:

r = Coeficiente de correlación de Pearson

S_{xy} = Covarianza xy

S_x = Desviación estándar x

S_y = Desviación estándar y

Los datos y cálculos necesarios para el coeficiente de Pearson se basan en los modelos de mayor demanda detallados en la TABLA 3-2.

TABLA 3-2 COEFICIENTE DE PEARSON.¹

Nº	Modelo	x (venta)	y(stock)	Índice de correlación de Pearson				
				$x-\bar{x}$	$y-\bar{y}$	$(x-\bar{x})^2$	$(y-\bar{y})^2$	$(x-\bar{x})(y-\bar{y})$
1	M1	71,203	37,208	57,263.18	25,317.09	3,279,071,991.94	640,955,092.10	1,449,737,179.83
2	M2	18,443	34,606	4,503.18	2,715.09	20,278,646.49	515,975,355.01	102,290,184.38
3	M3	26,354	25,072	12,414.18	13,181.09	154,111,910.21	173,741,157.55	163,632,459.11
4	M4	1543	8,227	-2,396.82	-3,663.91	153,681,101.03	13,424,229.83	45,420,814.83
5	M5	14,517	6,708	577.18	-5,182.91	333,138.85	26,862,546.64	-2,991,480.89
6	M6	4,271	5,532	-9,668.82	-6,358.91	93,486,045.03	40,435,724.83	61,483,135.83
7	M7	4,576	4,508	-9,363.82	-7,382.91	87,681,090.94	54,507,346.64	69,132,218.38
8	M8	2,810	2,796	-11,129.82	-9,094.91	123,872,852.76	82,717,371.37	101,224,684.56
9	M9	5,323	2,291	-8,616.82	-9,599.91	74,249,555.58	92,158,254.55	82,720,671.20
10	M10	2,088	2,045	-11,851.82	-9,845.91	140,465,594.21	96,941,925.83	116,691,924.38
11	M11	2,210	1,807	-11,729.82	-10,083.91	137,588,634.58	101,685,222.55	118,282,420.20
	Promedio	13,940	11,891	SUMA		4,264,820,562	1,839,404,227	2,307,624,212

¹ Se usa la coma como separador de miles y el punto como separador de decimales.

$$\text{Covarianza } S_{xy} = \frac{\sum(x - \bar{x})(y - \bar{y})}{N} \quad (4)$$

$$\text{Covarianza } S_{xy} = \frac{2,307,6242,11.81818}{11} = 209,784,019$$

$$\text{Desviación Estándar } S_x = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{N}} \quad (5)$$

$$\text{Desviación Estándar } S_x = \sqrt{\frac{4,264,820,561.63636}{11}} = 19,690$$

$$\text{Desviación Estándar } S_y = \sqrt{\frac{\sum(y - \bar{y})^2}{N}} \quad (6)$$

$$\text{Desviación Estándar } S_y = \sqrt{\frac{1,839,404,227}{11}} = 12,931$$

$$r = \frac{S_{xy}}{S_x S_y} = \frac{209,7884,019}{19,690 * 12931} = \frac{209,7884,019}{254,622,211.93} = \mathbf{0.8239}$$

En donde:

x = Valores correspondientes a la venta (variable independiente)

y = Valores correspondientes al inventario (variable dependiente)

n = Cantidad de modelos

La variable independiente corresponde a la venta en unidades (pares de botas) y la variable dependiente es el valor del inventario en unidades (pares de botas).

Es necesario calcular el valor de t que permitirá realizar una comparación con los valores de la Tabla t Student para aceptar o rechazar la hipótesis de la investigación.

$$t = \frac{r \sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} \quad (7)$$

$$t = \frac{0.8239 \sqrt{11-2}}{\sqrt{1-0.8239^2}} = \frac{0.8239 * (3)}{\sqrt{0.3211}} = \frac{2.4717}{0.5667} = 4.36$$

El dato obtenido de la tabla t Student es de 1.8125 (Figura 3-1) se obtuvo de la búsqueda de los grados de libertad (10) y un nivel de significancia del 5%. Los grados de libertad se obtuvieron de restar 1 de los once modelos seleccionados para el estudio.

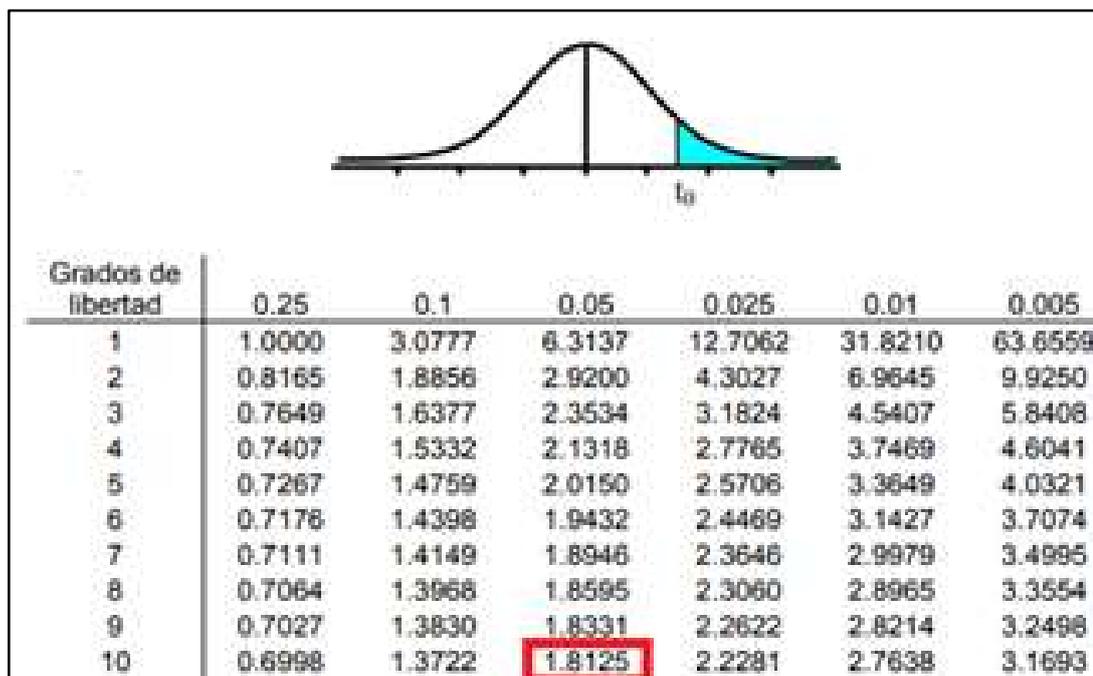


Figura 3-1 Tabla t-Student

Fuente: (Ana Ingrid, s. f.)

La decisión de la hipótesis se tomará con los siguientes criterios;

$t \text{ Student (tabla)} \leq t \text{ Student (cálculo)}$ = Se acepta H_0 y se rechaza H_a

$t \text{ Student (tabla)} \geq t \text{ Student (cálculo)}$ = Se acepta H_a y se rechaza H_0

Los resultados son los siguientes: $t \text{ Student (tabla)} = 1.8125$, y $t \text{ Student (cálculo)} = 4.36$, por lo que se acepta la hipótesis y se concluye que existe relación entre las variables de la investigación.

3.5. Población o muestra

Para este estudio investigativo se considera como población los once modelos de botas, los mismos que al desagregar a nivel de talla son noventa y nueve artículos, estos materiales son los más importantes para Plasticaucho Industrial por el volumen de ventas que representan.

3.6. Recolección de la información

La recolección de información histórica necesaria para la aplicación de la metodología DDMRP para el aprovisionamiento de materiales, se obtendrá en su totalidad del

sistema ERP SAP que es propio de la empresa Plasticaucho Industrial. Los modelos seleccionados que tienen mayor volumen de ventas para el análisis son siete, la unidad utilizada es el número de pares de venta.

El período de información que se analizará son los datos obtenidos de la venta diaria que se divide en dos épocas: el período de octubre y noviembre que se le considera como época alta pues es el período de estacionalidad donde se incrementan las ventas por la presencia de lluvia y el resto de los meses del año son considerados como época baja.

Posteriormente se analiza el tiempo de entrega de las órdenes de producción, el período de análisis es el mismo de las ventas. Finalmente, el último parámetro necesario es el lote económico de producción, que es la cantidad mínima que se puede enviar a producir; esta información es propia de cada uno de los materiales ya que es un atributo de información del sistema SAP.

3.7. Procesamiento de la información y análisis estadístico

Para el análisis de los resultados se elaborará una hoja de cálculo en Excel que permita el ingreso de todos los parámetros necesarios para calcular el amortiguador de los materiales con la metodología DDMRP, con esta información, se realizará gráficos resumen que despliegue los niveles de stock del amortiguador por zonas (verde, amarillo y rojo), posteriormente se analizará por medio de gráficas los resultados de los valores de la ecuación de flujo neto, con la cual se podrá priorizar los envíos a producción y se validará el comportamiento del inventario sugerido por la metodología DDMRP. Finalmente se realizará cuadros de información que muestran la comparación de tres factores que son los niveles de inventarios, la cobertura de inventario y el índice de rotación entre las metodologías de TOC y DDMRP.

CAPÍTULO IV

4. METODOLOGÍA E IMPLEMENTACIÓN

Para la implementación del DDMRP es necesario cambiar el método de administración de la cadena de suministro, se debe basar en una demanda real tipo pull que consiste en monitorear el consumo basado en el flujo, de esta forma opera toda la cadena de suministro y se sincroniza con la demanda, esta táctica aplicada por el DDMRP es “posicionar, proteger y halar” (Ptak & Smith, 2016b).

El DDMRP se basa en cinco componentes, como se muestra en la Figura 4-1, que trabajan en forma conjunta y permite a las organizaciones: reducir la variabilidad de la demanda, el nivel de inventario, obtener información en tiempo real de los skus que pueden generar agotados; y como resultado mejoras en los procesos de la organización.



Figura 4-1 Componentes del DDMRP

4.1. Posicionar

El componente posicionar se refiere a situar estratégicamente el inventario en un punto de la cadena de suministro que permita mitigar la variabilidad del DDMRP, los conoce como puntos de desacople (Ptak & Smith, 2016b).

Para el posicionamiento estratégico de los buffers en la compañía Plasticaucho Industrial se realizó las siguientes consideraciones:

Tiempo de tolerancia del cliente, tiene relación con la cantidad de tiempo que los clientes se encuentran dispuestos a esperar para la obtención de un bien o servicio (Demand Driven Institute, 2016), en el caso de Plasticaucho Industrial se analizó como punto de desacople el centro de distribución (Cedi), ya que la promesa de entrega hacia los clientes oscila de 2 a 5 días acorde a las rutas logísticas.

Para el proceso de producción es necesario tres puntos de desacople que son los siguientes: el buffer de subensamble de medias que tiene un LT de 7 días, tiempo que se encuentra distribuido desde el envío de la necesidad de medias; el proceso de costura de la media y su entrega a la bodega de materia prima; el buffer que se encuentra localizado en el almacén de producción de mezclas termoplásticas, que se encarga de la fabricación de los compuestos de policloruro de vinilo (PVC) que tiene un LT de 2 días para la fabricación del compuesto y finalmente el proceso de preparación de partes que se encarga de la impresión de las etiquetas que contiene la información de la normativa legal del producto.

Horizonte de los pedidos de venta, es lapso en el que se puede visualizar la demanda calificada (Demand Driven Institute, 2016), Plasticaucho Industrial visualiza la demanda de 5 días en adelante esto permite visualizar los pedidos que se encuentran pendientes por abastecer en Ecuador; con respecto a las filiales de Colombia y Perú, la necesidad se genera de la cantidad en pares que los buffer solicitan reabastecer, en el caso de Bolivia el tratamiento se lo realiza como un pedido make to order (MTO). Al consolidar toda esta información se obtiene la necesidad en pares a reabastecer para toda la cadena de suministro, misma que se consolida por el planificador de operaciones de la planta; posterior a este análisis se envía las órdenes de producción a la planta de botas que tiene como insumo la prioridad de fabricación (fecha estimada de entrega del producto) y la secuencia de producción.

Variabilidad de demanda, hace referencia a los cambios bruscos y picos de demanda (Demand Driven Institute, 2016), en el caso de la línea de botas, Plasticaucho Industrial tiene claramente definido la estacionalidad donde se genera la mayor cantidad de ventas en el año incluido los lanzamientos de los nuevos productos, la organización usa término temporada invernal que tiene como fecha de inicio el mes de octubre y su finalización es el mes de diciembre, el resto de meses del año se conoce como temporada baja o de venta regular.

Variabilidad de suministros, hace referencia al incumplimiento de los proveedores (Ptak & Smith, 2016a), en este apartado es importante analizar cuán grave es que una fuente de suministro genere interrupción en el flujo, para mitigar esta variabilidad Plasticaucho Industrial situó buffer de subensambles y materia prima.

Apalancamiento y flexibilidad del inventario, se relaciona con la estructura de materiales y la red de distribución de la organización (Demand Driven Institute, 2016), Plasticaucho Industrial generó un buffer de subensamble de medias, al incluir este punto de desacople existe flexibilidad en el inventario, esto se debe a que con un mismo material (tipo de media) se puede utilizar en la fabricación de varios modelos y tallas de las botas.

Protección de todas las operaciones críticas, el enfoque es minimizar la variabilidad a través de puntos de control, con respecto a este apartado Plasticaucho Industrial posee un documento conocido como “documento de restricciones”, en el que se identifica claramente cuáles son los equipos de la planta de producción de botas, sus capacidades de producción y cuáles son los recursos críticos.

En la metodología DDMRP, se aplican sistemáticamente los seis factores anteriormente descritos para diseñar la cadena de suministros de la empresa Plasticaucho Industrial. En la Figura 4-2 se muestra: dónde se posicionó los buffers (puntos de desacople), cuáles son los LT de distribución para la entrega de las botas a los clientes y los LT de entrega de los proveedores como suministro.

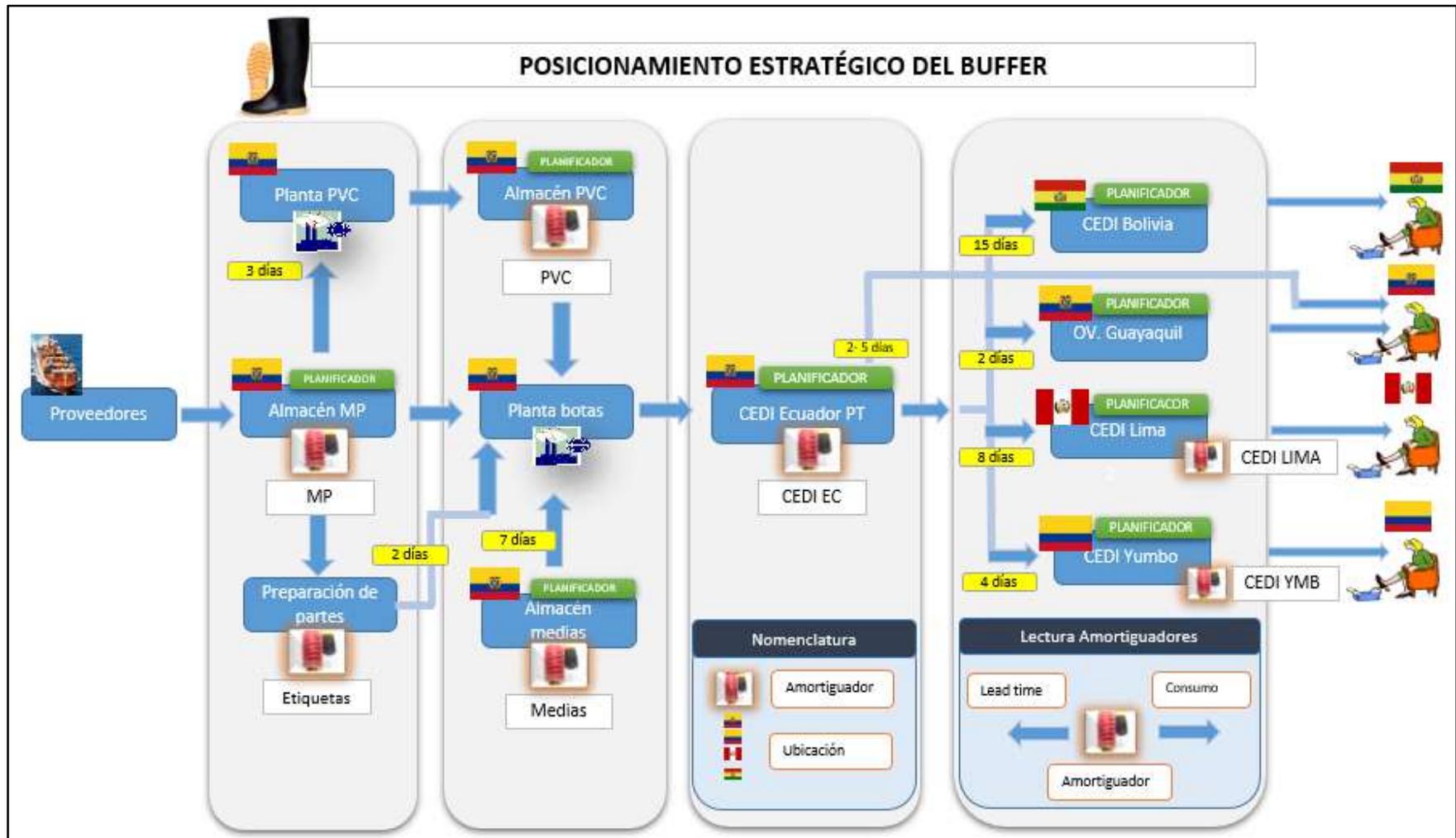


Figura 4-2 Diseño de la cadena de suministro

Fuente: Plasticaucho Industrial.

4.2. Proteger

El componente proteger hace referencia a los puntos de desacople definidos en el diseño de la cadena de suministro, para esto es necesario conocer la cantidad de inventario que posee las organizaciones. Por lo tanto se debe realizar la siguiente pregunta ¿el inventario se lo considera como un activo o pasivo?, para que el inventario se lo considere verdaderamente activo de una organización debe considerar su ubicación y su tamaño (Ptak & Smith, 2016a).

Este concepto muestra que en una organización cuanto más inventario posee su cadena de suministro, requiere de: mayor cantidad de efectivo, capacidad de almacenamiento, mayor número de skus y tiene un riesgo mayor de obsolescencia. El efecto contrario, cuando la organización tiene muy poco inventario, existe mayor probabilidad de la generación de agotados; por consiguiente, un retraso en la fabricación, en la distribución y finalmente genera venta pérdida provocando la insatisfacción del cliente.

Para considerar que el inventario es activo se debe calcular de una forma simple un rango óptimo de inventario (Demand Driven Institute, 2016), que debe tener límites superior e inferior. De esta forma se puede evaluar el desempeño del inventario dentro de este rango, si el valor del inventario se encuentra frecuentemente fuera de estos rangos, existe mejoras que se pueden hacer en su administración, la Figura 4-3 ilustra lo anteriormente descrito.



Figura 4-3 Inventario Activo o Pasivo

Fuente: (Demand Driven Institute, 2016)

4.2.1. Perfil y nivel del buffer²

Los buffers son la base de un sistema DDMRP, es el valor del inventario que se encuentra posicionando en el diseño de la cadena de suministro, el DDMRP está compuesto por tres colores mismos que tienen funciones específicas, que se detallan en la TABLA 4-1.

TABLA 4-1 ZONAS DEL BUFFER

Zonas del buffer	Propósito
Verde	Es el núcleo de generación de las órdenes. Determina frecuencia y cantidad mínima de cada orden.
Amarillo	Es el núcleo de la cobertura de la demanda del buffer.
Rojo	Es la zona de seguridad insertada en el buffer.

Las variables que se usan en el cálculo de las zonas del buffer son las siguientes:

MOQ = Cantidad mínima de pedido

CPD = Consumo promedio diario

DIAS = Número de días para atender una orden.

LT = Tiempo de entrega.

FV= Factor de variabilidad

La zona verde se define por tres factores, la metodología del DDMRP verifica cual es el mayor de los resultados de dichos factores (Ptak & Smith, 2016a) y lo asigna como valor de inventario de la zona, los tres factores son:

1. **Cantidad mínima del pedido (MOQ).** - El concepto fundamental de la zona verde es la generación de órdenes de suministro y de frecuencia, por lo tanto, si la orden tiene un lote mínimo de pedido incide directamente en el cálculo de la zona verde, de esta forma se asegura que la zona verde nunca sea menor a un lote mínimo de pedido, esto se muestra en la ecuación (8).

$$Zona\ verde = MOQ \quad (8)$$

2. **Frecuencia de orden.** - Se basa en un ciclo de programación de abastecimiento, las variables que se deben conocer son: el número de días

² En las tablas y gráficos posteriores se usa la coma como separador de miles y el punto como separador de decimales.

que se demora una orden en ser atendida y cuál es la cantidad de la orden. La ecuación es consumo promedio diario (CPD) * el # de días, esto se muestra en la ecuación (9).

$$Zona\ verde = CPD * \# DIAS \quad (9)$$

3. **Uso de factor de LT.** - La zona verde se puede calcular con un factor de LT mismo que se expresa como consumo promedio diario por el lead time, por eso, es necesario conocer en qué categoría del lead time se encuentra el sku ya que este puede ser largo, medio y corto, esto se muestra en la ecuación (10).

$$Zona\ verde = CPD * LT * \% LT \quad (10)$$

En la TABLA 4-2 se muestra los factores de LT que se recomiendan para el cálculo de la zona verde (Demand Driven Institute, 2016).

TABLA 4-2 RANGOS DE FACTOR DE LT.

Zona verde	Rangos Factor de LT
LT Largo	20-40% de CPD dentro del LT
LT Medio	41-60% de CPD dentro del LT
LT Corto	61-100% de CPD dentro del LT

La zona amarilla se define como el núcleo de la cobertura de la demanda del buffer, su método de cálculo es el consumo promedio diario multiplicado por el lead time desacoplado, esto se muestra en la ecuación (11).

$$Zona\ amarilla = CPD * LT \quad (11)$$

La zona roja es la seguridad del buffer, mientras mayor sea la variabilidad asociada de cada sku, mayor es el valor de la zona roja, para calcular la zona roja es necesario 3 ecuaciones secuenciales:

1. **Zona roja base.** – Se calcula multiplicando el factor del lead time por el consumo promedio diario y por el lead time. Una de las formas para obtener la zona verde es también a través de este cálculo, mostrado en la ecuación (12).

$$zona\ roja\ base = CPD * LT * \% LT \quad (12)$$

2. **Zona roja seguridad.** – Se calcula con un porcentaje de la zona roja base, el porcentaje usado se determina con el factor de variabilidad (FV). Dependiendo de los skus la variabilidad puede ser alta, media o baja, esto se muestra en la ecuación (13).

$$\text{Zona roja seguridad} = \text{Zona roja base} * FV \quad (13)$$

En la TABLA 4-3 se muestra los factores de variabilidad que se recomiendan para el cálculo de la zona roja de seguridad (Demand Driven Institute, 2016).

TABLA 4-3 RANGOS DE FACTOR DE VARIABILIDAD

Zona roja seguridad	Rangos Factor de Variabilidad.
Variabilidad alta	61-100% de la zona roja base
Variabilidad media	41-60% de la zona roja base
Variabilidad baja	0-40% de la zona roja base

3. **Zona roja total.** – Se calcula sumando la zona roja base más la zona roja de seguridad esto se muestra en la ecuación(14).

$$\text{Zona roja total} = \text{zona roja base} + \text{zona roja seguridad} \quad (14)$$

Para la implementación de los buffers en Plasticaucho Industrial se realizó un análisis ABC para determinar cuáles son los modelos más importantes. Los datos que se usaron son las ventas (pares) del año 2019, la TABLA 4-4 muestra la venta de cada modelo de botas analizado.

TABLA 4-4 VENTA (PARES) PLASTICAUCHO INDUSTRIAL

Modelo	Ctd.Ped.Net Und	
FAMILIA (M1-M6)	1,040,697	par
M7	493,748	par
M8	116,303	par
M9	82,417	par
M10	62,220	par
M11	33,470	par
M12	32,207	par
M13	30,205	par
M14	18,262	par
M15	7,437	par
M16	2,923	par
M17	1,556	par
M18	1,508	par
	1,922,953	

Al realizar el método de cálculo del ABC se determina que existe siete modelos de botas en la categoría A (M1-M7), tres modelos en categoría B (M8-M10) y ocho modelos restantes en categoría C, en la TABLA 4-5 se muestra los diferentes modelos con su respectiva categoría.

TABLA 4-5 ANÁLISIS ABC

NOMBRE DEL PRODUCTO	UNIDADES VENDIDAS	PARTICIPACIÓN DE LA VENTA %	PARTICIPACIÓN DE LA VENTA ACUMULADA %	CLASIFICACIÓN
FAMILIA (M1-M6)	1,040,697.00	54.12%	54.12%	A
M7	493,748.00	25.68%	79.80%	A
M8	116,303.00	6.05%	85.84%	B
M9	82,417.00	4.29%	90.13%	B
M10	62,220.00	3.24%	93.37%	B
M11	33,470.00	1.74%	95.11%	C
M12	32,207.00	1.67%	96.78%	C
M13	30,205.00	1.57%	98.35%	C
M14	18,262.00	0.95%	99.30%	C
M15	7,437.00	0.39%	99.69%	C
M16	2,923.00	0.15%	99.84%	C
M17	1,556.00	0.08%	99.92%	C
M18	1,508.00	0.08%	100.00%	C
	1,922,953.00			

Según los datos obtenidos, que se muestran en la Figura 4-4 para la implementación del DDMRP se seleccionan los datos de categoría A, que representan el 79,8% de toda la venta de Plasticaucho Industrial.

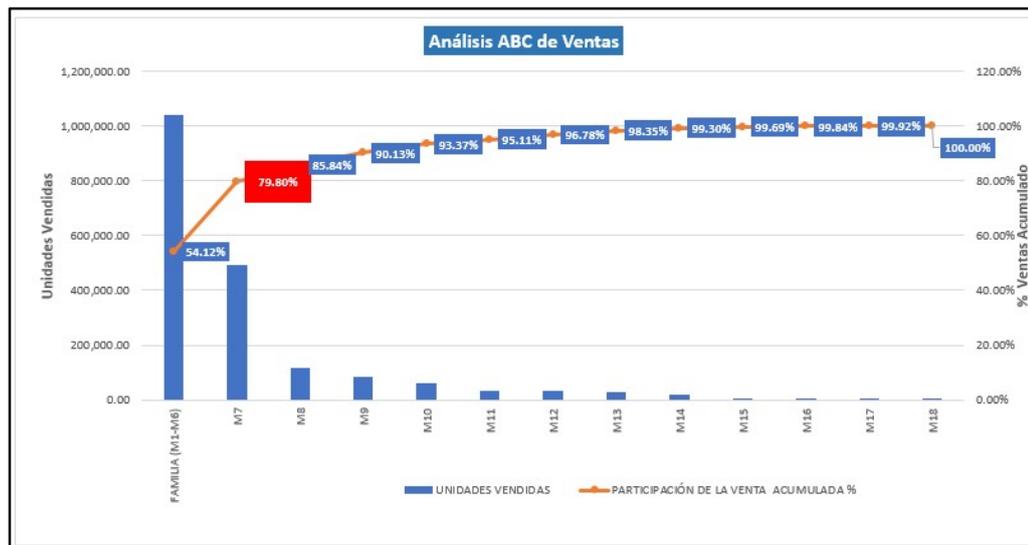


Figura 4-4 Pareto de ventas Plasticaucho Industrial.

Para el cálculo de los valores de los buffers del DDMRP en Plasticaucho Industrial se definió como período de análisis desde el 25-05-2020, fecha en que la organización estabilizó sus actividades luego del período de confinamiento por la pandemia del covid 19, hasta el 30-11-2020. A continuación, se realiza una explicación detallada del método de cálculo de los niveles de los buffers.

Como paso inicial es necesario obtener las ventas diarias cuyo horizonte es desde el 01-01-2020 hasta el 30-11-2020, estos datos se obtuvieron en forma semanal y son provenientes del sistema informático ERP SAP. Posterior a esto se realizó una depuración de los datos para obtener la información de las ventas (pares), se hizo un proceso de validación de la venta ya que para calcular el buffer se verificó que la facturación se haya realizado en días laborables (lunes a viernes), existió facturación en los fines de semana estos valores se excluyeron; con esta información validada se agrupa los datos por semanas para obtener el consumo promedio diario (CPD).

La metodología sugiere que los amortiguadores se deben calcular una vez por semana, en Plasticaucho Industrial se definió que se calcule los días lunes, en el siguiente ejemplo se procede a generar por primera vez el buffer de un modelo de botas.

Para el cálculo de la zona verde se tomó en consideración los tres factores descritos anteriormente en el capítulo III.

Zona verde cantidad mínima del pedido (MOQ). Para calcular el valor de esta zona con el factor MOQ es necesario conocer el lote mínimo de producción en lo que se

refiere a los skus del modelo de botas M1 su valor es de 189 pares, esta información es proveniente del proceso productivo y se obtiene de la siguiente manera: el estándar de la inyectora que fabrica este modelo es de 880 pares por turno (jornada de 8 horas), el número de estaciones que tiene la inyectora son 14 y el número de turnos que se deben producir son 3 como mínimo.

$$MOQ \text{ M1 talla } 34 = \frac{\text{estándar}}{\# \text{ estaciones}} * \text{turnos mínimos} \quad (15)$$

$$MOQ \text{ M1 talla } 34 = \frac{880 \text{ pares}}{14 \text{ estaciones}} * 3 \text{ turnos}$$

$$MOQ \text{ M1 talla } 34 = 62.85 \frac{\text{pares}}{\text{estación}} * 3 \text{ turnos}$$

$$MOQ \text{ M1 talla } 34 = 188,5 \approx 189 \text{ pares}$$

El valor para la ecuación (15) con MOQ es 189 pares.

En la TABLA 4-6 muestra el valor de la zona verde calculada con MOQ por cada sku del modelo de botas M1.

TABLA 4-6 ZONA VERDE (MOQ)

FECHA	DESCRIPCIÓN DE MATERIAL	LOTE MÍNIMO
25/5/2020	M1 T 34	189
25/5/2020	M1 T 35	189
25/5/2020	M1 T 36	189
25/5/2020	M1 T 37	189
25/5/2020	M1 T 38	189
25/5/2020	M1 T 39	189
25/5/2020	M1 T 40	189
25/5/2020	M1 T 41	189
25/5/2020	M1 T 42	189
25/5/2020	M1 T 43	189
25/5/2020	M1 T 44	189

Zona verde frecuencia de orden. – De acuerdo con la ecuación (9) para calcular el valor de la zona verde con el factor de la frecuencia de la orden es necesario obtener CPD, los datos utilizados son de la venta de cuatro semanas atrás, en este caso inicial

se utilizó la venta desde la semana 18 (lunes 27 de abril) hasta la semana 21 (viernes 22 de mayo). La TABLA 4-7 muestra el CPD de las semanas mencionadas anteriormente.

TABLA 4-7 CPD MODELO M1

Descripción de Material	Semana				CPD
	18	19	20	21	
M1 T 34	228	439	558	360	396
M1 T 35	222	425	494	320	365
M1 T 36	263	526	579	383	437
M1 T 37	336	610	719	499	541
M1 T 38	412	767	924	650	688
M1 T 39	390	773	941	603	677
M1 T 40	401	783	1.005	609	700
M1 T 41	229	437	624	301	398
M1 T 42	196	322	479	234	308
M1 T 43	71	87	212	91	115
M1 T 44	26	42	46	40	38

Con respecto al valor de la frecuencia se encuentra definido en cuantos días se envía una orden de producción a la planta de botas, en el caso de Plasticaucho Industrial la programación de la producción se realiza cada 4 días, los valores de la zona verde de todos los skus del modelo de botas M1 se muestran en la TABLA 4-8.

TABLA 4-8 CÁLCULO ZONA VERDE (FRECUENCIA DE REORDEN).

FECHA	DESCRIPCIÓN DE MATERIAL	CONSUMO PROMEDIO DIARIO	FRECUENCIA DE REORDEN ASIGNADA
25/5/2020	M1 T 34	396	4
25/5/2020	M1 T 35	365	4
25/5/2020	M1 T 36	437	4
25/5/2020	M1 T 37	541	4
25/5/2020	M1 T 38	688	4
25/5/2020	M1 T 39	677	4
25/5/2020	M1 T 40	700	4
25/5/2020	M1 T 41	398	4
25/5/2020	M1 T 42	308	4
25/5/2020	M1 T 43	115	4
25/5/2020	M1 T 44	38	4

Zona verde uso de factor de LT. – De acuerdo con la ecuación (10) para calcular el valor de esta zona es necesario categorizar los LT que pueden ser corto medio y largo.

Acorde a esta categoría existen rangos máximos y mínimos para el cálculo, se decidió trabajar con el promedio de los LT; esta información se muestra en la TABLA 4-9 (Demand Driven Institute, 2016).

TABLA 4-9 FACTORES LT PLASTICAUCHO INDUSTRIAL.

Lead Time	# días		Rangos de factor LT		
	Min	Máx	Min	Máx	Promedio
CORTO	1	10	61%	100%	81%
MEDIO	11	25	41%	60%	51%
LARGO	25	en adelante	20%	40%	30%

Tabla 4-10 muestra el cálculo de la zona verde por cada uno de los skus del modelo de botas M1.

Tabla 4-10 CÁLCULO ZONA VERDE (% CPD EN LT).

FECHA	DESCRIPCIÓN DE MATERIAL	LT	CONSUMO PROMEDIO DIARIO	FACTOR LT Descr.	FACTOR LT	ZONA VERDE 3 % CPD en LT
25/5/2020	M1 T 34	7	396	CORTO	81%	2,233
25/5/2020	M1 T 35	7	365	CORTO	81%	2,058
25/5/2020	M1 T 36	7	437	CORTO	81%	2,465
25/5/2020	M1 T 37	7	541	CORTO	81%	3,049
25/5/2020	M1 T 38	7	688	CORTO	81%	3,879
25/5/2020	M1 T 39	7	677	CORTO	81%	3,813
25/5/2020	M1 T 40	7	700	CORTO	81%	3,942
25/5/2020	M1 T 41	7	398	CORTO	81%	2,242
25/5/2020	M1 T 42	7	308	CORTO	81%	1,733
25/5/2020	M1 T 43	7	115	CORTO	81%	650
25/5/2020	M1 T 44	7	38	CORTO	81%	216

Finalmente, para la obtención de la zona verde final se debe escoger el valor más alto de los cálculos descritos anteriormente, en la TABLA 4-11 muestra el valor de la zona verde por skus del modelo de botas M1.

TABLA 4-11 CÁLCULO ZONA VERDE FINAL

FECHA	DESCRIPCIÓN DE MATERIAL	LT	CONSUMO PROMEDIO DIARIO	FACTOR LT Descr.	FACTOR LT	ZONA VERDE 3 % CPD en LT	ZONA VERDE 1 Lote mínimo	ZONA VERDE 2	ZONA VERDE FINAL
25/5/2020	M1 T 34	7	396	CORTO	81%	2,233	189	1,585	2,233
25/5/2020	M1 T 35	7	365	CORTO	81%	2,058	189	1,461	2,058
25/5/2020	M1 T 36	7	437	CORTO	81%	2,465	189	1,750	2,465
25/5/2020	M1 T 37	7	541	CORTO	81%	3,049	189	2,164	3,049
25/5/2020	M1 T 38	7	688	CORTO	81%	3,879	189	2,753	3,879
25/5/2020	M1 T 39	7	677	CORTO	81%	3,813	189	2,707	3,813
25/5/2020	M1 T 40	7	700	CORTO	81%	3,942	189	2,798	3,942
25/5/2020	M1 T 41	7	398	CORTO	81%	2,242	189	1,592	2,242
25/5/2020	M1 T 42	7	308	CORTO	81%	1,733	189	1,230	1,733
25/5/2020	M1 T 43	7	115	CORTO	81%	650	189	461	650
25/5/2020	M1 T 44	7	38	CORTO	81%	216	189	153	216

Para calcular la zona amarilla de acuerdo con la ecuación (11), es necesario conocer el CDP y el LT, la TABLA 4-12 muestra el valor de la zona amarilla por skus del modelo de botas M1.

TABLA 4-12 CÁLCULO ZONA AMARILLA.

FECHA	DESCRIPCIÓN DE MATERIAL	LT	CONSUMO PROMEDIO DIARIO	ZONA AMARILLA FINAL
25/5/2020	M1 T 34	7	396	2,773
25/5/2020	M1 T 35	7	365	2,557
25/5/2020	M1 T 36	7	437	3,062
25/5/2020	M1 T 37	7	541	3,787
25/5/2020	M1 T 38	7	688	4,818
25/5/2020	M1 T 39	7	677	4,737
25/5/2020	M1 T 40	7	700	4,897
25/5/2020	M1 T 41	7	398	2,786
25/5/2020	M1 T 42	7	308	2,153
25/5/2020	M1 T 43	7	115	807
25/5/2020	M1 T 44	7	38	268

Para calcular la zona roja base se usa la ecuación (12) que es igual al método de cálculo que la zona verde de la ecuación (10), en la TABLA 4-13 muestra el valor de la zona roja base por skus del modelo de botas M1.

TABLA 4-13 CÁLCULO ZONA ROJA BASE.

FECHA	DESCRIPCIÓN DE MATERIAL	LT	CONSUMO PROMEDIO DIARIO	ZONA VERDE 3 % CPD en LT	ZONA ROJA BASE
25/5/2020	M1 T 34	7	396	2,233	2,233
25/5/2020	M1 T 35	7	365	2,058	2,058
25/5/2020	M1 T 36	7	437	2,465	2,465
25/5/2020	M1 T 37	7	541	3,049	3,049
25/5/2020	M1 T 38	7	688	3,879	3,879
25/5/2020	M1 T 39	7	677	3,813	3,813
25/5/2020	M1 T 40	7	700	3,942	3,942
25/5/2020	M1 T 41	7	398	2,242	2,242
25/5/2020	M1 T 42	7	308	1,733	1,733
25/5/2020	M1 T 43	7	115	650	650
25/5/2020	M1 T 44	7	38	216	216

Para calcular la zona roja de seguridad de acuerdo con la ecuación (13) es necesario categorizar la variabilidad que puede ser baja, media y alta, acorde a esta categoría se definió rangos máximo y mínimo para el cálculo se decidió trabajar con el promedio de la variabilidad, esta información se muestra en la TABLA 4-14 (Demand Driven Institute, 2016) .

TABLA 4-14 FACTORES DE VARIABILIDAD PLASTICAUCHO INDUSTRIAL.

% Coeficiente Variación		Rangos de factor VARIABILIDAD				
min	máx	Min	Máx	Promedio	Variabilidad	DESCRIPCION
-	0.33	0%	40%	20%	BAJA	Picos o ningún Pico de demanda (Estable)
0.33	0.67	41%	60%	51%	MEDIA	Picos Ocasionales de demanda
0.67	en adelante	61%	100%	81%	ALTA	Picos Frecuentes de demanda

Para calcular la variabilidad es necesario determinar el coeficiente de variación por cada sku, en la TABLA 4-15 muestra el método de cálculo para la obtención del factor del LT.

TABLA 4-15 FACTOR DE LT

Descripción de Material	Promedio de Ctd.entr.ped.	Desvest de Ctd.entr.ped.	Coef. Variación	Factor LT
M1 T 34	396	174	44%	51%
M1 T 35	365	159	44%	51%
M1 T 36	437	164	37%	51%
M1 T 37	541	209	39%	51%
M1 T 38	688	284	41%	51%
M1 T 39	677	320	47%	51%
M1 T 40	700	382	55%	51%
M1 T 41	398	248	62%	51%
M1 T 42	308	195	63%	51%
M1 T 43	115	107	93%	81%
M1 T 44	38	20	52%	51%

En la TABLA 4-16 se muestra el cálculo de la zona roja de seguridad, que se obtiene de la multiplicación de la zona roja base por el factor de variabilidad, se observa el método de cálculo de cada uno de los skus del modelo de botas M1.

TABLA 4-16 CÁLCULO ZONA ROJA DE SEGURIDAD.

FECHA	DESCRIPCIÓN DE MATERIAL	FAC. VARIABILIDAD	FACTOR LT Descr.	ZONA ROJA BASE	ZONA ROJA SEGURIDAD
25/5/2020	M1 T 34	51%	CORTO	2,233	1,127
25/5/2020	M1 T 35	51%	CORTO	2,058	1,040
25/5/2020	M1 T 36	51%	CORTO	2,465	1,245
25/5/2020	M1 T 37	51%	CORTO	3,049	1,540
25/5/2020	M1 T 38	51%	CORTO	3,879	1,959
25/5/2020	M1 T 39	51%	CORTO	3,813	1,926
25/5/2020	M1 T 40	51%	CORTO	3,942	1,991
25/5/2020	M1 T 41	51%	CORTO	2,242	1,132
25/5/2020	M1 T 42	51%	CORTO	1,733	875
25/5/2020	M1 T 43	81%	CORTO	650	523
25/5/2020	M1 T 44	51%	CORTO	216	109

Finalmente, para la obtención de la zona roja total usamos la ecuación (14) que es la suma de las dos zonas rojas descritas anteriormente, en la TABLA 4-17 muestra el valor de la zona roja total por skus del modelo de botas M1.

TABLA 4-17 CÁLCULO ZONA ROJA TOTAL

FECHA	DESCRIPCIÓN DE MATERIAL	FAC. VARIABILIDAD	FACTOR LT Descr.	ZONA ROJA BASE	ZONA ROJA SEGURIDAD	ZONA ROJA FINAL
25/5/2020	M1 T 34	51%	CORTO	2,233	1,127	3,360
25/5/2020	M1 T 35	51%	CORTO	2,058	1,040	3,098
25/5/2020	M1 T 36	51%	CORTO	2,465	1,245	3,710
25/5/2020	M1 T 37	51%	CORTO	3,049	1,540	4,588
25/5/2020	M1 T 38	51%	CORTO	3,879	1,959	5,837
25/5/2020	M1 T 39	51%	CORTO	3,813	1,926	5,739
25/5/2020	M1 T 40	51%	CORTO	3,942	1,991	5,932
25/5/2020	M1 T 41	51%	CORTO	2,242	1,132	3,375
25/5/2020	M1 T 42	51%	CORTO	1,733	875	2,609
25/5/2020	M1 T 43	81%	CORTO	650	523	1,173
25/5/2020	M1 T 44	51%	CORTO	216	109	324

La Figura 4-5 muestra un resumen de un sku, se detalla toda la información necesaria para calcular las zonas del buffer. En la sección de los datos generales se encuentra incluido el LT, el CPD, como información adicional la cantidad de stock que al momento tiene la compañía (stock en mano), el stock en tránsito que son las órdenes enviadas a la planta de botas, finalmente el amortiguador actual que es el nivel de inventario calculado por la metodología TOC. En la sección de los datos del DDMRP se encuentra el lote mínimo de producción, los factores de LT y de variabilidad, la frecuencia de orden que se envía a la planta de botas. Con toda esta información como entrada se obtiene los valores de inventario sugerido para cada una de las zonas, el valor del buffer total calculado por DDMRP, de esta forma la metodología sugiere la cantidad que se debe reabastecer.

TABLA 4-18 CÁLCULO DE BUFFER POR SEMANA

FECHA	ROJA	AMARILLA	VERDE	AMORTIGUADOR	TIPO DE AJUSTE
25/5/2020	4,105	2,904	2,498	9,507	AJUSTES RECALCULADOS
1/6/2020	4,048	3,238	2,753	10,040	
8/6/2020	5,304	3,867	3,226	12,397	
15/6/2020	5,096	3,825	3,212	12,133	
22/6/2020	4,838	3,889	3,268	11,996	
29/6/2020	5,239	4,209	3,511	12,959	
6/7/2020	5,520	4,098	3,433	13,050	
13/7/2020	5,511	4,217	3,524	13,252	
20/7/2020	6,284	4,906	4,075	15,265	
27/7/2020	6,341	4,474	3,730	14,545	
3/8/2020	5,040	3,833	3,210	12,083	
10/8/2020	7,115	4,897	4,023	16,035	
17/8/2020	6,398	4,403	3,602	14,404	
24/8/2020	6,994	4,814	3,946	15,754	
31/8/2020	10,244	7,050	5,722	23,016	
7/9/2020	11,537	7,940	6,462	25,939	
14/9/2020	10,629	7,315	5,996	23,939	
21/9/2020	9,772	6,725	5,529	22,025	
28/9/2020	7,374	5,075	4,204	16,654	
5/10/2020	3,121	2,545	2,281	7,947	
12/10/2020	3,872	2,740	2,420	9,033	
19/10/2020	4,672	3,215	2,695	10,582	
26/10/2020	4,968	3,526	2,945	11,439	
2/11/2020	5,662	3,897	3,234	12,793	
9/11/2020	5,861	4,107	3,396	13,364	
16/11/2020	5,560	3,901	3,280	12,741	
23/11/2020	6,791	4,898	4,032	15,720	
30/11/2020	6,782	4,792	3,954	15,528	

Los datos anteriores se representan en la Figura 4-6, donde se muestra el despliegue del buffer para el modelo de botas genérico. En esta figura se evidencia que existe un incremento considerable del valor del amortiguador, el 31-08-2020 se genera este incremento que permite prepararse para afrontar las ventas de la temporada invernal, generándose un ajuste planeado, este método de cálculo se explicará posteriormente en este capítulo.

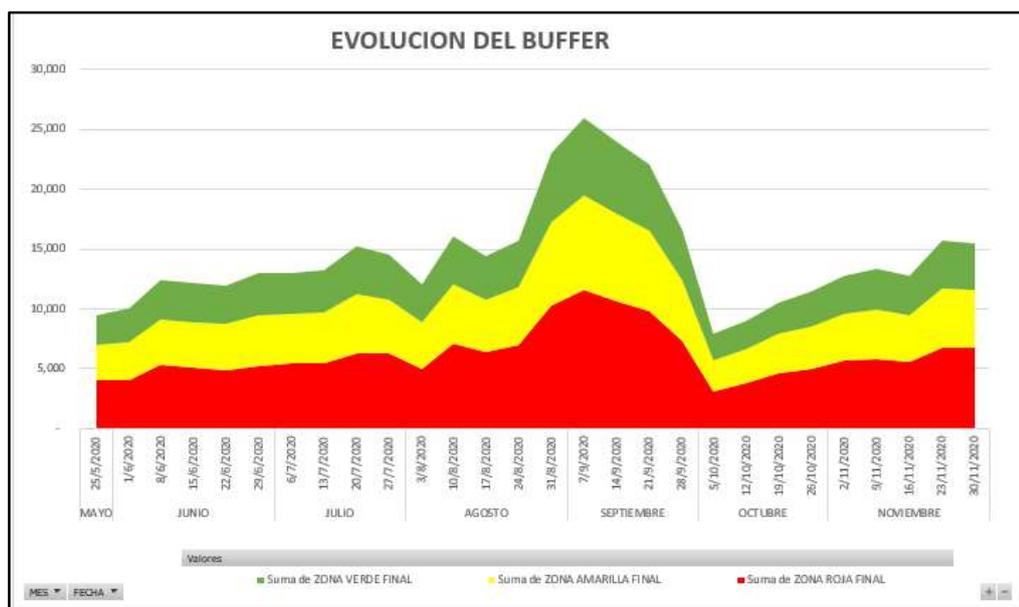


Figura 4-6 Buffer modelo de botas genérico

4.2.2. Ajustes dinámicos

En esta sección, se muestra cómo se calcula el buffer del modelo de bota M1, siendo este el modelo más representativo de Plasticaucho Industrial. Es necesario describir detalladamente cómo se calculó el buffer con fecha 31-08-2020, ya que se utilizó un cálculo proactivo que la metodología DDMRP conoce como un ajuste planeado. El factor utilizado es el ajuste de la demanda que manipula el CPD dentro de un período específico basado en el comportamiento histórico de la demanda, este cálculo incide directamente en la cantidad de inventario necesario para poder afrontar el período de ventas que la compañía conoce como temporada invernal (octubre a diciembre); en estos meses este modelo representa en promedio el 48,79% de las ventas (pares) de todo el año. Esta información se encuentra en la TABLA 4-19, el análisis realizado se basa en el histórico de ventas desde el año 2014 al año 2019.

TABLA 4-19 PORCENTAJE DE VENTAS M1

Ventas(pares)	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	PROMEDIO
TOTAL MODELO (M1-M6) ANUAL	685,611	715,274	608,731	667,651	621,544	664,232	735,437	671,211
TOTAL MODELO (M1) OCT DIC	314,468	360,942	314,689	350,928	323,584	346,350	270,112	325,868
% MODELO (M1) OCT DIC	45.87%	50.46%	51.70%	52.56%	52.06%	52.14%	36.73%	48.79%

La variación que se realizó para el cálculo se encuentra en el CPD, ya que al ser un buffer de ajuste planeado se debe calcular el índice de variación estacional. El valor obtenido de índice de estacionalidad es de 223,86%, de esta forma se comprueba que

el mes de octubre es el período de mayor estacionalidad. La información se muestra en la TABLA 4-20, para este cálculo se tomó la información de las ventas (pares) de los meses de enero a diciembre de los años 2016 al año 2019.

TABLA 4-20 ÍNDICE ESTACIONAL

MODELO	Año	VTAS TOTALES	PROM VTAS ANUAL	VTAS OCTUBRE	PROM VTAS OCTUBRE	IE OCTUBRE
M1	2016	591,137	49,261	102,881	118,196	223.86%
M1	2017	674,181	56,182	127,140		
M1	2018	618,652	51,554	123,966		
M1	2019	650,353	54,196	118,798		

En la semana del 24-08-2020 el buffer sugerido por la metodóloga DDMRP es 50.240 pares; en la siguiente semana al recalculer nuevamente los buffers incluyendo el factor de ajuste de demanda, la sugerencia del nuevo valor del buffer es de 107.435 pares incrementándose considerablemente en 57.196 pares. La TABLA 4-21 muestra la evolución semanal del cálculo del amortiguador del modelo de bota M1.

TABLA 4-21 CÁLCULO DE BUFFER MODELO BOTA M1

MES	FECHA	ROJA	AMARILLA	VERDE	AMORTIGUADOR
MAYO	25/5/2020	39,746	32,646	26,280	98,672
JUNIO	1/6/2020	42,346	35,443	28,532	106,321
JUNIO	8/6/2020	40,200	33,005	26,569	99,775
JUNIO	15/6/2020	31,543	28,122	22,638	82,303
JUNIO	22/6/2020	38,314	30,401	24,473	93,188
JUNIO	29/6/2020	37,568	29,857	24,035	91,460
JULIO	6/7/2020	35,788	28,378	22,844	87,010
JULIO	13/7/2020	33,228	26,488	21,323	81,039
JULIO	20/7/2020	26,575	23,415	18,849	68,838
JULIO	27/7/2020	24,146	21,774	17,548	63,469
AGOSTO	3/8/2020	25,787	20,949	16,898	63,634
AGOSTO	10/8/2020	26,044	21,132	17,049	64,224
AGOSTO	17/8/2020	22,225	18,236	14,739	55,199
AGOSTO	24/8/2020	20,385	16,510	13,345	50,240
AGOSTO	31/8/2020	42,340	36,064	29,032	107,435
SEPTIEMBRE	7/9/2020	39,257	33,460	26,935	99,652
SEPTIEMBRE	14/9/2020	36,330	33,383	26,873	96,586
SEPTIEMBRE	21/9/2020	36,324	34,160	27,499	97,983
SEPTIEMBRE	28/9/2020	37,180	34,244	27,566	98,991
OCTUBRE	5/10/2020	43,845	36,190	29,133	109,168
OCTUBRE	12/10/2020	59,993	41,288	33,237	134,519
OCTUBRE	19/10/2020	82,479	56,764	45,695	184,938
OCTUBRE	26/10/2020	83,709	66,927	53,877	204,513
NOVIEMBRE	2/11/2020	88,866	72,485	58,350	219,700
NOVIEMBRE	9/11/2020	59,839	49,242	39,639	148,720
NOVIEMBRE	16/11/2020	47,072	32,863	26,455	106,390
NOVIEMBRE	23/11/2020	28,890	23,417	18,851	71,158
NOVIEMBRE	30/11/2020	23,571	19,137	15,408	58,116

Los datos anteriores se representan en la Figura 4-7 y esta muestra el despliegue del buffer para el modelo de bota M1.

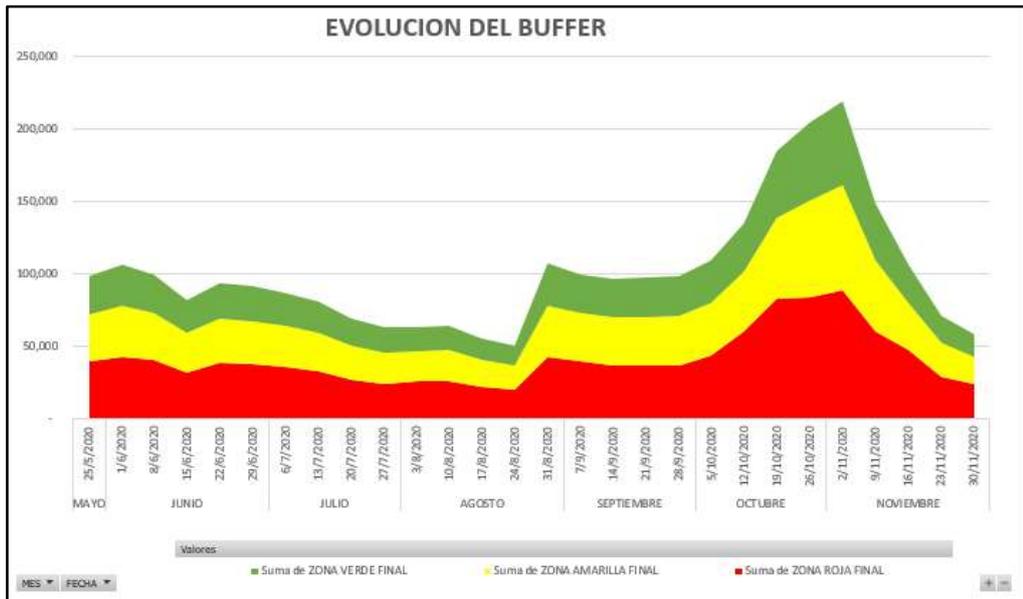


Figura 4-7 Buffer del modelo de botas M1

Luego de la explicación de las dos formas de calcular buffers, se detalla la implementación en los modelos restantes del método ABC desde la última semana del mes mayo hasta finales del mes de noviembre del año 2020.

La Figura 4-8 visualiza el despliegue del buffer del modelo de botas M2

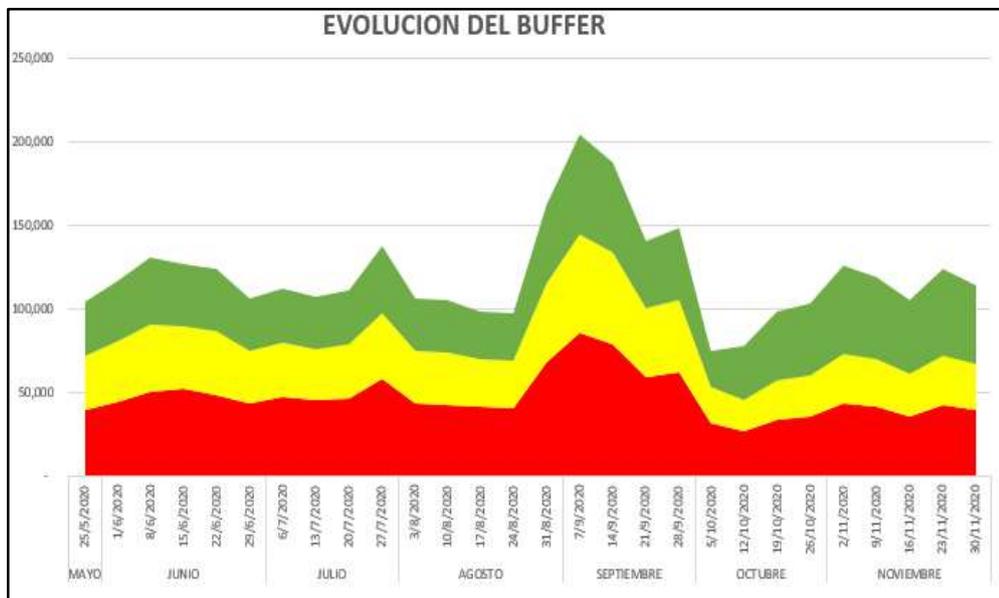


Figura 4-8 Buffer del modelo de botas M2

La Figura 4-9 visualiza el despliegue del buffer del modelo de botas M3.

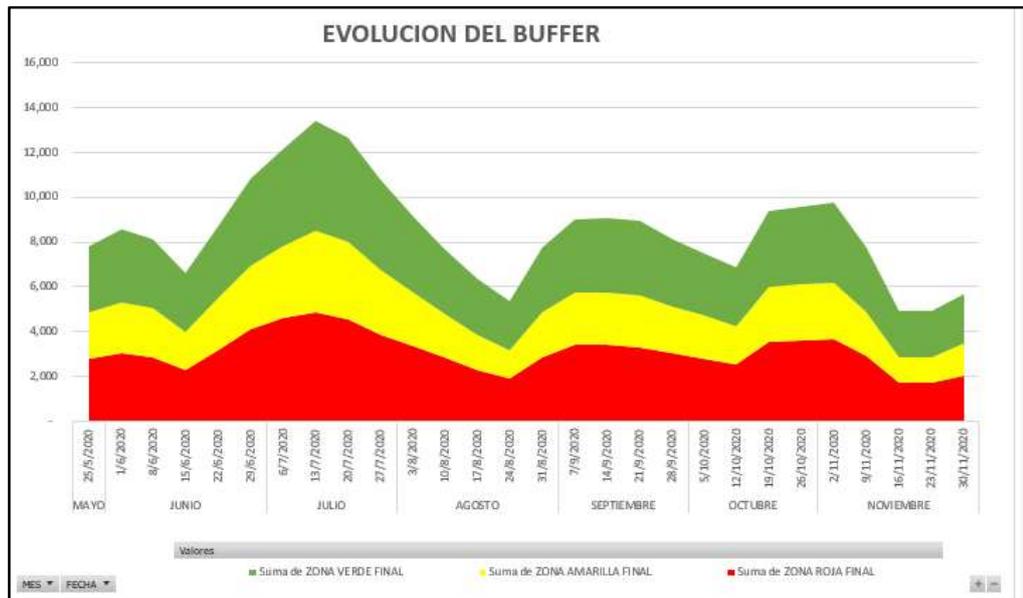


Figura 4-9 Buffer del modelo de botas M3

La Figura 4-10 visualiza el despliegue del buffer del modelo de botas M4

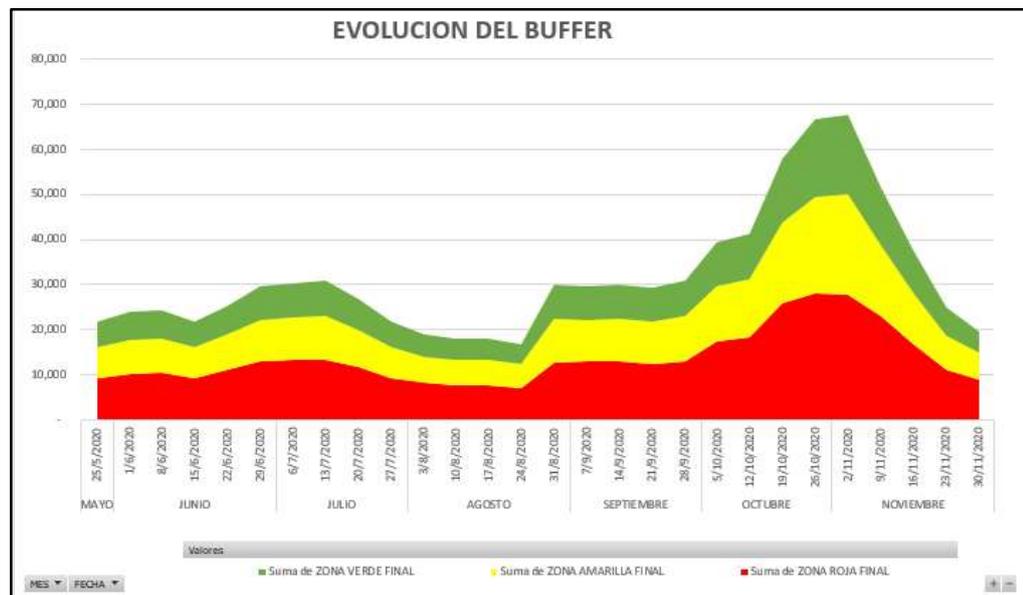


Figura 4-10 Buffer del modelo de botas M4

La Figura 4-11 visualiza el despliegue del buffer del modelo de botas M5.

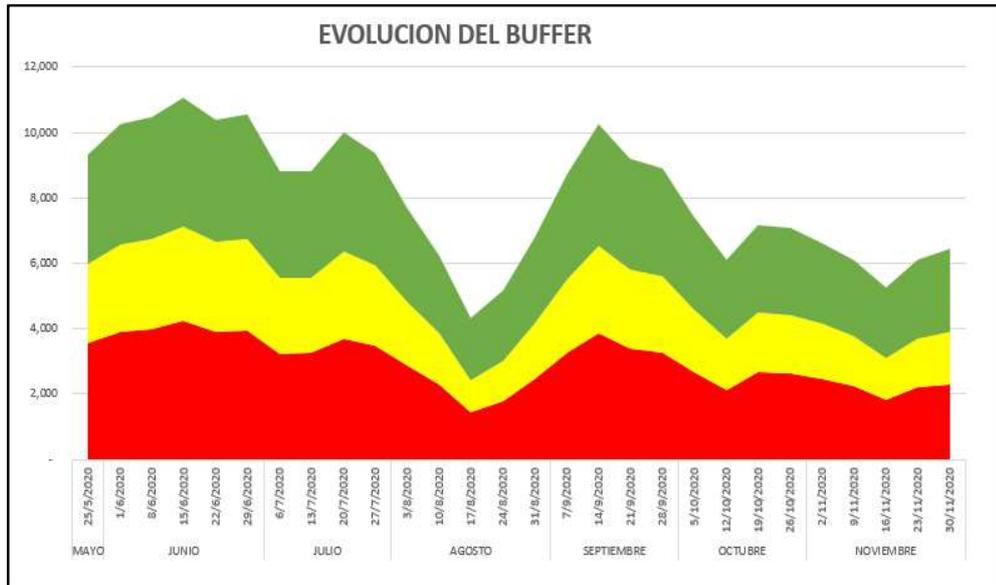


Figura 4-11 Buffer del modelo de botas M5

La Figura 4-12 visualiza el despliegue del buffer del modelo de botas M6.

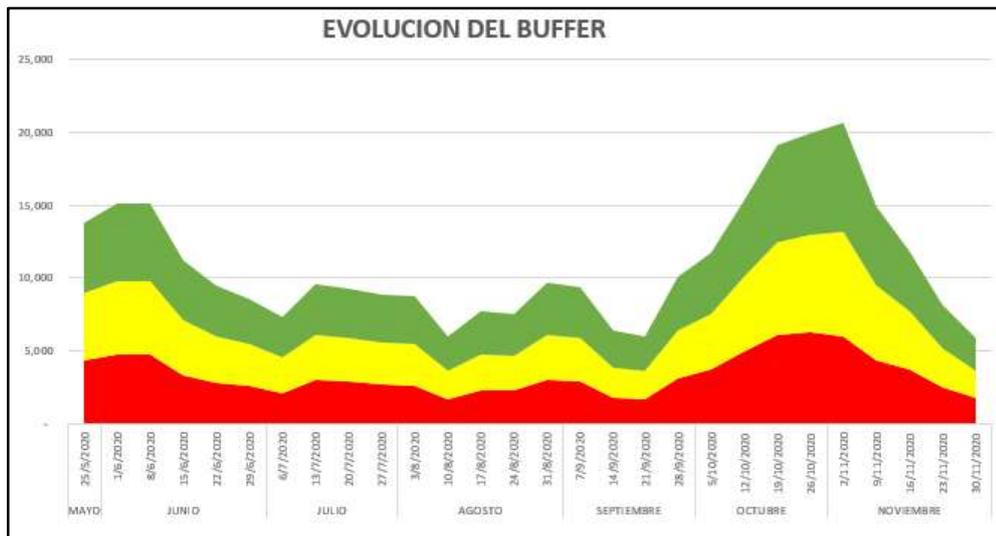


Figura 4-12 Buffer del modelo de botas M6

Finalmente, la Figura 4-13 visualiza el despliegue del buffer del modelo de botas M7.

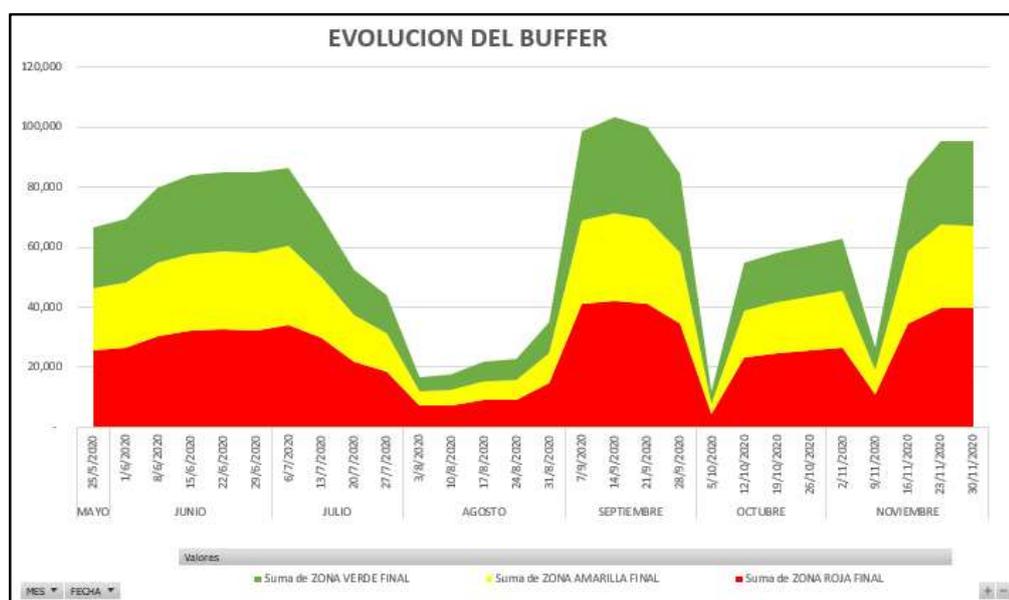


Figura 4-13 Buffer del modelo de botas M7

4.2.3. Políticas de abastecimiento y de ajuste dinámicos del buffer.

Como se revisó en este capítulo los buffers se pueden ajustar dinámicamente por medio de la demanda o se pueden alinear a períodos considerados como picos de venta, para este último caso es necesario realizar un ajuste planeado, por lo tanto, se debe definir claramente que consideraciones hay que tener presente para ajustar un buffer. Plasticaucho Industrial definió claramente las políticas de abastecimiento y ajuste de buffer que se aplicará, se detallan a continuación:

1. El cálculo y gerenciamiento de los amortiguadores se debe realizar los lunes, de esta forma se alinea la programación de la planta de Ecuador, y se incluye la necesidad de abastecimiento generado por el buffer de Plasticaucho Colombia.
2. La frecuencia del envío de las órdenes de producción se analizará acorde a las temporadas de venta, dependiendo de esto se analizará el número de programaciones de producción que se realizarán en la semana.
3. Los skus que se encuentren con prioridad de color verde no requieren de abastecimiento, esto con el fin de minimizar el inventario, en el caso de que se encuentren con prioridad color rojo se debe expeditar las órdenes.

4. Los niveles objetivos del inventario se deben manejarse en la zona amarilla del amortiguador, la metodología DDMRP conoce a esta administración del stock como nivel objetivo inventario promedio físico.
5. Se debe aplicar la política cruda cuando la suma de los porcentajes de los skus que se encuentran con prioridad rojo y negro es mayor o igual al 50%, por lo tanto, se envía ordenes de producción para abastecerse hasta la base de la zona amarilla.
6. Para realizar un ajuste planeado se debe realizar un análisis complementario que asegure la capacidad instalada de la planta de botas y el recurso humano necesario para dicho ajuste.
7. El responsable del cumplimiento de todas las políticas descritas anteriormente es el planificador de operaciones de la planta.

4.3. Halar

Este componente de la metodología del DDMRP se fundamenta en la operación, por lo tanto, es necesario conocer: la demanda calificada, qué son las órdenes de compra de los clientes; cuáles son los recursos necesarios para la fabricación (maquinaria, materia prima, recurso humano, entre otros) y los tiempos de entrega. Con toda esta información, los buffers generan sugerencias de pedidos de reposición.

4.3.1. Planeación controlada por la demanda

La planeación controlada por la demanda en DDMRP es la ecuación de flujo neto(NFE), esta ecuación emite una señal de reabastecimiento de órdenes de suministro en oportunidad y cantidad, un aspecto clave es que esta ecuación se debe calcular diariamente para todos los skus que tienen buffer (Ptak & Smith, 2016a).

La ecuación (16) es la siguiente:

$$NFE = \text{stock físico} + \text{stock tránsito} - \text{demanda calificada} \quad (16)$$

El stock físico o en mano, es la cantidad de inventario que cuenta las organizaciones de cada uno de los skus que se administran con buffer. El stock en tránsito es la cantidad de inventario, que en el caso de las organizaciones puede ser comprado o

fabricado. Finalmente, la demanda calificada son todos los pedidos de compra que están vencidos o por vencer.

En la siguiente sección se mostrará los gráficos de los resultados de la implementación de la metodología del DDMRP, el horizonte de estudio inicia el 25-05-2020 y finaliza el 30-11-2020. Como información relevante se visualizará las zonas del buffer, la sugerencia del stock físico promedio, el stock en mano y el valor de la ecuación de flujo neto.

Indicador Gestión Modelo Botas M1

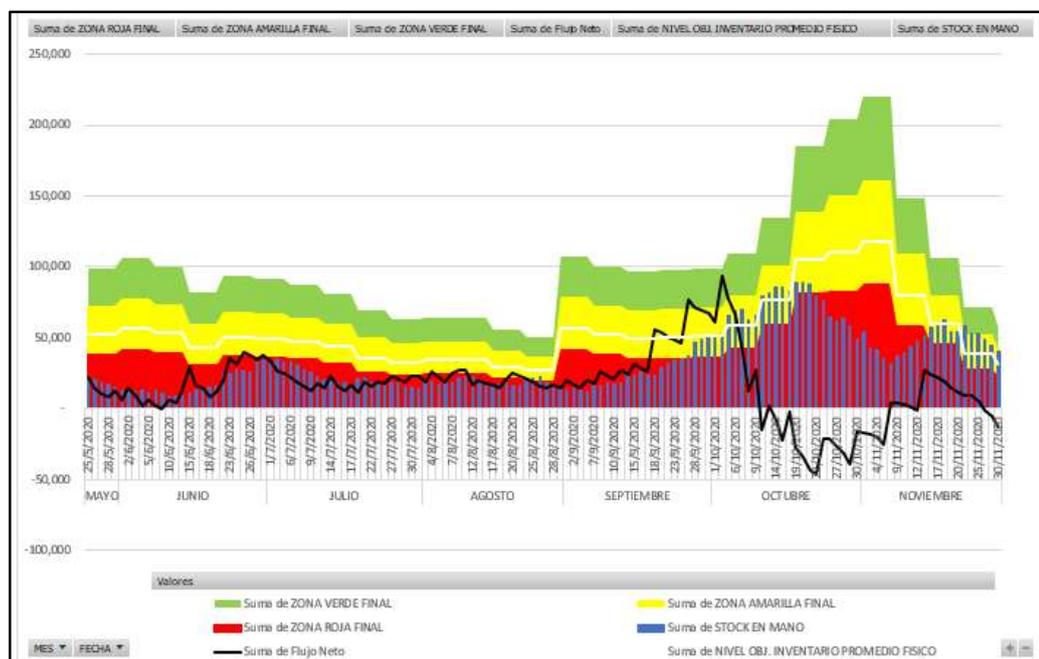


Figura 4-14 Indicador gestión modelo Botas M1

En la Figura 4-14 muestra el comportamiento del buffer del modelo de botas M1, se analizó la gestión del nivel de inventario, ya que los valores se encuentran en la zona roja, como se observa en el mes de octubre existe la alerta de ruptura de inventario proporcionada por la ecuación de flujo neto.

Indicador Gestión Modelo Botas M2

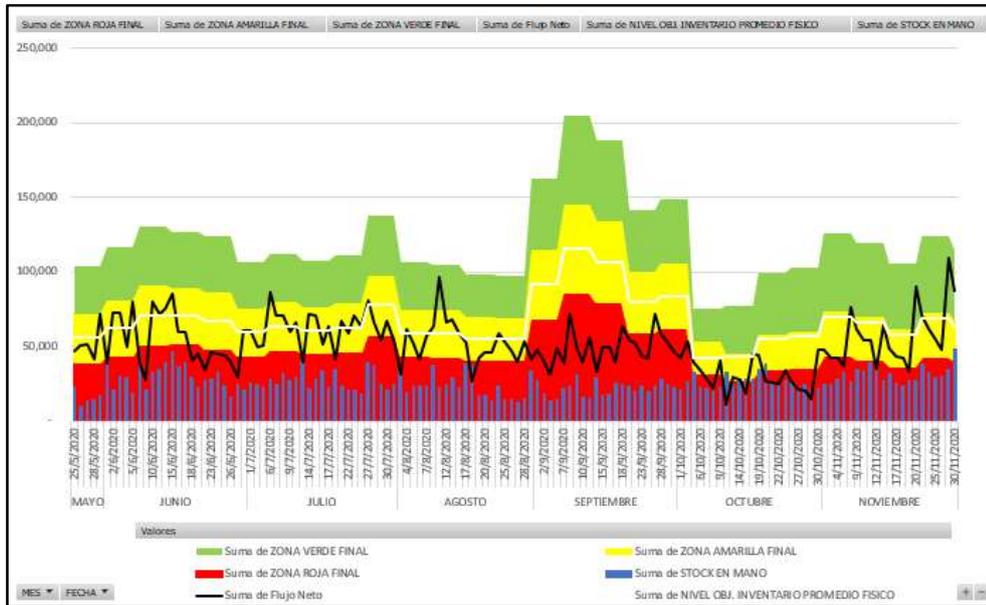


Figura 4-15 Indicador gestión modelo Botas M2

En la Figura 4-15 muestra el comportamiento del buffer del modelo de botas M2, este es uno de los modelos más vendidos de la línea de botas, la gráfica muestra claramente que el inventario se gestionó en la zona roja del amortiguador; al revisar la ecuación de flujo neto, se evidencia que el modelo jamás tuvo ruptura de stock.

Indicador Gestión Modelo Botas M3

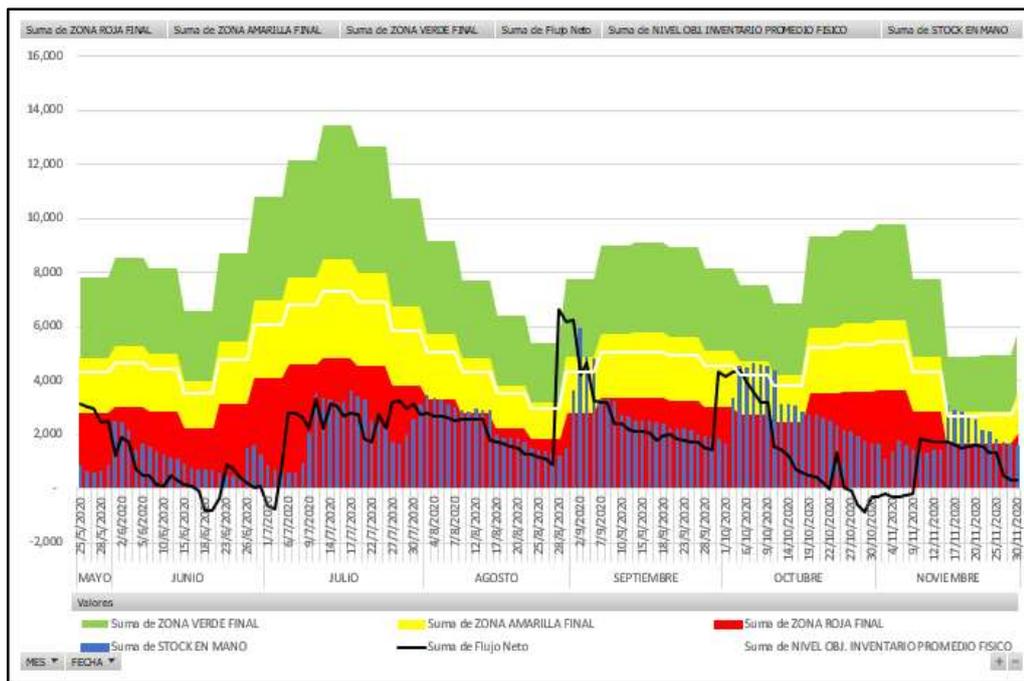


Figura 4-16 Indicador gestión modelo Botas M3

En la Figura 4-16 se puede apreciar el comportamiento del buffer del modelo de botas M3, la lectura muestra que el buffer detecta los incrementos de la demanda principalmente en el mes de octubre que es el mes de mayor venta del período invernal, otra información importante que se observa es que el nivel de inventario promedio sugerido por el DDMRP debería estar en la zona amarilla, sin embargo en la mayor parte del tiempo el inventario se encuentra en la zona roja del buffer; al analizar la ecuación del flujo neto se observa que la mayor parte de los días analizados no existe problema de ruptura de stock.

Indicador Gestión Modelo Botas M4

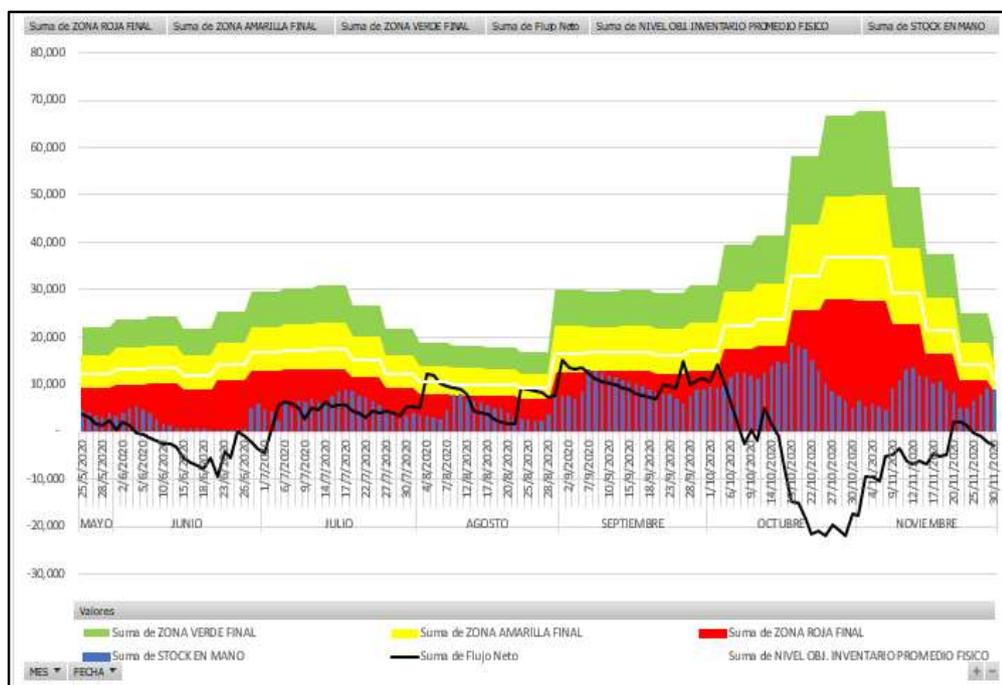


Figura 4-17 Indicador gestión modelo Botas M4

En la Figura 4-17 se puede apreciar el comportamiento del buffer del modelo de botas M4, la lectura muestra que el buffer detecta los incrementos de la demanda principalmente en el mes de octubre que es el mes de mayor venta del período invernal, esta gráfica muestra claramente que a mediados del mes de octubre este modelo se debía incrementar el nivel de inventario ya que en la zona roja se generaría ruptura de stock, esto se verifica con la ecuación de flujo neto.

Indicador Gestión Modelo Botas M5

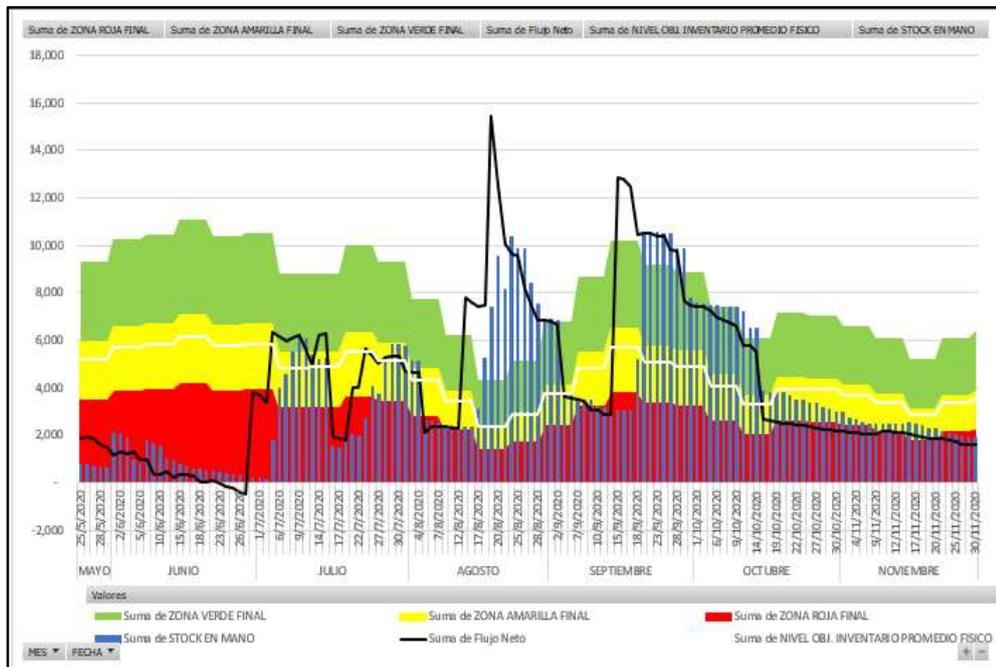


Figura 4-18 Indicador gestión modelo Botas M5

En la Figura 4-18 muestra claramente que el modelo de botas M5 en el mes de agosto existe exceso de inventario, pero con la implementación del DDMRP se logró regular y posteriormente posicionarlo en la zona roja del amortiguador.

Indicador Gestión Modelo Botas M6

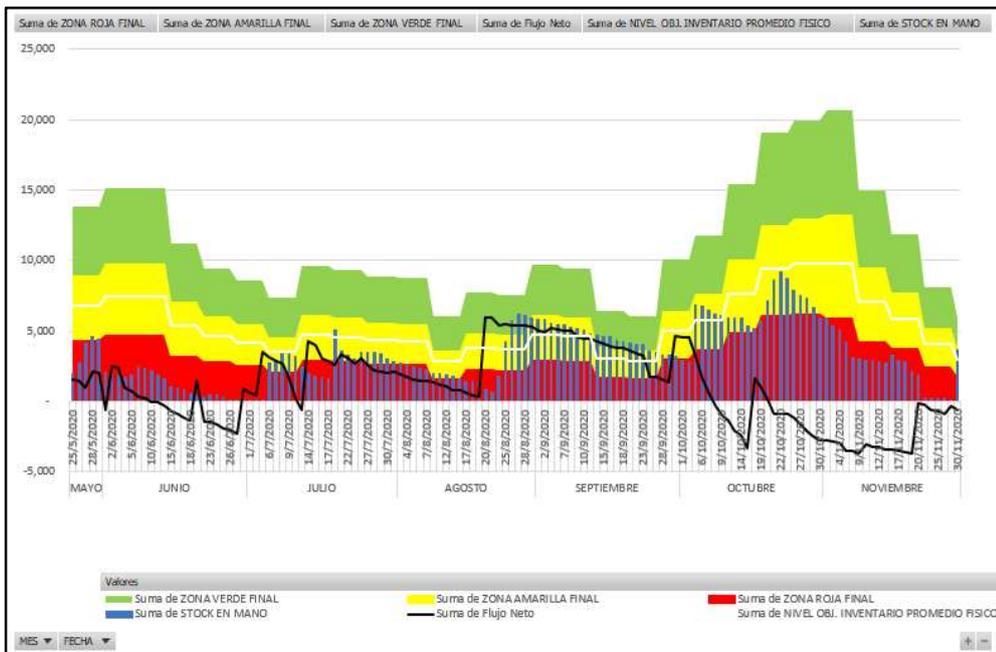


Figura 4-19 Indicador gestión modelo Botas M6

En la Figura 4-19 muestra claramente que el modelo de botas M6 en el mes de octubre se debe incrementar el valor del inventario, ya que la ecuación del flujo neto al ser negativa nos genera una alerta de ruptura de inventario.

Indicador Gestión Modelo Botas M7

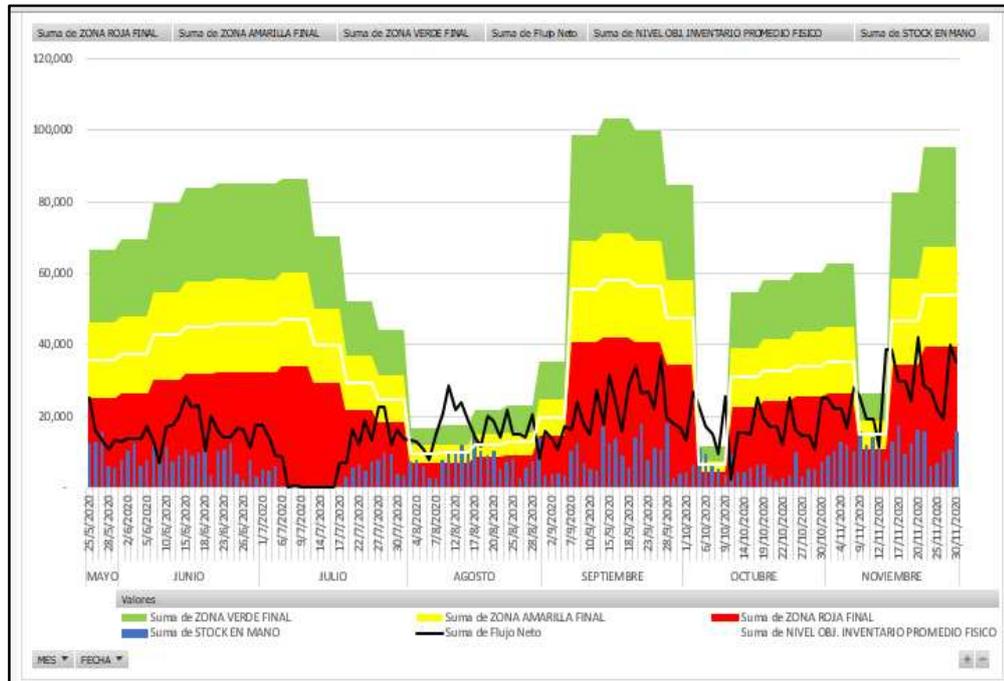


Figura 4-20 Indicador gestión modelo Botas M7

Finalmente, la Figura 4-20 muestra el comportamiento del buffer del modelo de botas M7, igual que el resto de los modelos analizados anteriormente el stock se gestionó en la zona roja, es repetitivo el caso del mes de octubre donde la ecuación de flujo neto genera la alerta de las posibles rupturas de stock.

4.3.2. Ejecución visible y corporativa

La metodología del DDMRP proporciona un conjunto de alertas para su ejecución y se divide en: alertas de estado del buffer y alertas de sincronización. Las de estado buffer se subdivide en: alerta de inventario físico (stock en mano) y alerta de agotado proyectado (stock en mano más stock en tránsito). En lo que se refiere a las alertas de sincronización se subdivide en: alerta de sincronización de materiales (falta de subensamble para producción) y alerta de lead time (problemas de sincronización con el proveedor). Esta descripción en forma general se muestra en la Figura 4-21.

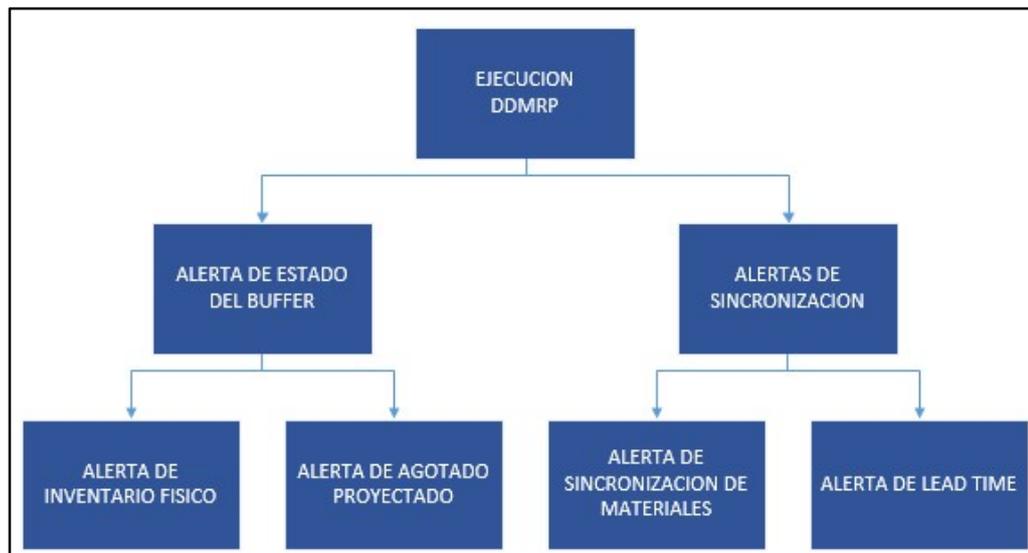


Figura 4-21 Tipos de alertas

Alerta de inventario físico. - Este tipo de alerta se enfoca en el stock físico actual y no utiliza la ecuación del flujo neto, así mismo es importante cambiar la forma como se determina las prioridades y la interpretación de los colores del buffer (Demand Driven Institute, 2016). Como ejemplo la alerta del inventario físico en el área de producción mostraría qué órdenes de producción deben ir primero; el nivel de alerta del inventario físico se define como el 50% de la zona roja, con respecto a las prioridades cuando el inventario físico penetra en la zona de seguridad la prioridad se vuelve urgente y por consiguiente debe ser de color rojo (Ptak & Smith, 2016a).

Alerta de inventario físico proyectado. – Este tipo de alerta proyecta el inventario físico actual basado en el consumo promedio diario y muestra cuál es su futura penetración en la zona roja, para esta alerta es necesario información de la demanda y de los suministros que tienen fechas de entrega respectivamente, esta información sobre las fechas de entrega se vuelve relevante para simular en que zona se encontraría el buffer proyectado (Ptak & Smith, 2016a). Esta alerta no está diseñada para para generar nuevas órdenes de reposición, sirve para indicar qué posiciones de los suministros se deben acelerar para evitar problemas en el buffer (Demand Driven Institute, 2016).

Alerta de sincronización de materiales. – Este tipo de alerta permite visualizar la escasez del suministro frente a la demanda conocida, esta alerta se activa cuando existe un inventario negativo y este puede ser actual o proyectado. Esta alerta tiene tres activadores:

Suministros insuficientes. – Esta alerta se activa cuando los suministros existentes son menores a los requeridos, esto se puede dar por variación de la demanda o por subensambles que no tienen buffer.

Suministros tardíos. – Este caso se genera cuando la fecha de entrega se retrasa, por consiguiente, genera una posición negativa en el inventario.

Compromiso de iniciar más temprano. – Sucede cuando se cambia la fecha de inicio de un requerimiento de la demanda, se ve afectada cuando el requerimiento consta de materiales que no tienen buffer.

Alerta de sincronización de lead time. – Este tipo de alerta tiene como beneficio conocer los problemas de sincronización de los suministros, de esta forma se realiza ajustes en la planificación para tener un mejor desempeño en el flujo (Ptak & Smith, 2016a); también sirve para que el personal (compras-planificación) revisen el estado de los materiales que no tienen buffer.

4.4. Comparación entre TOC y DDMRP

La comparación que se realizó entre las dos teorías permite determinar cuál es la metodología más adecuada para la planificación del abastecimiento de los materiales, los factores que se van a considerar para la comparación son los niveles de inventario sugerido por los buffers, la cobertura de inventario y el índice de rotación.

TABLA 4-22 TOC VS DDMRP M1.

PRODUCTO: M1	may-20	jun-20	jul-20	ago-20	sep-20	oct-20	nov-20	Promedio	Min	Max
Buffer TOC (total zona verde)	49,171	46,230	30,387	52,723	46,982	103,107	29,106	51,101	29,106	103,107
Buffer DDMRP	98,672	91,460	63,469	107,435	98,991	204,513	58,116	103,237	58,116	204,513
Nivel obj. inventario promedio fisico (ddmrp)	52,885	49,586	32,918	56,856	50,963	110,647	31,275	55,019	31,275	110,647
Venta	108,853	91,033	70,078	48,191	51,510	212,024	56,575	91,181	48,191	212,024
Cobertura meses (TOC)	0.452	0.508	0.434	1.094	0.912	0.486	0.514	0.629	0.434	1.094
Cobertura meses (DDMRP)	0.486	0.545	0.470	1.180	0.989	0.522	0.553	0.678	0.470	1.180
Stock min (TOC)	49,171	46,230	30,387	52,723	46,982	103,107	29,106	51,101	29,106	103,107
Diferencia Nominal	3,714	3,356	2,531	4,133	3,981	7,540	2,169	3,918	2,169	7,540
Diferencia Porcentualmente	7.6%	7.3%	8.3%	7.8%	8.5%	7.3%	7.5%	7.7%	7.3%	8.5%
Rotacion TOC (venta unidades)/buffer	2.214	1.969	2.306	0.914	1.096	2.056	1.944	1.786	0.914	2.306
Rotacion DDMRP (venta unidades)/buffer	2.058	1.836	2.129	0.848	1.011	1.916	1.809	1.658	0.848	2.129

La TABLA 4-22 muestra que en el modelo de botas M1 el valor del inventario sugerido por la teoría de restricciones (TOC) es menor con respecto a la metodología del DDMRP, en promedio el DDMRP sugiere 3.918 pares adicionales al buffer, al revisar

la rotación lógicamente la de TOC es mejor ya que en promedio rota 1,7 veces y la cobertura de inventario en promedio es 0,62 meses.

TABLA 4-23 TOC VS DDMRP M2.

PRODUCTO: M2	may-20	jun-20	jul-20	ago-20	sep-20	oct-20	nov-20	Promedio	Min	Max
Buffer TOC (total zona verde)	48,857	53,131	69,756	82,166	75,264	42,887	47,726	59,970	42,887	82,166
Buffer DDMRP	104,059	106,313	137,640	162,126	148,508	103,005	114,627	125,183	103,005	162,126
Nivel obj. inventario promedio fisico (ddmrp)	55,666	59,513	77,849	91,700	83,995	57,054	63,493	69,896	55,666	91,700
Venta	434,103	379,551	534,910	344,797	339,027	343,605	137,064	359,008	137,064	534,910
Cobertura meses (TOC)	0.113	0.140	0.130	0.238	0.222	0.125	0.348	0.188	0.113	0.348
Cobertura meses (DDMRP)	0.128	0.157	0.146	0.266	0.248	0.166	0.463	0.225	0.128	0.463
Stock min (TOC)	48,857	53,131	69,756	82,166	75,264	42,887	47,726	59,970	42,887	82,166
Diferencia Nominal	6,809	6,382	8,093	9,534	8,731	14,167	15,767	9,926	6,382	15,767
Diferencia Porcentualmente	13.9%	12.0%	11.6%	11.6%	11.6%	33.0%	33.0%	18.1%	11.6%	33.0%
Rotacion TOC (venta unidades)/buffer	8.885	7.144	7.668	4.196	4.505	8.012	2.872	6.183	2.872	8.885
Rotacion DDMRP (venta unidades)/buffer	7.798	6.378	6.871	3.760	4.036	6.022	2.159	5.289	2.159	7.798

En el caso del modelo de botas M2 la TABLA 4-23 muestra que el TOC sugiere menor stock versus la metodología del DDMRP, en promedio son 9.926 pares y el valor de la rotación en promedio es de 6,1 veces, con una cobertura en promedio de 0,18 meses.

La mayoría de los modelos de botas tienen como constante que el valor del buffer sugerido por TOC es menor en comparación con el valor sugerido DDMRP, por consiguiente, su cobertura es menor y su índice de rotación es mayor, a continuación, se detalla los resultados del resto de modelos de botas analizados.

TABLA 4-24 TOC VS DDMRP M3

PRODUCTO: M3	may-20	jun-20	jul-20	ago-20	sep-20	oct-20	nov-20	Promedio	Min	Max
Buffer TOC (total zona verde)	3,409	4,962	4,674	3,441	3,656	4,353	2,466	3,852	2,466	4,962
Buffer DDMRP	7,816	10,823	10,749	7,777	8,122	9,569	5,664	8,646	5,664	10,823
Nivel obj. inventario promedio fisico (ddmrp)	4,292	6,053	5,839	4,302	4,535	5,347	3,149	4,788	3,149	6,053
Venta	5,401	7,223	6,724	3,395	3,557	5,882	3,119	5,043	3,119	7,223
Cobertura meses (TOC)	0.631	0.687	0.695	1.014	1.028	0.740	0.791	0.798	0.631	1.028
Cobertura meses (DDMRP)	0.795	0.838	0.868	1.267	1.275	0.909	1.010	0.995	0.795	1.275
Stock min (TOC)	3,409	4,962	4,674	3,441	3,656	4,353	2,466	3,852	2,466	4,962
Diferencia Nominal	883	1,091	1,165	861	879	994	683	937	683	1,165
Diferencia Porcentualmente	25.9%	22.0%	24.9%	25.0%	24.0%	22.8%	27.7%	24.6%	22.0%	27.7%
Rotacion TOC (venta unidades)/buffer	1.584	1.456	1.439	0.987	0.973	1.351	1.265	1.293	0.973	1.584
Rotacion DDMRP (venta unidades)/buffer	1.258	1.193	1.152	0.789	0.784	1.100	0.990	1.038	0.784	1.258

La TABLA 4-24 muestra la comparación entre las metodologías del modelo de botas M3.

TABLA 4-25 TOC VS DDMRP M4

PRODUCTO: M4	may-20	jun-20	jul-20	ago-20	sep-20	oct-20	nov-20	Promedio	Min	Max
Buffer TOC (total zona verde)	11,419	15,806	11,341	15,544	16,015	34,353	10,594	16,439	10,594	34,353
Buffer DDMRP	12,084	17,036	17,036	41,859	41,859	41,859	41,859	30,513	12,084	41,859
Nivel obj. inventario promedio fisico (ddmrp)	12,219	16,823	12,161	16,596	17,143	36,731	11,246	17,560	11,246	36,731
Venta	15,819	20,810	14,333	9,873	13,311	45,556	12,616	18,903	9,873	45,556
Cobertura meses (TOC)	0.722	0.760	0.791	1.574	1.203	0.754	0.840	0.949	0.722	1.574
Cobertura meses (DDMRP)	0.772	0.808	0.848	1.681	1.288	0.806	0.891	1.014	0.772	1.681
Stock min (TOC)	11,419	15,806	11,341	15,544	16,015	34,353	10,594	16,439	10,594	34,353
Diferencia Nominal	800	1,017	820	1,052	1,128	2,378	652	1,121	652	2,378
Diferencia Porcentualmente	7.0%	6.4%	7.2%	6.8%	7.0%	6.9%	6.2%	6.8%	6.2%	7.2%
Rotacion TOC (venta unidades)/buffer	1.385	1.317	1.264	0.635	0.831	1.326	1.191	1.136	0.635	1.385
Rotacion DDMRP (venta unidades)/buffer	1.295	1.237	1.179	0.595	0.776	1.240	1.122	1.063	0.595	1.295

La TABLA 4-25 muestra la comparación entre las metodologías del modelo de botas M4.

TABLA 4-26 TOC VS DDMRP M5.

PRODUCTO: M5	may-20	jun-20	jul-20	ago-20	sep-20	oct-20	nov-20	Promedio	Min	Max
Buffer TOC (total zona verde)	4,272	4,786	4,194	2,963	3,962	3,158	2,776	3,730	2,776	4,786
Buffer DDMRP	9,340	10,546	9,347	6,767	8,883	7,061	6,445	8,341	6,445	10,546
Nivel obj. inventario promedio fisico (ddmrp)	5,224	5,861	5,187	3,767	4,924	3,940	3,584	4,641	3,584	5,861
Venta	6,404	6,541	9,092	8,663	4,362	6,618	3,455	6,448	3,455	9,092
Cobertura meses (TOC)	0.667	0.732	0.461	0.342	0.908	0.477	0.803	0.627	0.342	0.908
Cobertura meses (DDMRP)	0.816	0.896	0.571	0.435	1.129	0.595	1.037	0.783	0.435	1.129
Stock min (TOC)	4,272	4,786	4,194	2,963	3,962	3,158	2,776	3,730	2,776	4,786
Diferencia Nominal	952	1,075	993	804	962	782	808	911	782	1,075
Diferencia Porcentualmente	22.3%	22.5%	23.7%	27.1%	24.3%	24.8%	29.1%	24.8%	22.3%	29.1%
Rotacion TOC (venta unidades)/buffer	1.499	1.367	2.168	2.924	1.101	2.096	1.245	1.771	1.101	2.924
Rotacion DDMRP (venta unidades)/buffer	1.226	1.116	1.753	2.300	0.886	1.680	0.964	1.418	0.886	2.300

La TABLA 4-26 muestra la comparación entre las metodologías del modelo de botas M5.

TABLA 4-27 TOC VS DDMRP M6.

PRODUCTO: M6	may-20	jun-20	jul-20	ago-20	sep-20	oct-20	nov-20	Promedio	Min	Max
Buffer TOC (total zona verde)	7,885	4,720	4,998	5,507	5,770	11,358	3,237	6,211	3,237	11,358
Buffer DDMRP	13,818	8,586	8,864	9,651	10,096	19,890	5,922	10,975	5,922	19,890
Nivel obj. inventario promedio fisico (ddmrp)	6,816	4,182	4,352	4,754	4,963	9,767	2,943	5,397	2,943	9,767
Venta	9,246	5,402	5,318	4,040	5,108	12,532	3,243	6,413	3,243	12,532
Cobertura meses (TOC)	0.853	0.874	0.940	1.363	1.130	0.906	0.998	1.009	0.853	1.363
Cobertura meses (DDMRP)	0.737	0.774	0.818	1.177	0.972	0.779	0.907	0.881	0.737	1.177
Stock min (DDMRP)	6,816	4,182	4,352	4,754	4,963	9,767	2,943	5,397	2,943	9,767
Diferencia Nominal	-1,069	-538	-646	-753	-807	-1,591	-294	-814	-1,591	-294
Diferencia Porcentualmente	-13.6%	-11.4%	-12.9%	-13.7%	-14.0%	-14.0%	-9.1%	-12.7%	-14.0%	-9.1%
Rotacion TOC (venta unidades)/buffer	1.173	1.144	1.064	0.734	0.885	1.103	1.002	1.015	0.734	1.173
Rotacion DDMRP (venta unidades)/buffer	1.357	1.292	1.222	0.850	1.029	1.283	1.102	1.162	0.850	1.357

La TABLA 4-27 muestra la comparación entre las metodologías del modelo de botas M6, se observa que tiene un ajuste mejor del valor del inventario usando la metodología DDMRP, en este caso el inventario en promedio es de 5.397 pares, tiene una cobertura de aproximadamente un mes (0,8) y su índice de rotación es de 1,1 veces.

TABLA 4-28 TOC VS DDMRP M7.

PRODUCTO: M7	may-20	jun-20	jul-20	ago-20	sep-20	oct-20	nov-20	Promedio	Min	Max
Buffer TOC (total zona verde)	31,603	39,930	22,451	17,681	41,613	31,103	47,987	33,195	17,681	47,987
Buffer DDMRP	66,773	85,009	44,108	35,162	84,688	60,437	95,323	67,357	35,162	95,323
Nivel obj. inventario promedio fisico (ddr)	35,862	45,835	24,960	19,870	47,731	34,245	53,873	37,482	19,870	53,873
Venta	89,712	106,629	53,077	86,881	38,581	76,370	109,981	80,176	38,581	109,981
Cobertura meses (TOC)	0.352	0.374	0.423	0.204	1.079	0.407	0.436	0.468	0.204	1.079
Cobertura meses (DDMRP)	0.400	0.430	0.470	0.229	1.237	0.448	0.490	0.529	0.229	1.237
Stock min (TOC)	31,603	39,930	22,451	17,681	41,613	31,103	47,987	33,195	17,681	47,987
Diferencia Nominal	4,259	5,905	2,509	2,189	6,118	3,142	5,886	4,287	2,189	6,118
Diferencia Porcentualmente	13.5%	14.8%	11.2%	12.4%	14.7%	10.1%	12.3%	12.7%	10.1%	14.8%
Rotacion TOC (venta unidades)/buffer	2.839	2.670	2.364	4.914	0.927	2.455	2.292	2.637	0.927	4.914
Rotacion DDMRP (venta unidades)/buffer	2.502	2.326	2.126	4.372	0.808	2.230	2.041	2.344	0.808	4.372

La TABLA 4-28 muestra la comparación entre las metodologías del modelo de botas M7.

Luego de la revisión de los datos descritos anteriormente y con la experiencia de la implementación de DDMRP en Plasticaucho Industrial considero que no es concluyente indicar que la teoría de restricciones (TOC) es considerablemente mejor que la metodología DDMRP, en la TABLA 4-29 se procede a describir ciertos atributos que considera DDMRP que tienen un sustento matemático, mientras que en el caso TOC se puede considerar como deficiencias.

TABLA 4-29 ATRIBUTOS TOC Y DDMRP

TOC	DDMRP
Cálculo de las zonas del buffer son iguales, cada una tiene un valor de 1/3.	Cálculo de las zonas tienen un propósito, zona roja (seguridad del buffer), zona amarilla (cobertura de la demanda) y verde (generación de órdenes).
Cálculo del buffer no considera parámetros como factores de variabilidad en LT y demanda.	Cálculo del buffer considera parámetros como factores de variabilidad en LT y demanda.
Para los ajustes dinámicos se trabaja con demanda histórica y no considera índices estacionales.	Buffer considera demanda histórica e índices estacionales.
El nivel objetivo del inventario se determina según el criterio del gerente del amortiguador.	El nivel objetivo del inventario promedio es el valor de la zona roja (seguridad) más la zona verde (generación de órdenes) dividida entre dos.

El gerenciamiento del buffer es 1/3 de incremento o decremento.	El gerenciamiento del buffer se sincroniza con la demanda y dependerá de ella para utilizar los diferentes métodos de cálculo para su incremento o decremento.
Carece de un método para cambiar el color de las ordenes (prioridades).	Incorpora alertas de buffer de tiempo y de producto.
Carece de un método que indique la cantidad de inventario faltante para la entrega de pedidos.	Incorpora la ecuación del flujo neto.
Es una herramienta para gestionar el inventario.	DDMRP es parte de la metodología Demand Driven Adaptive Enterprise (DDAE), este modelo se enlaza con la planeación de ventas y operaciones basada en la demanda (DDS&OP), la planificación operativa la programación y ejecución por parte del DDM (Demand Driven Model Operative). Con este conjunto de herramientas se puede gestionar toda la cadena de suministro.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Con la información recopilada y facilitada por la empresa Plasticaucho Industrial de los procesos de planificación de la demanda y producción, se logra determinar en qué eslabones del diseño de la cadena de suministro se deben implementar los buffers, mismos que se ubicaron en el centro de distribución para la administración del producto terminado. En el caso de los subensambles se define la existencia de buffer en la costura de las medias, la impresión de las etiquetas y la fabricación del compuesto de PVC y finalmente en el aprovisionamiento de materia prima.
- El método de cálculo del buffer se basa en la demanda real, generando amortiguación, reducción de lead time y sugieren ordenes de reposición. Los buffers se calculan semanalmente y se utilizan los dos métodos de ajuste, los ajustes recalculados en el período normal de la venta y los ajustes planeados para el período estacional.
- La metodología DDMRP analiza variables para el cálculo de los buffers como: lotes económicos de producción, factores de lead time, factores de variabilidad, índices estacionales. Con la inclusión de todas estas variables DDMRP se desarrolla como modelo de gestión integral en la planificación y administración de los inventarios.
- Con la implementación de la metodología DDMRP en los meses de mayo a noviembre para los siete modelos de botas del tipo A, se determina el valor promedio del inventario que Plasticaucho Industrial debe administrar, siendo para: M1 (55.019 pares), M2 (69.896 pares), M3 (4.768 pares), M4 (17.560 pares), M5 (4.641 pares), M6 (5.397 pares) y M7 (37.482 pares); resultando que, el nivel promedio de inventario de la organización es 194.782 pares de botas mensuales.

- Con los valores del inventario sugerido por el amortiguador, se crearon políticas comprensibles que identifican cuándo se deben recalcular los amortiguadores, cuándo se envía las órdenes de reabastecimiento, cuál es el valor del inventario que la organización está dispuesta a administrar y quién es el responsable de esta gestión.
- Se comparan los buenos resultados de la administración del inventario por TOC versus DDMRP evidenciando que el índice de rotación es numéricamente mejor al aplicar TOC, la diferencia entre las dos metodologías de los modelos de botas es: M1 (0,128 veces), M2 (0,894 veces), M3 (0,255 veces), M4 (0,072 veces), M5 (0,354 veces), en el caso del modelo de botas M6 el índice de rotación es mejor al aplicar DDMRP (0,147 veces), finalmente M7 (0,294 veces). Sin embargo, este dato no es concluyente, pues se debe tener presente que la metodología DDMRP determina cual es el valor del inventario, al calcular el inventario promedio físico, mientras que TOC no tiene un método que determine la cantidad del inventario necesario.
- La metodología del DDMRP es parte de un modelo que se interrelaciona con todos los procesos que intervienen en la cadena de suministro como: ventas, operaciones, y programación de producción; de esta forma se garantiza un mejoramiento continuo en toda la organización.

5.2. RECOMENDACIONES

- Realizar un estudio a nivel financiero que permita analizar el costo del inventario que puede admitir una organización con respecto al costo de la eficiencia operacional cuando los productos tienen estacionalidad.
- Desarrollar un estudio sobre la incidencia de los factores de lead time y de variabilidad en el cálculo de las zonas del buffer, ya que para esta investigación se utilizó los valores promedios.
- Elaborar un estudio que permita integrar la planeación agregada de las

operaciones con la metodología DDMRP.

- Aplicar la tecnología informática para desarrollar software libre que permita la integración de DDMRP con sistemas de planificación de recursos empresariales.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, A. P. V., 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>
- Ana Ingrid. (s. f.). *ESTADISTICA.Tabla tstudent* [Ciencias]. Recuperado 4 de enero de 2021, de <https://es.slideshare.net/AnaRomero3/estadisticatabla-tstudent>
- Axsäter, S. (2015). *Inventory control* (3rd ed). Springer.
- Bahu, B., Bironneau, L., & Hovelaque, V. (2019). Compréhension du DDMRP et de son adoption: Premiers éléments empiriques. *Logistique & Management*, 27(1), 20-32. <https://doi.org/10.1080/12507970.2018.1547130>
- Delgado, J., & Marín, F. (2000). *Evolución en los sistemas de gestión empresarial. Del MRP al ERP*. 8.
- Demand Driven Institute. (2016). *DEMAND DRIVEN PLANNER PROFESSIONAL (DDPP)*.
- Dorado Romero, S. R. (2014). *Procedure for service level management based on the standard ISO/IEC 20000:2005*.
- Dr. Anjay Kumar Mishra. (2020). IMPLICATION OF THEORY OF CONSTRAINTS IN PROJECT MANAGEMENT. *International Journal of Advanced Trends in Engineering and Technology (IJATET)*, 5(1), 1-13.
<https://doi.org/10.5281/zenodo.3605056>
- Efrilianda, D. A., Mustafid, & Isnanto, R. R. (2018). Inventory control systems with safety stock and reorder point approach. *2018 International Conference on Information and Communications Technology (ICOIACT)*, 844-847.
<https://doi.org/10.1109/ICOIACT.2018.8350766>

- Favaretto, D., & Marin, A. (2018). *An Empirical Comparison Study Between DDMRP and MRP in Material Management* (SSRN Scholarly Paper ID 3305114). Social Science Research Network.
<https://doi.org/10.2139/ssrn.3305114>
- Garcia-Sabater, J. P. (2020). *Gestión de Stocks de Demanda Independiente*. 32.
- Goldratt, E. M., Cox, J., & Whitford, D. (2005). *La meta: Un proceso de mejora continua*. Díaz de Santos.
- Guerrero Salas, H. (2010). *Inventarios: Manejo y control*. Starbook.
- Heizer, J., Render, B., & Murrieta Murrieta, J. E. (2009). *Principios de administración de operaciones*. Pearson Educación de México, S. A. de C. V.
- Ihme, M., & Stratton, R. (2015). *Evaluating Demand Driven MRP: a case based simulated study*. 10.
- Ismail, S. Z. B., Morton, S. C., Harding, J. A., & Michaelides, R. (2015). Product-Service System in inventory control: A new paradigm? *2015 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management (IEOM)*, 1-6. <https://doi.org/10.1109/IEOM.2015.7093775>
- 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>
- Kouvelis, P., Dong, L., & Turcic, D. (2017). Supply Chain Finance. En *Supply Chain Finance*. Supply Chain Finance. now.
<https://ieeexplore.ieee.org/document/8275580>
- Krugman, P. R., Wells, R., Graddy, K., Estruch Manjón, A., García-Pardo, J., Mazón Calpena, C., & Sebastián Gascón, M. (2013). *Fundamentos de economía*.

Reverté.

- Kuhn, J. (2015). End-to-end supply chains: The solution? *2015 International Conference on Logistics, Informatics and Service Sciences (LISS)*, 1-3.
<https://doi.org/10.1109/LISS.2015.7369674>
- Miclo, R. (2016). *Challenging the «Demand Driven MRP» Promises: A Discrete Event Simulation Approach. (Challenger les promesses du «Demand Driven MRP» : une approche basée sur la simulation à évènements discrets).*
- 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>
- Mohamad Jihan Shofa, & Wahyu Oktri Widyarto. (2017, junio 15). (PDF) *Modélisation UML des processus de planification MRP II et DDMRP: Analyse critique.* ResearchGate.
https://www.researchgate.net/publication/330145207_Modelisation_UML_de_s_processus_de_planification_MRP_II_et_DDMRP_Analyse_critique
- Nemtajela, N., & Mbohwa, C. (2016). Inventory management models and their effects on uncertain demand. *2016 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)*, 1046-1049.
<https://doi.org/10.1109/IEEM.2016.7798037>
- Pekarčíková, M., Trebuná, P., Kliment, M., & Trojan, J. (2019). DEMAND DRIVEN MATERIAL REQUIREMENTS PLANNING. SOME METHODOLOGICAL AND PRACTICAL COMMENTS. *Management and Production Engineering Review*, 10(2), 10.
- Ptak, C. A., & Smith, C. (2016a). *DDMRP PLANEACION DE REQUERIMIENTO*

DE MATERIALES DEMAND DRIVEN. Piensalo.

Ptak, C. A., & Smith, C. (2016b). *Demand driven material requirements planning: DDMRP*. Industrial Press, Inc.

Ribeiro, S., Schmitz, E., Alencar, A., & Silva, M. (2018). Literature Review on the Theory of Constraints Applied in the Software Development Process. *IEEE Latin America Transactions*, 16(11), 2747-2756.

<https://doi.org/10.1109/TLA.2018.8795116>

Smith, C. (2013). *Demand Driven MRP Buffer Explanation and Simulation*. 14.

Toomey, J. W. (2000). *Inventory Management* (Vol. 12). Springer US.

<https://doi.org/10.1007/978-1-4615-4363-3>

van Kampen, T. J., Akkerman, R., & Pieter van Donk, D. (2012). SKU classification:

A literature review and conceptual framework. *International Journal of Operations & Production Management*, 32(7), 850-876.

<https://doi.org/10.1108/01443571211250112>

Vidal, J., Lauras, M., Lamothe, J., & Miclo, R. (2020). Toward an Aggregate Approach for Supporting Adaptive Sales And Operations Planning. *2020 IEEE 7th International Conference on Industrial Engineering and Applications (ICIEA)*, 1031-1038.

<https://doi.org/10.1109/ICIEA49774.2020.9102060>