

PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA DEMAND DRIVEN PARA
LA PLANEACIÓN DE LA PRODUCCIÓN EN LA PLANTA
PHOENIX PACKAGING CARIBE S.A.S.

KAREN LORENA GÓMEZ PUENTES

PROYECTO DE GRADO:
TRABAJO DE FORMACIÓN EMPRESARIAL (009057)

Tutor
JORGE IVAN ROMERO

Director
JORGE AURELIO HERRERA

UNIVERSIDAD JORGE TADEO LOZANO
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERIAS PROGRAMA: INGENIERIA
INDUSTRIAL
BOGOTA D.C.
2020.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	11
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	12
2.1 Diagnóstico del Proceso.	12
2.2 Formulación.	13
3. OBJETIVOS.....	13
3.1 Objetivo General.....	13
3.2 Objetivo Específico	13
4. ALCANCE DEL PROYECTO.....	13
5. METODOLOGÍA.....	14
6. JUSTIFICACIÓN.....	14
7. CONTEXTUALIZACIÓN GENERAL DE LA EMPRESA.....	16
7.1 Historia	16
7.2 Descripción de la Empresa.....	17
7.3 Misión.....	18
7.4 Visión.	18
7.5 Ubicación geográfica de la Planta Phoenix Packaging Caribe S.A.S.	18
8. MARCO TEORICO	18
8.1 SISTEMAS DE PRODUCCIÓN	18
8.2 PRONOSTICO DE LA DEMANDA.....	20
8.3 ADMINISTRACIÓN DE INVENTARIOS	22
8.3.1 Análisis ABC	23
8.4 ADMINISTRACIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO.....	24
8.4.1 El Efecto Látigo.....	28
8.5 LEAN MANUFACTURING.....	29
8.5.1 Justo a Tiempo.	30
8.6 PLANIFICACIÓN Y CONTROL.....	37
8.7 INTRODUCCION A LOS SISTEMAS DE GESTIÓN	40
8.7.1 Gestión Lista de Materiales (BOM):	41
8.7.2 MRP (planificación de requerimientos de materiales)	41
8.7.3 MRP de Bucle o Ciclo Cerrado.....	43

8.7.4 MRP II (Planificación de los Recursos de Fabricación)	44
8.7.5 ERP (Planificación de los recursos de la empresa)	45
8.7.6 SCM, CRM y PLM	46
9. El DDMRP PLANIFICACIÓN DE NECESIDADES DE MATERIALES IMPULSADAS POR LA DEMANDA.....	47
9.1.1 SISTEMA TIPO PUSH “Empujar”	48
9.1.2 SISTEMA TIPO PULL “HALAR”	48
9.2.1 Posicionamiento estratégico de inventario (Buffer).....	50
9.2.2 Perfiles y Niveles del Buffer.	52
9.2.3 Ajustes Dinámicos.....	58
9.2.4 Planeación Demand Driven.....	59
Quinto Componente.....	60
9.2.5 Ejecución visible y Colaborativa.	60
10. SITUACIÓN ACTUAL DE Phoenix Packaging Caribe S.A.S	62
11. PORTAFOLIO.....	65
11.1 Líneas de Productos.....	65
11.2 Marcas Propias	66
12. DIAGNÓSTICO.....	67
12.1 Análisis ABC del Portafolio	67
12.2 Clasificar los Productos.....	68
12.3 Cálculo CPD	70
12.4 Determinar rangos de Lead Time.....	72
12.5 Construcción Del Buffer	72
12.6 Construcción Buffer Artículos Tipo A	73
12.7 Prueba piloto para uno (1) de los productos de la planta Phoenix Packaging Caribe S.A.S	74
Zona Verde:.....	74
Zona Amarillo:	75
Zona Roja	75
13. CRONOGRAMA	76
14. CONCLUSIÓN	76
15. BIBLIOGRAFÍA	77

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Representación gráfica de la clasificación ABC.....	24
figura 2. La casa del SCM (Supply Chain Management).....	26
Figura 3. Procesos Macro de la Cadena de Suministros.	27
Figura 4. ejemplo del efecto látigo.....	28
Figura 5. La analogía de "Rocas y Agua"	30
Figura 6. Proceso de planificación y control de la producción.....	39
Figura 7. Evolución de los sistemas de gestión.	40
Figura 8. Diagrama de definiciones del MRP	41
Figura 9. DRP Cadena de suministro.....	44
Figura 10. Sistema tipo PUSH "Empujar" y Sistema tipo PULL "Halar"	48
Figura 11. La base del DDMRP.....	50
Figura 12. Los 5 Componentes de DDMRP.....	50
Figura 13. Fuentes de variabilidad.....	51
Figura 14. Proceso de punto de desacople	52
Figura 15. Perfiles del BUFFER.....	53
Figura 16. BOM y esquema de fabricación FPG y FPH.....	54
Figura 17. Lead Time de Manufactura.....	54
Figura 18. Lead time acumulado.	55
Figura 19. Lead time Desacoplado.	55
Figura 20. PERFIL BUFFER	56
Figura 21. Construcción del Buffer.....	58
Figura 22. Componentes de la ecuación Flujo neto	59
figura 23. Alertas DDMRP.....	60
figura 24. Componentes del DDMRP.....	61

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Factores de Posicionamiento de puntos de desacople (inventario).	52
Tabla 2. Rango factor lead time	57
Tabla 3. Rango de factor de Variabilidad.....	57

LISTA DE IMAGENES

imagen 1. Portafolio del Grupo Phoenix	67
--	----

GLOSARIO

Diccionario Demand Driven MRP.

Agotado (AG) – Una referencia que no está inmediatamente disponible en el inventario (refiérase al Diccionario APICS).

ADU- Consumo promedio diario. Es el promedio de consumo diario para cada material.

Alerta del CPD – Una alerta que indica un cambio significativo en el CPD dentro de un conjunto definido de parámetros (Cantidad y Tiempo).

Alertas del estado del Buffer – Alertas que indican el estado actual y proyectado de las posiciones en los puntos de desacople a lo largo de la red de dependencias.

Alerta de Lead Time – Una alerta generada por una referencia manejada con lead time. Una alerta se generará siempre que la referencia ingrese a una zona muy diferente en el buffer: (verde, amarilla y roja).

BOM - Lista de materiales. Es la receta de fabricación para un componente manufacturado, la cual contiene el detalle de los elementos y cantidades necesarias para la fabricación de una parte específica.

Buffers dinámicos – Niveles de buffer que son ajustados o automática o manualmente basados en cambios de los atributos clave de las referencias.

Cantidad mínima de pedido significativa – Una cantidad mínima de pedido que establece la zona verde de un buffer.

CLT- Lead time acumulado, es el tiempo acumulado más largo necesario para llevar a cabo una actividad determinada.

CPD – Consumo promedio de una referencia, componente o producto en una base diaria.

DAF - Factor de ajuste de demanda. Factor utilizado para modificar al alza o a la baja el consumo promedio diario (ADU).

DDMRP – Un método de demanda cuando se proyecta que el suministro va a ser insuficiente para cubrir la demanda en el momento en que se establece que la demanda va a suceder.

DLT- Lead time desacoplado. Es la secuencia más larga no protegida (sin buffer) en una lista de materiales.

EPQ - Cantidad económica de producción. se basa en encontrar el punto en el que los costos por pedir un producto y los costos por mantenerlo en inventario son iguales.

Especificación de Valor - El valor es lo que satisface las necesidades de los clientes, es por lo que está dispuesto a pagar.

Inventario de seguridad - Aquel que se mantiene en caso de que la demanda supere lo esperado, con el propósito de disminuir la incertidumbre. Debido a que la demanda es incierta y que puede superar las expectativas, las compañías mantienen un inventario de seguridad para satisfacer la alta demanda inesperada.

Lead time - Es el tiempo que ocurre desde que una orden es puesta en el sistema (Fecha de Ingreso de la Orden) hasta el día que el cliente interno o externo espera tener el material en su sitio (Fecha Esperada).

LTD - Lead Time desacoplado. Determina lo que es corto medio y largo a referencia dentro de un perfil.

LTF - Factor de Lead time. Factor aplicado a la demanda promedio diaria de un componente (ADU) para calcular tanto la zona verde como la roja en el buffer. Depende de la categoría del lead time (alta, media o baja).

MLT - Lead time de manufactura. Es el tiempo total requerido para la producción de un artículo

MOQ - Cantidad mínima de orden. Es la cantidad mínima que puede ser ordenada.

NFE - Ecuación de flujo neto. Cálculo para determinar el estado de planificación de un elemento almacenado en el buffer. On-hand: hace referencia al inventario a la mano o inventario disponible.

Perfil Buffer – Permiten la gerencia global práctica y efectiva de grandes cantidades de referencia estratégicamente desacopladas.

Producción - Proceso por medio del cual se crean los bienes económicos, haciéndolos susceptibles de satisfacer necesidades humanas, o sea incorporándoles utilidad.

PO - Orden de compra. Documento que identifica los sku's, cantidades y fechas de entrega.

Rotura de Stock - Se produce cuando una empresa distribuidora no tiene cantidad suficiente de un determinado producto, por ende, no puede abastecer la demanda de sus clientes.

SKU – Es el código de un artículo.

Sistema - Es un grupo de componentes interrelacionados que funcionan juntos para lograr un resultado deseado

TOC - Teoría de Restricciones. Filosofía de gestión holística que se basa en el principio de que los sistemas complejos exhiben simplicidad inherente, una restricción que limita la capacidad del sistema.

TOG - Tope de verde. Máximo nivel del buffer resulta de sumar las zonas roja, amarilla y verde de un buffer.

TOR- Tope de rojo. Máximo nivel de la zona roja del buffer.

TOY- Tope de amarillo. Nivel del buffer resultante de sumar la zona roja y amarilla buffer. Indica el punto desde el cual se generan necesidades de abastecimiento. Variabilidad: medida de la

dispersión de una variable con respecto a su media. Los estadísticos más utilizados para medirla son la varianza y la desviación estándar.

WIP - Trabajo en proceso. Se conforma de aquellas materias primas que han ingresado al proceso productivo pero que aún no están listos para la venta ya que no son aun producto terminado

ZAF - Factor de ajuste de zona. Factor que incrementa o disminuye una zona específica del buffer

RESUMEN

El enfoque de la gestión en toda organización es ser la mejor frente a la demanda en el mercado con su producción y/o servicio, innovando la forma, las técnicas y los métodos para que su productividad sea la más efectiva y eficiente, lo cual nos exige mejorar la operatividad en la cadena de suministro. Actualmente los sistemas de gestión son los responsables para la toma de decisiones, por esta razón tienen la capacidad de involucrar las actividades, tareas diarias de adquisición y consumo de recursos, frente a una población con alta demanda y una competencia variada. Pero ajustarse a la demanda no es difícil, el reto está en tener la capacidad de atender una demanda con alta variabilidad en el mercado y con el mínimo de recursos. Uno de los desafíos más importantes a resolver en una organización productiva, es seleccionar e implementar un sistema apropiado de planificación y control de la producción. Por lo tanto, existen diferentes herramientas de planificación y control que se han estado empleando en las empresas manufactureras que nos afirman que la falta de conocimiento de la filosofía y modo de funcionamiento de estos sistemas de gestión han provocado que en el ámbito empresarial no se empleen de manera idónea los métodos de planificación y control.

La metodología DDMRP (Planificación de necesidades de materiales basados en la demanda), fue desarrollada con el objetivo de aumentar el flujo de materiales e información de una cadena de suministro y así mejorar la ventaja competitiva de esta. En el transcurso del trabajo, el objetivo es realizar un análisis general para poder proponer la implementación de la metodología DDMRP, modificando las reglas tradicionales de gestión de cadenas de suministro y/o del MRP, que funciona bajo la modalidad de “Empujar y Promover” (Push and Promote) hacia una innovada modalidad de “Posicionar y Tirar” (Position and Pull). La primera se basa en pronósticos de ventas que empujan los productos hasta el cliente final, la segunda monitorea la cadena de suministros basándose en la demanda real, posicionando estratégicamente el inventario (Buffer), ya que se ajusta dinámicamente operando en toda la cadena de forma integral y sincronizada de una manera más visible para todos, buscando siempre optimizar los recursos y los procesos de la cadena de suministro.

Palabras Clave:

Cadena de Suministro, Demanda, Planificación, MRP, DDMRP, Variabilidad, Buffer, Ajuste dinámico, Control, Sistemas de Gestión.

ABSTRACT

The management approach in any organization is to be the best against the demand in the market with its production and / or service, innovating the way, the techniques and the methods so that its productivity is more effective and efficient, which requires us to improve the operativity in the supply chain. Currently, management systems are responsible for decision making, for this reason they have the capacity to involve activities, daily tasks of acquisition and consumption of resources, facing a population with high demand and varied competition. But adjusting to demand is not difficult, the challenge is to have the ability to meet a demand with high variability in the market and with minimum resources. One of the most important challenges to solve in a productive organization is to select and implement a production planning and control system. Therefore, there are different planning and control tools that have been used in manufacturing companies that affirm that the lack of knowledge of the philosophy and the way of operation of these management systems have caused that in the business environment they are not use planning and control methods in a suitable way.

The DDMRP methodology (Planning of needs for modified materials on demand), developed with the aim of increasing the flow of materials and information of a supply chain and thus improve its competitive advantage. In the course of the work, the objective is to carry out a general analysis in order to propose the implementation of the DDMRP methodology, modify the traditional rules of supply chain management and / or the MRP, which works under the "Push and Promote" modality. (Push and promote) towards an innovative modality of "Positioning and Pulling" (Position and attraction). The first is based on the sales specification that pushes the products to the final customer, the second monitors the specified supply chain in real demand, strategically positioning the inventory (Buffer), as it dynamically adjusts operating throughout the entire supply chain. comprehensive and synchronized in a way that is more visible to everyone, always seeking to optimize resources and supply chain processes.

Keywords: Supply Chain, uncertainty, planning, MRP, DDMRP, Variability, Buffer, Dynamic fit, Demand, Control, Management Systems

1. INTRODUCCIÓN

Antes de la década de los 60's, no era necesario crear ni implementar estrategias para incursionar en el mercado y atraer a los clientes, ya que estos últimos estaban ahí y los productos eran necesarios. A partir del crecimiento de las industrias y posteriormente de las empresas frente a la progresiva variabilidad de la demanda en el mercado, entre 1960 y 1980 este cambio, y la calidad comenzó a adquirir protagonismo, como lo menciona (Rondeau & Literal, 2001) en un artículo. En 1964 el ingeniero de IBM Joseph Orlicky, desarrolló “la planificación de necesidades de materiales” (MRP). Curiosamente, estudió como parte de una investigación el Sistema de Producción Toyota (SPT), originalmente llamado “Producción Justo-a-tiempo (JIT)”, es decir “producir solo lo necesario, en el momento justo y en la cantidad necesaria”, donde se convertiría en la base de la producción ajustada o el lean manufactory.

En 1975 el MRP se implementó en más de 700 empresas y en 1981 cerca de 8.000 empresas optaron por utilizar este sistema. Según (Cox & Schleier, 2010) Con este nuevo rumbo creó la necesidad de atender y gestionar constantes cambios en la programación de la producción; como acortar tiempos de producción, reducir los inventarios, ampliar el catálogo de productos, cumplir con las fechas de entrega, mejorar la calidad del producto para satisfacer las necesidades de los clientes, ya que pasaron a ser claves para conseguir una ventaja competitiva sostenible en el tiempo.

Sin embargo, alcanzar y conservar esta ventaja competitiva resulta un gran reto para las empresas, ya que se presenta cambios en el mercado, incremento de la incertidumbre generado por la variabilidad de la demanda, esto hace que los modelos de planificación basados en pronósticos sean incapaces de identificar y controlar las necesidades reales. Para (Smith & Smith, 2013) afirman que el MRP, es el sistema de planeación de compras y manufactura más utilizado en la actualidad, las empresas lo utilizan para generar sus órdenes de compra y/o sus órdenes de trabajo de todos sus artículos con su cantidad y fecha, que son necesarios para poder cumplir con el Plan Maestro de Producción (PMP). Ahora no es solo conocer la composición de los productos sino también los plazos de reaprovisionamientos de todos los artículos implicados y la disponibilidad de materiales que faciliten un control óptimo en los inventarios, con la finalidad de conocer que se debe, cuando y que cantidad pedir u ordenar. Ante este escenario las empresas han realizado inversiones significativas en infraestructura, tecnología y nuevos enfoques de gestión como (TOC, Lean, MRP), para que las cadenas de suministro sean cada vez más eficientes en costos.

El trabajo de Joseph Orlicky, y sus principios básicos ya establecidos, fue revisado y estudiado por (Ptak & Smith, Orlicky's Material requirements Planning, 2011), pero con un nuevo enfoque hacia el MRP impulsado por la demanda, es decir la metodología DDMRP (Demand Driven Material Requirements Planning).

Para el (Demand Driven Institute, s.f.) la metodología DDMRP es una solución con multi-estructura de planificación y ejecución de materiales e inventario que gestiona en la cadena de suministro a partir de la demanda de los clientes.

Sin embargo, a pesar de las mejoras disponibles, el tiempo de tolerancia de los clientes es mucho más corto, la variedad y complejidad de los productos aumenta, la cadena de suministro evoluciona y se ha extendido por todo el mundo. Según (Ptak, Carol; Smith, Chad, 2016). Los Sistemas de

Planificación y Control de la Producción (SPCP) deben promover la estrategia de fabricación orientada a la demanda.

Por eso existen empresas que se enfocan en ofrecer valor agregado a sus productos, produciendo lo que realmente se necesita para su venta, basados en el pronóstico de venta que empujan los productos terminados hasta el cliente final, es por eso, que a lo largo de este trabajo, buscaremos la forma de entender esta metodología que nos permita supervisar y controlar la demanda real que opera en toda la cadena de suministro de forma sincronizada, desacoplando los errores del pronóstico en la generación de órdenes, priorizando y ordenando suministros de forma fácil de ver y administrar, mitigando la variabilidad, brindando mejor control y visibilidad del inventario, siendo ayuda de marco de referencia para una propuesta de implementación de la metodología Demand Driven en la planeación de la producción de la planta Phoenix Packaging Caribe S.A.S. del Grupo Phoenix a su línea de producción, permitiendo un diagnóstico de un abastecimiento alineado con la demanda real del mercado, facilitando una mejor y más rápida toma de decisiones tanto a nivel de planificación como de ejecución.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

2.1 Diagnóstico del Proceso.

La mayoría de los proyectos de mejoramiento de las empresas presentan significativos niveles de incertidumbre; como altos niveles de inventario, incremento en ventas perdidas por escasez de productos terminados, gastos asociados a la gerencia de la cadena de suministro, agotados crónicos y frecuentes por falta de referencias disponibles que no son contemplados en los pronósticos realizados por la Planeación de la Demanda. Lo que realmente se espera son resultados en el incremento significativo en su productividad, nivel de ventas y utilidades, con una alta sostenibilidad mediante la incorporación de nuevas metodologías avanzadas de planeación, programación y ejecución de las operaciones en las cadenas de suministros.

Es por esto, que permite tener una referencia clara de la ventaja de manejar una nueva metodología y olvidarnos de la modalidad de “Empujar y Promover” (Push & Promote), hacia una modalidad de “Posicionar y Tirar” (Position & Pull). Supervisando y controlando la demanda real operando de forma efectiva y sincronizada la productividad de la empresa. “La importancia de ejecutar metodologías que protejan, apoyen y maximicen el flujo de materiales e información relevantes, son requisitos indispensables para gestionar las cadenas de suministros, en ambientes altamente variables, volátiles y complejos como los de hoy” (Ptak, Carol; Smith, Chad, 2016).

La planeación de producción en la planta Phoenix Packaging Caribe S.A.S. (PPC – 250) se encuentra un poco afectada principalmente por el crecimiento general del Grupo Phoenix en los últimos años, seguido de los cambios significativos de la demanda en el mercado, llevando a crear un amplio portafolio que a medida que va creciendo disminuye el nivel de servicio, aumentando la incertidumbre en la cadena de abastecimiento actual, provocando pérdida de clientes, menor utilidad y así mismo inventarios altos y obsoletos influyendo de manera negativa en la empresa y al grupo en general; por eso, es necesario formular la pregunta que guiará el trabajo:

2.2 Formulación.

¿Cómo puede la planta Phoenix Packaging Caribe S.A.S, (PPC – 250) de Cartagena tener una mejor planeación de la producción ajustada a la metodología DDMRP y a los perfiles de buffer para su planeación y ejecución de los Requerimientos de Materiales nivelando los inventarios?

3. OBJETIVOS.

3.1 Objetivo General

Desarrollar un marco de conocimientos como guía para el desarrollo e implementación de la Metodología DDMRP para la planta Phoenix Packaging Caribe S.A.S simulando su implementación con el fin de mostrar su función.

3.2 Objetivo Específico

- Conocer la metodología DDMRP para entender su correcto funcionamiento.
- Mostrar el análisis del portafolio de productos de la planta Phoenix Packaging Caribe S.A.S, (PPC – 250) categorizando por ABC.
- Desarrollar una prueba piloto para uno (1) de los productos de la planta Phoenix Packaging Caribe S.A.S que funcione como guía para la implementación de la metodología DDMRP en general.

4. ALCANCE DEL PROYECTO

El proyecto se desarrolla en la planta Multidimensionales S.A.S en Bogotá con el fin de buscar información respecto al tema, analizar y desarrollar un marco de referencia para la implementación de la metodología DDMRP en el área de Planeación de la demanda, para la planta Phoenix Packaging Caribe ubicada en Cartagena-Colombia.

5. METODOLOGÍA

El proyecto se realiza bajo la siguiente metodología de acuerdo con los objetivos específicos.

- Objetivo 1.

Conocer la metodología DDMRP.

Consultando en el libro de Demand Driven (DDMRP) de (Ptak, Carol; Smith, Chad, 2016), fuentes externas y fuentes de internet para poder entender que el DDMRP es un método práctico y probado para la planeación y ejecución de cadenas de suministros, ya que se basa fundamentalmente en la conexión entre la creación, protección y la aceleración del flujo de materiales e información relevante para un buen desempeño. (Ptak, Carol; Smith, Chad, 2016).

- Objetivo 2.

Análisis del portafolio de los productos de la empresa, categorizando por el ABC.

Recolectar toda la información general por medio de las bases de datos y la información del ERP¹ de la compañía como (BAAN y el CUBO), se obtendrán los datos necesarios de las ventas del año 2019, por Artículo (SKU) y Cadena de Negocio (UEN). Esto permitirá realizar el análisis ABC y diferenciar los productos principales que necesitan mayor atención en planeación y fabricación.

- Objetivo 3.

Desarrollar una (1) prueba piloto en un producto que funcione como guía de la metodología DDMRP.

Con la información completa se procede a conocer a fondo el producto con su proceso general para implementar la metodología DDMRP, desarrollando el proceso de posicionamiento estratégico del inventario (Buffer), perfiles y niveles de Buffer, ajustes dinámicos con los parámetros necesarios.

6. JUSTIFICACIÓN

(Pertinente desde la INGENIERÍA INDUSTRIAL)

Actualmente las grandes organizaciones se deben enfrentar a diversos retos acoplándose a los cambios del mercado, las variabilidades de la demanda, la eficiencia de producción, el manejo de los inventarios, mantener un óptimo abastecimiento, buen nivel de servicio al cliente, etc; esto con el fin de satisfacer las necesidades del cliente; para alcanzar esta “satisfacción o rentabilidad”, las empresas deben adaptarse a buenas y mejores prácticas para los objetivos propuestos; lo cual, en

¹ **ERP:** Enterprise Resource Planning.

cada organización es de vital importancia llevar un adecuado proceso de mejoramiento en el área de Planeación de la Demanda, debido a que su función dentro de la empresa es estructurar y organizar bien los recursos, ayudando a proyectar y a generar pronósticos confiables para la toma de decisiones basándose en datos históricos y reales que permitan optimizar su eficiencia manteniendo el equilibrio entre la demanda y el suministro.

Uno de los retos que enfrenta una de las metodologías de planeación y ejecución más reconocidas a nivel empresarial como el MRP radica en controlar y gestionar las fuentes de variabilidad presentes, tanto en la demanda como en el abastecimiento (fabricación y/o compra de materia prima). El modelo DDMRP, introduce una nueva propuesta para gestionar la información de la demanda y así promover el flujo de información relevante. Desde la sede principal situada en Bogotá, se ha venido haciendo simulaciones discretas donde fueron puestos a prueba estos nuevos e innovados conceptos, validando su robusta y amplia eficiencia, mejorando los resultados con esta nueva metodología para la Planta Phoenix Packaging Caribe S.A.S. (PPC – 250) de Cartagena.

Siendo una empresa manufacturera que innova y ejecuta nuevos métodos para que su productividad sea más efectiva, eficiente y mejorando la operatividad de sus procesos, en el año 2019 el grupo Phoenix encuentra e invierte en la implementación de la metodología DDMRP, el cual es una gran oportunidad para poder mejorar su administración de operaciones. Pero como lo mencioné anteriormente, uno de los grandes retos de una empresa es “la importancia de ejecutar nuevas metodologías que protejan, apoyen y maximicen el flujo de materiales e información relevante, ya que son los requisitos indispensables para gestionar las cadenas de suministros, en ambientes altamente variables, volátiles y complejos como los de hoy” (Ptak, Carol; Smith, Chad, 2016). Por eso, se encuentra una oportunidad en la planta PPC-250 de poder analizar, mejorar, controlar y ejecutar mejor los procesos de la cadena de suministros y así poder realizar una propuesta o un diagnóstico para la implementación de la metodología DDMRP en el área de planeación de la demanda en la planta de Cartagena, contando con el apoyo de las áreas involucradas y beneficiadas de esta implementación, las cuales son: compras, servicio al cliente, ventas, planta e inventarios; esto con el fin de poder tener mejor control en las reposiciones según las necesidades de los clientes a lo largo de la cadena de suministros, esto será posible con la ayuda de amortiguadores llamados “buffers” que permite centrarnos estratégicamente en los puntos claves de la cadena y poder controlar su nivel de inventario teniendo lo que realmente se necesite en el momento que se necesite, y así poder anticipar las reposiciones de los proveedores tan rápido para evitar agotados en los productos o errores en los pronósticos. Esta metodología DDMRP es dinámica y flexible, incorpora funcionalidades del MRP, Lean, TOC, Seis-Sigma y DRP; así como conceptos innovadores permitiendo planificar y controlar el flujo de materiales de una cadena de suministro. El DDMRP se componen de cinco pasos. **I)** Posicionamiento estratégico del inventario; **II)** Perfiles y niveles de buffer; **III)** Ajustes dinámicos; **VI)** planificación basada en la demanda; **V)** Ejecución visible y colaborativa. (Ptak, Carol; Smith, Chad, 2016). Con esta metodología se puede ajustar diariamente el cálculo de los Buffers estableciendo reglas simples para su buena administración logrando así una mejor visualización de las prioridades que el sistema nos alerta recordando que es una metodología de planeación y ejecución completa que llevará a la Compañía Phoenix Packaging Caribe S.A.S a las metas propuestas, planificando de forma más precisa, adaptando mejor el inventario y las compras de la demanda de los clientes para conseguir buenos resultados.

7. CONTEXTUALIZACIÓN GENERAL DE LA EMPRESA

Multidimensionales S.A.S.

7.1 Historia²

Benjamín Litwin fue un ingeniero que le gustaba armar máquinas con Chaim Peisach, es donde se asociaron para empezar a hacer zapatos de plástico en el año 1962-1976, fundando Multiplast, donde por primera vez se importaron una máquina de inyección manual para darle inicio a la fabricación de los zapatos.

En **1976** se inició labores en la primera compañía del Grupo Phoenix llamada Plásticos Multidimensionales. Iniciaron con 25 personas, entre la parte administrativa como de producción, con 6 máquinas termo-formadoras manuales de doble puesto antiguas para la producción al vacío concedidas por la empresa colombiana Rainmaster, posteriormente se iniciaron contactos con grandes clientes como Alpina y Nestlé.

En el mismo año los envases plásticos estaban incursionando en Colombia, y es ahí donde ven una gran oportunidad de negocio con uno de los clientes más importantes en su historia (Unilever Andina), convirtiéndose en su principal proveedor fabricando los envases para su producto margarina, es ahí donde Benjamin Livitin empieza a importar máquinas de bases de moldes y tapas, junto con dos impresoras para las bases y las tapas.

Importó más equipos de termoformado y vacío, con impresoras de alta tecnología para la producción de vasos, platos de diferentes tamaños y con diferentes capacidades. Esto lo llevo empezar a importar equipos como laminación para los rollos de poliestireno de varios calibres y dimensiones, con equipos de moler y paletizar el retal generado, así poder generar una línea de termoformado industrial.

En **1979** aparece Multitubos Ltda. Empresa que fabrica los tubos colapsibles y los aerosoles.

En **1986** se cambió su nombre por Multidimensionales y Benjamin Livitin se asocia con industriales Peisach para importar equipos de fabricación de Películas Polipropileno (BOPP), Foil de Aluminio, etiquetas y productos desechables en poliestireno expandido.

En **1991** Las tres sociedades conformadas cambia su razón social a Multidimensionales S.A.

En **1999 – 2000** nace el Grupo Phoenix luego de la fusión de las compañías líderes en empaques y productos desechables presentes en Colombia (Multidimensionales S.A) y Venezuela (Inversiones Selva, Venco Empaques, Vasos Venezolanos, Estirenos del Zulia).

² Tomado de página web de la organización: www.grupophoenix.com

En el año **2000** se une al grupo Plasdecol (Medellín), una empresa ágil y efectiva en el desarrollo y manufactura de productos óptimos para Food service y Consumo masivo.

7.2 Descripción de la Empresa.

El Grupo Phoenix³ diseña y desarrolla soluciones de empaques para las industrias de alimentos, cuidado personal, cuidado del hogar y farmacéutica, así como empaques para el food service y consumo masivo. Cuenta con 12 plantas de producción ubicadas en Colombia, Estados Unidos, México, Uruguay y Venezuela, incluyendo una planta petroquímica para la elaboración de poliestireno.

El Grupo Phoenix es la agrupación de empresas privadas constituida por capital privado y una de las más sobresalientes e innovadoras en América y líderes durante los últimos treinta años en empaques plásticos rígidos termo formados e inyectados, extrusión multicapa, productos rígidos temo formados, etiqueta de moldes, empaques de alta barrera, empaques de aluminio y empaques de papel en América Latina y Estados Unidos.

Todos los productos se desarrollan bajo el control de calidad y cumplen con toda la normatividad nacional e internacional para satisfacer las necesidades de los clientes. Multidimensionales S.A. está en la lista IMS (Interstate Milk Shippers) con certificación de FDA para ser proveedor en la industria láctea en Estados Unidos, acá en Colombia se renovó las certificaciones de gestión de calidad ISO-9001 y el BASC (Alianza para un comercio seguro).

El grupo Phoenix cuenta en cada una de las compañías con sus propios ERP (Planificador de recursos empresariales) que integra las áreas como administración, finanzas, inventarios, producción, compras, ventas, logística, transporte, calidad, mantenimiento y desarrollo de proyectos, estos son los principales:

- **BAAN** - (Business software and services – Driving Industrial Network) ya que es la herramienta más importante donde cada área de la compañía obtiene la información en tiempo real para su control, verificación y seguimiento.
- **Oracle Hyperion Essbase** - (Aplicación de Microsoft Office), sirve para extraer toda la información contenida por Cubos, Matriz de información del sistema ERP.

Actualmente el Grupo Phoenix es socio de empaquetado estratégico para líderes en múltiples categorías y segmentos como lácteos, postres, café, bebidas, helados, sopas, productos para untar, cosméticos personales y áreas de limpieza del hogar, entre más de otros 20 mercados, siempre dirigiendo sus objetivos hacia el servicio, apoyando el crecimiento, la innovación y la sostenibilidad.

³ Tomado de página web de la organización: www.grupophoenix.com

7.3 Misión.

Proveer soluciones de empaques para productos de consumo masivo y productos desechables para el sector alimenticio a los clientes en toda América, garantizando un buen entorno a los inversionistas, un entorno laboral que promueva el desarrollo de los empleados y un medio ambiente saludable.

7.4 Visión.

El grupo Phoenix es una organización competitiva de clase Mundial y la primera opción para los líderes en el mercado.

7.5 Ubicación geográfica de la Planta Phoenix Packaging Caribe S.A.S.⁴

- **Dirección:** KM 9 Vía Mamonal Zona Franca La Candelaria Etapa 2 Cartagena (Bolívar), Colombia
- **Teléfono:** +57 (1) 4222000 Ext: 82100 – 82103.
- **E-Mail:** multidimensionales@multidim.col.com
- **Objeto Social:** Diseño, Fabricación y comercialización de Empaques y producción de productos desechables Alimentos Masivos e Industriales.

8. MARCO TEORICO

8.1 SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

Un Sistema de producción es aquel sistema que proporciona una estructura que agiliza la descripción, ejecución y el planteamiento de un proceso industrial. Estos sistemas son los responsables de la producción de bienes y servicios en las organizaciones (Jesus & Hector, 2016). “Estos procesos productivos son una secuencia de actividades encargadas de generar y transformar la materia prima a través de la intervención de la mano de obra y máquinas especialmente diseñadas para tal fin con el objetivo de satisfacer las necesidades del mercado, esto se logra por medio de bienes y servicios que se ofertan en un determinado mercado”. Los procesos productivos varían desde un nivel de transformación sencillo hasta unos más complejos. (Ríos Atehortúa & Gómez O, 2008).

La clasificación por tipo de los sistemas productivos en base a su proceso son: (Sistemas de producción (administración), 2020).

⁴ Tomado de página web de la organización: www.grupophoenix.com

- **Sistemas continuos:** Son aquellos en los que las instalaciones se uniforman en cuanto a las rutas y los flujos en virtud de que los insumos son homogéneos. Cuando la demanda se refiere a un volumen grande de un producto estandarizado, las líneas de producción están diseñadas para producir artículos en masa. La producción a gran escala de artículos estándar es características de estos sistemas.
- **Sistemas intermitentes:** Aquellas en que las instituciones deben ser suficientemente flexibles para manejar una gran variedad de productos y tamaños. Será inevitable, cuando la demanda de un producto no es lo bastante grande para utilizar el tiempo total de la fabricación continua. En este tipo de sistema la empresa generalmente fabrica una gran variedad de productos, para la mayoría de ellos, los volúmenes de venta y consecuentemente los lotes de fabricación son pequeños en relación a la producción total. El costo total de mano de obra especializado es relativamente alto; en consecuencia, los costos de producción son más altos a los de un sistema continuo.
- **Sistemas modulares:** Hace posible contar con una gran variedad de productos relativamente altos y al mismo tiempo con una baja variedad de componentes. La idea básica consiste en desarrollar una serie de componentes básicos de los productos (módulos) los cuales pueden ensamblarse de tal forma que puedan producirse un gran número de productos distintos, ejemplo: Los bolígrafos.
- **Sistemas por proyectos:** Es a través de una serie de fases; es este tipo de sistemas no existe flujo de producto, pero si existe una secuencia de operaciones, todas las tareas u operaciones individuales deben realizarse en una secuencia tal que contribuya a los objetivos finales del proyecto. Los proyectos se caracterizan por el alto costo y por la dificultad que representa la planeación y control administrativo.

Existen 3 tipos de sistemas de producción tradicional:

- **Producción bajo pedido:** (MTO⁵), significa que para la fabricación del producto no se trabaja contando con un inventario fijo ni utilizando unas máquinas y equipos predeterminados. En este tipo de fabricación se planifica el trabajo para atender la petición del cliente de acuerdo con el presupuesto ofrecido y las características especificadas en el pedido. El propio pedido o encargo sirve de base para la elaboración del plan de producción del producto y/o servicio. (Circulante, 2019).
- **Producción por lotes:** Es el sistema utilizado por empresas que producen una cantidad limitada de un tipo de producto cada vez. Esa cantidad limitada se denomina lote de producción y por cada lote de producción se calcula para atender a un determinado volumen de ventas previstos para un cierto periodo. “En este sistema, se divide en lotes el total de la producción, de forma que, hasta que un proceso no se ha acabado, no se puede empezar el siguiente y así sucesivamente” (Jesus & Hector, 2016). “Como consecuencia, se da una producción discontinua, ya que el material se acumula en un espacio hasta que no pasa al siguiente paso del proceso de producción” (OKdiario, 2019).
- **Producción Continua:** Son aquellos procesos utilizados por empresas que elabora un determinado “producto que no sufre de modificaciones durante un largo periodo, es decir que el ritmo es acelerado y producen sin pausa alguna y sin interrupción entre operación y operación”, como el producto es el mismo se programa para largos periodos que permite

⁵ MTO: Make To Order.

dividir las operaciones de montaje en cantidades de trabajo para cada operario, basándose en el tiempo estándar del ciclo productivo, son procesos estandarizados, ejemplo: Productos químicos, electrodomésticos fabricantes de papel y automóviles. (Jesus & Hector, 2016).

8.2 PRONOSTICO DE LA DEMANDA

El **pronóstico** es un componente importante de la planificación estratégica y operacional. Establece la unión para los sistemas de planeación y control. Es necesario estimar el futuro para planear el sistema y luego programar y controlar para facilitar una eficaz y eficiente producción de bienes y servicios. La administración de la demanda tiene como fin coordinar y controlar todas las fuentes de la demanda, de manera que los sistemas de producción y operaciones puedan utilizarse en forma eficiente. (Hernandez & Téllez, 2000)

“El pronóstico de demanda o pronóstico de producción, consiste en realizar la valoración de ventas futuras de uno o varios productos que se ofrece durante un periodo de tiempo determinado. En este caso pensamos a futuro para estimar cuánto vamos a vender, lo que nos permitirá desarrollar proyecciones de ventas”, es decir, un proceso de estimación en situaciones de incertidumbre. “Al calcular o pronosticar el ascenso de las ventas futuras, se puede calcular la cantidad de producción, en cuánto aumentarán los costos y la rentabilidad, qué cantidad de trabajadores es necesario contratar, entre otras cosas. De esa manera, se podrá controlar mejor, aumentar la coordinación, disminuir los riesgos y todo lo que sea necesario para realizar una excelente planificación.”. (Pacheco, 2019). Durante la práctica, las empresas utilizan dos tipos de métodos que son:

8.2.1 Método Cualitativo: Son los que no requieren de una abierta manipulación de datos, sino que hacen uso del juicio de quien pronostica. Por su naturaleza éstos suelen ser subjetivos y no utilizan modelos matemáticos. Las técnicas cualitativas se usan cuando no se tiene disponibilidad de información histórica o los datos son escasos, por ejemplo, un producto nuevo. (Jesus & Hector, 2016). Este tipo de enfoque presenta:

- **Consulta a la fuerza de ventas:** Esta técnica pronostica la demanda a través de la consulta a cada uno de los vendedores en relación a la estimación de demandas futuras que luego se tendrán que revisar, ya que suelen ser óptimas y conservadoras. (Pacheco, 2019).
- **Encuestas de mercado de consumo:** Esta encuesta proporciona la percepción y la opinión de diversas personas para reunir datos ante un objetivo concreto. Mayormente el objetivo se encuentra relacionado con el pronóstico de demanda, la promoción de nuevos productos o servicios y la percepción del cliente frente a un elemento y su competencia. (Pacheco, 2019)
- **Grupos de consenso:** Se trata de personas que transmiten su opinión en relación a un determinado tema que induce a una toma de decisiones. Se puede aplicar por medio de una reunión donde participen diversos niveles jerárquicos de la empresa donde se hagan consultas para luego alinear las respuestas de todos los participantes. (Pacheco, 2019)

- **Jurado de opiniones ejecutivas:** Es una técnica muy utilizada al momento de actuar rápidamente ante la promoción de nuevos productos en el mercado, esta se apoya en la experiencia y los conocimientos técnicos de los niveles de alto mando de la empresa, así de esta forma se logra llegar a un acuerdo con la finalidad de pronosticar la demanda. (Pacheco, 2019)
- **Método Delphi o consenso de panel:** Se define como el proceso que coincide con personas expertas que buscan obtener un acuerdo ante un problema en particular. (Pacheco, 2019).

8.2.2 Método Cuantitativo: Son modelos matemáticos que se basan en datos históricos, estos modelos suponen que los datos históricos son relevantes en el futuro. Casi siempre puede obtenerse información pertinente al respecto. Estos son varios modelos cuantitativos del pronóstico. (Jesus & Hector, 2016).

- **Promedio simple:** Mayormente se utiliza si no se detecta estacionalidad en la demanda, es un método sencillo de hacer y de gran utilidad, ya que le brinda estabilidad a la demanda a través del tiempo (Pacheco, 2019).
- **Promedio ponderado:** Este método facilita el cálculo de los pronósticos seleccionados con mayor peso para los elementos considerados. Esto le proporciona más importancia a la tendencia y resultados exitosos (Pacheco, 2019).
- **Suavización exponencial:** Es un método que no requiere mucho volumen de datos históricos de la demanda, ya que cada vez que se realicen los cálculos del pronóstico, se elimina la observación anterior y se reemplaza por la demanda reciente (Pacheco, 2019).
- **Suavización exponencial doble:** En este método se asigna una suavización delta que tiene la función de disminuir el error que aparece entre el pronóstico y la demanda real (Pacheco, 2019), ya que se suavizan tanto la estimación del promedio como la estimación de la tendencia utilizando dos constantes de suavización (Jesus & Hector, 2016).
- **Regresión lineal:** Es una técnica que pronostica la demanda, debido a que tiene la capacidad de agrupar una variable que sea dependiente con otra que sea independiente por medio de una ecuación lineal. Un modelo de regresión no necesariamente tiene que estar basado en una serie de tiempo, pues en estos casos el conocimiento de los valores futuros de la variable independiente (llamada también variable causal) se utiliza para predecir valores futuros de la variable dependiente. Por lo general, la regresión lineal se utiliza en pronósticos a largo plazo. (Jesus & Hector, 2016).

Pronosticar es proyectar las experiencias del pasado hacia el futuro. Como dijera William Shakespeare, de manera muy elocuente: "el pasado es el prólogo". Pronosticar o proyectar, no significa saber lo que pasará en el futuro, sino estimar los que sucederá si las cosas van de una manera u otra (Jesus & Hector, 2016). En otras palabras, podemos decir que el pronóstico de demanda se fundamenta en la proyección de ventas futuras con la finalidad de proporcionar diversos presupuestos de costos y la aproximación de ventas para sostener la operación y obtener rentabilidad y las estrategias que debo seguir para lograr dichas ventas, esto permitirá a la empresa contar con un pequeño inventario que sea suficiente para bastecer la demanda y así poder evitar la falta de productos. Se pueden aplicar algunos métodos como los 3 siguientes: (Pacheco, 2019)

Análisis de registros históricos: Este método necesita hacer un estudio de las ventas anteriores y en base a ellas, enfocarse en un proyecto que asuma el crecimiento mensual y la estabilidad del producto. Para emplear este procedimiento, es importante que la empresa ya tenga tiempo ejecutando sus operaciones, esto va a permitir que se realice un análisis por un tiempo de venta ventajoso.

Estudio de la demanda potencial: Este estudio es la máxima posibilidad de demanda de ofertas similar a la de las empresas dentro de un mercado determinado, esto le permite a este método valorar la cantidad del total que se encargará según las limitaciones propias como capital de trabajo, capacidad de abastecimiento y de producción máxima e inversiones en marketing.

Investigación de mercados: En este método, se predecirá la demanda por medio de un estudio de mercado, ya que en este sistema es necesario realizar encuestas a los clientes potenciales, entrevistar a la competencia y realizar algunas visitas a los negocios parecidos con la intención de hacer los cálculos promedios de clientes y de consumo.

8.3 ADMINISTRACIÓN DE INVENTARIOS

Para una empresa manufacturera, el inventario está conformado por la materia prima, insumos o productos en proceso necesarios para la fabricación y posterior comercialización en productos terminados, en las empresas comerciales está compuesto, por el conjunto de mercancía y artículos terminados destinados para su venta y en lo que respecta a las empresas de servicio, el inventario está integrado por todo el suministro necesario para su funcionamiento y prestación de servicio. (Durán, 2012).

La administración de inventarios, es un tema central para evitar problemas financieros en las organizaciones. Es el motor que mueve a la organización, pues es la base para la comercialización de la empresa que le permite obtener ganancias. En este sentido, “el inventario es el conjunto de mercancías o artículos que tiene la empresa para comerciar, permitiendo la compra y venta o la fabricación para su posterior venta, en un periodo económico determinado, su propósito fundamental es proveer a la empresa materiales necesarios para su continuo y regular desenvolvimiento” (Durán, 2012). Tiene un papel primordial en el funcionamiento del proceso de producción que permite afrontar la demanda. El inventario debe ser administrado eficientemente, ya que persigue dos objetivos fundamentales: **I)** garantizar con el inventario disponible, la operatividad de la empresa y **II)** conservar niveles óptimos que permita minimizar los costos totales, es decir, pedido y de mantenimiento (Ehrhardt, 2007).

Los inventarios se crean con la finalidad de servir a los clientes y permitir el flujo productivo. Por esta razón, la empresa se ve en la necesidad de disponer una cantidad conveniente de mercancía (Stocks) que compensen las posibles oscilaciones relativas a la demanda y el plazo de entrega de los proveedores. (Miguez & Bastos, 2006), se puede decir que los inventarios se convierten en una cuestión de equilibrio entre necesidades y gastos.

Se debe mantener un nivel adecuado de inventario, si los niveles de inventarios son elevados, implican recursos financieros inmovilizados que pueden ser utilizados en actividades más

productivas para la empresa, además de convertirse en obsoletos en poco tiempo hasta llegar a dañarse. Por el contrario, si se mantiene un nivel bajo de inventario, habrá que hacerse más pedidos al año, aumentándose dichos costos. Adicionalmente, no se atendería satisfactoriamente a la demanda, ocasionando a su vez, pérdida de clientes, disminución de ventas y reducción de las utilidades. Por lo tanto, se requiere del uso de diferentes técnicas de inventario, a fin de determinar su nivel óptimo y así disminuir los costos totales implicados en el inventario y optimizar las utilidades (Durán, 2012).

Para (Díaz, 1999), los inventarios se mantienen en existencias por manejarse de la siguiente manera:

- **Inventarios de proceso o de distribución:** Materia prima, producto terminado o en proceso que está siendo transformado en el proceso productivo.
- **Inventarios cíclicos o de lote:** Se produce en lotes y no de manera continua.
- **Inventarios estacionales:** Su producción depende de la demanda en algún ciclo o temporada.
- **Inventarios de seguridad:** Para amortiguar variaciones en la demanda o cubrir errores en la estimación.
- **Inventarios especulativos:** Su acumulación se produce cuando se espera un aumento de precios significativos.

Los métodos de gestión de inventarios que se analizan son:

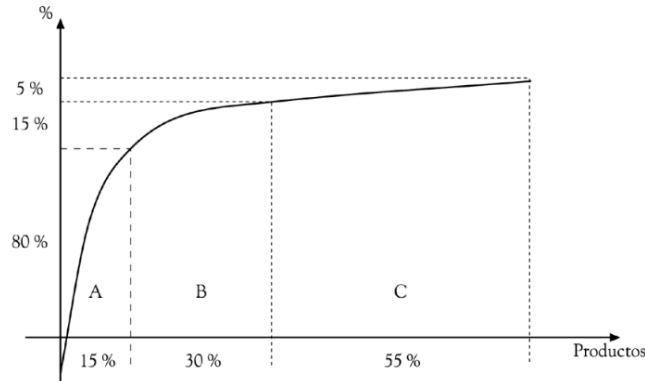
8.3.1 Análisis ABC

Consiste en la división de los productos en tres categorías y cada una de ellas debe definirse en función de la parte de la cifra de negocios que representan A, B y C:

- **Categoría A:** “Son los más Valiosos”, ya que se componen de un número reducido de productos que proporcionan la mayoría del volumen de ventas y que representan el mayor valor añadido. Suele ser 15% de los artículos y entre el 70% y el 80% del coste total del inventario.
- **Categoría B:** Está formada por un mayor número de productos que la categoría A que no representa más que un porcentaje reducido de las ventas, suele construir el 30% de los artículos y entre el 15% y el 25% del coste total del inventario.
- **Categoría C:** “Los menos Valiosos”, numerosos productos de los que apenas se venden algunas unidades y constituyen esta categoría, suelen representar el 55% de los artículos, pero sólo un 5% del coste total del inventario.

Este método tiene como objetivo llamar la atención de los gerentes hacia los pocos artículos de importancia crucial (Artículos A), en lugar de hacia los muchos artículos triviales (Artículos C). (Jesus & Hector, 2016).

FIGURA 1. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA CLASIFICACIÓN ABC



Fuente: (Miguez & Bastos, 2006)

- **Exactitud de los Registros.**
Los sistemas de inventario requieren registros exactos, ya que, sin la exactitud, los directivos no pueden tomar decisiones precisas sobre la emisión de órdenes, la programación y los envíos. Para que la exactitud sea adecuada, debe haber un riguroso registro de entrada y salida que nos ayude a visualizar mejor los productos disponibles que hay en el almacén. (Miguez & Bastos, 2006).
- **Conteo Cíclico.**
Utiliza las clasificaciones del método ABC, de forma en que; se cuentan los artículos, se verifican los registros y se observan las desviaciones o inexactitudes que son analizadas y documentadas; y se lleva a cabo la acción necesaria para corregirla. (Miguez & Bastos, 2006).

8.4 ADMINISTRACIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO.

Para (Chopra & Peter, 2008), la administración de la cadena de suministro (*Supply Chain Management, SCM*), es el proceso de planificación, puesta en ejecución y control de las operaciones de la cadena con el propósito de satisfacer las necesidades del cliente con tanta eficacia como sea posible. Por eso la cadena de suministro o de abastecimiento es conocida y utilizada en la industria, como la agrupación de procesos y actividades desde (el suministro de materias primas, su fabricación y distribución) hasta el consumidor final. La cadena de suministro está formada por todas aquellas partes involucradas de manera directa o indirecta en la satisfacción del cliente, pero no solamente incluye al fabricante y al proveedor, sino también a los transportistas, almacenistas, vendedores e incluso a los mismos clientes. Dentro de cada organización, como la del fabricante, abarca todas las funciones que participan en la recepción y el cumplimiento de una petición del cliente. (Chopra & Peter, 2008).

Además (Campuzano , Lario, & Ros McDonnell, 2008), dice que una cadena de suministro deberá estar integrada, sincronizada y coordinada, Es decir, optimizada para que los procesos conjuntos de mejora continua se vean reflejados en:

- Reducción en las necesidades de inventario.
- Ahorros en costos de manutención, transporte y otros gastos de distribución.
- Disminución en los tiempos de respuesta.

Para La cadena de suministro es “una secuencia de eventos que cubren el ciclo de vida entero de un producto o servicio desde que es concebido hasta que es consumido” como lo define (Blanchard, 2010).

La cadena de suministro⁶, es uno de los elementos clave en la logística de cualquier empresa refiriéndose a las funciones administrativas que apoya el ciclo completo del flujo de materiales: de la compra y control interno de las materias para la producción, la planeación y control del trabajo y distribución de productos semi-terminados o terminados, con ayuda de proyectos de planificación, ejecución y control. (Chase , Jacobs, & Aquilano, 2009).

Según (Stadtler, 2005), la gestión de la cadena de suministro es la tarea de integrar diferentes organizaciones a lo largo de toda la cadena, coordinando el flujo de materiales, información y finanzas de forma que satisfaga la demanda de los clientes, incrementando la competitividad de toda la cadena.

Este proceso se puede visualizar con la casa del SCM (Figura 2), una faceta de dicha gestión que representa: El tejado de la casa muestra el objetivo final del SCM, la competitividad y el servicio al cliente. Los pilares que lo soportan representan, por un lado, la integración de las unidades de negocio que forman la cadena de suministro y por otro, la coordinación necesaria que debe existir entre ellas, a todos los niveles. (Stadtler, 2005).

⁶ **Cadena de Suministro:** Supply Chain.

FIGURA 2. LA CASA DEL SCM (SUPPLY CHAIN MANAGEMENT).

Fuente: (Stadtler & Kilger, 2002).

Las compañías que enfrentan diversas decisiones de subcontratación, producción y distribución, haciéndose cargo de los costos de materiales, transporte, producción, almacenamiento y distribución. Para (Chase , Jacobs, & Aquilano, 2009) desarrollar una red general diseñada para minimizar los costos, se debe usar procesos eficientes para productos funcionales y procesos sensibles para productos innovadores. Esta alineación de la estrategia de la cadena de suministro y las características de los productos es extremadamente importante para el éxito operativo de la empresa.

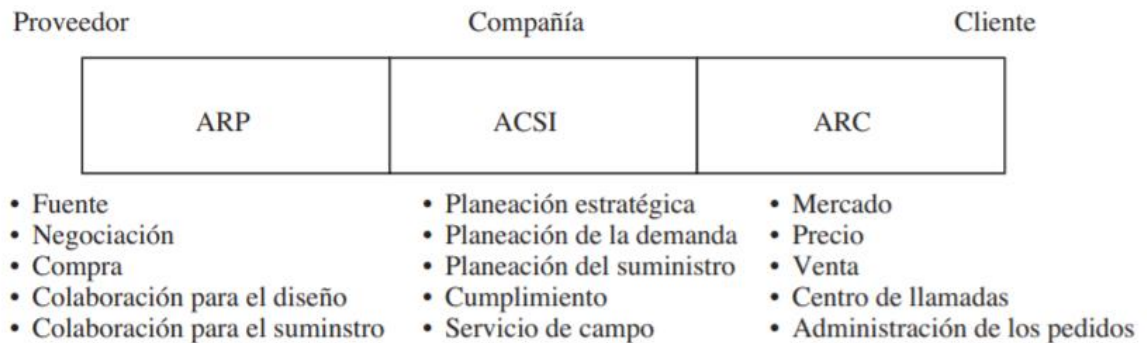
Chopra & Peter, ven la administración de la cadena de suministro como prácticamente la colaboración entre las empresas que persiguen un posicionamiento estratégico común y que pretenden mejorar su eficiencia operativa. Por cada empresa involucrada, la relación de la cadena de suministro refleja una decisión estratégica. Esta estrategia puede clasificarse en el diseño, la planeación y la operación. Dependiendo del periodo en el cual se tome la decisión, teniendo en cuenta los ciclos de los procesos de una cadena de suministro, que son: Ciclo del pedido del cliente; Reabastecimiento; Fabricación y de Abasto. En la cadena de suministro se requieren procesos administrativos que abarcan las áreas funcionales de las empresas, socios comerciales y a los clientes a través de los límites de la organización. (Chopra & Peter, 2008).

Todos los procesos de una cadena de suministro se clasifican en tres partes, depende si están en la interface con el cliente o el proveedor o son internos en la compañía.

- **El ARC (Administración de la relación con el cliente).** Se centran en la interacción de la compañía con sus clientes y que funcionan para generar, recibir y dar seguimiento a los pedidos de los clientes. (Chopra & Peter, 2008).
- **El ACSI (Administración de la cadena de suministro interna).** Consiste en todos los procesos de la cadena de suministro que son internos a la compañía y trabajan para planear y surtir los pedidos de los clientes. (Chopra & Peter, 2008).
- **El ARP (Administración de la relación con el proveedor).** Está constituido por todos los procesos de la cadena de suministro que se centran en la interacción de la compañía con

sus proveedores, que funcionan para evaluarlos y seleccionarlos para que les suministren bienes y/o servicios. (Chopra & Peter, 2008).

FIGURA 3. PROCESOS MACRO DE LA CADENA DE SUMINISTROS.



Fuente: (Chopra & Peter, 2008)

Para que la empresa sea más eficiente y efectiva, las funciones que deben operar coordinadamente en la cadena de suministro y su logística interna son:

- La **Administración del Portafolio de Productos y Servicios (PPS)**, que es la oferta que la compañía hace al mercado. Toda la Cadena de Suministro se diseña y ejecuta para soportar esta oferta. (Cadena de Suministro, 2019).
- El **Servicio a Clientes (SAC)**, que es responsable de conectar la necesidad del cliente con la operación interna de la compañía. Los sistemas transaccionales permiten que la organización visualice los compromisos derivados de las órdenes procesadas, pero en términos simples, si existe inventario para satisfacer la demanda del cliente, SAC, pasa sus instrucciones directamente al área de Distribución; si hay que producir, pasa sus instrucciones a Control de Producción. (Cadena de Suministro, 2019).
- El **Control de Producción (CP)**, que, derivado de las políticas particulares de servicio que tenga la compañía y de la Administración de la Demanda, se encarga de programar la producción interna y, como consecuencia, dispara la actividad de abastecimiento de insumos. (Cadena de Suministro, 2019).
- El **Abastecimiento**, se encarga de proveer los insumos necesarios para satisfacer las necesidades de Producción (Materia prima y Materiales) cuidando los tiempos de entrega de los proveedores y los niveles de inventario de insumos. (Cadena de Suministro, 2019).
- La **Distribución**, se encarga de custodiar insumos y producto terminado (en algunas organizaciones solo producto terminado), hacerlo llegar a los Clientes y/o a su red de distribución, que puede incluir otros almacenes ó Centros de Distribución (CD) o no.

En la actualidad, las cadenas de suministro se están adaptando a estos cambios para que los consumidores finales obtengan lo que necesiten, cuándo y dónde quieran, por lo que se vuelve un

desafío poder administrar mejor el inventario y anticipar las necesidades operacionales en tiempo real. Entre los retos que enfrenta la gestión de la cadena de suministro para que no se produzca desperdicio medido como inventario, tiempo o fallo en el nivel de servicio al cliente. Está en reaccionar a los cambios imprevistos con buena predicción de la demanda, para no provocar sobrantes ni faltantes de productos terminados. Un fallo en esta predicción dificulta la gestión administrativa tanto al interior como al exterior de las Cadena de Suministros provocando el efecto látigo (*Bullwhip Effect*).

8.4.1 El Efecto Látigo

El efecto látigo⁷ fue desarrollado en la década de los 60's por Jay Forrester, por eso también se conoce como el “Efecto Forrester” y es uno de los principales causantes de las inestabilidades en la proyección de la demanda a medida que se aleja del mercado a lo largo de la Cadena de Suministro, como consecuencia de falta de coordinación y sincronización entre los agentes intervinientes (Proveedor, fabricante, distribuidor, mayorista, minorista). Esta situación afecta la planificación estratégica y operativa pretendida por las organizaciones que integran la Cadena de suministro, en relación a los tiempos de respuesta, capacidad de almacenamiento, administración de los costos logísticos ocultos y procesos de negociación, entre otros aspectos. (Villamizar, Leon , & Jaimes, 2013). En otras palabras, el efecto látigo, refleja el aumento de la incertidumbre a medida que se transmiten los pedidos en la cadena, en tal sentido, es considerado este efecto como el fenómeno de “amplificación” de la demanda, conocida entre los diferentes elementos que componen una Cadena. “Mayor producción, más stock y menor servicio”. (Andino Benitez, 2006).

FIGURA 4. EJEMPLO DEL EFECTO LÁTIGO.



Fuente: (Tic.Portal, 2018)

Este efecto látigo se produce cuando “un desajuste que se produce en un punto determinado de la cadena va en aumento al avanzar en la cadena de suministro, debe haber un aumento en la demanda de un producto por parte de los consumidores, luego el aumento de la demanda del punto de venta al proveedor y si aumenta la demanda en la cadena de suministro aumentara la producción”

⁷ **Efecto Látigo:** Bullwhip Efecto.

(Tic.Portal, 2018), lo que causa este efecto es la falta de precisión de la predicción de la demanda, el uso erróneo del stock de seguridad y mala interpretación en los tiempos de espera, generando consecuencia como: roturas de stock; uso de horas extras; contratación y/o despido de mano de obra, alquiler de maquinaria, exceso de inventario y sobreproducción. Este efecto está estrechamente relacionado con la metodología Lean, la cual se centra en minimizar el desperdicio, la producción *Just In Time* (Justo a Tiempo), Kaizen (la mejora continua) y la producción celular.

8.5 LEAN MANUFACTURING.

La productividad ha sido un tema estudiado y aplicado en toda empresa de manufactura, sea que fabrique un producto o que preste un servicio. El objetivo de las empresas es ser rentables y productivas, es decir, aprovechar al máximo los recursos disponibles, con ayuda de disciplina y cambio de mentalidad, que se puede lograr a través de la implantación de una cultura orientada al mejoramiento continuo.

Luego de la Segunda Guerra mundial en Estados Unidos, donde F.W. Taylor y Henry Ford, padres del automóvil moderno y de las primeras líneas de fabricación industrial, introdujeron algunas técnicas para optimizar sus propios procesos de producción en serie, en 1948 la compañía automovilística más importante de Japón, Toyota, junto a los ingenieros y pioneros Eiji Toyoda, Taiichi Ohno y Seiichi Nakajima. iniciaron lo que se denomina manufactura de clase mundial y/o sistema de producción Toyota, incorporando nuevos conceptos revolucionados para su época, como la producción Justo a Tiempo (JIT) para convertirse actualmente en el Lean Manufacturing (Manufactura ágil o esbelta).

Existen varias definiciones del Lean Manufacturing, para (Shah & Ward, 2007), lo describen en un artículo. “como un sistema integrado socio-tecnológico cuyo objetivo principal es eliminar desperdicios, minimizando o reduciendo suplidores y variabilidad interna”. También se puede definir como un proceso continuo y sistemático de identificación y eliminación del desperdicio o exceso, entendido como exceso toda aquella actividad que no agrega valor en un proceso, pero si costo, tiempo y trabajo. (Shah & Ward, 2007).

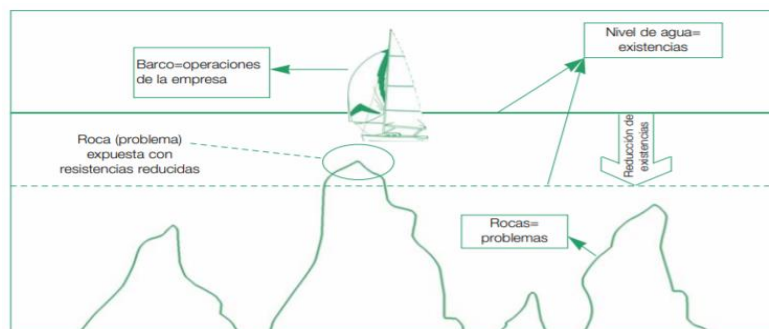
Estos sistemas de mejoramiento de procesos, tiene como objetivo eliminar los desperdicios para aumentar la calidad mientras que los tiempos y costos de producción disminuyen. Este sistema, en general se caracteriza porque emplea un grupo de personal capacitado, se les asignan responsabilidades, tienen derecho a proponer mejoras, autoridad de detener la producción en caso de detectar algún error, se enfocan en obtener productos de alta calidad, bajo coste de producción y variedad en el producto enfocados en las necesidades de los clientes, establecen relaciones de larga duración con proveedores y clientes, logrando cortos tiempos de fabricación del producto buscando siempre la mejora continua. (Tejada, 2011). Pero el verdadero poder de Lean Manufacturing radica en “descubrir continuamente las oportunidades de mejora que esconde toda empresa, pues siempre existirán desperdicios que podrán ser eliminados”. Se trata de crear una forma de vida en la que se reconozca que los desperdicios existen y siempre serán un reto para aquellos que estén dispuestos a encontrarlos y eliminarlos. (Socconnin, 2019).

Se define que el lean manufacturing está compuesta de técnicas que funcionan para mejorar y optimizar los procesos operativos de cualquier compañía industrial, analizando el flujo de valor que permite identificar tres tipos de acciones que estén presente. Las actividades que realmente agregan valor, es decir, “Todo aquello que sea distinto de los recursos mínimos absolutos de materiales, máquinas y mano de obra necesarios para agregar valor al producto”, las actividades que no agregan valor, pero por algunas condiciones son necesarias (estas deben ser simplificadas o reducidas) y otras que no agregan valor y pueden ser eliminadas del proceso, recordando que las únicas actividades que agregan valor son las que producen una transformación física del producto. (Edward J, 2003). Con el objetivo de minimizar el uso de recursos a través de la empresa para lograr la satisfacción del cliente, reflejado en entregas oportunas de la variedad de productos solicitada y con tendencia a los cero defectos. El estudio demuestra que Lean Manufacturing usa menos de cada cosa en la planta, menos esfuerzo humano, menos inversión en inventarios de materiales y herramientas, menos espacio y menos horas de ingeniería para desarrollar un nuevo producto. (Womack, Jonas, & Roos, 1990)

8.5.1 Justo a Tiempo.

Este conjunto de técnicas incluye el Justo A Tiempo (JIT), ya que es una técnica de reducción de desperdicios, ya sea inventarios, tiempos, productos defectuosos, transporte, almacenajes, maquinaria y hasta personas. (Padilla, 2010). Se debe entender la herramienta JIT como una filosofía de la producción orientada a la demanda. Pero se comercializo con otro concepto como; para mejorar los plazos de entregas de los proveedores de manera que podamos mantener unos bajos niveles de stocks en las instalaciones y cada vez que se tiene algún fallo o retraso, esto va a producir un impacto en el costo final, haciendo que, la ventaja competitiva que adquiere por tener implantada esta herramienta, se reduzca o se elimine.

FIGURA 5. LA ANALOGÍA DE "ROCAS Y AGUA"



Fuente: (Edward J, 2003)

Quienes implantan la filosofía JIT, los japoneses utilizan la analogía de "rocas y agua" o "rio de las existencias". Las "rocas" son el símbolo de todos los problemas y el nivel del "agua" representa las existencias empleadas por los tradicionalistas para protegerse y amortiguar estos problemas: Las existencias reguladoras que ocultan los problemas.

Los fabricantes occidentales llevan años aumentando sus existencias cada vez que surgen problemas. Lo que hay que hacer es todo lo contrario: Cuando aparecen problemas, estos deben resolverse de una vez por todas de tal manera que sea posible reducir las existencias. (Edward J, 2003).

El método Justo a Tiempo (JIT), es uno de los métodos más eficientes para facilitar el proceso de fabricación a través del manejo eficiente de materiales, lo que significa proporcionar los materiales adecuados en la cantidad y calidad correcta, con el fin de eliminar o reducir los residuos, produciendo de este modo el valor máximo para el cliente. Con el propósito de reducir inventarios, tiempos de producción, tiempos muertos y al mismo tiempo mejorar la entrega del producto al cliente, la calidad y el servicio. (Hernandez & Hernandez, 2017). En pocas palabras la filosofía Justo a Tiempo tiene como principio básico: “que los clientes sean servidos justo en el momento preciso, exactamente en la cantidad requerida, con productos de máxima calidad y mediante un proceso de producción que utilice el mínimo de inventario posible y que se encuentre libre de cualquier despilfarro o costo innecesario” (Domínguez & et. Al, 1995).

El JIT apunta a generar productos de calidad al más bajo costo y de manera más eficiente. Para ello, se programa una secuencia de producción equilibrada y se minimizan los *stocks*. El JIT se basa en tres principios fundamentales:

- **El flujo continuo:** Es la eliminación del estancamiento del trabajo durante los procesos, produciendo una sola pieza en un tiempo de producción, este concepto hace que la distribución de las operaciones se mejora significativamente al hacer que el proceso fluya ininterrumpidamente de una operación a la siguiente, reduciendo drásticamente el tiempo de respuesta y maximizando las habilidades y el rendimiento del personal. El inventario también se reducirá a un mínimo absoluto. Esto implica la eliminación rápida y definitiva de los problemas que detienen las líneas de producción. (Soconnin, 2019)
- **El Takt Time:** Es la velocidad constante y sincronizada requerida entre las líneas de producción que tarda en realizarse un producto o simplemente refleja el ciclo de producción que se necesita para que coincida la demanda, es decir, el tiempo necesario para completar una tarea del proceso de fabricación, el cual brinda beneficios tales como: satisfacción del cliente, reducción de costos, incrementación en la capacidad de producir, reducir daño al producto y continuar siendo competitivos, “**Takt**” es una palabra en alemán que significa “ritmo”; entonces quiere decir que el Takt Time marca el ritmo de lo que el cliente está demandando, a quien la compañía requiere entregar el producto con el fin de satisfacerlo. Producir con el Takt Time significa que los ritmos de producción y de ventas, deben estar sincronizados, ya que es una de las metas de lean Manufacturing. (Zapata & Cano, 2015).

Estas son algunas herramientas utilizadas en el Justo a Tiempo según (Romero , 2015) son:

- **Sistemas de aprovisionamiento:** Este sistema JIT obliga a los proveedores a planificaciones de entregas muy exigentes. Los proveedores se consideran como parte del

proceso de producción y por lo tanto el nivel de colaboración, debe ser tal, que eviten tener errores en las entregas tanto de calidad como de plazos.

- **Definición de lotes de transferencia:** determinamos la cantidad de material que se tiene que pasar de una fase del proceso a la fase siguiente del proceso
- **Células en U:** Es un tipo de configuración de los puestos de trabajo que permite que la aproximación de los operarios de producción sea máxima
- **Nivelado de producción:** Herramienta que se utiliza para adaptar la producción a la demanda. Tiene el objetivo de reducir las variaciones de las cantidades a fabricar en cada producto. Teóricamente establecemos una producción constante de manera que podamos suministrar de manera diaria la demanda que tenemos.
- **Lay Out orientado al proceso:** Para evitar movimientos y transportes que no son necesarios, se establece un lay out de maquinaria en el proceso de manera que sea secuencial, tal como se elabora el producto.
- **Sistema Push:** “Empujar”. Sistema que coincide en la fabricación de los productos en función de un pronóstico de la demanda o de un itinerario determinado de trabajo. El principal problema de este sistema radica en que no siempre los pronósticos son correctos y a menudo se cae en una sobreproducción y esto genera costos adicionales.
- **Sistema Pull:** “Halar” (Uno de los principios fundamentales del Lean Manufacturing, es producir de acuerdo a la demanda del mercado). El movimiento del material se produce cuando hay una necesidad real por parte del cliente, ya sea interno o externo, es decir, el consumo de material necesario para un proceso, desencadena la reposición del proceso anterior, por tanto, solo reemplazamos el material que se ha consumido en el proceso posterior. Se fabrica en flujo continuo y producimos porque se vende, con esto se reduce el inventario y el coste, además de abreviar el tiempo de reacción.
- **Kanban “Tarjeta de control”:** En japonés significa “registro visible o etiqueta de información”, La etiqueta Kanban contiene información que sirve como orden de trabajo. En otras palabras, es un dispositivo de dirección automático que nos da información acerca de que se va a producir, en que cantidad, mediante qué medios, y como transportarlo. (Domínguez & Miguel Ángel, 2010). La filosofía se basa en que sea el pedido el que ponga en marcha la producción y no la producción la que ponga en marcha el pedido. Así desde el año 1958 Toyota comenzó a ver resultados positivos en el momento de usar este método Kanban. (Escobedo , 2010). Las tarjetas, contienen información sobre el proveedor, la pieza que este provee y el lugar donde se encuentra dentro de la planta. Sirve para abastecer en el momento justo la cantidad necesaria de piezas para las unidades que están en

producción. (Monden & Yasujiro, 1993), sirve para comunicarle al proveedor la cantidad de piezas a entregar diariamente. generar órdenes de trabajo teniendo en cuenta condiciones actuales del proceso que se lleva a cabo, buscar el no generar órdenes innecesarias sobre procesos ya existentes en el área de trabajo, además de no agregar papeleo innecesario y posiblemente repetitivo. El Kanban respecto a flujo de materiales (cadena de procesos): Se debe dar prioridad a la instrucción más importante, generar hábitos de comunicación más fluida entre todos los personajes que intervienen en la operación. (Dynarax).

Existe otro sistema que utiliza tarjeta para controlar sus inventarios es el **CONWIP**⁸ La mayoría de los autores se refieren al término CONWIP para referirse a los sistemas que tratan de mantener constante el inventario en proceso. (Domínguez & Miguel Ángel, 2010). El sistema CONWIP emplea tarjetas para controlar el nivel de inventario en proceso. Las tarjetas son asignadas a cada pieza al comienzo de la línea. Cuando la pieza es procesada en la última estación, la tarjeta es liberada para ser de nuevo enviada al comienzo de la línea, donde será asignada a otra pieza para ser procesada. (Gonzalez , Farmiñan, & Ruiz , 2002).

Las herramientas que utiliza para el Lean Manufacturing son el Kaizen (mejoramiento continuo) y el Poka Yoke (a prueba de fallos). Para Tejeda, estas técnicas se están utilizando para la optimización de todas las actividades de la organización, aceptar la existencia de incorporar innovadoras técnicas para un buen manejo de los inventarios, para obtener tiempos de reacción más cortos, mejor servicio al cliente, mejor calidad y costos más bajos. Al disminuir los desperdicios, se incrementa la productividad. (Tejada, 2011).

Para (Mocha & Zurita, 2006). las metodologías de mejora más utilizadas están:

- **(TQM⁹) Gerencia de la Calidad Total:** Es una manera de mejorar constantemente en todos los niveles operativos, en cada área funcional de una organización, utilizando todos los recursos humanos y de capital disponibles. El mejoramiento está orientado a alcanzar metas amplias, como los costos, la calidad, la participación en el mercado, los proyectos y el crecimiento. La gestión de calidad total consiste en la aplicación de métodos cuantitativos y recursos humanos para mejorar el material y los servicios suministrados a una organización, los procesos dentro de la organización y la respuesta a las necesidades del consumidor en el presente y en el futuro.
- **(TPM¹⁰) Mantenimiento Productivo Total:** Está dirigido a la maximización de la efectividad del equipo durante toda la vida del mismo. El TPM involucra a todos los empleados de un departamento y de todos los niveles; motiva a las personas para el mantenimiento de la planta a través de grupos pequeños y actividades voluntarias, y comprende elementos básicos como el desarrollo de un sistema de mantenimiento,

⁸ **CONWIP:** CONstantWork In Progress.

⁹ **TQM:** Total Quality Management.

¹⁰ **TPM:** Total Productive Maintenance.

educación en el mantenimiento básico, habilidades para la solución de problemas y actividades para evitar las interrupciones.

- **(JIT¹¹) Justo a Tiempo:** Se orienta a la eliminación de todo tipo de actividades que no agregan valor, y al logro de un sistema de producción ágil y flexible. Hacer factible el JIT implica llevar de forma continua actividades de mejora que ayuden a eliminar los desperdicios en el lugar de trabajo. Los cuatro objetivos esenciales del JIT son: atacar los problemas fundamentales, eliminar despilfarros, buscar la simplicidad y diseñar para identificar problemas.
- **Kaizen (Mejoramiento continuo).** De acuerdo con (Masaaki, 1998), el sistema Kaizen de mejora continua tiene como uno de sus pilares fundamentales la lucha continua en la eliminación de desperdicios. Una lucha implacable y sin respiro en la necesidad de eliminar los factores generadores de improductividades, altos costos, largos ciclos, costosas y largas esperas, desaprovechamiento de recursos, pérdida de clientes, y defectos de calidad, todo lo cual origina la pérdida de participación en el mercado, con caída en la rentabilidad y en los niveles de satisfacción de los consumidores.
- **Poka Yoke: (A prueba de fallos o errores).** El ingeniero Shiego Shingo desarrollo la idea en una herramienta formidable para alcanzar el cero defectos y eventualmente eliminar las inspecciones de control de calidad (Shingo, 1990). Poka-Yoke es una técnica común de calidad, que se aplica con el fin de evitar errores en la operación de un sistema. La idea que reposa detrás de Poka-Yoke es respetar la inteligencia de los trabajadores, asumiendo las tareas respectivas o acciones que dependen de la memoria (Hiroyuki, 2017), por ejemplo, “el conector de un USB es un *poka-yoke*, puesto que no permite conectarlo al revés”. (Nikkan & Shimbun, 1988) En palabras del ingeniero Taiichi Ohno, mejor conocido por diseñar el sistema de producción Toyota y JIT dentro de un sistema de producción, dice, “Si un supervisor no conoce la existencia de un problema y este no se trata, no se realizan mejoras y no se pueden bajar los costos. Al detener una máquina cuando surge un problema, se puede identificar el mismo. Una vez que se ha clarificado el problema, se realizan mejoras”.
- **TOC¹² (Teoría de las Restricciones)**

La TOC nació como solución a un problema de optimización de la producción. Hoy en día se ha convertido en un concepto evolucionado que propone alternativas para integrar y mejorar todos los niveles de la organización, desde los procesos centrales hasta los problemas diarios.

La teoría de las restricciones es una filosofía de gestión administrativa que se basa en los métodos de la ciencia para interpretar, optimizar y gestionar los sistemas integrados (Personas, Organizaciones, etc). Esta teoría se basa en que toda organización es creada para lograr una meta. Si nuestra organización tiene como meta ganar dinero, debemos estar conscientes que los logros obtenidos, ha estado determinado por la o las restricciones que actúan sobre la organización. Si no hubiese existido alguna restricción, los logros obtenidos

¹¹ **JIT:** Just in Time.

¹² **TOC:** Theory of Constraints

podieron haber sido infinitos. Las restricciones del sistema determinan las posibilidades de obtener más de la meta de la organización (Ramírez, 2017).

Para (Ramírez, 2017) los tipos de Restricciones son:

- **Restricciones Físicas:** Cuando la limitación pueda ser relacionado con un factor tangible del proceso de producción.
- **Restricciones de mercado:** Cuando el impedimento está impuesto por la demanda de sus productos o servicios.
- **Restricciones de políticas:** Cuando la compañía ha adoptado prácticas, procedimientos, estímulos o formas de operación que son contrarios a su productividad o conducen (a veces inadvertidamente) a resultados contrarios a los deseados

(Rodrigo, 2017) indica que la **TOC** sigue 5 pasos importantes para el proceso de mejora continua:

1. Identificar la Restricción del Sistema. Para poder alcanzar el máximo desempeño posible, tenemos que saber qué elemento es el que determina ese máximo.
 2. Aprovechar al máximo la capacidad de la restricción. Para lograr el máximo, el elemento restricción debe estar operando a su máximo.
 3. Coordinar la operación de los elementos restantes para que apoyen la realización del paso 2. La enorme mayoría de los elementos de la organización no son restricciones. ¿Cómo deben operar? Este paso establece que deben “subordinarse” para apoyar en un 100% el desempeño máximo de la restricción.
 4. Aumentar la capacidad de la restricción. El siguiente escalón de mejora se alcanza cuando la empresa incrementa la capacidad del elemento que era la restricción hasta el momento. De este modo, se pueden alcanzar otros niveles de logro.
 5. Se debe volver al paso 1. Ahora el sistema es diferente y puede ocurrir que el elemento que fue la restricción ya no lo sea más y otro elemento pase a ser la nueva restricción. Una vez explicado la TOC veremos que, la TOC en el DDMRP, influirá sobre todo en los casos que existan cuellos de botella que generará una importante restricción en el DDMRP. La TOC estará sobre todo en casos de cuello de botella y ahí influirá de forma importante. (Rodrigo, 2017).
- **Six Sigma “6σ”:** Esta metodología de calidad, fue desarrollada por Motorola en 1986, para ofrecer un mejor producto o servicio, más rápido y al costo más bajo, es por esto que el ingeniero Bill Smith estudió y reportó que, si un producto fallaba durante la producción y se reparaba, otros defectos quedaban ocultos y se presentaban cuando el cliente usaba el producto, ocasionando quejas y reclamaciones. Por otra parte, si el producto no fallaba durante la producción, tampoco fallaba con el cliente. Éste fue el fundamento básico que motivó el desarrollo de procesos muy capaces que no generaban productos defectuosos,

con ayuda de métodos estadísticos desarrollados desde la década de los años 1920 y otros métodos especiales conformados en una metodología denominada Six Sigma, la misma que le permitió a Motorola obtener reducciones de costo e incremento en utilidades significativas. (Harry & Mikel, 2000).

La metodología **6σ** se basa en la curva de la distribución normal (para conocer el nivel de variación de cualquier actividad), que consiste en elaborar una serie de pasos para el control de calidad y optimización de procesos industriales. En los procesos industriales se presenta el costo de baja calidad, ocasionado por:

- **Fallas internas**, de los productos defectuosos; re trabajo y problemas en el control de materiales.
- **Fallas externas**, de productos regresados; garantías y penalizaciones.
- **Evaluaciones del producto**, debido a inspección del proceso y producto; utilización, mantenimiento y calibración de equipos de medición de los procesos y productos; auditorias de calidad y soporte de laboratorios.
- **Prevención de fallas**, debido al diseño del producto, pruebas de campo, capacitación a trabajadores y mejora de la calidad.

(López, 2001) explica que al aplicar la Six-Sigma en el análisis de procesos industriales se pueden detectar rápidamente problemas en producción como cuellos de botella, productos defectuosos, pérdidas de tiempo y etapas críticas, es por esto que es de gran importancia esta metodología.

Esta metodología utiliza herramientas estadísticas para mejorar la calidad, para conocer los problemas en el área de producción y saber el porqué de los defectos (López, 2001). Las principales herramientas que se utilizan en el Six-Sigma son:

- **Diagrama de Flujo de Procesos**
Representación gráfica de una secuencia de pasos en un proceso, que identifica las principales fases y problemas en el proceso.
- **Diagrama de Causa-Efecto**
Identificar las Causas y Efectos que ocasionan problemas en los procesos e identifica factores que se deben mantener constante, factores de ruido y críticos.
- **Diagrama de Pareto**
Identifica y permite asignar un orden de prioridades para la toma de decisiones de una organización, determinando cuáles son los problemas más importantes que deben ser resueltos primeros
- **Histograma**
Es la representación gráfica en forma de barras, que simboliza la distribución de un conjunto de datos. Sirve para obtener una “primera vista” general de la distribución de la muestra, respecto a una característica, cuantitativa y continua.
- **Grafica de Corrida**

Utilizado para mostrar tendencia en los datos a través del tiempo, para observar el seguimiento de los defectos en un proceso.

- **Grafica de Control**

Identifica las causas especiales que afectan el promedio o la variación y ayuda a determinar qué tipo de acciones se debe tomar.

El programa de mejora es una etapa importante en la elaboración de un producto que permite obtener buena calidad. Este proceso se divide en cuatro etapas:

- ★ Etapa 1: **Medición**, consiste en seleccionar una o más características del producto: como lo son las variables dependientes que identifican el proceso, tomar las medidas necesarias y registrar los resultados del proceso en las “tarjetas de control”, estimando el corto y largo plazo de la capacidad del proceso en la elaboración del producto.
- ★ Etapa 2: **Análisis**, Implica la clave de la ejecución de las medidas del producto. Un análisis de intervalo es tomado por lo regular para identificar los factores comunes y exitosos de la ejecución: los cuales explican las mejores formas de aplicación. En algunos casos es necesario rediseñar el producto y/o el proceso, en base a los resultados del análisis.
- ★ Etapa 3: **Mejora**, Se identifican las características del proceso que se puedan mejorar. Una vez realizado esto, las características son diagnosticadas para conocer si las mejoras en el proceso son relevantes.
- ★ Etapa 4: **Control**, Nos ayuda a asegurar que las condiciones del nuevo proceso estén documentadas y monitoreadas de manera estadística con los métodos de control del proceso.

En la metodología Six-Sigma se realiza la capacitación del personal con el fin de obtener una buena calidad. El entrenamiento provee a los candidatos con el conocimiento y características para guiar y dirigir la implementación de la metodología en su empresa. (Robertson & Smith , 2001).

8.6 PLANIFICACIÓN Y CONTROL.

El diseño del sistema de planificación y control se verá impactado por varios factores. Entre los más importantes se encuentran el volumen y la variedad de la producción esperada, factores que, a su vez, tienden a ser definidos en su mayor parte según la cantidad de influencia que el cliente ejerce en el diseño del producto o servicio que le es entregado a partir de los procesos de la organización. (Chapman, 2006).

En algunos casos, el reconocimiento de la influencia que tiene el cliente sobre el diseño forma parte de la estrategia básica de la empresa. El grado de influencia del cliente tiende a describirse por medio de las siguientes categorías:

- **(ATO¹³) Ensamblaje bajo pedido.**

Es una estrategia de producción empresarial en la que los productos pedidos por los clientes se producen rápidamente y se pueden personalizar en cierta medida. Por lo general,

¹³ **ATO:** Assemble to Order.

requiere que las partes básicas del producto ya estén fabricadas, pero aún no ensambladas. Una vez que se recibe un pedido, las piezas se ensamblan rápidamente y el producto final se envía al cliente, esta estrategia ATO intenta combinar los beneficios tanto de fabricación por pedido como de fabricación en inventario, poniendo los productos en manos de los clientes rápidamente mientras permite que el producto se adapte o altere de ciertas maneras, según la solicitud del cliente (Kenton , 2020).

- **(ETO¹⁴) Ingeniería bajo pedido**

En este caso el cliente tiene prácticamente completo poder de decisión sobre el diseño del producto o servicio. En general, no se verá limitado a la utilización de componentes o materia prima estándar, sino que incluso podrá hacer que el productor le entregue algo diseñado “desde cero” (Chapman, 2006). También es aquella en la que se hace bajo pedido el desarrollo del producto y la planificación de la fabricación, así como la fabricación en sí, y a la fabricación bajo pedido (MTO), que es una especie de modalidad de la ETO, ya que una vez fabricado un producto singular, único mediante ETO, el proceso de ingeniería y diseño, si se solicitara el mismo producto, serviría para la fase de MTO en una posterior sesión de fabricación. (Chambers & Baguena, 2016).

- **(MTS¹⁵) Fabricación para almacenamiento.**

Las empresas producen sus productos manteniendo cantidades de producto final en el inventario y así poder responder rápido a los requerimientos del cliente. Para (Chapman, 2006) existen productos cuya fabricación llega a su forma final, y que se almacenan como productos terminados. La base colectiva de clientes puede tener cierta influencia sobre el diseño general; sin embargo, el cliente individual sólo tiene que tomar esencialmente una decisión cuando el producto está terminado: Adquirirlo o no adquirirlo. Una vez más, estos patrones de compra pueden provocar modificaciones generales en el diseño del producto, lo cual no ocurre, por lo general, en el caso de un cliente individual. Los ejemplos de este tipo de productos son muy comunes, como se observa en prácticamente cualquier tienda minorista de herramientas, ropa, suministros para oficina, etcétera.

- **(MTO¹⁶) Fabricación bajo pedido.**

Significa que una empresa solo fabrica el producto final una vez que el cliente realiza el pedido, creando un tiempo de espera adicional para que el consumidor reciba el producto, pero permitiendo una personalización más flexible en comparación con la compra directa de estanterías de minoristas (Hayes, 2020), por eso el cliente deben saber de los tiempos de entrega de las Ordenes

Este tipo de estrategia de fabricación se conoce como una operación de cadena de suministro de tipo Pull porque los productos solo se fabrican cuando hay una demanda firme del cliente. El modelo de producción de tipo Pull es empleado por la industria de ensamblaje, donde la cantidad necesaria para producirse según la especificación del

¹⁴ **ETO:** Engineer to Order.

¹⁵ **MTS:** Make to Stock.

¹⁶ **MTO:** Make to Order.

producto es una o solo unas pocas. Esto incluye industrias especializadas como la construcción, la producción de aeronaves y embarcaciones, puentes, etc. MTO también es apropiado para productos altamente configurados como servidores de computadoras, automóviles, bicicletas o productos que son muy caros de mantener en inventario.

La planificación de la producción está enfrentando tareas más y más estimulantes todos los días. Los productos cada día son más complejos, los sistemas manuales están siendo reemplazados con máquinas complicadas. El mundo está pasando por una revolución de tecnología y los sistemas de conocimientos son cada vez más dominantes. Además, los ambientes de fabricación tradicionales están convergiendo en la fabricación de conocimientos basada en sociedades entendidas. (Garza & González, 2004)

FIGURA 6. PROCESO DE PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN.



Fuente: (Urquiola & Agüero, 2016).

Dentro del proceso de planificación y control de la producción que existen tres fases esenciales:

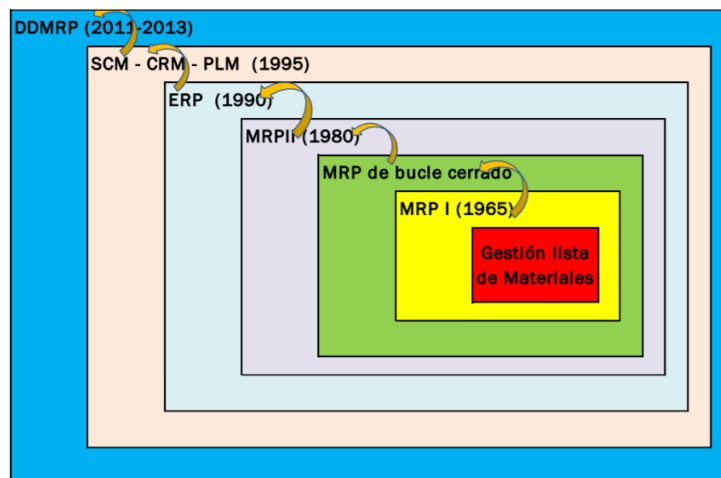
8.6.1 Planeación estratégica: (A largo Plazo). Ayuda a la empresa a conseguir sus objetivos para mantenerse vigente, estando siempre al pendiente de sus competencias tanto externas como internas, Este tipo de planeación se concibe como el proceso que consiste en decidir sobre los objetivos de una organización, sobre los recursos que serán utilizados, y las políticas generales que orientarán la adquisición y administración de tales recursos, considerando a la empresa como una entidad total (Camargo). Sirve como marco de referencia para la planificación y control de la producción, de la cual es su punto de partida.

8.6.2 Planeación Táctica: (A mediano Plazo). Establece las medidas específicas necesarias para implementar el plan estratégico de la empresa. Los planes tácticos son normalmente de mediano plazo y describen lo que una empresa tiene que hacer, el orden de los pasos necesarios para alcanzar los objetivos estratégicos de la organización. También se refiere a la determinación de la cantidad de producción, los niveles de inventario, la cantidad de recursos necesarios y el tamaño de la plantilla en cada período de tiempo, con el fin de satisfacer la demanda para un horizonte temporal de planificación específico a medio plazo. Puede cumplir una función de coordinación de las decisiones tácticas correspondientes a las diversas áreas funcionales de la empresa (Urquiola & Aguero, 2016).

8.6.3 Planeación Operativa: (A corto Plazo). Se refiere básicamente a la asignación previa de las tareas específicas que deben realizar las personas en cada una de sus unidades de operaciones (Camargo). Cuando hablamos de planificación operativa nos estamos refiriendo a la determinación de las metas de corto plazo, las cuales permiten hacer operativas las estrategias. A partir de esto es posible realizar la programación de las actividades y la estimación del presupuesto que se requiere para llevarlas a cabo. La planificación operativa tiene que ver con la generación de metas y compromisos internos que son parte de la programación para lograr los productos en la cantidad y el tiempo necesario. (Urquiola & Aguero, 2016).

8.7 INTRODUCCION A LOS SISTEMAS DE GESTIÓN

FIGURA 7. EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS DE GESTIÓN.



Fuente: (Rodrigo, 2017).

8.7.1 Gestión Lista de Materiales (BOM):

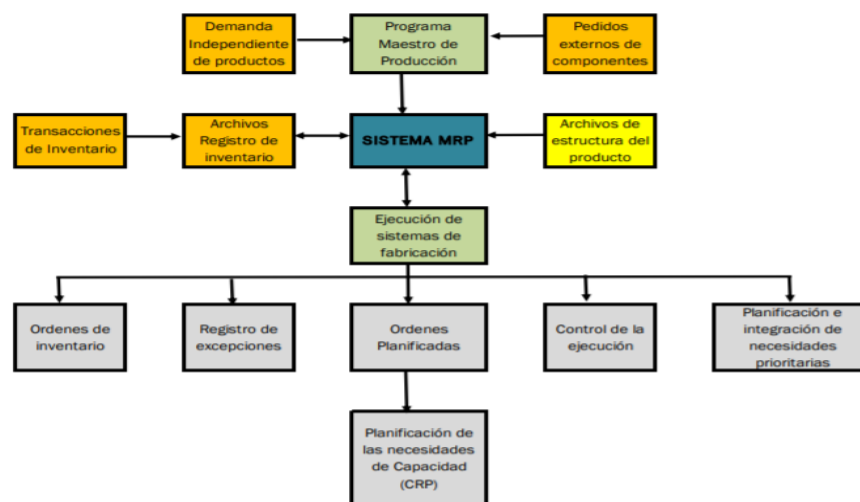
Surgieron los primeros sistemas que tratan la gestión de demanda dependiente, es decir, la gestión de productos cuya descomposición implica que la cantidad demandada de un componente depende de las cantidades demandadas de todos los productos finales en los que toma parte. Estos primeros intentos, basados en iniciativas de empresas individuales y con las carencias propias de la falta de experiencia previa y por lo tanto la inexistencia de metodologías estandarizadas, son catalogadas hoy en día bajo la denominación de gestores de listas de materiales o gestores del BOM. (Rodrigo, 2017). Esto representa la estructura de fabricación en la empresa conociendo el árbol de fabricación de cada una de las referencias que aparecen en el Plan Maestro de Producción. La estructura de fabricación es la lista precisa y completa de todos los materiales y componentes que se requieren para la fabricación o montaje del producto final.

Para definir esta estructura existen dos requisitos: ("Planificación de los requerimientos de material.", 2020)

- Cada componente o material que interviene debe tener asignado un código que lo identifique de forma precisa.
- A cada elemento le corresponde un nivel en la estructura, asignado en sentido descendente. Así, al producto final le corresponde el nivel cero. Los componentes y materiales que intervienen en la última operación de montaje son de nivel uno.

8.7.2 MRP (planificación de requerimientos de materiales)

FIGURA 8. DIAGRAMA DE DEFINICIONES DEL MRP



Fuente: (Rodrigo, 2017)

Para el final de los años 50, los sistemas **MRP** comenzaron a utilizarse en los sectores productivos, en especial de los Estados Unidos de Norte América. Estos sistemas les permitieron llevar un

control de diversas actividades, como el control de inventario, facturación, pago y administración de nómina. En las décadas de los años 60's y 70's, evoluciono los sistemas de planificación y control de la producción, El sistema MRP transforma un plan maestro de producción (MPS) en un programa detallado de necesidades de materiales y componentes requeridos para la fabricación de los productos finales utilizando BOM¹⁷. (Urquiola & Aguero, 2016). Con el propósito de tener los materiales requeridos en el momento oportuno para cumplir con las demandas de los clientes. El MRP, en función de la producción programada, sugiere una lista de órdenes de compra a proveedores.

Más en detalle, trata de cumplir simultáneamente tres objetivos: ("Planificación de los requerimientos de material.", 2020)

- Asegurar materiales y productos que estén disponibles para la producción y entrega a los clientes.
- Mantener los niveles de inventario adecuados para la operación.
- Planear las actividades de manufactura, horarios de entrega y actividades de compra.

El sistema MRP comprende la información obtenida de al menos dos fuentes:

- **El plan maestro de producción (PMP):**
 - Con base en los pedidos de los clientes y los pronósticos de demanda, nos dice qué productos finales hay que fabricar y en qué plazos deben tenerse terminados. También contiene las cantidades y fechas de la disponibilidad de los productos de la planta que están sujetos a demanda externa (productos finales y piezas de repuesto).
 - La función es adecuar la producción en la fábrica a los dictados de la demanda externa. Una vez fijado este, el cometido del resto del sistema es su cumplimiento y ejecución con el máximo de eficiencia. Es decir, se basa en un tiempo que se establece para el cálculo de las fechas de producción y abastecimiento. ("Planificación de los requerimientos de material.", 2020).
- **El estado del inventario "Gestión de Stock":**
 - Recoge las cantidades de cada referencia de la planta que están disponibles o en curso de fabricación. Y en este último caso la fecha de recepción de las mismas. Para calcular las necesidades de materiales se necesita evaluar las cantidades y fechas en que han de estar disponibles los componentes que intervienen, según especifican las listas de materiales.
 - El sistema de información referido al estado del stock debe conocer en todo momento las existencias reales y el estado de los pedidos en curso para vigilar el cumplimiento de los plazos de aprovisionamiento. En definitiva, debe de existir un perfecto conocimiento de la situación en que se encuentran los stocks, tanto de los materiales adquiridos a los proveedores externos como de los componentes en la preparación de conjuntos de nivel superior. ("Planificación de los requerimientos de material.", 2020).

¹⁷ BOM: Bill of Material (Lista de materiales).

- El sistema MRP no considera ninguna restricción de capacidad. Básicamente, todos los problemas de capacidad posibles deben absorberse por el establecimiento apropiado de los tiempos de entrega. Este hecho fue considerado como una gran desventaja, lo que condujo a la evolución del **MRP de Bucle Cerrado**:

8.7.3 MRP de Bucle o Ciclo Cerrado.

Es una consecuencia de la evolución de ensayo y error aplicada a sistemas MRP en el mundo real. A través de este proceso de evolución se fueron incorporando las limitaciones o restricciones de capacidad existente de la organización, y gracias a esto que los sistemas MRP cerrados no permiten validar al gerente de producción planes de producción cuando la planta de producción no puede físicamente cumplir con los requerimientos generados por el PMP. (Mejia, s.f.)

También es necesario calcular si se dispone de suficiente capacidad para realizar la tarea planificada. La idea básica es cerrar el ciclo de planificación con una comparación entre la carga de trabajo propuesta para un periodo y la capacidad productiva de los recursos involucrados en los procesos, de modo que el nuevo sistema recibió el nombre de «MRP a ciclo cerrado»

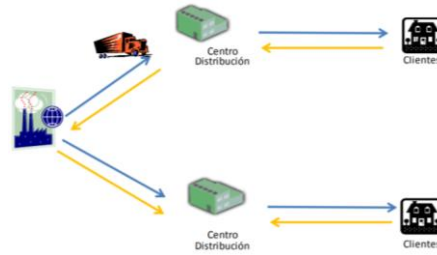
Gracias a la introducción de los cálculos de las cargas de trabajo por máquina o por centro de trabajo, fue posible prever con la suficiente antelación conflictos de exceso de trabajo, de modo que la planificación pasó a ser una labor proactiva, consistente en alisar los excesos de carga de trabajo, adelantando para ello la cantidad mínima de pedidos necesaria. El ciclo cerrado supuso un gran paso adelante en el proceso de planificación de necesidades de materiales y de recursos. (Rodrigo, 2017).

- **DRP¹⁸ (Planeación de recursos de distribución).**

Es un método usado en la administración de negocios para planificar la emisión de órdenes de productos dentro de la cadena de suministro. El DRP habilita al usuario para establecer ciertos parámetros para el control del inventario (como el inventario de seguridad) y calcular el tiempo de fase entre los requerimientos del inventario. (Planeación de los Recursos de Distribución, 2020).

Según (Greene, 1997), es una herramienta para planificar y controlar el inventario en los centros de distribución y sirve para tomar decisiones a corto plazo. Determinar qué, cuánto, cuándo debo despachar a los puntos de venta y pedir a la planta manufacturera DRP. El DRP integra la información de inventarios y actividades de la cadena de suministros y del sistema de planificación y control de operaciones. Los materiales se mueven entre empresas, almacenes y centros de distribución, incluso pueden regresar a su punto de origen. El DRP enlaza las empresas brindando registros de planificación que llevan la información de la demanda de los puntos receptores a los de suministro y retorna la información de la oferta a los puntos de recepción

¹⁸ **DRP:** Distribution Resource Planning.

FIGURA 9. DRP CADENA DE SUMINISTRO

Fuente: (Rodrigo, 2017).

La planeación de recursos de distribución (DRP) se usa para elaborar un plan escalonado de reabastecimiento del inventario para todos los niveles de la cadena de suministro. El sistema DRP proporciona información que identifica las fechas de necesidad, las fechas de reposición y las fechas de pedido para las necesidades materiales. Esta información puede ser unificada dentro del sistema de distribución para proporcionar un conjunto de números para ser utilizados por todos (Swamidass, 2000).

Las principales funciones del DRP se encuentran; planificación y emisión de los pedidos de abastecimiento realizados; con base a un sistema de programación maestra, seguimientos de los pedidos de abastecimiento; con el que pretende controlar los pedidos que se encuentran en camino entre el almacén de suministro y el de recepción, asignación de suministros; cuando se da escasez de un ítem dentro de la red de distribución, planificación de la cantidad de envíos; el módulo DRP también tiene en cuenta las limitaciones de capacidad con las que pueden encontrarse los distintos centros de distribución.

Cómo ya sabemos el MRP determina cuándo y cuánto pedir y el DRP, da respuesta; además, al donde mantener el inventario, de forma que el resultado final (en función de los objetivos de la empresa) sea el más adecuado (Domínguez Machuca, 1995).

8.7.4 MRP II (Planificación de los Recursos de Fabricación)

Los sistemas MRP II son los más utilizados para la planificación y control de la producción. Este sistema incorpora en el proceso de planificación todos los recursos de una empresa industrial, incluyendo aspectos operacionales y también financieros. Está compuesto de una variedad de funciones entrelazadas: planificación de negocio, ventas y operaciones (planificación de la producción), plan maestro de producción, plan de requerimientos materiales y sistemas de apoyo a la ejecución para materiales y capacidad. Los resultados y salidas de estos sistemas están integrados con informes financieros como el plan de negocio, informe de compromisos de compra, presupuesto de envíos, previsiones de inventario en unidades monetarias, entre otros. El módulo de gestión de la producción de un MRP II mantiene el sistema MRP como el motor conductor de los programas de producción a nivel operativo. (Urquiola & Agüero, 2016).

Los sistemas MRP II suelen ofrecer la posibilidad de analizar diferentes escenarios, respondiendo a preguntas del tipo «qué pasa si...». Posteriormente, puede hacerse efectivo el

plan de producción que resulte más satisfactorio entre todos los planteados. De todos modos, no existen grandes diferencias conceptuales entre el MRP II y el MRP a ciclo cerrado. Más que diferencias, puede decirse que se trata de evoluciones y mejoras en aspectos como la información tratada, las herramientas informáticas disponibles y la mayor divulgación de las buenas prácticas empresariales. (Rodrigo, 2017).

8.7.5 ERP (Planificación de los recursos de la empresa)

En los 90 dado el contexto económico que se empezó a vivir, regido por un marco de competencia global que exigía mayores niveles de eficiencia y productividad, multiplantas en lugares internacionales, amplia demanda mundial de productos, subcontratación internacional, mercados monetarios variados, provocó que los programas de software existentes no pudieran cubrir las características anteriormente descritas. Los ERP habían nacido y este sistema de información común se convirtió en un requisito indispensable para dar respuestas coordinadas, se trata de establecer un sistema de información que funcione como columna vertebral de las decisiones tomadas en la empresa. Este sistema de información es también quien define cómo debe ser dicho proceso (qué información debe introducirse, que personas deben ser informadas, qué orden lógico debe seguirse, etc.). El sistema de información puede ser la mejor herramienta para modificar un proceso y para introducir mejoras en el mismo. Así pues, la filosofía de base de los ERPs es la de ser el soporte de gestión de la empresa en su conjunto y no simplemente la extensión del modelo de gestión de la producción a otros departamentos. (Rodrigo, 2017)

Los objetivos principales de los sistemas ERP son: (" Sistema de planificación de recursos empresariales", 2020)

- Optimización de los procesos empresariales.
- Acceso a la información.
- Posibilidad de compartir información entre todos los componentes de la organización.
- Eliminación de datos y operaciones innecesarias de reingeniería.

Los beneficios que puede aportar una herramienta de ERP se resumen en la resolución de los problemas contables, mercantil o fiscal de la empresa. Asimismo, puede permitir un mayor control del inmovilizado en el inventario permanente, conciliación bancaria, liquidación de impuestos, etc.

Las características que distinguen a un ERP de cualquier otro software empresarial son que deben ser modulares, configurables y especializados:

- **Modulares:** Los ERP entienden que una empresa es un conjunto de departamentos que se encuentran interrelacionados por la información que comparten y que se genera a partir de sus procesos. Una ventaja de los ERP, tanto económica como técnica, es que la funcionalidad se encuentra dividida en módulos, los cuales pueden instalarse de acuerdo con los requerimientos del cliente. Ejemplo: ventas, materiales, finanzas, control de almacén, recursos humanos, etc.
- **Configurables:** Los ERP pueden ser configurados mediante desarrollos en el código del software. Por ejemplo, para controlar inventarios, es posible que una empresa necesite manejar la partición de lotes pero otra empresa no. Los ERP más avanzados suelen

incorporar herramientas de programación de cuarta generación para el desarrollo rápido de nuevos procesos.

- **Especializados:** Un ERP especializado, brinda soluciones existentes en áreas de gran complejidad y bajo una estructura de constante evolución. Estas áreas suelen ser, el verdadero problema de las empresas, además de contener todas las áreas transversales. Trabajar bajo ERP especializados es el paso lógico de las empresas que requieren soluciones reales a sus verdaderas necesidades. Un ERP genérico solo ofrece un bajo porcentaje de efectividad basado en respuestas generalistas, que requieren ampliaciones funcionales.

8.7.6 SCM, CRM y PLM

- **SCM¹⁹ (Gestión de la cadena de suministro)**

Proporciona velocidad y agilidad fusionando procesos ya probados en el pasado y las mejores innovaciones tecnológicas de la actualidad. Por un lado, los responsables de la organización obtendrán la información que necesiten en tiempo real mejorando el proceso de toma de decisiones. Al disponer de una base de información más sólida y en tiempo real las decisiones se tomarán en el momento oportuno ganando esa flexibilidad que las empresas necesitan. (Estaún, 2018).

La aplicación de esta filosofía a la producción ha supuesto que los proveedores hayan absorbido una pieza importante de las operaciones productivas. Por otro lado, factores ya mencionados como el acortamiento de los plazos de entrega y la necesidad de mantener una gama muy alta de producto también impulsan la necesidad de una coordinación cada vez mayor con clientes y proveedores, provocando un cierto desgaste del término ERP. (Rodrigo, 2017).

- **CRM²⁰ (Gestiones relacionadas con el cliente).**

Es una aplicación que permite centralizar en una única base de datos todas las interacciones entre una empresa y sus clientes. El software CRM, por definición, permite compartir y maximizar el conocimiento de un cliente dado y de esta forma entender sus necesidades y anticiparse a ellas recopilando toda la información de las gestiones comerciales manteniendo un histórico detallado. Una solución CRM permite dirigir y gestionar de forma más sencilla las campañas de captación de clientes y de fidelización. Gracias a esta gestión se puede controlar el conjunto de acciones realizadas sobre los clientes o clientes potenciales, y gestionar las acciones comerciales a partir de un cuadro de mandos detallado. Las empresas que utilizan soluciones CRM generan más oportunidades de venta, agilizando la gestión, con presupuestos actualizados en tiempo real y procesos de ventas optimizados. Del mismo modo las empresas que utilizan CRM pueden hacer mejores segmentaciones, y disponen de la información para un servicio de atención al cliente y postventa de nivel superior. (Gómez, 2018)

¹⁹ **SCM:** Supply Chain Management.

²⁰ **CRM:** Customer Relationship Management

- **(PLM²¹) Gestión del ciclo de vida de un producto.**

Es un proceso usado en la industria de la manufactura que permite a todos los involucrados trabajar sobre un único modelo digital del proyecto de forma colaborativa y concurrente que permite gestionar la información necesaria. Este proceso que administra el ciclo de vida completo de un producto desde su concepción, pasando por su diseño y fabricación, hasta su servicio y eliminación. Consiste en la gestión, a través de soluciones integradas de software.

El PLM tiene una serie de alternativas que permiten a una empresa administrar e innovar efectivamente sus productos y los servicios relacionados con ellos, a lo largo de su vida económica. (Administración del ciclo de vida de productos, 2019).

9. El DDMRP²² PLANIFICACIÓN DE NECESIDADES DE MATERIALES IMPULSADAS POR LA DEMANDA

Es un modelo de generación de órdenes de suministros, programación operacional de ejecución, que utiliza la demanda real en combinación con puntos estratégicos de desacople, puntos de control, buffers de inventario, tiempo y capacidad, para generar un sistema predecible y ágil que promueva y proteja el flujo de información y de materiales relevantes, dentro del rango operacional (Hora, Día, Semana) los parámetros claves son establecidos por medio del proceso de planeación de ventas y operaciones Demand Driven, para cumplir con los objetivos planteados para la compañía , a la vez minimiza el capital de trabajo y los gastos relacionados con la aceleración de los pedidos, es decir, que “la planificación de las necesidades de material impulsada por la demanda, es una metodología para modelar, planear y gestionar las cadenas de suministro con el fin de promover y proteger el flujo de materiales e información relevantes”. (Ptak, Carol; Smith, Chad, 2016)

El DDMRP incorpora las buenas prácticas de metodologías como MRP I y MRP II; DRP , Lean , Six Sigma , TOC, además de innovaciones propias que permiten planificar y controlar el flujo de materiales de una cadena de suministro potencializando las buenas prácticas tomadas de las anteriores metodologías (Miclo, 2016)

La metodología DDMRP modifica las reglas tradicionales de gestión de cadenas de suministro y funcionan bajo la modalidad de “Empujar y Promover” (Push and Promote) hacia una modalidad de “Posicionar y tirar” (Position and Pull).

²¹ **PLM:** Product Lifecycle Management.

²² **DDMRP:** Demand-Driven Material Requirement Planning.

FIGURA 10. SISTEMA TIPO PUSH "EMPUJAR" Y SISTEMA TIPO PULL "HALAR"



Fuente: (Cuatrecasas, 2012).

9.1.1 SISTEMA TIPO PUSH “Empujar”.

Las órdenes de abastecimiento se basan en los pronósticos de ventas que sirven como entrada para la generación de planes maestros de producción. Los productos son producidos aun cuando no haya demanda real para ellos. Es decir, La compra y la fabricación se realiza antes de recibir pedidos de clientes, basándose en previsiones y trabajando contra stocks.

El flujo tipo PUSH tiene las siguientes características:

- Mayores stocks (implica mayor costo financiero y más riesgo de obsoletos).
- Simplifica la gestión de información.
- Su mayor peligro son las “rupturas de stock”, o sea quedarse sin inventario para atender los pedidos. (Urquiola & Agüero, 2016)

Este enfoque es conveniente cuando la manufactura del producto enfrenta importantes economías de escala y, en particular, cuando la demanda es estacional se aplica la estrategia de mantener inventarios para la temporada pico, así se evita invertir en capacidades de producción muy altas. El riesgo que enfrenta el enfoque *push* radica en la ocurrencia de cambios radicales en los patrones de demanda, que hacen obsoleto al producto en inventario, por lo que este enfoque sólo funciona en caso de bienes poco diferenciados (comerciables) o cuando existen contratos de suministro que aseguren la venta del producto. (Muñoz, 2019).

9.1.2 SISTEMA TIPO PULL “HALAR”

Cuando la demanda del producto determina cuánto producir (enfoque *pull*), es decir, los clientes desencadenan la compra o fabricación de los productos, los tamaños de las órdenes de producción son pequeños, se generan bajos costos por inventarios, y un bajo riesgo por

obsolescencia del producto. Este enfoque es conveniente cuando se compite por innovación y flexibilidad, y su implantación requiere de información rápida desde los puntos de venta, así como de un sistema de producción rápido y flexible. Las desventajas de este enfoque son la necesidad de tener capacidad para los períodos de demanda pico, menores economías de escala y transporte que el tradicional enfoque *push*. (Muñoz, 2019).

El flujo tipo PULL tiene las siguientes características:

- Menores stocks (implica menor costo financiero y menos riesgo de obsoletos).
- Necesidad de rapidez de respuesta de proveedores y de producción.
- Complica la gestión de los materiales, pero se adapta a los cambios en la demanda. (Muñoz, 2019).

Diversos autores han planteado diferencias entre los sistemas PUSH y PULL desde diversas perspectivas. (Hopp & Spearman, 2001), “sugieren que la principal diferencia es el mecanismo que acciona el movimiento de trabajos en el sistema productivo”. Este mecanismo actúa diferente en ambos sistemas ya que en el sistema PUSH la orden que activa el mecanismo proviene de una fuente externa al sistema (valores pronosticados de la demanda futura) mientras que en el sistema PULL la orden de activación proviene de una fuente interna (demanda real actual).

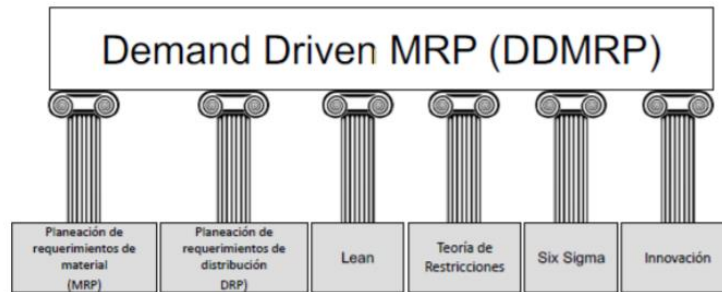
En los sistemas PUSH la información fluye desde el comienzo de la línea de producción hasta el final de la misma, mientras que en los sistemas PULL la demanda se origina en el final de la línea de producción y realiza un recorrido inverso al presente en los sistemas PUSH (Koh & Bulfin, 2004). Estas diferencias funcionales afectan los resultados de producción en la empresa y por lo tanto, su posición financiera. Es por esto que la empresa debe saber escoger muy bien el sistema que seguirá.

Las empresas deberán alinearse al nuevo modo de operación ***Position and Pull*** y adoptar las nuevas reglas centradas en la eficiencia, que protegen y maximizan el flujo de materiales e información relevantes. Tendrán que encontrar una manera de alinear mejor sus recursos y sus esfuerzos al mercado actual y a las necesidades del cliente, en el entorno de hoy en día, más **variable, volátil y complejo**.

Demand Driven MRP es una nueva técnica de planeación y ejecución, planteada por primer vez en la tercera edición de (Ptak & Smith, Orlicky's Material requirements Planning, 2011) .Se basa fundamentalmente en la conexión entre la creación, protección y la aceleración del flujo de materiales e información relevantes y el retorno sobre la inversión. Supone una fusión de tácticas de MRP y DRP combinadas con un sistema Pull, la filosofía Lean y la Teoría de las Restricciones (TOC).

DDMRP incluye innovaciones en el campo de la planificación y ejecución para obtener mejoras de la visibilidad durante la ejecución y comprimir los Lead Times de los productos. Asume el foco que Lean pone en la reducción del despilfarro y la visibilidad en la ejecución, y la acompaña con un nuevo conjunto de tácticas de planificación alineadas con la demanda, que aporta una nueva dimensión a la planificación en toda la empresa y su cadena de suministro.

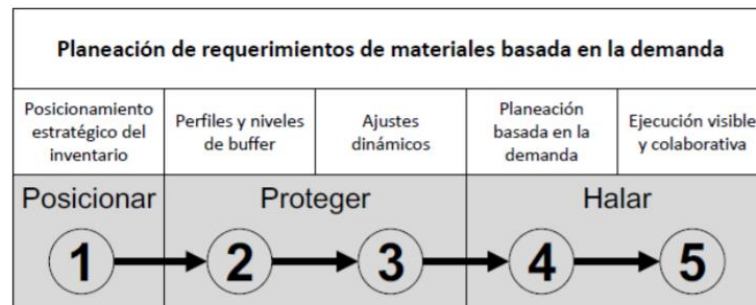
FIGURA 11. LA BASE DEL DDMRP.



Fuente: (Ptak, Carol; Smith, Chad, 2016).

La planeación de requerimientos de materiales tiene 5 componentes secuenciales y explican cómo se relacionan con el lema de “Posicionar, Proteger y Halar”

FIGURA 12. LOS 5 COMPONENTES DE DDMRP.



Fuente: (Ptak, Carol; Smith, Chad, 2016)

Primer Componente

9.2.1 Posicionamiento estratégico de inventario (Buffer).

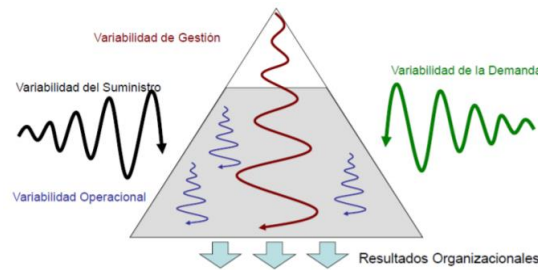
La acumulación y amplificación de la variabilidad son los mayores enemigos para el flujo de información y de materiales relevantes, por lo que, es necesario diseñar un sistema que detenga o mitigue la transferencia y amplificación de la variabilidad a través del sistema (Ptak & Smith, Orlicky's Material requirements Planning, 2011).

Es decir, la transferencia y amplificación de la variabilidad es conocida comúnmente como efecto látigo, recordando que son “pequeños cambios en la demanda que provocan una gran cantidad de movimientos en toda la cadena de suministro que a su vez provoca una enorme acumulación de inventario en sus diversos factores. El inventario puede pasar rápidamente de tener faltantes a tener excesos”.

Por eso las preguntas que no pueden faltar para el primer componente es ¿Qué tanto deberíamos tener? y ¿Cuándo se compra algo?, pero la pregunta más fundamental es ¿Dónde debemos posicionar el inventario (sea en las listas de materiales y/o cadena de suministro) para disminuir la variabilidad y reducir los Lead Time?, la empresa tendrá que monitorear y analizar cuidadosamente el entorno estableciendo las posiciones estratégicas de reposición.

Se encuentra las principales fuentes de variabilidad en la cadena de suministros que son:

FIGURA 13. FUENTES DE VARIABILIDAD



Fuente: (Ptak, Carol; Smith, Chad, 2016).

- **Variabilidad de Gestión:**
Son las interrupciones en la red de suministros que generan variaciones entre las cantidades requeridas y/o las fechas prometidas para el recibo de las ordenes de suministros.
- **Variabilidad Operacional:**
Es la variación aleatoria presentada por un sistema debido a trabajos por debajo de la velocidad nominal del sistema. Por ejemplo, considere un molde de inyección de plásticos donde debido a un problema en su sistema de refrigeración es necesario aumentar el tiempo de ciclo de solidificación.
- **Variabilidad de la Demanda:**
Son las fluctuaciones y desviaciones experimentadas en el patrón de la demanda y/o de los requerimientos.

Para romper las dependencias en lugares claves, simplificará dramáticamente la ecuación de planificación y nos permitirá vivir en horizontes más cortos con información más relevante. Dicho rompimiento, se realiza mediante puntos de desacople.

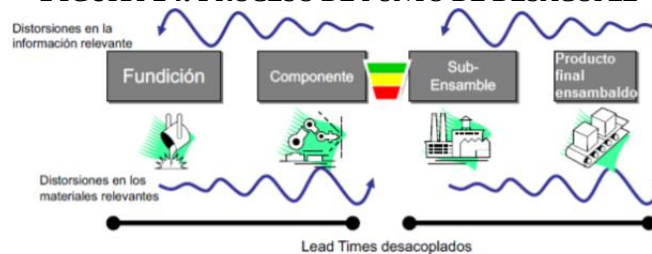
Los puntos de desacople o Buffer, Son stocks calculados para romper las dependencias totales y crear puntos de independencia que eviten la propagación de cambios, la propagación y amplificación de la variabilidad y que permitan configurar el Lead Time de respuesta al mercado. (Moral, 2018). En la siguiente tabla 1, se muestra los factores que deben ser considerados a la hora de posicionar puntos de desacople.

TABLA 1. FACTORES DE POSICIONAMIENTO DE PUNTOS DE DESACOPLE (INVENTARIO).

Factor	Descripción
Tiempo de tolerancia del cliente	La cantidad de tiempo que los clientes potenciales están dispuestos a esperar para la entrega de un bien o un servicio.
Tiempo del mercado potencial	El lead time que permitirá un aumento del precio o la captación de nuevos negocios a través de clientes existentes o nuevos canales de clientes.
Horizonte de los pedidos de venta	Es el horizonte de tiempo que ofrece la mayor visibilidad de pedidos confirmados.
Variabilidad externa	El potencial y la severidad de perturbaciones en las fuentes de suministros y/o proveedores específicos. El potencial de giros y picos en la demanda que puedan sobrepasar capacidad de los recursos (capacidad, inventario, efectivo, etc.).
Apalancamiento y flexibilidad del inventario	Los lugares en la estructura de lista de materiales (BOM) o la red de distribución, que proporcionan a la compañía las mejores opciones disponibles, así como una mayor disminución del lead time para satisfacer las necesidades del negocio.
Protección de operaciones críticas	Minimización de la propagación de la variabilidad a través de las operaciones críticas o cuellos de botella, las cuales son aquellas operaciones que subordinan las salidas del sistema.

Fuente: (Ptak, Carol; Smith, Chad, 2016).

Ya teniendo claro donde posicionar los puntos de desacople, estos actuarán como amortiguadores de la variación impidiendo que esta se transfiera y amplifique a lo largo de la cadena de suministro y al mismo tiempo que se reduce el lead time de los productos.

FIGURA 14. PROCESO DE PUNTO DE DESACOPLE

Fuente: (Ptak, Carol; Smith, Chad, 2016).

Segundo Componente

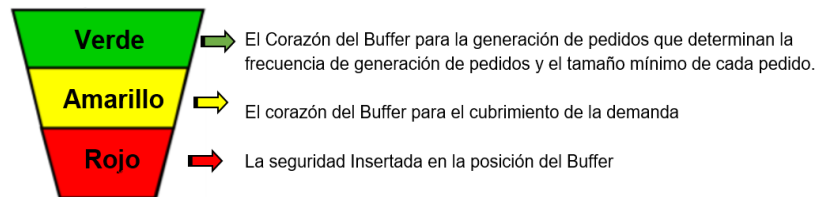
9.2.2 Perfiles y Niveles del Buffer.

Una vez al posicionar el inventario en la estructura de materiales, es necesario dimensionarlos. Para ello DDMRP se basa, entre otros aspectos, en el consumo promedio diario real de las referencias, el lead time y la existencia de una cantidad mínima de pedido definida. De esta forma los buffers se dimensionan considerando la demanda real y no en base a previsiones erróneas.

Para hacer que los puntos de desacople absorban la variación de la oferta y de la demanda, se debe utilizar un mecanismo de amortiguación. En la metodología DDMRP, este mecanismo es llamado “Buffer” y toma forma de stock que sirve para comprimir el tiempo de entrega y amortiguar la variabilidad evitando que esta se propague y amplifique. Al desacoplar los tiempos de entrega del lado del consumo del buffer, estos se comprimen instantáneamente. Esta compresión tiene implicaciones inmediatas en el nivel de servicio e inventarios (Ptak, Carol; Smith, Chad, 2016).

Esto debido a que a menores tiempos de entrega mayor la reacción ante cambios inesperados en la demanda, y con ello un aumento en el nivel con el que servimos los requerimientos. De igual modo, esta reducción en los tiempos de entrega disminuye los niveles de inventario ya que la protección que estos deben brindar, está relacionada directamente con este tiempo de entrega, en otras palabras, a menor tiempo de entrega, menor inventario de seguridad.

FIGURA 15. PERFILES DEL BUFFER

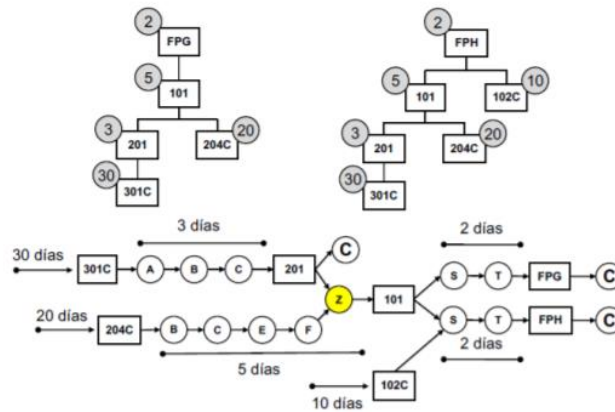


Fuente: (Ptak, Carol; Smith, Chad, 2016).

- **La zona verde:** Determina la frecuencia y la cantidad mínima de generación para cada orden.
- **La zona Amarilla:** Es el núcleo de la cobertura de la demanda en el buffer.
- **La zona Roja:** Es la zona de seguridad insertada en el buffer.

- **El Lead time**

El uso de punto de desacople revela la necesidad de definir un nuevo tipo de lead time que debe ser entendido y calculado a fin de determinar fechas de entrega, definir el tamaño del buffer, así como los puntos de alto apalancamiento de inventario para desacoplarlos (Ptack y Smith, 2016).

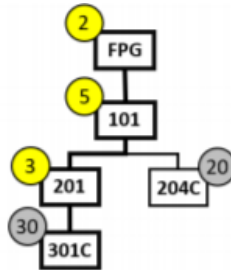
FIGURA 16. BOM Y ESQUEMA DE FABRICACIÓN FPG Y FPH

Fuente: (Ptak, Carol; Smith, Chad, 2016).

Para explicar los conceptos relativos al lead time, se utilizará la estructura de la lista de materiales (BOM) mostrada en la siguiente figura 15. Muestra la lista de materiales (BOM) para los productos FPG y FPH donde los círculos en color gris sobre cada uno de los componentes hacen referencia al lead time en días para cada uno de ellos. La operación Z resaltada en color amarillo, hace referencia a la operación de ensamblaje que requiere mano de obra especializada y que para este caso representa un recurso crítico. Los rectángulos, por su parte, identifican los componentes manufacturados o comprados. De igual forma, se muestra el lead time de cada componente especificado en días.

- **MLT²³ Lead Time de Manufactura.**

Es el tiempo total que transcurre desde que se genera la orden de fabricación hasta que el producto alcanza el estado de terminado o finalizado (Sevillano, 2008).

FIGURA 17. LEAD TIME DE MANUFACTURA.

Fuente: (Ptak, Carol; Smith, Chad, 2016).

La figura 16, muestra el Lead time de manufactura (MLT) resaltado en color amarillo, en este caso **10 días**.

- **CLT²⁴ Lead time Acumulado.**

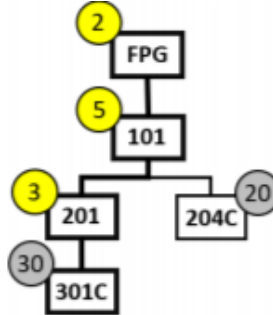
Es el tiempo más largo que transcurre desde que se inicia una solicitud de aprovisionamiento a proveedores o fábrica de un determinado producto hasta que estos se

²³ **MLT:** Manufacturing Lead Time

²⁴ **CLT:** Cumulative Lead Time

sitúan en el punto de venta, en el que se incluyen tanto el lead time de manufactura como el lead time de abastecimiento o compra.

FIGURA 18. LEAD TIME ACUMULADO.



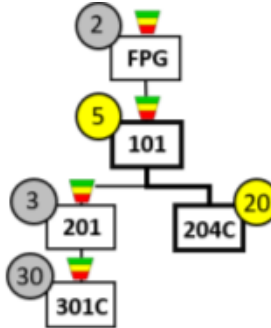
Fuente: (Ptak, Carol; Smith, Chad, 2016).

La figura 18, muestra el CLT para el producto FPG, en este caso **40 días**. Este tiempo se encuentra revisando el lead time acumulado de cada una de las trayectorias de la lista de materiales; siendo la trayectoria más larga la que define el lead time acumulado.

- **DLT²⁵ Lead time Desacoplado.**

Un lead time acumulado calificado definido como la secuencia más larga no protegida o sin buffer en una lista de materiales. (Ptak, Carol; Smith, Chad, 2016).

FIGURA 19. LEAD TIME DESACOPLADO.



Fuente: (Ptak, Carol; Smith, Chad, 2016).

La figura 19, se muestra que el DLT para esta estructura está dado por la secuencia **204C - 101** que en total suma **25 días**.

- **Perfil del BUFFER.**

Una vez ubicados estratégicamente los puntos de desacople, y definido el lead time para los artículos, se continúa con el dimensionamiento de las tres zonas (Verde, Amarillo y Rojo) de protección mencionadas en la figura 15. Para hacerlo se deben tomar en consideración los siguientes parámetros: (Ptak, Carol; Smith, Chad, 2016).

²⁵ **DLT:** Decoupled Lead Time

- i) **DLT Lead time desacoplado:** Parte esencial del dimensionamiento del buffer. Afecta directamente el tamaño de las tres zonas del buffer (roja, amarilla, y verde).
- ii) **MOQ²⁶ Cantidad de orden mínima:** La generación de órdenes se debe ajustar a la cantidad mínima de pedido impuesta en algunas oportunidades por los proveedores, lo cual afectará la zona verde del buffer.
- iii) **ADU²⁷ Consumo promedio diario o CPD:** Es la tasa calculada de uso de cada Artículo (SKU²⁸), se maneja un CPD diferente de acuerdo con la referencia específica. Hace parte del cálculo del buffer.

Para (Builes, 2019) la metodología DDMRP sigue los siguientes horizontes de tiempo:

- **Productos Manufacturados:** Se encuentra entre 30 y 60 días.
Para los productos manufacturados es importante integrar rápidamente los cambios en la demanda evitando que sean suavizados con una gran cantidad de datos. Por el contrario, si el horizonte de tiempo es demasiado corto, esto generará fluctuaciones rápidas en el cálculo del buffer que probablemente no puedan ser atendidas.
- **Productos comprados:** Se recomienda un horizonte de tiempo del rango de 30 a 90 días.
Los productos comprados como las materias primas, al tener una mayor agregación se comportan de manera más estable.

FIGURA 20. PERFIL BUFFER



Categoría de Lead time Comprados					B
Categoría	Desde	Hasta	Perfil	%LT	Horizonte de pico
Short LT	1	8	1	80%	2
Medium LT	9	30	2	50%	1,5
Long LT	31	999	3	30%	1

Categoría de Lead time Producidos					M
Categoría	Desde	Hasta	Perfil	%LT	Horizonte de pico
Short LT	1	15	1	80%	3
Medium LT	16	30	2	50%	2
Long LT	31	999	3	30%	2

Categoría de Lead time Distribuidos					D
Categoría	Desde	Hasta	Perfil	%LT	Horizonte de pico
Short LT	1	5	1	80%	3
Medium LT	6	15	2	50%	2
Long LT	16	999	3	30%	1

Categoría de variabilidad		
Categoría	Perfil	%V
Low	1	30%
Medium	2	50%
High	3	80%

Ciclo de la orden por defecto		
Buy	B	7
Make	M	7
Distributed	D	3

Configuración de alertas			
Tipo de parte		Alerta de inventario	Umbral de pico
Buy	B	50	50
Make	M	50	50
Distributed	D	50	35

Fuente: (REPLENISHMENT+, s.f.). <http://flowingconsultoria.com/replenishment/>

²⁶ **MOQ:** Minimum Order Quantity.

²⁷ **ADU:** Average Daily Usage.

²⁸ **SKU:** Stock Keeping Unit.

Ejemplo, considere un perfil de buffer con la siguiente denominación: BMD, lo cual indica que el perfil corresponde a un material Comprado (B) con lead time mediano (M) y Distribución (D).

La clasificación de la categoría de lead time y de la categoría de variabilidad juegan un papel importante en la determinación de los factores utilizados en el cálculo de las zonas verde y roja del buffer. Un error en la clasificación de dichas categorías traería como resultado zonas de buffer insuficientes o sobre dimensionadas de acuerdo con cada caso (sobre valoración y subvaloración).

- **El (LTF) Factor de Lead time**, se aplica al CPD de un componente (ADU) dentro de su lead time con el fin de calcular los valores de las zonas **verde** y **roja**.

TABLA 2. RANGO FACTOR LEAD TIME

Categoría Lead time	Rango de factor para lead time
Largo (H)	0.20 a 0.40
Medio (M)	0.41 a 0.60
Corto (S)	0.61 a 1

Fuente: (Ptak, Carol; Smith, Chad, 2016).

La Tabla 2, muestra que a mayor lead time menor factor. (Builes, 2019). Esto se debe a que para los artículos con lead time largos se desea forzar que la zona verde del buffer sea lo más pequeña posible con el fin de aumentar la frecuencia de los pedidos.

- **Factor de variabilidad:** Se aplica al CPD de un componente (ADU) dentro de su lead time con el fin de calcular el valor de la zona **roja** de seguridad y absorber la variabilidad en el consumo. La Tabla 3, muestra los rangos para el factor de acuerdo con la categoría de variabilidad.

TABLA 3. RANGO DE FACTOR DE VARIABILIDAD

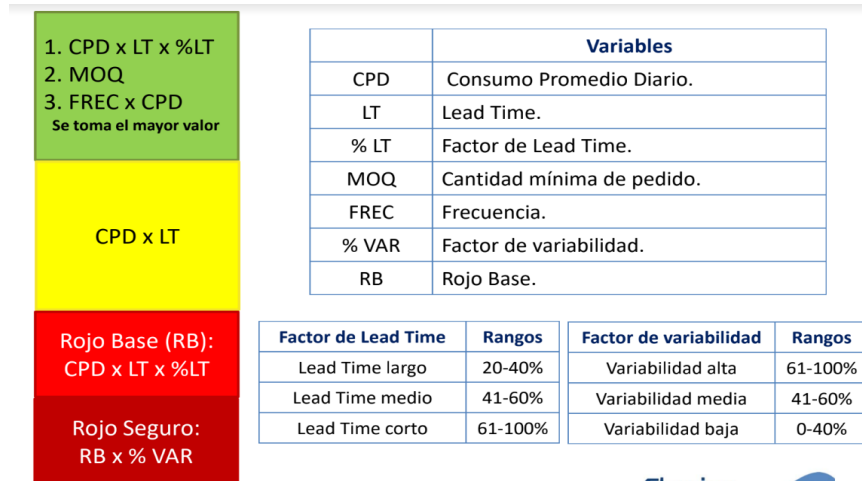
Categoría Lead time	Rango de factor de variabilidad
Alta (H)	0.61 a 1+
Medio (M)	0.41 a 0.60
Corto (L)	0.20 a 0.40

Fuente: (Ptak, Carol; Smith, Chad, 2016).

A diferencia del factor de lead time, a mayor variabilidad, mayor será el factor que se debe utilizar. Esto se debe a que se requiere que la zona de cobertura que amortigua la variabilidad del consumo sea lo mayor posible. (Builes, 2019).

Nota: Los rangos definidos en la Tabla 2 y 3, **NO** están basados en cálculos matemáticos y deberán ser ajustados de acuerdo con la experiencia y particularidad de cada implementación.

- **Cálculos en las zonas del Buffer**

FIGURA 21. CONSTRUCCIÓN DEL BUFFER

Fuente: (REPLENISHMENT+, s.f.)

- **TOG²⁹ (Tope de verde)**: Máximo nivel del buffer resulta de sumar las zonas roja, amarilla y verde de un buffer.
- **TOY³⁰ (Tope de amarillo)**: Nivel del buffer resultante de sumar la zona roja y amarilla buffer. Indica el punto desde el cual se generan necesidades de abastecimiento.
- **TOR³¹ (Tope de rojo)**: Máximo nivel de la zona roja del buffer.

Tercer Componente.

9.2.3 Ajustes Dinámicos.

Debido a los constantes cambios del mercado, es importante reajustar la dimensión de los buffers para poder funcionar correctamente ante nuevas realidades. Es decir, es posible que el consumo de una referencia varíe en el tiempo, por lo que el buffer de esta referencia debería adecuarse a estas variaciones para que la empresa sea capaz de atender las necesidades reales de esta. El DDMRP proporciona funcionalidades que permiten ajustar los buffers según las necesidades del momento. (Kortabarria A, 2018).

En el transcurso del tiempo, el grupo y los rasgos individuales que se utilizan pueden cambiar a medida que surjan nuevos proveedores y materiales, nuevos mercados se abren y/o antiguos mercados se deterioran, y las capacidades y métodos de fabricación cambian. Los niveles de buffers dinámicos permiten a la empresa adaptar los buffers a cambios de grupo, cambios en el entorno y cambios en los rasgos individuales con el tiempo mediante el uso de varios tipos de ajustes de variabilidad o con ajustes de estrategia de la compañía. Estos buffers se adaptan y/o se ajustan para adaptarse al entorno y a los cambios que le rodean. (Rodrigo, 2017).

²⁹ **TOG**: Top of Green.

³⁰ **TOY**: Top of Yellow.

³¹ **TOR**: Top of Red.

Dado que las cadenas de suministros de hoy son dinámicas, estos buffers se deben ajustar y adaptar a las condiciones cambiantes. Al entender las ecuaciones para establecer las zonas de buffers, también se entienden los factores que pueden cambiar el buffer de una referencia a lo largo del tiempo, estos cambios pueden provenir de cambios en el atributo de la referencia o de cambios en el perfil del buffer.

Existen 3 factores críticos para todas las referencias con buffer que impactan directamente las ecuaciones del buffer: El **CPD** (Consumo promedio Diario); El **(LT)** Lead Time y **(MOQ)** Cantidad mínima de pedido. (Ptak, Carol; Smith, Chad, 2016), dice que son estáticas y su ajuste debe darse en un horizonte mayor o igual al lead time.

Cuarto componente.

9.2.4 Planeación Demand Driven.

En lugar de hacer las cosas demasiado complejas o demasiado simples, es el momento para definir un conjunto de reglas de planificación que cumplen al menos algunos requisitos. En primer lugar para aprovechar la potencia de cálculo pura del hardware y software de hoy en día. En segundo lugar, para tomar ventaja de los nuevos enfoques basados en la demanda. Cuando se combinan estos dos elementos nos proporcionan: Enfoques y herramientas relevantes para la forma en que funciona el mundo hoy en día y un sistema que promueve acciones y decisiones mejores y más rápidos en los niveles de planificación y ejecución (Rodrigo, 2017).

La ecuación de flujo neto, es el cálculo de planeación para determinar el estado en la planeación de una referencia con buffer, tiene como objetivo la generación de pedidos de suministro con el tiempo y cantidad apropiados para atender la demanda de cada producto, para lo cual el DDMRP introduce la ecuación es:

- **Ecuación de flujo neto:**

$$FNE = a \text{ la mano} + \text{en camino} - \text{demanda calificada}$$

FIGURA 22. COMPONENTES DE LA ECUACIÓN FLUJO NETO



Fuente: (Ptak, Carol; Smith, Chad, 2016).

- **A la mano**= Cantidad de “inventario físico” disponible.
- **En camino**= Cantidad de inventario que se ha pedido pero que aún no ha sido recibido “inventario en tránsito del camión”
- **Demanda calificada**= La sumatoria de los pedidos con fecha de entrega en el pasado, pedidos con fecha de entrega del día en curso, más los picos calificados.

Mientras la ecuación de flujo neto se encuentre en la **zona verde** del buffer no habrá generación de pedidos de suministro. Sin embargo, tan pronto la ecuación de flujo neto ingresa a la **zona amarilla** o **roja** se hará un pedido de suministro cuya cantidad será igual al tope de la zona verde (TOG) menos el resultado de la ecuación de flujo neto. Este proceso debe realizarse cada día a fin de conseguir la generación de órdenes de suministro. (Builes, 2019).

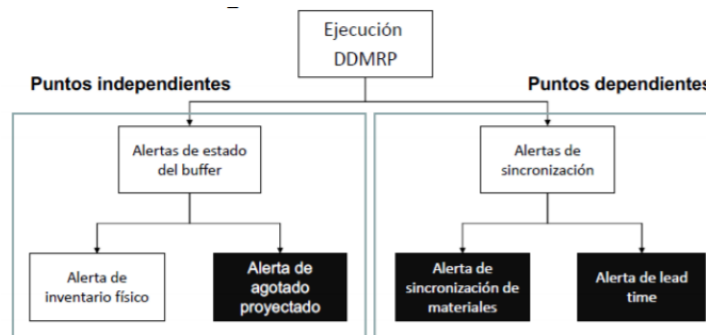
Recordando que es un método probado e intuitivo para la generación de órdenes de suministros, la planeación orientada por la demanda. Además de la reducción en el Lead Time y la amortiguación de la variabilidad, para el DDMRP los buffers colocados en los puntos de desacople son el corazón de la generación de órdenes de suministros. Convirtiéndose en el punto focal para crear, promover, proteger y determinar la información y los materiales relevantes, generando ordenes más elegantes y visibles. (Ptak, Carol; Smith, Chad, 2016).

Quinto Componente

9.2.5 Ejecución visible y Colaborativa.

Una vez planificadas las órdenes, es importante controlarlas para asegurarse de que todo avanza según lo previsto. El DDMRP incorpora diferentes alertas codificadas por colores que permiten realizar el seguimiento de estas órdenes. En caso de que algo se desvíe de lo planificado, esta se muestra a través de dichas alertas. Así el responsable identifica de forma sencilla qué referencias se encuentra en situación crítica y requieren atención. Esta ejecución permite a la empresa priorizar las referencias de forma correcta y sencilla basándose en el estado de penetración de los buffers, evitando así la generación de prioridades erróneas basadas en la fecha de vencimiento. (Kortabarría A, 2018).

FIGURA 23. ALERTAS DDMRP.



Fuente: (Ptak, Carol; Smith, Chad, 2016).

DDMRP hace una cuidadosa distinción entre la planeación y la ejecución. Planeación es el proceso de generación de órdenes de suministro mediante el uso de la ecuación de flujo neto. En tanto la ejecución es el proceso de programación y control de las ordenes de suministro generadas, que permiten proteger y promover el flujo de información relevante. (Ptak, Carol; Smith, Chad, 2016).

Los criterios utilizados para la gestión de las órdenes de suministro son:

- **Las alertas de estado del buffer.**

Están diseñadas para mostrar el estado actual y proyectado del inventario disponible en los puntos independientes. Estas alertas no utilizan la ecuación de flujo neto ya que su objetivo es mostrar si el inventario disponible (on-hand) cubre o no la demanda, ya que, de no contar con el inventario suficiente, es posible que el punto de desacople permita la transmisión de la variabilidad aguas abajo en la cadena de suministro.

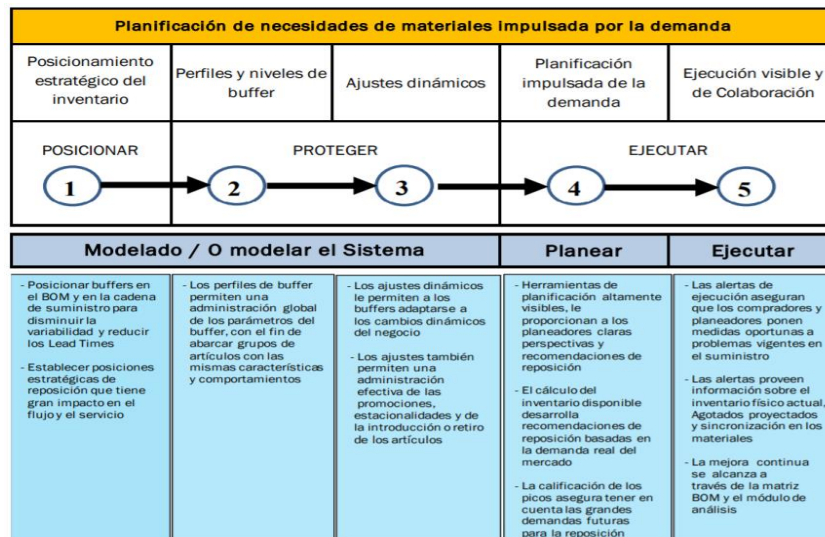
- **Las alertas de sincronización.**

Por su parte están diseñadas para resaltar problemas con respecto a los ítems dependientes (ítems que no han sido desacoplados). (Builes, 2019). Es decir que entre mejor sea la visibilidad de los problemas de sincronización, menor variabilidad se transfiere entre los buffers y al cliente.

Basta con lanzar **PO**³² Órdenes de compra, **MO**³³ Órdenes de fabricación y **TO**³⁴ Órdenes de transporte, de cualquier sistema de planificación que no suspenda los materiales, para desafiar a la administración. Estas POs, MOs, y los operadores de telecomunicaciones tienen que ser administrados de manera eficaz para sincronizar con los cambios que ocurren a menudo dentro del horizonte de ejecución.

El horizonte de ejecución es el tiempo a partir del cual un PO, MO, son lanzados o el tiempo para que se abra hasta el momento en que se cierra el sistema de planificación de necesidades por la demanda de registro, es un sistema integrado de ejecución para todas las categorías que parten con el fin de acelerar la comunicación de información y las prioridades relevantes en toda la organización y cadena de suministro

FIGURA 24. COMPONENTES DEL DDMRP.



Fuente: (Ptak, Carol; Smith, Chad, 2016)

³² **PO:** Purchase Order.

³³ **MO:** Manufacturing Order.

³⁴ **TO:** Transfer Order.

Estos cinco componentes trabajan juntos para amortiguar o eliminar el nerviosismo innecesario de sistemas MRP tradicionales y el efecto látigo resultante en entornos complejos y desafiantes. En el uso de este enfoque, los planificadores ya no tienen que tratar de responder con un mensaje único para cada pieza que está fuera por un solo día. Este enfoque proporciona información real acerca de aquellas piezas que están realmente en riesgo de afectar negativamente a la disponibilidad prevista de inventario. El MRP impulsado por la demanda ordena las pocas cosas importantes que requieren atención por parte de los jefes: piezas que están siendo gestionadas bajo el enfoque de planificación de necesidades basadas en la demanda y la cantidad de planificadores necesarios para poder tomar buenas decisiones más rápidamente. Esto significa, que las empresas estarán en mejores condiciones para aprovechar su trabajo y el capital humano, así como las importantes inversiones que han hecho en tecnología de la información. (Builes, 2019).

10. SITUACIÓN ACTUAL DE Phoenix Packaging Caribe S.A.S

El problema de Phoenix Packaging Caribe S.A.S. empieza en la necesidad de evaluar el pronóstico de demanda, ya que este permite la coordinación de un sistema planificado basado en cifras confiables. El grupo Phoenix en general necesita mayor información para la toma de decisiones correctas y así tener como resultado un alto nivel de satisfacción por parte del cliente.

Cuando en planeación se habla de los errores de la demanda esto genera problemas indirectamente a otras áreas: al MRP, la gestión de abastecimiento, planificación de capacidades y/o compras; ya que se basan del mismo pronóstico y cuando el pronóstico no se acerca a las necesidades del mercado puede llevar a problemas como exceso de inventario, ventas perdidas y lo peor clientes insatisfechos.

El grupo Phoenix tienen como principal dos UEN³⁵, Consumo Masivo e Industrial, para la planta Phoenix Packaging Caribe S.A.S. se desglosa en 5 Cadenas ó UEN para garantizar el enfoque de cada necesidad por cliente.

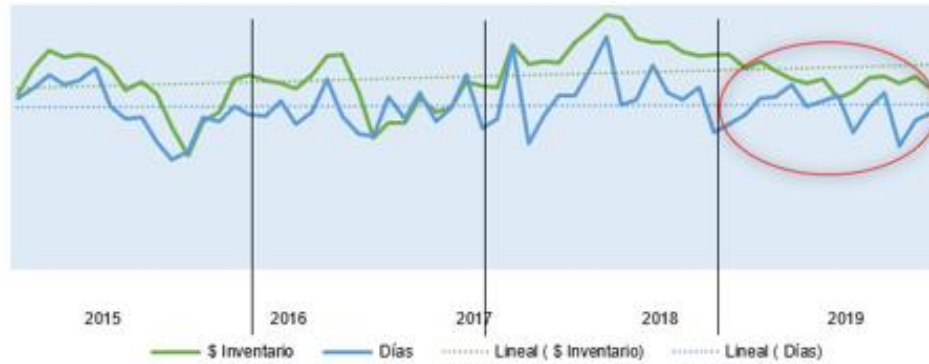
- Cadenas
- Food Service
- Food Service Suministros
- Tradicional
- Internacional

Para el año 2019 la compañía **Phoenix Packaging Caribe S.A.S.** se encuentra con algunas fallas en la estructura y en cada una de las UEN, ya que se generan complicaciones a nivel de producción por: cambios continuos del mercado, el desarrollo de nuevas referencias en el portafolio, incremento de inventarios que no necesita el cliente, incremento en los agotados, incertidumbre por parte de producción por pronosticar o saber qué, cuánto y cuándo producir lo que se necesita realmente y así aumentará el nivel de incumplimiento al cliente.

³⁵ UEN: Unidad de negocio.

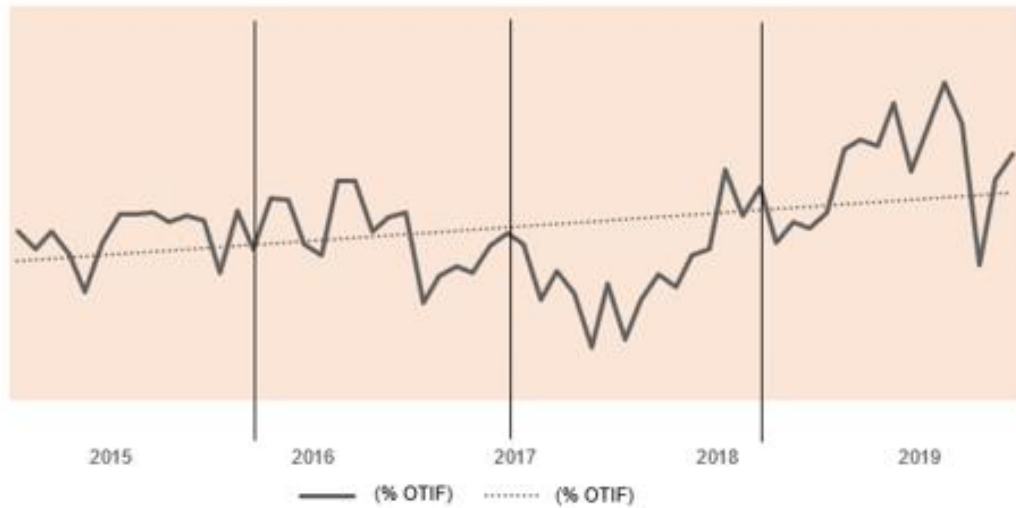
Histórico del Inventario Nivel de Servicio (OTIF) y Nivel de Agotado.

GRAFICA 1. INVENTARIO EN VALOR Y DÍAS.



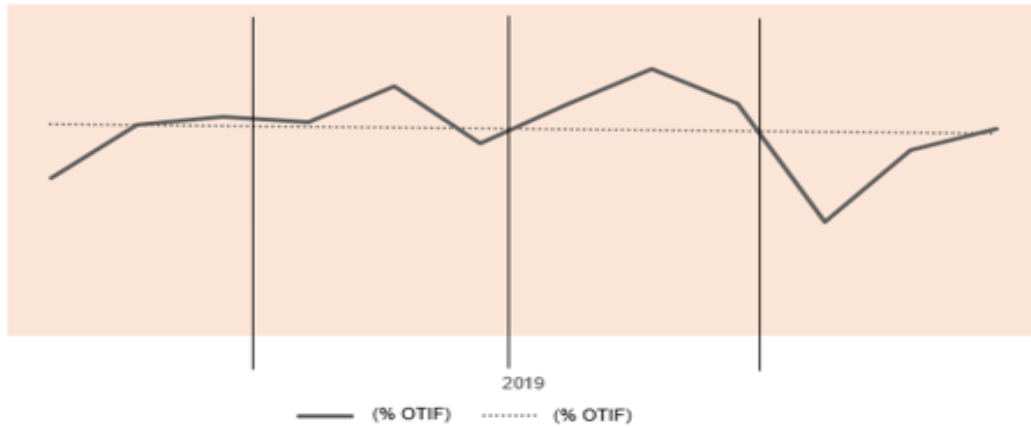
Fuente: (Elaboración Propia).

GRAFICA 2. HISTÓRICO DE NIVEL DE SERVICIO (OTIF).



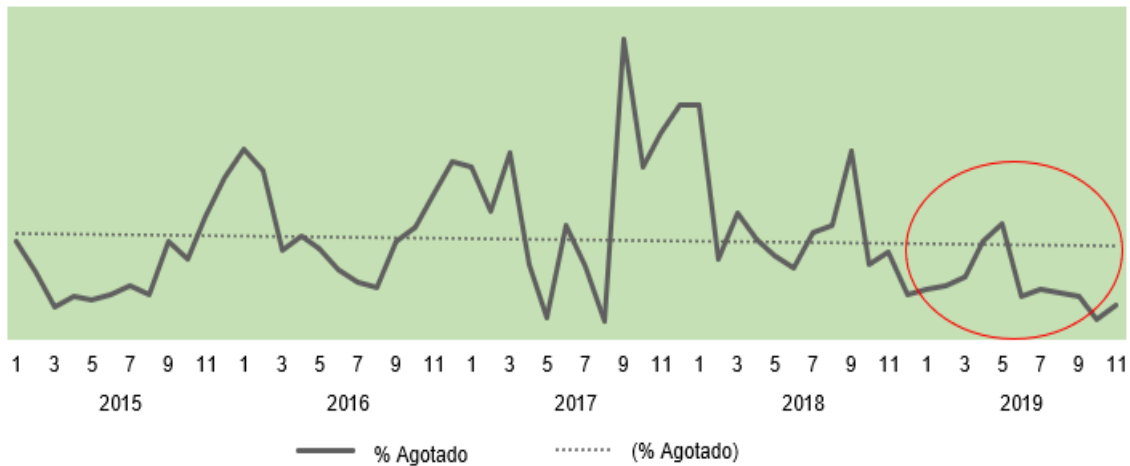
Fuente: (Elaboración Propia).

GRAFICA 3. NIVEL DE SERVICIO (OTIF) DEL AÑO 2019



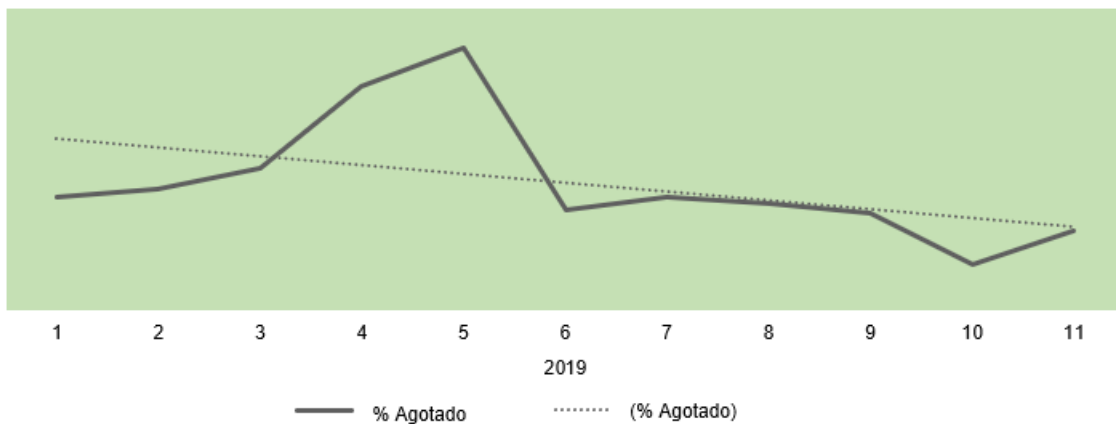
Fuente: (Elaboración Propia).

GRAFICA 4. NIVEL DE AGOTADO, % SOBRE LA VENTA BRUTA.



Fuente: (Elaboración Propia).

GRAFICA 5. NIVEL DE AGOTADO DEL AÑO 2019 % SOBRE LA VENTA BRUTA.



Fuente: (Elaboración Propia).

11. PORTAFOLIO

El grupo Phoenix cuenta con 14 laboratorios, al momento de diseñar y producir soluciones de empaque se realizan investigaciones, desarrollos e innovaciones en el que se estudian materiales y procesos de fabricación buscando que a lo largo de la cadena se genere el menor impacto ambiental.

Cada año se producen más de 20 productos nuevos con mediciones de impacto sobre la huella de carbono, Eco-Diseño e ingeniería de materiales para que los empaques no sólo cumplan su función básica, sino que contribuyan a las marcas y que las empresas lleguen más lejos en sus compromisos ambientales.

Dentro de las soluciones de empaques, el Grupo Phoenix es pionero en productos biodegradables elaborados con materiales derivados de recursos renovables como el maíz y la caña de azúcar, que bajo condiciones controladas de temperatura y humedad tardan en biodegradarse aproximadamente 12 semanas.

Para el consumo masivo ofrece a los consumidores practicidad, seguridad e higiene a través de una amplia gama de productos descartables, desechables o de un solo uso, productos con una variedad de colores y de materiales para diferentes ocasiones, para uso culinario o uso diario.

11.1 Líneas de Productos³⁶

- **Consumo Masivo:**
 - Se divide en 5 UEN (Unidades de Negocios) como:
 - Cadenas,
 - Suministros
 - Food Service
 - Tradicional
 - Internacional

Los Empaques Industriales:

Se divide en 5 (Industriales, Aerosoles, Tubos colapsibles, Películas e Internacional), es una línea que ofrece soluciones de empaque para la industria de alimentos, cuidado personal y del hogar; en materiales como estructuras multicapa que aseguran la alta barrera a diferentes agentes.

Los clientes cuentan con un diverso portafolio de vasos, bases, tapas plásticas y de Foil, sobre copas, rollos de lámina plásticas, tubos colapsibles de aluminio, envases de aluminio para aerosol, envases de aluminio para sistemas de válvulas y películas termo encogibles.

Se producen en materiales con diferentes tecnologías que están en la capacidad de realizar empaques asépticos en alta barrera para aquellos productos que requieren protección contra las transmisiones de vapor, agua, oxígeno y luz. Con tecnologías de decoración como Impresión, Etiquetas de Papel, Mangas Termoencogibles, Etiquetas autoadhesivas, IML y Culminación.

³⁶ Tomado de página web de la organización: www.grupophoenix.com

Soluciones promocionales para envases plásticos donde se promociona la imagen de una marca y permite tener una experiencia directa con el producto; en actividades temporales, eventos masivos, activaciones de marca, muestras, etc.

GRAFICA 6. TABLA DE CALIFICACIÓN POR REFERENCIA (SKU)

Comercializados		Producto en Proceso		Producto Terminado		Retales		Materia Prima	
1	Aislador (Para Vasos)	1	Bases	1	Aislador	1	Barrera PP	1	Foil
2	Aluminio	2	Bolsas	2	Bandejas	2	Barrera PS	2	Laminas
3	Bandejas	3	Copas	3	Bases	3	Contaminado	3	Papel
4	Bases	4	Cubiertos	4	Bolsas	4	Foil	4	Pastillas Aluminio
5	Bolsas	5	Aerosoles (Envases)	5	Contenedor	5	Papel	5	Pantone (Tinta) Imp.
6	Aluminio (Bolsas)	6	Estuches	6	Copas	6	PE	6	Resinas
7	Copas	7	Etiquetas	7	Cubiertos	7	Pet	7	Tinta
8	Cubiertos	8	Mangas	8	Cup Dip (Vaso)	8	PLA		
9	Domos	9	Fonil	9	Domos (Estuche Superior)	9	PP		
10	Aerosoles (Envases)	10	Lacas	10	Aerosoles (Envases)	10	PS		
11	Kits	11	Laminas	11	Estuches				
12	Aluminio (Papel)	12	Pantone	12	Etiquetas				
13	Películas	13	Papel	13	Mangas				
14	Pitillos	14	Películas (Bolsa Termo encogible)	14	Foil				
15	Piñatería	15	Pitillos	15	Laminas				
16	Platos	16	Platos	16	Papel				
17	Portacomidas	17	Sobrecopas	17	Aluminio (Papel)				
18	Servilletas	18	Tapas	18	Películas (Bolsa Termo encogible)				
19	Tapas	19	Tintan	19	Pitillos				
20	Vasos	20	Papel	20	Platos				
				21	Portacomidas				
				22	Sobrecopas				
				23	Tapas				
				24	Tapas Foil				
				25	Tubos				
				26	Vasos				

Fuente: (Elaboración Propia).

11.2 Marcas Propias

Grupo Phoenix tiene 4 marcas principales de la línea de productos de Consumo Masivo.

- Rumba
- Desechables Domingo
- TUC
- GeoPack

IMAGEN 1. PORTAFOLIO DEL GRUPO PHOENIX



Fuente: (Elaboración Propia).

12. DIAGNÓSTICO

ESTABLECER PERFILES DE BUFFERS En Phoenix Packaging Caribe S.A.S

Para obtener toda la información necesaria para los análisis correspondientes, accedemos al ERP (**BAAN, Cubo-Ventas**) de la compañía Phoenix Packaging Caribe (PPC - 250). Se actualiza la información de las ventas reales, los compromisos con las fechas correspondientes, las ordenes de trabajo, todos los artículos del portafolio, movimientos históricos y proyecciones.

12.1 Análisis ABC del Portafolio

Con el análisis del ABC que se realizara a la compañía nos permite observar y clasificar de acuerdo con a la importancia de la participación de cada uno de los productos del portafolio, lo calificaremos en 3 categorías dependiendo de la rentabilidad que aporta cada producto.

El grupo Phoenix a nivel nacional en las 4 Plantas cuentan con más de 31.000 productos, para la planta Phoenix Packaging Caribe (PPC) cuenta con 1.800 referencias lo cual vamos a aplicarle el Método ABC, que permite clasificarlos según su rentabilidad en la Empresa.

12.2 Clasificar los Productos.

- Con ayuda del ERP de la empresa, descargamos todas las ventas brutas, con costos brutos en unidades, en kilos, que se registraron en cada UEN durante el año 2019 (mes por mes) organizando las referencias por el artículo principal correspondiente.
- *Se realizan los respectivos Cálculos:*
 - $\text{Rentabilidad} = (\text{Ventas B.} - \text{Costos B.})$
 - $\text{Margen} = (1 - (\text{Costos B.} / \text{Ventas B.}))$
 - $\% \text{ de Rentabilidad} = (\text{La rentabilidad} / \text{Rentabilidad Total})$
- *Para el Análisis:*
 - $\% \text{ Acumulado} = (\text{Suma el } \% \text{ de rentabilidad de cada celda con el anterior})$
 - $= \text{Hasta completar el } 100\% \text{ de la Variable.}$
- *Para la Clasificación ABC.*
 - **A** = si el producto es Menor al 80% del Acumulado.
 - **B** = si el producto Esta entre el 80.01% al 95% del Acumulado.
 - **C** = si el producto es Mayor a 95.01% del Acumulado.
- **Formula** = SI ("Producto" <80%|"A"|SI ("producto" <95%|"B"|"C"))

❖ Resultado de los 37 Productos Pareto (Tipo A) – Compañía PPC

TIPO	CIA	HOMOLOGO	ARTICULO PRINCIPAL	DESCRIPCION PRINCIPAL
A	PPC	1	COVPN-00700008	V 7.0oz PP NAT TUC 60x50 76K
A	PPC	23	CTVTN-01200004	V 12/14oz PET NAT RUMBA 50x12
A	PPC	45	COVPN-00700007	V 7.0oz PP NAT TUC 120x25 76K
A	PPC	60	COVPN-00700002	V 7.0oz PP NAT TUC x100 A EX
A	PPC	201	CTVTN-00700002	V 7.0oz PET NAT RUMBA 25x25
A	PPC	313	CTTTN-01030000	TAPA 16/20oz PET PRISMA 10x100

A	PPC	746	COTPN-01200001	TAPA MULTIUSOS DOM 20x25
A	PPC	759	CTVTN-01200001	V 12/14oz PET NAT PRISM 20x50
A	PPC	1084	CTTTN-09660001	DOMO 9/12oz PET PRISMA 10x100
A	PPC	1320	COTPG-02350000	TAPA 235gr GT AXION LIMON NE
A	PPC	1470	COTPG-04250000	TAPA 425/850gr AXION CREM LEMO
A	PPC	1564	COTPG-04250001	TAPA 425/850gr AXION ALOE
A	PPC	2373	CMBPW-06000005-1	TARRO AXI LIM GU 600gr ND V1
A	PPC	2416	CMBPW-04250009-1	B. MAN 425gr AX ALOE GU V1
A	PPC	2481	CMBPW-04250010-1	B. MAN 425gr AX AVENA GU V1
A	PPC	2482	CMBPW-08500009-1	B. MAN 850gr AX LIMON GUA V1
A	PPC	2562	CMBPW-02350005-1	B. MAN 235gr AX LIMON GUA V1
A	PPC	2694	CMBPW-04250008-1	B. MAN 425gr AX LIMA LIM GU V1
A	PPC	3435	CMBPW-04250007-1	B. MAN 425gr AX LIMON GUA V1
A	PPC	5091	CIVTN-01200064-1	VASO 12.0oz PET MALT CORRAL V1
A	PPC	5826	COVPN-00700003	V 7.0oz PP NAT TUC x5000 75K
A	PPC	7955	CTVTN-00900000	V 9.0oz PET NAT PRISMA 20x50
A	PPC	9695	CIVTN-01200010-1	VASO 12.0oz PET SWEET & COFFV1
A	PPC	10238	CMBPZ-04500003	B. MAN 450gr IREX LIMON V1
A	PPC	10380	COVPN-00700006	V 7.0oz PP NAT DOM 50x50 NPEX
A	PPC	12914	COVPN-00700009	V 7.0oz PP NAT ECONO PR 12x100
A	PPC	12924	CTCTN-01600000	CONT 16.0oz SAFEPAK T/BJ x200
A	PPC	13211	CIVTN-01200082	VASO 12.0oz PET SHELL
A	PPC	13258	COTPY-04250000	TAPA 425/850gr AXION LIM LEMON
A	PPC	13320	CTTTN-01030001	DOMO 16/20oz PRISMA 10x100 CG
A	PPC	13533	CIVTN-00500002	VASO 5.0oz PET DIPPIN DOTS
A	PPC	13534	CIVTN-00900012	VASO 9.0oz PET DIPPIN DOTS
A	PPC	13547	CTTTN-09660006	DOMO 12.0oz PET PRIS SIN PERF
A	PPC	16294	CIBPN-00400000-10	NOOSA 4OZ BLUEBERRY V10

A	PPC	16574	CMBPW-04250014	B. MAN 385gr AXI POD PLAST GUA
A	PPC	16812	CTVTN-01600000	V 16.0oz PET NAT PRISMA 20x50
A	PPC	16825	CTTTN-09660000	TAPA PET 9/12oz PRISMA 10x100

Por medio de la información disponible en el ERP (BAAN) de Multidimensionales, es posible acceder a las ventas reales, fechas de compromiso y de entrega a clientes.

A partir de esto se calcula el CPD por artículo, Lead time de entrega, frecuencias de validación, variabilidad de consumos y lotes mínimos que permitan construir un buffer con mínimos y máximos de inventario, tanto para productos comprados como manufacturados.

12.3 Cálculo CPD

Con los productos ya definidos para la construcción de Buffers se necesita calcular el CPD por ser la entrada de las ordenes de producción, El CPD es la tasa calculada de uso de cada referencia específica (Ptak, Carol; Smith, Chad, 2016) es importante tener en cuenta al calcularlo:

- **Longitud del Periodo**
- **Frecuencia de producción** (Para todas las compañías se recomendó un periodo de 120 días, según las variaciones en la demanda por temporadas de ventas)
- **Frecuencia de Actualización** (Combinando datos históricos para evitar un CPD relativo)

Para los Productos Pareto de la planta PPC con frecuencia de venta de 12 Meses se les asignará el Buffer con el mínimo y máximo de inventario, su Lead Time de entrega, la frecuencia de validación MOQ (Cantidad min pedido), variabilidad de consumo, lotes mínimos para los productos manufacturados y/o comercializados.

ABC A

CIA	HOMOLOGO	ART. PRINCIPAL	DESCRIPCION PRINCIPAL	FORECAST SI/NO	FRECUENCIA VENTA
PPC	1	COVPN-00700008	V 7.0oz PP NAT TUC 60x50 76K	SI	12
PPC	23	CTVTN-01200004	V 12/14oz PET NAT RUMBA 50x12	SI	12
PPC	45	COVPN-00700007	V 7.0oz PP NAT TUC 120x25 76K	SI	12

Propuesta de Implementación de la Metodología DDMRP.

PPC	60	COVPN-00700002	V 7.0oz PP NAT TUC x100 A EX	SI	11
PPC	201	CTVTN-00700002	V 7.0oz PET NAT RUMBA 25x25	SI	10
PPC	313	CTTTN-01030000	TAPA 16/20oz PET PRISMA 10x100	SI	12
PPC	746	COTPN-01200001	TAPA MULTIUSOS DOM 20x25	SI	12
PPC	759	CTVTN-01200001	V 12/14oz PET NAT PRISM 20x50	SI	12
PPC	1084	CTTTN-09660001	DOMO 9/12oz PET PRISMA 10x100	SI	12
PPC	1320	COTPG-02350000	TAPA 235gr GT AXION LIMON NE	SI	12
PPC	1470	COTPG-04250000	TAPA 425/850gr AXION CREM LEMO	SI	12
PPC	1564	COTPG-04250001	TAPA 425/850gr AXION ALOE	SI	11
PPC	2373	CMBPW-06000005-1	TARRO AXI LIM GU 600gr ND V1	SI	10
PPC	2481	CMBPW-04250010-1	B. MAN 425gr AX AVENA GU V1	SI	10
PPC	2482	CMBPW-08500009-1	B. MAN 850gr AX LIMON GUA V1	SI	12
PPC	2562	CMBPW-02350005-1	B. MAN 235gr AX LIMON GUA V1	SI	12
PPC	2694	CMBPW-04250008-1	B. MAN 425gr AX LIMA LIM GU V1	SI	10
PPC	3435	CMBPW-04250007-1	B. MAN 425gr AX LIMON GUA V1	SI	12
PPC	5091	CIVTN-01200064-1	VASO 12.0oz PET MALT CORRAL V1	SI	12
PPC	5826	COVPN-00700003	V 7.0oz PP NAT TUC x5000 75K	SI	11
PPC	7955	CTVTN-00900000	V 9.0oz PET NAT PRISMA 20x50	SI	12
PPC	12924	CTCTN-01600000	CONT 16.0oz SAFEPAK T/BJ x200	SI	12
PPC	13258	COTPY-04250000	TAPA 425/850gr AXION LIM LEMON	SI	12
PPC	13320	CTTTN-01030001	DOMO 16/20oz PRISMA 10x100 CG	SI	12
PPC	13533	CIVTN-00500002	VASO 5.0oz PET DIPPIN DOTS	SI	6
PPC	13534	CIVTN-00900012	VASO 9.0oz PET DIPPIN DOTS	SI	5
PPC	13547	CTTTN-09660006	DOMO 12.0oz PET PRIS SIN PERF	SI	11
PPC	16294	CIBPN-00400000-10	NOOSA 4OZ BLUEBERRY V10	SI	8
PPC	16574	CMBPW-04250014	B. MAN 385gr AXI POD PLAST GUA	SI	6
PPC	16812	CTVTN-01600000	V 16.0oz PET NAT PRISMA 20x50	SI	12
PPC	16825	CTTTN-09660000	TAPA PET 9/12oz PRISMA 10x100	SI	12

12.4 Determinar rangos de Lead Time.

Para determinar los rangos de lead time para cada categoría de los productos de Phoenix Packaging Caribe S.A.S. se realizaron los siguientes pasos:

1. Definir el factor de lead time para cada categoría.
2. Establecer el factor que multiplica el lead time para determinar el horizonte de pico.
3. Definir el factor de variabilidad según la categoría (Baja, media, alta).
4. Determinar el ciclo de orden por defecto para artículos comprados, producidos y distribuidos.
5. Definir la alerta de inventario físico para artículos comprados, producidos y distribuidos
6. Establecer el umbral de pico para artículos comprados, producidos y distribuidos.
7. Ingresar los códigos de las bodegas de productos distribuidos (Centros de distribución o puntos de venta).



Categoría de Lead time Comprados					B
Categoría	Desde	Hasta	Perfil	%LT	Horizonte de pico
Short LT	1	8	1	80%	2
Medium LT	9	30	2	50%	1,5
Long LT	31	999	3	30%	1

Categoría de Lead time Producidos					M
Categoría	Desde	Hasta	Perfil	%LT	Horizonte de pico
Short LT	1	15	1	80%	3
Medium LT	16	30	2	50%	2
Long LT	31	999	3	30%	2

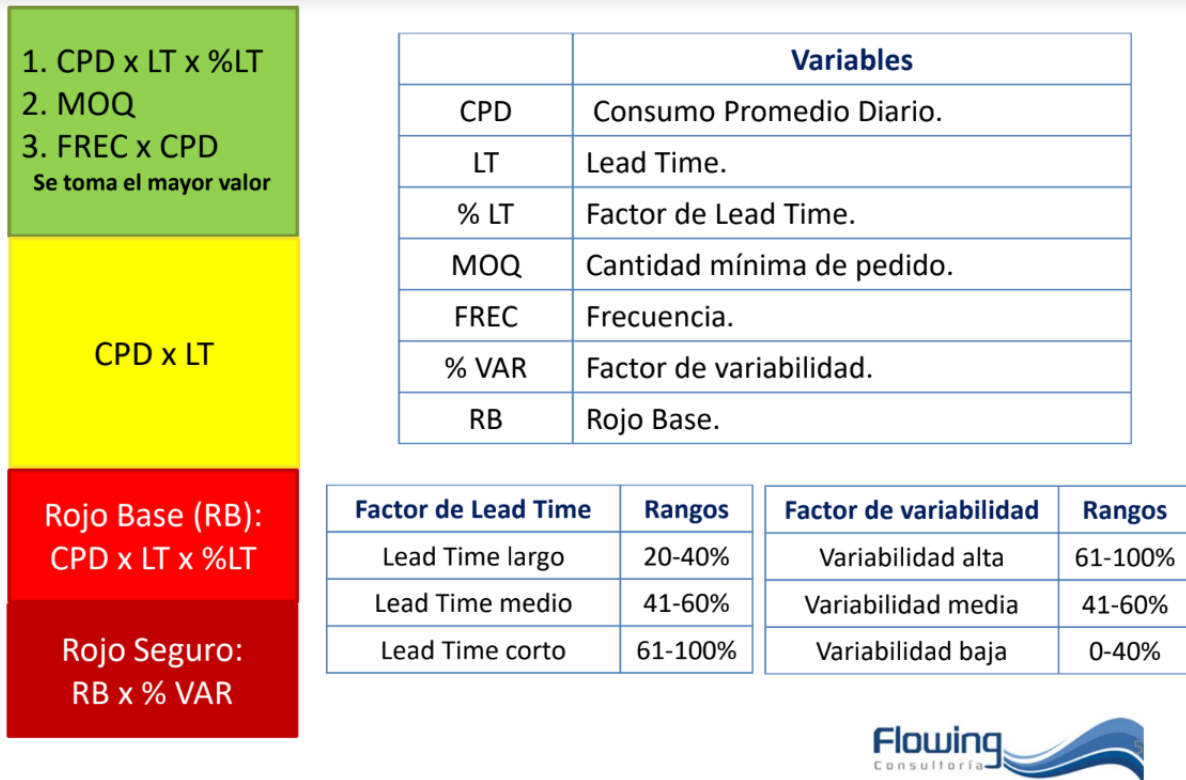
Categoría de Lead time Distribuidos					D
Categoría	Desde	Hasta	Perfil	%LT	Horizonte de pico
Short LT	1	5	1	80%	3
Medium LT	6	15	2	50%	2
Long LT	16	999	3	30%	1

Categoría de variabilidad		
Categoría	Perfil	%V
Low	1	30%
Medium	2	50%
High	3	80%

Ciclo de la orden por defecto		
Buy	B	7
Make	M	7
Distributed	D	3

Configuración de alertas			
Tipo de parte		Alerta de inventario	Umbral de pico
Buy	B	50	50
Make	M	50	50
Distributed	D	50	35

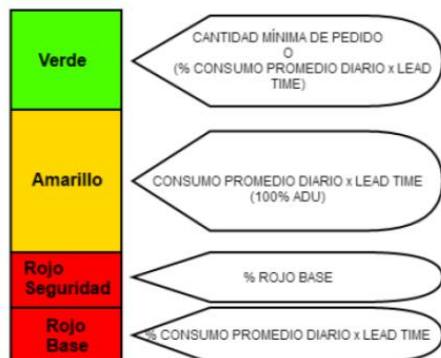
12.5 Construcción Del Buffer



12.6 Construcción Buffer Artículos Tipo A

Basados en la información adquirida, se empieza a construir los buffers por cada referencia que se maneja actualmente en Phoenix Packaging Caribe S.A.S.

- Los buffers de Replenishment+® siguen el comportamiento del mercado recalculando el consumo promedio diario (CPD) de un artículo en un horizonte de tiempo definido por el usuario. Algunos productos pueden ser configurados para recalcular el consumo por un periodo de tiempo definido.



Fuente: (Ptak & Smith, 2013b).

- El Buffer representara el inventario objetivo a tener en la cadena (inventario disponible – demanda calificada + Orden de reposición).

12.7 Prueba piloto para uno (1) de los productos de la planta Phoenix Packaging Caribe S.A.S

La construcción de un buffer para la referencia.

CIA	HOMOLOGO	ARTICULO PRINCIPAL	DESCRIPCION PRINCIPAL
PPC	1	COVPN-00700008	V 7.0oz PP NAT TUC 60x50 76K

Por su descripción sabemos que es una referencia de PPC, hecho en la planta Termoformado en línea, Vaso 7 Onzas de Polipropileno color Transparente /Natural.

- Este Buffer es ubicado en diferentes zonas como se muestra en la tabla:

CPD	7.75
Lead Time (días)	25
Variabilidad	2.4
Frecuencia de validación	7
MOQ	17
Factor de LT	50%
Factor de Variabilidad	50%

Zona Verde:

No hacer ningún pedido

Este inventario representa el factor de variabilidad dado por el Lead Time,

$$25 (\text{Lead Time}) * 7.75 (\text{CPD}) * 50\% (\text{Factor LT}) = 96.875 \rightarrow \mathbf{97}$$

Entre más grande es el Lead Time y se le dé mayor peso en la categorización, el porcentaje del Factor LT será más grande y por tal esta zona incrementará (Ptak, Carol; Smith, Chad, 2016).

Zona Amarillo:
Puede Ordenar

$$7.75 \text{ (CPD)} * 25 \text{ (Lead Time)} = 193.75 \rightarrow \mathbf{194}$$

Si el Lead Time es de 25 días y tengo un consumo histórico diario de 7.75 redondeado a 78 cajas, la zona amarilla estará dimensionada con 194 cajas, esto significa que debería cubrir la demanda del cliente

Zona Roja
PRIORIDAD

$$(7.75 \text{ (CPD)} * 25 \text{ (Lead Time)} * 50\% \text{ (Factor LT)}) + (50\% \text{ (CV)} * \text{(Zona Verde)}) \\ = 145.3125 \rightarrow \mathbf{145}$$

El factor de variabilidad de Lead Time con el coeficiente de variabilidad, por lo cual incorpora un cubrimiento para Lead Time y uno para las fluctuaciones del mercado (Ptak, Carol; Smith, Chad, 2016):

VERDE	Lead Time*CPD*Factor de LT	97
AMARILLO	Lead Time * CPD	194
ROJO	(Factor de LT * CPD * Lead Time) + (Factor de Variabilidad * (Zona Verde))	145

13. CRONOGRAMA

#	ACTIVIDAD	DURACIÓN Semanas	NOVIEMBRE				DICIEMBRE				ENERO					FEBRERO				MARZO			
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	1.1 Valoración e Investigación de metodologías en la Compañía	1																					
	1.2 Plantamiento del Problema	2																					
	1.3 Conocimientos del DDMRP	5																					
	1.4 Regitrarse al Replenishment (R+)	1																					
2	2.1 Obtener Datos para el diagnóstico	2																					
	2.2 selección de productos con demanda (MTO y MTS)	1																					
	2.3 levantamiento de datos para el flujo	2																					
	2.4 identificar buffer estrategicos.	1																					
3	3.1 Definir los Perfiles Buffer	5																					
	3.2 Validación de datos	5																					
	3.3 Dinámica con el Programa (R+) DDMRP	5																					
	3.4 diseño e implementación de la propuesta	5																					
	3.5 Pruebas	5																					
4	4.1 Propuesta de Implementación	3																					
	4.2 Validación	5																					
	4.3 Análisis de resultados	6																					
5	5.1 entrega final del proyecto	2																					
	5.2 sustentación.	1																					

14. CONCLUSIÓN

El Demand Driven MRP es una metodología robusta y eficaz para la planeación, control y ejecución de la cadena de suministros del Grupo Phoenix, y en estos tiempos de cambio constante en todo lo que abarca la producción y desarrollo de un producto que satisfaga las necesidades de los clientes, exige que las organizaciones adopten un sistema que les permita reaccionar de manera inmediata y eficaz a estos repentinos cambios, permitiendo utilizar de una mejor manera los recursos sin generar desperdicios físicos y económicos debido a la nueva información de demanda que se registra; por ejemplo, en la actualidad con la llegada del virus COVID – 19 se evidencia que los clientes, los proveedores, las autoridades y transportadores afectan directa e indirectamente la producción de una empresa. Para esto es necesario conocer e implementar un sistema de gestión de operaciones como el DDMRP que amortigüe el impacto que genera, en este caso, la variabilidad de la demanda del mercado a causa del estado actual de la población.

Con esto podemos concluir que la metodología DDMRP es una de las herramientas más innovadoras de gestión de inventarios para asumir la toma de decisiones. Al ejecutar esta

metodología las empresas buscan alcanzar un crecimiento sostenible futuro ya que permite tener una estructura flexible para enfrentar continuas exigencias del entorno, los consumidores y del mercado.

El marco de conocimiento presentado, busca ser una guía para poder implementar nuevas metodologías como el modelo DDMRP, en el cual mediante un plan piloto se logra mostrar la forma de parametrización, ajuste, actualización y control de este. En primer lugar, apliqué la herramienta que sirve para mostrar la sensibilidad del modelo frente a los cambios de los parámetros enfocados en los análisis ABC y una segunda herramienta que sirve para mostrar mediante una simulación cómo funciona el modelo en la referencia analizada.

En otros estudios de mas profundidad, los parámetros del modelo fueron sometidos a análisis de sensibilidad con el fin de conocer los límites de DDMRP en cada una de las simulaciones, los resultados fueron superiores a los obtenidos con el método actual. Pese a los buenos resultados arrojados en los estudios, es necesario reconocer la sensibilidad que el modelo tiene ante el valor de parámetros como: lead time desacoplado (DLT), frecuencia de orden y variabilidad, por lo que estos no deben ser asignados de manera empírica y deben seguir toda la rigurosidad necesaria para ser determinados.

Implementar esta metodología es un reto que tarde o temprano deberán adoptar las empresas que buscan alcanzar un crecimiento sostenible futuro, inmersas en el entorno de enorme variabilidad, volatilidad e incertidumbre de los mercados actuales.

15. BIBLIOGRAFÍA

12th, D. A. (2008).

Andino Benitez, M. (2006). *El efecto látigo (Bullwhip) en las cadenas de suministros y la dependencia de los Agentes que la Integran*. Madrid: Universidad Pontifica de Comillas de Madrd.

Anonimo. (s.f.). *Administración*. Obtenido de Marco teorico.com:
<https://www.marcoteorico.com/curso/10/taller-de-administracion/30/planeacion-estrategica,-tactica-y-operativa>

Anonimo2. (s.f.). Obtenido de ¿Qué es un CRM?: <https://www.elegircrm.com/crm/que-es-un-crm>

Blanchard, D. (2010). *Supply chain management best practices*. John Wiley & Sons.

Builes, J. (2019). *MARCO DE REFERENCIA PARA LA IMPLEMENTACION DE*. Medellin : Universidad EAFIT.

- Campuzano , F., Lario, E., & Ros McDonnell, L. (2008). Consecuencias de Efecto Bullwhip según distintas estrategias de gestión de la Cadena de Suministro. *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*. Vol.5., 49-66.
- Casanovas, A., & Cuatrecasa, L. (2012). *Logística Integral*. Profit Editorial.
- Chambers, D. B., & Baguena, F. S. (2016). Lla gestión de la producción en ambientes de ingeniería y fabricación bajo pedido; un enfoque de empresa virtual. *Revista academina Universidad Tecnológica de Panamá*, 17-24.
- Chapman, S. N. (2006). *Planificación y control de la Producción*. Mexico: Pearson Educación.
- Chase , R., Jacobs, R., & Aquilano, N. (2009). *Administración de Operaciones, Duodecima Edición*. Mc Graw hill.
- Chopra, S., & Peter, M. (2008). *Administración de la cadena de suministro. 3º Edición*. Pearson Educación.
- Circulante. (1 de Abril de 2019). *Ciculante.com Blog Financiero*. Obtenido de Cómo afecta la producción bajo pedido o proyecto a la facturación: <https://circulante.com/facturas/produccion-bajo-pedido-facturacion/>
- Cox, J., & Schleier, J. (2010). *Theory of constraints handbook*. New York: Mc Graw Hill Profesional.
- Cuatrecasas, L. (2012). *Organización de la producción y dirección de operaciones, , 2012. p.390*. Ediciones Díaz de Santos.
- Demand Driven Institute. (s.f.). Obtenido de <https://www.demanddriveninstitute.com/>
- Domínguez Machuca, J. (1995). *Dirección de operaciones: Aspectos tácticos y operativos en la producción y los servicios*. Madrid: Mc Graw Hill.
- Domínguez, M., & et. Al. (1995). *Dirección de operaciones. Aspectos tácticos y operativos en la producción y los servicios*. Madrid: Mc Graw Hill.
- Domínguez, M., & Miguel Ángel. (2010). *Diseño de una linea de montaje de modelo mixto según metodología lean manufacturing*. Madrid: John Deere Ibérica S.A. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10016/10043>
- Durán, Y. (2012). Administración del inventario: elemento clave para la optimización de las utilidades en las empresas. *Revista Visión Gerencial*, 55-78.
- Dynarax, S. (s.f.). Lean Manufacturing And Kaizen Systems. *Dynarax Systems*, 1-7.
- Economía. (27 de Enero de 2019). *OKdiario*. Obtenido de ¿Que es la producción por lotes?: <https://okdiario.com/economia/que-produccion-lotes-3627398>
- Edward J, H. (2003). *Justo a Tiempo*. Norma, Colombia.
- Ehrhardt, M. &. (2007). *Finanzas corporativas*. Mexico: Thomson, Segunda Edición.

- Escobedo , E. (2010). *Obteniendo de una filosofíapara mejorar el nivel de servicio y bajar costos*.
Obtenido de occonini consulting group: http://www.webpicking.com/notas/eduardo-escobedo-logisticatransporte-comercio_exterior-supply_chain.htm
- Estaún, M. (2018). La Cadena de Gestión de Suministro (SCM): qué es y cuáles son las ventajas que ofrece. *Iebs*, <https://www.iebschool.com/blog/cadena-gestion-suministro-negocios-internacionales/>.
- Garza, R., & González, C. (2004). Modelo matematico para la planificación de la producción en la cadena de suminsitro. *Logistica*, 26-29.
- Gonzalez , P., & Farminan, J. (2011). Token-based pull production control systems: an introductory. *Springer*, 5-22.
- Gonzalez , P., Farmiñan, J., & Ruiz , R. (2002). Control de la Producción Mediante un Sistema con Inventario en Proceso Constante: CONWIP. Estado de la Cuestión. *II Conferencia de Ingeniería de Organización*, 457-465.
- Greene, J. H. (1997). *Production And Inventory Control Handbook*,.
- Harry, & Mikel. (2000). Six Sigma. *Doubleday*, 9-11.
- Hayes, A. (2020). Hacer pro encargo (MTO). *Investopedia*.
- Hernandez, J., & Hernandez, J. (2017). Implementación del metodo Justo a Tiempo (JIT). *CIES Escolme*, 5, 9-28.
- Hernandez, S. G., & Téllez, S. G. (2000). *"Planeación y Control de la Producción."*.
- Hiroyuki, H. (2017). *Poka-Yoke (Mejorando la calidad del producto evitando los defectos*. Routledge.
- Hopp, W., & Spearman, M. (2001). *"Factory Physics: Foundations of Manufacturing Management"* (2da. ed. ed.). New York: McGraw Hill.
- Jesus, G., Daniel, C., Hector, C., & Joceline, G. (Enero-Julio de 2016). *Instituto Tecnologico de Tijuana*. Obtenido de Administracion de Operaciones I: <https://sites.google.com/site/aoitt16/portada>
- Kenton , W. (2020). Ensamblar a pedido (ATO). *investopedia*.
- Koh, S., & Bulfin, R. (2004). *"Comparison of DBR with CONWIP in an unbalanced production line with three stations"*. International Journal of Production Research, vol. 42(no. 2).
- Kortabarria A, A. U. (2018). Demand Driven MRP - Nuevo método para la gestión de la Cadena de Suministro. *RevistaDyo*, 22-28.
- López, G. (2001). Metodología Six-Sigma. *EBSCO*.
- Masaaki, I. (1998). *Como implementar el Kaizen en el sitio de trabajo (Gemba)*. Bogotá-Colombia: Mc Graw Hill.

- Mejia, I. (s.f.). *Administración de las Operaciones II*. Obtenido de Scribd: <https://es.scribd.com/doc/237276016/MRP-de-Ciclo-Cerrado>
- Miclo, R. (2016). *Challenging the "Demand Driven MRP" Promises : a Discrete Event Simulation Approach*. NNT.
- Miguez, M., & Bastos, A. (2006). *El proceso de control, valoración y gestion de stocks- 2a Edición*. Impreso en España: Ideaspropias.
- Mocha, D., & Zurita, M. (2006). Implementación de la Metodología Kaizen para la Implementacion y rendimiento de la madera en una empresa exportadora de productosde Balsa. *Tecnológica- ESPOL*, 1.
- Monden, & Yasujiro. (1993). *Toyota Production System An Integrated Approach to Just-In-Time, 2° Edición*. Boston: Springer US.
- Moral, J. C. (18 de Abril de 2018). *LEAN Y DDMRP, PUNTOS DE DESACOPLE, SISTEMAS DE PLANIFICACIÓN Y PROGRAMACIÓN A PRUEBA*. Obtenido de Lean - Todos los Artículos: <https://jucarlos.wordpress.com/2018/04/18/parte-3-1-lean-y-ddmrp-puntos-de-desacople-3-sistemas-de-planificacion-y-programacion-a-prueba/>
- Muñoz, D. (2019). *Administración de operaciones*. Cengage Learning Editores.
- Nikkan , K., & Shimbun. (1988). *Poka-Yoke: Improving product quality by preventing defects*. Cambridge, Mass.
- OKdiario. (27 de Enero de 2019). *Economia*. Obtenido de ¿Que es la producción por lotes?: <https://okdiario.com/economia/que-produccion-lotes-3627398>
- Pacheco, J. (13 de Abril de 2019). *Web y Empresas*. Obtenido de https://www.webyempresas.com/pronostico-de-la-demanda/#Enfoques_de_Pronostico_de_Demanda
- Padilla, L. (2010). Lean Manufacturing (Manufactura Esbelta/ágil). *Revista Electronica Ingenieria Primero*, 91-98.
- Ptak, C., & Smith, C. (2011). *Orlicky's Material requeriments Planning*. New York: Mc Graw Hill Profesional.
- Ptak, C., & Smith, C. (2016). *"Demand Driven Requeriments Planning (DDMRP)"*. Industrial Press.
- Ramírez, R. (2017). Fundamentos de la Teoría de las Restricciones. *Scribd*, 4-10.
- REPLENISHMENT+. (s.f.). Obtenido de Flowing Consultoria: REPLENISHMENT+
- Ríos Atehortúa, G. P., & Gómez O, L. M. (Julio de 2008). *Analisis de costeo para un sistema de produccion de lecheria especializada*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/496/49611953005.pdf>

- Robertson, D., & Smith, H. (2001). *Six-Sigma Methodology applied to industrial process*.
Obtenido de <http://www.industrialprocess.service.usa.com>
- Rodrigo, R. (2017). *ESTUDIO DEL DDMRP (DEMAND DRIVEN MATERIALS REQUIREMENT PLANNING)*. Valladolid: Universidad de Valladolid.
- Romero, A. (14 de Mayo de 2015). *La herramienta Just in Time (JIT) o método justo a tiempo*.
Obtenido de aar management: <http://www.angelantonioromero.com/la-herramienta-just-in-time-jit-o-metodo-justo-a-tiempo/>
- Rondeau, P., & Literal, L. (2001). The evolution of manufacturing planning and control systems.
Production and Inventory Management Journal, 1-7.
- Sevillano, F. (2008). Manufacturing Lead Time (MLT). *AC. Gestión Industrial*.
- Shah, R., & Ward, P. (2007). *Defining and developing measures of lean production*. Jourma of Operations Management.
- Shingo, S. (1990). *Tecnologías para el cero defectos: inspecciones en una fuente y el sistema Poka-Yoke*. Madrid: Tecnologías de gerencia y producción.
- Smith, C., & Smith, D. (2013). *Demand Driven Performance*. Mc Grw Hill Education.
- Socconnin, L. (2019). *Lean manufacturing Paso a Paso, 1º Edición*. Barcelona: Marge Books.
- Socconnin, L. (2019). Flujo Continuo- Flujo de Pieza. *Lean Six Sigma Institute*.
- Stadtler, H. (2005). Supply chain management and advanced planning-basics overview and challenges. *European journal of operational research*, 575-588.
- Stadtler, H., & Kilger, C. (2002). *Supply Chain Management and Advanced Planning: Models, Software and Case Studies*.
- Tejada, A. S. (2011). Mejoras de Lean Manufacturing en los sistemas productivos. *Ciencia y sociedad*.
- Tic.Portal. (1 de Agosto de 2018). Obtenido de EKCIT El centro europeo del conocimiento para la tecnología de la información.: <https://www.ticportal.es/glosario-tic/efecto-latigo>
- Urquiola, I., Aguero, I., Garza, R., & Tamayo, A. (2016). La clasificación Pull-Push como elemento en la selección de herramientas para la planificación y control de materiales. *Cyta*.
- Villamizar, J., Leon, Ó., & Jaimes, W. (2013). Efecto latigo en la planeación de la cadena de abastecimiento, medición y control. *Ciencia e Ingenieria Neograndina*, 37-54.
- Wikipedia1. (2020). " *Sistema de planificación de recursos empresariales*". Obtenido de Wikipedia, La enciclopedia libre.: https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Sistema_de_planificaci%C3%B3n_de_recurso_s_empresariales&oldid=128184991

- Wikipedia2. (2020). Obtenido de "Planificación de los requerimientos de material.":
https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Planificaci%C3%B3n_de_los_requerimientos_de_material&oldid=118750588
- Wikipedia3. (10 de Septiembre de 2019). *Administración del ciclo de vida de productos*. Obtenido de Wikipedia, La enciclopedia libre.:
https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Administraci%C3%B3n_del_ciclo_de_vida_de_productos&oldid=119157631
- Wikipedia4. (11 de Octubre de 2019). *Cadena de Suministro*. Obtenido de Wikipedia, la enciclopedia libre:
https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Cadena_de_suministro&oldid=120179273
- Wikipedia5. (11 de febrero de 2020). *Sistemas de producción (administración)*. Obtenido de Wikipedia, La enciclopedia libre:
[https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Sistemas_de_producci%C3%B3n_\(administraci%C3%B3n\)&oldid=123454185](https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Sistemas_de_producci%C3%B3n_(administraci%C3%B3n)&oldid=123454185)
- Wikipedia6. (28 de Mayo de 2020). *Planeación de los Recursos de Distribución*. Obtenido de Wikipedia, La enciclopedia libre.:
https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Planeaci%C3%B3n_de_los_Recursos_de_Distribuci%C3%B3n&oldid=126460938
- Womack, Jonas, & Roos. (1990). *The Machine That Changed the World*. New York.
- Zapata, M. A., & Cano, J. G. (2015). Takt Time, el corazón de la producción. *Via Innova* (2), 60-62.