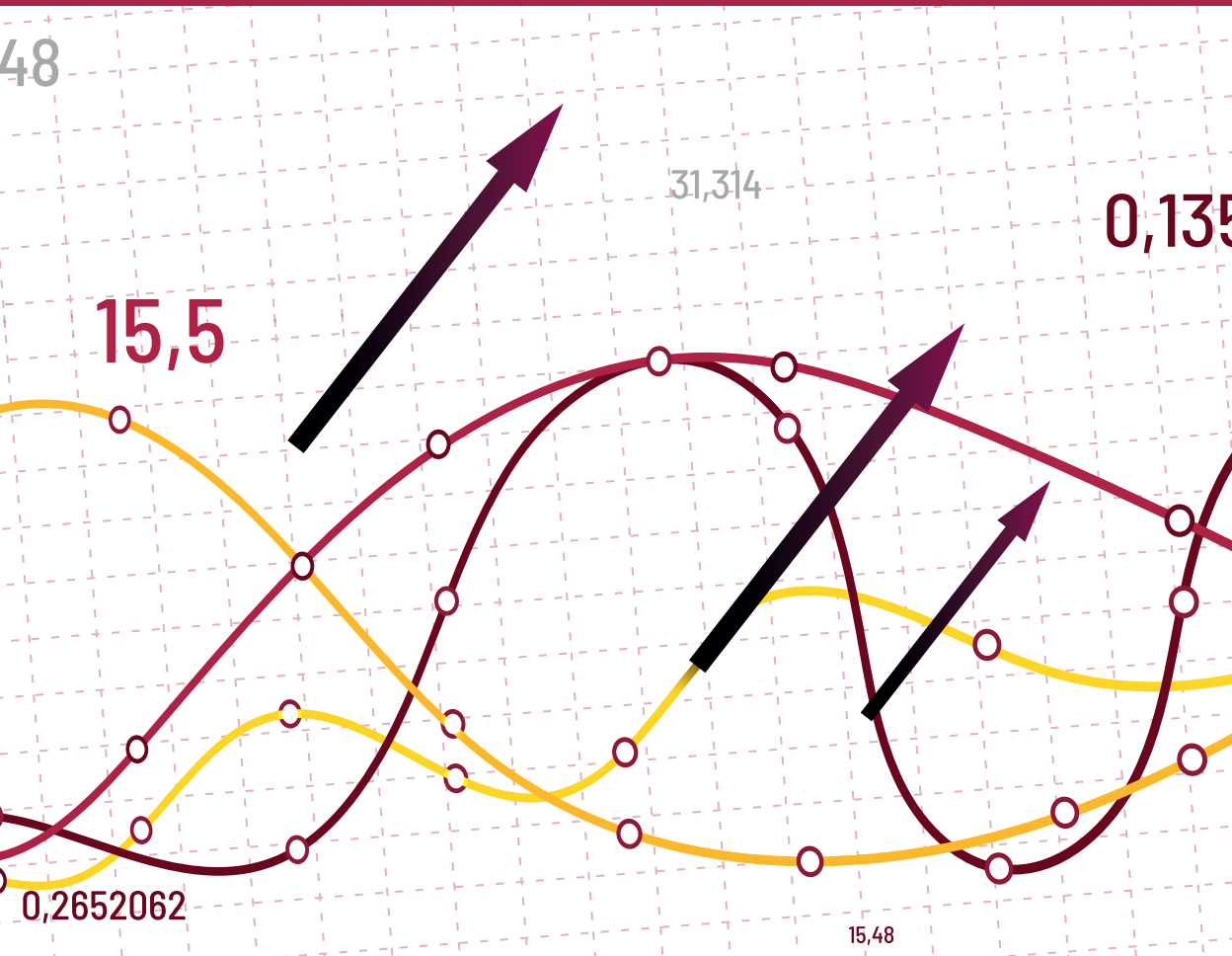
Reflexiones sobre la evolución
de los sistemas de producción hacia DDMRP

Iván G. Andrade Dueñas



homo

UNIVERSIDAD DEL AZUAY | Casa Editora

Reflexiones sobre la evolución de los sistemas de producción hacia DDMRP

Iván G. Andrade Dueñas

homo

UNIVERSIDAD DEL AZUAY

Casa Editora

UNIVERSIDAD DEL AZUAY

Francisco Salgado Arteaga
Rector

Genoveva Malo Toral
Vicerrectora Académica

Raffaella Ansaloni
Vicerrectora de Investigaciones

Toa Tripaldi Proaño
Directora de la Casa Editora

Iván G. Andrade Dueñas
Autor

Pablo Sacoto
Eduardo Jardim
Pares Revisores

Verónica Neira Ruiz
Corrección de estilo

Paula Zabala Torres
Diagramación y Diseño
Departamento de Comunicación y Publicaciones

Imprenta Digital - Universidad del Azuay
Impresión

ISBN: 978-9942-847-43-0
e-ISBN: 978-9942-847-44-7

Cuenca, febrero de 2022

Índice

Presentación p. 12

Introducción p. 14

Contenido p. 16

Agradecimiento p. 18

Dedicatoria p. 19

Índice

Capítulo 1

p. 20

Los sistemas de planificación y control de producción en los países industrializados y su evolución

-1.1 Los sistemas MRP y ERP en la provincia del Azuay, Ecuador
-1.2 Presencia de DDMRP en el mundo industrializado (Ptak & Smith, 2016)
-1.3. DDMRP en Latinoamérica
-1.4. DDMRP en Ecuador
-1.5. Otros sistemas de planificación y programación en boga

Capítulo 2

p. 25

La cadena de suministro

-2.1. Definición de cadena de suministro
-2.2. El problema fundamental en la cadena de suministro
-2.3. Evidencia de un problema
2.3.1. Degradación en el rendimiento de retorno en inversión en activos
2.3.2. Proliferación de trabajo en el entorno
2.3.3. La distribución bimodal del inventario
-2.4. Conclusiones: La realidad actual

Índice

Capítulo 3

p. 32

La importancia del flujo

-3.1 Estableciendo el flujo como base
-3.2 Información relevante y materiales
-3.3. El efecto látigo
-3.4. Desbloqueando una solución mediante el poder del desacople
-3.5. La acción de desacoplar
-3.6. *Buffers* o amortiguadores en puntos de desacople
-3.7. Conclusiones

Capítulo 4

p. 42

Elementos constitutivos de DDMRP

Capítulo 5

p. 45

***Buffers* o amortiguadores y variabilidad**

-5.1 Un utópico mundo perfecto
-5.2 El mundo real, variabilidad y *buffers* o amortiguadores
-5.3. Tipos de *buffers* o amortiguadores
-5.4. Variabilidad: Enemiga número uno del flujo
5.4.1. Tipos de variabilidad externa
5.4.1.1. Variabilidad de la demanda
5.4.1.2. Variabilidad en el suministro
5.4.2. Tipos de variabilidad interna
5.4.2.1. Variabilidad operacional o “Murphy”
5.4.2.2. Variabilidad gerencial o administrativa
-5.5. Algo o alguien siempre está esperando

Índice

Capítulo 6

p. 52

Primer componente de DDMRP: ¿Dónde colocar los amortiguadores?

-6.1 Ubicación estratégica del inventario
-6.2 Factores a considerar para ubicar adecuadamente los puntos de desacople
6.2.1. Tiempo de tolerancia del cliente
6.2.2. Tiempo de entrega potencial al mercado
6.2.3. Horizonte de visibilidad de las órdenes de ventas
6.2.4. Variabilidad externa
6.2.4.1. Tasa variable de demanda
6.2.4.2. Tasa variable de reabastecimiento
6.2.5. Apalancamiento de inventario y flexibilidad
6.2.6. Protección de operaciones críticas
-6.3. Ejemplo de aplicación de los factores o criterios de posicionamiento
6.3.1. Tiempo de entrega de manufactura
6.3.2. Tiempo de entrega acumulativo
6.3.3. Tiempo de entrega de compras
-6.4. Análisis de los seis factores clave de posicionamiento en el ejemplo
6.4.1. Tiempo de tolerancia del cliente
6.4.2. Tiempo de entrega potencial al mercado
6.4.3. Horizonte de visibilidad de las órdenes de ventas
6.4.4. Variabilidad externa
6.4.5. Apalancamiento de inventario y flexibilidad
6.4.6. Protección de operaciones críticas:
-6.5. Beneficios del nuevo modelo
-6.6. Consideraciones de posicionamiento de *buffers* en distribución

Índice

Capítulo 7

p. 67

Segundo componente de DDMRP: Dimensionamiento de los *buffers* o amortiguadores

-7.1 Protección mediante perfiles y niveles de *buffers*
-7.2 Perfiles de *buffers*
7.2.1. Factor 1: Tipo de artículo
7.2.2. Factor 2: Tiempo de Entrega
7.2.3. Factor 3: Variabilidad
7.2.3.1. Variabilidad en demanda
7.2.3.2. Variabilidad en suministro u oferta
-7.3. Atributos individuales de las partes o piezas
7.3.1. Consumo Promedio Diario (CPD)
7.3.1.1. Longitud del periodo
7.3.1.2. Frecuencia de actualización
7.3.2. Tiempo de entrega
7.3.3. Cantidad mínima de la orden
7.3.4. Ubicación del producto
-7.4. Utilización de amortiguadores para desacople
7.4.1. Zonas de amortiguadores y sus objetivos
7.4.1.1. La zona verde
7.4.1.1.1. Opción 1: Ciclo de ordenar impuesto o mínimo
7.4.1.1.2. Opción 2: Uso de un factor de tiempo de entrega
7.4.1.1.3. Opción 3: Cantidad mínima de la orden
7.4.1.2. La zona amarilla
7.4.1.3. La zona roja
-7.5. Ejemplo de dimensionamiento de las zonas de amortiguadores
-7.6. Conclusiones

Índice

Capítulo 8

p. 81

Tercer componente de DDMRP: Ajustes dinámicos de los amortiguadores

-8.0 Ajustes dinámicos de *buffers* para protección oportuna
-8.1 Ajustes Recalculados
-8.2. Factores de ajuste planificados
8.2.1. Factor de ajuste de la demanda
8.2.2. Introducciones, bajas y sustituciones de productos
8.2.2.1. Introducción de un nuevo producto
8.2.2.2. Baja de artículos
8.2.2.3. Reemplazo de artículos
-8.3. Estacionalidad
8.3.1. Severidad de la estacionalidad (dura ción y significado)
8.3.2. Longitud del período de cálculo del Consumo Promedio Diario (CPD)
8.3.3. Consumo Promedio Diario (CPD) Pasado, Futuro y Mixto
8.3.4. Tiempos de entrega de componentes críticos
8.3.5. Capacidad de los recursos
-8.4. Conclusiones

Capítulo 9

p. 87

Cuarto componente de DDMRP: Planificación impulsada por la demanda

-9.1. El cambio a demanda real
-9.2. La ecuación de flujo neto
-9.3. Calificación de picos de órdenes
9.3.1. Condición 1: Umbral de picos de órdenes
9.3.2. Condición 2: Horizonte de picos de órdenes

Índice

Capítulo 10

p. 92

Quinto componente de DDMRP: Ejecución

-10.1 Ejecución visible y colaborativa
-10.2 Alertas del estado del *buffer*
10.2.1. Análisis de prioridades por fecha de vencimiento
-10.3. Nueva forma de operar: Gestión de *buffers*
-10.4. Ejemplo

Capítulo 11

p. 99

Métricas

-11.1 Reglas y políticas
-11.2 Área de planificación y gestión de materiales
-11.3. Área de control de costos
-11.4. Principios de contabilidad generalmente aceptados (PCGA)
-11.5. El problema de la estrategia de "empuja y promociona"
-11.6. Cambios de las circunstancias operativas desde 1965 hasta 2013 en EE.UU.
-11.7. Beneficios de un sistema
-11.8. Dilemas entre mediciones y rendimiento
-11.9. Retorno sobre la inversión (ROI)
-11.10. Rendimiento en fechas de entrega
-11.11. Características relevantes del retorno sobre la inversión y el rendimiento en fechas de entrega
-11.12. Estrategia de eficiencia centrada en el costo
-11.13. Estrategia de eficiencia centrada en el flujo
-11.14. Conclusiones

Índice

Capítulo 12

p. 113

Gestionando con los principios de Pareto

-12.1 Introducción
-12.2 El administrar en un mundo de Pareto pide nuevas formas de pensar
-12.3. Pareto y el uso de amortiguadores estratégicos
-12.4. Administración de la organización mediante DDMRP
-12.5. *Buffers* de inventario, análisis de Pareto y objetivos de las métricas efectivas (Smith & Smith, 2014).
-12.6. Propósito y dimensionamiento de los amortiguadores o *buffers* estratégicos para stock
-12.7. Ejemplo de dimensionamiento de los amortiguadores o *buffers* estratégicos para stock
-12.8. Comentarios acerca de los amortiguadores o *buffers* estratégicos para stock
-12.9. Mejoras enfocadas mediante stocks estratégicos
-12.10. Indicadores locales de desempeño de la Teoría de las Restricciones
12.10.1. Fiabilidad
12.10.2. Efectividad
12.10.3. Eficiencia

Capítulo 13

p. 126

Epílogo

-13.1 Consideraciones acerca de DDMRP
-13.2 Futuro del DDMRP

Índice

Bibliografía p. 128

Anexo 1 p. 130

Anexo 2 p. 141

Anexo 3 p. 144

Anexo 4 p. 156

Presentación

Los actuales sistemas de planificación y control de la producción han tenido una evolución de alta dinamia desde los planteamientos originales de la llamada administración científica, con las propuestas de Taylor, Fayol y los esposos Gilbreth. La gestión de tiempos y movimientos es el elemento clave para la optimización de la producción, la reducción de costes y la garantía de calidad en bienes y servicios. El desarrollo de estos elementos de management y la innovación disruptiva han sido los factores claves de un florecimiento inédito de mercados en el último siglo, con amplia oferta de artefactos y sistemas que han configurado la forma de vida contemporánea.

Un importante avance en esos decenios fue el interés por el control de calidad y posteriormente por el aseguramiento de la calidad, para lograr que los productos sean lo más uniformes posible de acuerdo con especificaciones dadas por las normas que permitían satisfacer necesidades específicas. Personajes como Shewhart, Deming y Juran sobresalen en este importante campo.

En los años sesenta del siglo XX, un nuevo punto de inflexión se dio para el mundo industrial y de negocios: se comenzó a utilizar la capacidad de los computadores en tareas relacionadas con la planificación y control en la generación de bienes y servicios. En esta época se enunciaron los principios del MRP por parte del ingeniero de IBM Joe Orlicky quien en 1975 publicó el libro Material Requirements Planning: The New Way of Life in Production and Inventory Management, que se convirtió en un referente para los subsecuentes desarrollos de sistemas de planificación y control de producción hasta la actualidad. Potentes teorías tales como Lean o TPS, Six Sigma, Theory of Constraints, concebidas por pensadores de la talla de Taiichi Ohno, W. Edwards Deming o Eliyahu Moshe Goldratt, están presentes en el planeta y fluyen en creativa convergencia en el mundo de la producción y operaciones.

Hasta 1960 el principal elemento competitivo fue el precio; por lo tanto, la estrategia de manufactura estaba basada en altos volúmenes de producción, minimización del costo y condiciones económicas estables. El mercado cambió entre 1960 y 1980, con énfasis en la optimización, en la diferenciación y en la innovación: la calidad se vuelve, entonces, en el elemento principal para competir en el mercado. Lo que importaba era la capacidad de los proveedores de crear o adaptar nuevos productos y servicios puntualmente, al tiempo que cumplir con las necesidades específicas de los clientes.

En la actualidad se requiere de un ambiente de producción dinámico en el cual los productos, procesos y la programación de la manufactura pueda cambiar frecuentemente. Para esta realidad los sistemas vigentes aislados como MRP, JIT o TOC no son plenamente apropiados. Por ello, Carol Ptak y Chad Smith desarrollaron un nuevo sistema de planificación y control de producción llamado DDMRP (Demand Driven Material Requirements Planning) sobre cuyos fundamentos y ventajas se reflexiona en esta publicación

En líneas generales, este nuevo sistema de planificación y control de manufactura es un método formal de planificación y ejecución de varios niveles que protege y promueve el flujo de información relevante y el de los materiales mediante el establecimiento y gestión de puntos de desacople estratégicamente ubicados. El DDMRP está constituido por cinco fases. Las tres primeras definen la configuración inicial y la evolución que tendrá el modelo DDMRP. La cuarta y quinta fase definen los aspectos operacionales del sistema que son planificación y ejecución.

Otro aspecto importante tratado en esta publicación es el relacionado con las métricas. Es sabido que aquello que no se mide no puede mejorarse. Existen dos indicadores relevantes que deben implementarse: el retorno sobre la inversión y el rendimiento en fechas de entrega. El primero de ellos es el que relaciona la utilidad neta y la inversión. El rendimiento de fechas de entrega nos informa del nivel de confiabilidad que un sistema tiene para cumplir con las demandas que, al satisfacerse, producen ingresos y ganancias inmediatos. Las cadenas de suministro son sistemas complejos no lineales que se explican mejor mediante las distribuciones de Pareto y las leyes de potencias, en las que se analizan los valores atípicos en las colas antes que los promedios de las distribuciones normales o gaussianas.

Finalmente, unas palabras sobre el autor: Iván Andrade conjuga su gran nivel académico con una trayectoria profesional brillante. Pocos como él han transitado en el mundo de la industria y la ingeniería, en el cálculo estructural de grandes edificaciones, en los sistemas informáticos empresariales y en la logística de producción tanto de grandes como de medianas y pequeñas organizaciones. En la Universidad del Azuay ha sido participante y artífice de importantes programas como la Maestría en Gestión Tecnológica y las carreras de Ingeniería de Producción y Operaciones e Ingeniería Civil con énfasis en gerencia de construcciones. El Ing. Andrade -como se le conoce con cariño- continúa cual profesor emérito, como mentor de nuevos académicos e investigadores y aportando con su sabiduría en diferentes proyectos, con una mirada siempre serena y al mismo tiempo inspiradora.

Francisco Salgado
Rector de la Universidad del Azuay

Introducción

DDMRP: Un nuevo paradigma se nos presenta

En este documento, basado especialmente en las publicaciones tituladas *Demand Driven Material Requirements Planning (DDMRP)* de la autoría de Carol Ptak y Chad Smith y *Demand Driven Performance using Smart Metrics* de Debra Smith y Chad Smith, se intenta divulgar un nuevo paradigma que emerge en el campo de las Operaciones en la Cadena de Suministro llamado *Demand Driven Material Requirements Planning (DDMRP)* que, en castellano, significa *Planificación de Requerimientos de Materiales impulsada por la Demanda*. A lo largo del desarrollo del tema, ésta será referenciada mediante el acrónimo DDMRP.

Los basamentos de DDMRP son la Planificación de Requerimientos de Materiales (MRP)[1] y sus evoluciones hacia Planificación de Recursos de Manufactura (MRP II)[2] y Planificación de Recursos Empresariales (ERP)[3]. Además, acoge aspectos relevantes de Planificación de Requerimientos de Distribución (DRP)[4], Justo a Tiempo, Lean o TPS[5], Teoría de las Restricciones (TOC)[6] y Six Sigma.

[1]MRP es el acrónimo de "Materials Requirements Planning"
[2]MRP II es el acrónimo de "Manufacturing Resource Planning"
[3]ERP es el acrónimo de "Enterprise Resources Planning"
[4]DRP es el acrónimo de "Distribution Requirements Planning"
[5]TPS es el acrónimo de "Toyota Production System"
[6]TOC es el acrónimo de "Theory Of Constraints"

Mentes brillantes como las de Taiichi Ohno, mentalizador de TPS, Eliyahu Moshé Goldratt con la Teoría de las Restricciones o Bill Smith y su Six Sigma, se aprovecharon también del espaldarazo de los pioneros de la Administración Científica tales como: Frederick Winslow Taylor, Henry Gantt, los esposos Frank y Lilian Gilbreth, Henry Fayol, Henry Ford, Walter Shewhart, W. Edwards Deming y otros científicos y emprendedores que desarrollaron diferentes teorías y metodologías. Ellas han ayudado a dar pasos agigantados a las empresas para conseguir, en las operaciones y en la generación de bienes y servicios, un futuro de planificación, ejecución y control con suficiente visibilidad. Con esto, se ha logrado mitigar el volátil, incierto y variable mundo que parecía imposible de ser proyectado con aceptable certidumbre.

Este trabajo está dirigido a estudiantes y personas interesadas en la manufactura y las cadenas de suministro, considerando como un eslabón muy importante a la generación de bienes y servicios.

Contenido

El documento está dividido en trece capítulos. El Capítulo 1 presenta la historia de los sistemas computarizados en el mundo y su utilización en nuestro país y las entidades que están dedicadas a implementar y difundir DDMRP en la región. En el Capítulo 2 revisamos las características y la problemática de las cadenas de suministro y la importancia del manejo de los inventarios. La importancia del flujo de materiales e información como elemento indispensable para tener un sistema eficiente se trata en el Capítulo 3. En el Capítulo 4 se da una visión panorámica de los elementos constitutivos de DDMRP como preámbulo a los apartados siguientes, en los cuales se analizará en detalle todos los componentes de este nuevo paradigma. Merece nuestra atención especial el análisis de los amortiguadores o *buffers* y su papel en la disminución de la variabilidad en los sistemas. Este particular lo analizamos en el Capítulo 5. Las consideraciones que deben tomarse para colocar estratégicamente los puntos de desacople y los perfiles y dimensiones de los *buffers* se estudian en los Capítulos 6 y 7 y los ajustes dinámicos a los que da lugar la variación de la demanda se los revisa en el Capítulo 8. La filosofía de la Planificación de Recursos de Materiales, impulsada por la demanda, se examina en el Capítulo 9 y en el Capítulo 10, los controles para la ejecución del sistema. En el Capítulo 11 ingresamos al campo de las Métricas, ya que aquello que no es mesurable

no puede ser ni controlado ni mejorado. Se recomiendan dos índices clave: el Retorno sobre la Inversión y el Rendimiento en Fechas de Entrega. En el Capítulo 12, se examina la inconveniencia de dar tanta relevancia a la Distribución Gaussiana en la que se privilegian los promedios, cuando son muchas veces los datos de las colas los que tienen alta importancia en la toma de decisiones. Se concluye en el Capítulo 13 con algunas reflexiones sobre el tema tratado.

Se han incluido cuatro anexos para clarificar algunos aspectos acerca del documento: en el anexo 1 se realiza una breve relación sobre la Teoría de las Restricciones de la cual DDMRP utiliza conceptos fundamentales. El anexo 2 contiene una breve cita histórica sobre la Contabilidad Gerencial y el Retorno sobre la Inversión (ROI)[7]. En el anexo 3 se reproducen las principales aplicaciones de software desarrolladas para el efecto y los requisitos para conformidad de software que exige "The Demand Driven Institute". En el anexo 4 constan los principales representantes, implementadores e instructores de DDMRP en Colombia y Ecuador.

[7]ROI es el acrónimo de "Return On Investment"

Agradecimiento

Expreso mi gratitud al Dr. Francisco Salgado Arteaga PhD, Rector de esta querida Universidad del Azuay; al ex Vicerrector de Investigaciones, Ing. Jacinto Guillén García, Mgtr. y al Decano de Ciencias de la Administración, Ing. Osvaldo Merchán Manzano, Mgtr., por el apoyo entusiasta dado a los proyectos llevados a cabo.

Agradezco también a mi maestro y par externo Prof. Eduardo G. M. Jardim, PhD. por su revisión y sugerencias dadas para la mejora de esta publicación.

Dedicatoria

Dedico con satisfacción esta publicación a Elsita, mi esposa y compañera y a mis hijos Iván José y Fabiola.

Capítulo 1

Los sistemas de planificación y control de producción en los países industrializados y su evolución

En 1950, en Estados Unidos de América, las empresas de tamaño medio y grande empezaron a usar una suerte de método de planificación con una herramienta llamada *Planificación de Requerimientos de Materiales (MRP, Material Requirements Planning)* para aprovechar la creciente disponibilidad y potencia de cálculo de las computadoras. Dichos ordenadores empezaron a ser usados por particulares cuando se levantaron las restricciones de uso exclusivo para el ejército y las universidades en aplicaciones relacionadas únicamente con el tema bélico (Ptak & Smith, 2016).

Alrededor de 1965, el MRP estaba en plena vigencia, pero era muy limitado; ya que daba solo las necesidades de materiales, piezas y accesorios basados en el principio de demanda independiente y demanda dependiente, utilizando las estructuras de los productos y listas de materiales. Luego, en 1972 se incorpora la posibilidad de calcular la capacidad de planta, de acuerdo con las órdenes por fabricar, a lo que se llamó MRP de bucle cerrado.

Tal vez el pensador más reconocido e influyente de la "cruzada" del MRP en los Estados Unidos de América fue Joe Orlicky. La publicación en 1975 de su trabajo *Material Requirements Planning: The New Way of Live in Production and Inventory Management* proporcionó el plan y codificación del MRP que sigue siendo el estándar hasta estos días. El MRP llegó a ser el modo de vida en manufactura. La codificación y subsecuente comercialización del MRP cambió de manera fundamental y relativamente rápida al mundo industrial de los países más desarrollados. Orlicky y otros pensadores más reconocieron la oportunidad que se les presentaba para cambiar la forma de trabajar en manufactura con la invención de la computadora que permitía planificar las operaciones en aquellos años; algo que hasta ese momento había sido imposible (Ptak & Smith, 2016).

Como anécdota, tenemos que la forma de gestionar inventarios en los días anteriores al advenimiento de la computación no iba más allá de los límites impuestos por las herramientas de procesamiento de información disponibles. Debido a esto, casi todos, si no todos, los enfoques y técnicas utilizados eran imprecisos, pero representaban lo mejor de lo que podía hacerse bajo aquellas circunstancias. Utilizaban resúmenes, atajos, y métodos aproximados basados muchas veces en supuestos bastante irreales. Echando mano en ocasiones de conceptos de ajuste forzados con la realidad para permitir el uso de una u otra técnica.

En el año 1980 se incorpora la Contabilidad de Costos, transformándose el MRP, en un sistema conocido como Planificación de Recursos de Manufactura (MRP II), que nos permite planificar efectivamente todos los recursos de una compañía. Posteriormente, alrededor de 1990, cuando la arquitectura cliente-servidor se torna disponible en los sistemas computarizados, el MRP II evoluciona hacia la *Planificación de Recursos Empresariales (ERP, Entreprise Resource Planning)*. Un punto importante de eso es que se incluye dentro de sus límites, por un lado a proveedores para lograr mejor calidad y menor precio y tiempo de entrega; y por otro, a clientes a través del servicio de posventa para conocer su satisfacción en torno al producto o servicio recibido (Ptak & Smith, 2016).

1.1 Los Sistemas MRP y ERP en la provincia del Azuay, Ecuador

A finales de los años setenta del siglo pasado, la empresa Industrias ArtePráctico S.A., IAPSA emprendió la tarea de implementar un sistema de planificación y control de producción. Comenzó sus tratativas con MACOSA, empresa ecuatoriana que representaba a la norteamericana National Cash Register (NCR) que había desarrollado el sistema MISSION en el lenguaje Neat III de su propiedad. MACOSA se dio cuenta que no contaba con personal especializado para dar soporte a la instalación y se retiró del camino.

Coetáneamente, IBM[8] ofreció todo el respaldo - que no fue tal – para montar el sistema MAPICS (Manufacturing, Accounting and Production Information Control System). El proceso fue en realidad llevado por personal de la empresa, ya

[8]IBM es acrónimo de International Business Machine

que IBM no contaba con personal adecuado. Se implementó la mayoría de los módulos, pero su situación financiera hizo que el proyecto y la misma empresa no llegaran a buen término.

En la década de los 80, la actual Continental General Tire hizo también esfuerzos por instalar MAPICS, sin mayor éxito. A fines del siglo pasado, Indurama empezó a implementar el software desarrollado por J. D. Edwards, que en la actualidad es una empresa propiedad de ORACLE. Han tenido éxito en su tarea de instalar y usar el software.

En estos momentos, en la región, Vitefama — importante firma fabricante de muebles madera para el hogar—se encuentra implantando el módulo de Gestión de Relaciones con Clientes (CRM, Customer Relationship Management). Es parte de un ERP suministrado por la empresa alemana SAP, la más grande del mundo en desarrollo de software. Tiene ya en función las aplicaciones relacionadas con la Base de Datos de los Productos: Rutas, Estructuras, Listas de Materiales; además de los módulos de Gestión de Inventarios, Planificación de Requerimientos de Materiales, Planificación de Recursos de Manufactura y Control de Producción y Costos.

1.2. Presencia de DDMRP en el mundo industrializado (Ptak & Smith, 2016)

Basada en los desarrollos previos de MRP, MRP II, ERP, DRP, Lean (TPS), TOC e Innovación, se presenta una nueva propuesta llamada Planificación de Requerimientos de Materiales impulsados por la demanda (DDMRP,Demand Driven Materials Requirements Planning). El término *Demand Driven* fue acuñado por PeopleSoft en 2002 —empresa que fue adquirida por Oracle en 2003 —luego olvidado por varios años, hasta que en 2007 lo resucita la empresa AMR. En 2010, AMR es adquirida por Gartner, quien utiliza el término como parte de un enfoque llamado Demand Driven Value Network o Red de Valor impulsada por la demanda (Ptak & Smith, 2016).

En 2011, en la tercera edición del libro *Orlicky's Material Requirements Planning* de Carol Ptak y Chad Smith, se introduce el concepto original de DDMRP, que contenía una propuesta de planificación alternativa formal y lógica de control. Se crea casi paralelamente, en 2012, el Demand Driven Institute (DDI) asociado con el International Supply Chain Education Alliance (ISCEA) que ofrece un programa de certificación llamado Certified Demand Driven Planner para implementar estos conceptos en las empresas.

En 2016, usando como guía el libro *Demand Driven Performance: Using Smart Metrics* de autoría de Debra Smith y Chad Smith, los Institutos DDI e ISCEA ofrecieron el programa Certified Demand Driven Leader (CDDL), diseñado con el fin de proporcionar estándares globales para el modelo operativo incluyendo DDMRP. Además de enseñar y certificar a personal interesado en esta teoría.

1.3. DDMRP en Latinoamérica

El colombiano David Poveda[9], Ingeniero Civil de profesión, introduce este nuevo paradigma en Latinoamérica con su empresa Flowing Consultoría, pionera en la implementación de estos modelos en América Latina desde 2013.

1.4. DDMRP en Ecuador

El Centro Ecuatoriano para la Excelencia Operacional CEEO, (http://ceeo.ec) es la primera entidad ecuatoriana especializada en Gestión de la Cadena de Suministro, Logística, Abastecimiento y Excelencia Operacional. Su objetivo es desarrollar la ventaja competitiva empresarial a través del conocimiento más avanzado en el campo de las operaciones, junto con programas internacionales y certificaciones de clase mundial. Ha construido alianzas internacionales con entidades líderes en todos los aspectos relacionados con la cadena de suministro.

1.5. Otros sistemas de planificación y programación en boga[10]

En entornos en los cuales los métodos de planificación habituales no cumplen con sus necesidades, se utilizan los Sistemas APS (APS, Advanced Planning and Scheduling)

Es conocido en medios productivos que la planificación de la producción es un proceso difícil debido a la dependencia que existe entre los diversos elementos constitutivos del sistema.

[9]Ver el Anexo 4 para más información sobre el Ing. David Poveda
[10]THEORY OF CONSTRAINTS HANDBOOK Edited by James F. Cox III & John G. Schleier, Jr.

Esto hace que sea muy difícil de encontrar una solución óptima. Los métodos tradicionales, como los sistemas MRP, utilizan un proceso en fases para reservar inventario de materias primas o piezas y disponibilidad de recursos. Adicionalmente, los materiales y la capacidad son planificados aisladamente y casi nunca se considera la disponibilidad de las restricciones

A diferencia de los sistemas MRP, los APS planifican simultáneamente tanto el stock como la producción; y toma en consideración la realidad de la planta, o sea los materiales disponibles, la carga de trabajo y la capacidad de planta.

Mediante esta forma de planificación de los APS, se obtienen grandes beneficios al integrarlos de manera transparente con los sistemas ERP. Se reducen los inventarios de producto en proceso, producto terminado y los costos indirectos. Permiten planear para que los equipos trabajen en el momento apropiado con el material correcto, mejorando el servicio al cliente al entregar las órdenes a tiempo. Esto logra un rápido incremento del Retorno sobre la Inversión.

Capítulo 2

La cadena de suministro

2.1. Definición de cadena de suministro

Lograr un flujo veloz en la entrega de materiales y el procesamiento y uso oportuno de la información en el sistema es el objetivo de quienes manejan una cadena de suministro. La cadena de suministro no es algo exclusivo de grandes corporaciones o empresas transnacionales, es la realidad que tienen que administrar todas las empresas. Hasta organizaciones pequeñas tienen docenas de proveedores, centenares de productos terminados (o SKU's, Stock Keeping Units) formando varias líneas y familias que se ofertan al mercado, conformado por cientos de clientes a nivel local, nacional o internacional. Los artículos terminados que se ofrecen son fabricados en una o varias plantas de producción que utilizan muchos recursos y realizan decenas de operaciones industriales. En compañías medianas y grandes, estos volúmenes de operación se multiplican exponencialmente. De lo narrado se concluye que una cadena de suministro es un sistema verdaderamente complejo. Sus componentes se esquematizan en la Figura 1:

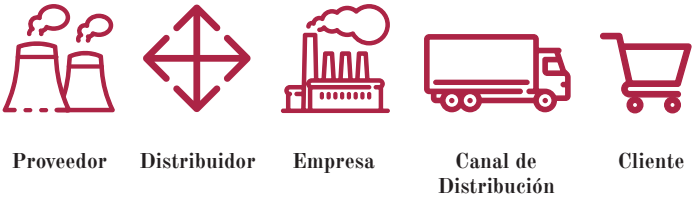


Figura 1. *Esquema de Cadena de Suministro.* De Poveda, 2013.

2.2. El problema fundamental en la cadena de suministro

En la Cadena de Suministro, sus administradores deben lograr la sincronización efectiva de todos sus recursos: materiales, mano de obra, maquinarias, entre otros e información del producto y del proceso en ambientes sumamente variables y volátiles, tanto en la provisión como en la demanda. Los procesos se desenvuelven en medio de la impredecible globalización económica, dependiendo de decenas o centenares de proveedores y exigentes clientes que demandan cada vez más calidad, mayor velocidad de entrega y precios asequibles a su economía.

Ya que la producción es uno de los eslabones de la Cadena de Suministro crece la dificultad de la sincronización por la forma de manejar los sistemas a través de políticas y reglas inapropiadas que vamos a analizar de forma sucinta:

- Una política prevalece en una empresa mientras el efecto indeseable subsiste. Cuando se lo ha superado, esa política ya no tiene sustento y debe desaparecer o ser modificada.

- La Ley de Souder dice que "la repetición no establece validez". Continuar la elaboración de algo que por costumbre se ha estado haciendo, pero no define si es o alguna vez ha sido apropiado hacerlo. Peor todavía, si es mayor la repetición, más inválida o inapropiada puede ser la regla o política.

- "Optimizar" reglas inapropiadas es contraproducente. Esfuerzos encausados a permitir o acelerar la conformidad con reglas inapropiadas puede resultar devastador para una organización. Si la regla es además de inapropiada, dañina; la organización corre el riesgo de hacer las cosas erradas más rápido y perder eficiencia y competitividad (Ptak & Smith, 2016).

2.3. Evidencia de un problema

Existen tres áreas que apuntan a problemas importantes con las reglas y herramientas de la planificación convencional mediante sistemas diseñados para el efecto:

2.3.1. Degradación en el rendimiento de retorno en inversión en activos

Los sistemas MRP o ERP tradicionales son caros, difíciles de implementar y mantener. Se ha notado en las empresas un permanente decrecimiento en el rendimiento del índice del retorno de la inversión en activos; a pesar de que la productividad de la mano de obra se ha optimizado. Se colige, por tanto, que los sistemas utilizados no ayudaron al mejoramiento de la rentabilidad, sino que más bien impulsaron a cometer más errores (Ptak & Smith, 2016).

2.3.2. Proliferación de trabajo en el entorno

El propósito real de un sistema de planificación es determinar, en última instancia, el ritmo o cadencia (*timing*), la cantidad y la sincronización efectiva de los pedidos de suministros hacia arriba, hacia abajo y a través de los niveles de la red. Tal vez la mayor evidencia que delata cuán inapropiadas son las reglas y herramientas de planificación que generalmente utiliza el personal de planificación, radica en la frecuencia con la que se escogen soluciones alternativas, de las cuales las más usadas son las hojas electrónicas. Se extraen los datos del sistema de planificación y se los lleva a una hoja electrónica, donde son manipulados y analizados hasta que el individuo logra un nivel de confort. Entonces, las nuevas recomendaciones y órdenes son "injertadas" al sistema de planificación. De esta manera se anula muchas de las recomendaciones originales del sistema computarizado.

¿Por qué los ejecutivos de Planificación y Compras son tan dependientes de las hojas electrónicas a pesar de contar con un sistema de planificación? Porque ellos saben que, si dependen completamente y permanecen dentro de las reglas del sistema de planificación formal, aceptando todas las recomendaciones, limitarían su carrera. Mañana, ellos podrían deshacer o revertir la mitad de las cosas que hicieron hoy día, porque un MRP o un ERP cambia el panorama de forma constante y drástica. Este fenómeno es llamado "nerviosismo".

Los planificadores operan con el sistema porque tienen sus propias formas de trabajo, con herramientas que han desarrollado gracias a años de experiencia. Esta forma de gestión es totalmente individualizada y puede ser utilizada prácticamente solo por el originador, quien ha creado un conjunto de reglas diferentes, informales, altamente variables y personalizadas. Lo peor de todo radica en que todos estos sistemas laterales no son

controlados ni auditados. En el artículo de Wall Street Journal *Market Watch* de 2013, se asevera que cerca del 90% de hojas electrónicas usadas contienen errores.

2.3.3. La distribución bimodal del inventario

Otra pieza de evidencia que sirve para ratificar los defectos de los sistemas de planificación convencionales tiene que ver con el rendimiento del inventario que estos usan. Consideremos la Figura 2-2, titulada *Función de pérdida de inventario de Taguchi*. El punto A, la cadena de suministro se ha vuelto tan frágil que no puede suministrar el inventario requerido. Se emiten requerimientos adicionales de reaprovisionamiento. En cambio, el sistema en el punto B tiene demasiado inventario, lo que supone efectivo inmovilizado y espacio de bodegaje ocupado, con lo que sufre el capital de operación. Esto supone un mal uso de recursos financieros.

Figura 2. *Función de pérdida de inventario de Taguchi.* De Ptak & Smith, 2016.

La parte central de la curva (en amarillo) es la zona óptima. El problema se presenta cuando el inventario se desplaza fuera de esta región. Si se dirige hacia el punto B, el retorno de capital de trabajo capturado en el inventario es cada vez menor y más lento. Lo contrario también es verdadero: conforme el inventario se encoge al salir de la zona óptima hacia el punto A, y está próximo a faltar, el flujo se obstruye debido a los faltantes.

Cuando la posición del inventario agregado es considerada en un ambiente que usa la planificación tradicional, se observa con frecuencia una distribución bimodal que puede presentarse en dos niveles diferentes:

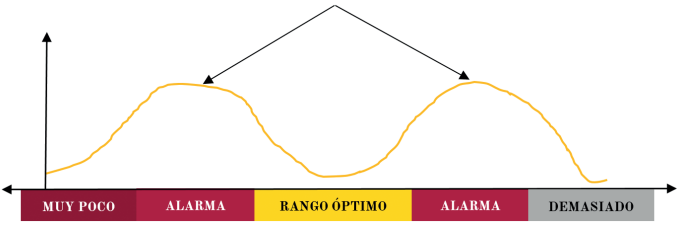


Figura 3. *Distribución bimodal del inventario.* De Ptak & Smith, 2016.

a. Una distribución modal puede ocurrir a nivel de partes únicas dentro de un periodo de tiempo, cuando la cantidad de una pieza llega a oscilar hacia atrás y hacia adelante entre las posiciones de escasez y exceso de artículos. En cada posición, el flujo es amenazado o directamente inhibido. La posición bimodal puede ser ponderada hacia uno u otro lado, pero lo que hace a una distribución bimodal es la clara separación entre los dos grupos y la falta de un número significativo de repeticiones u ocurrencias en el "rango óptimo".

b. La distribución bimodal también ocurre a través de un grupo de partes en cualquier punto en el tiempo. Muchas de ellas estarán en la posición de exceso mientras que otras piezas constarán en la ubicación de escasez. El faltante de cualquier ítem es devastador en ambientes con ensambles y componentes compartidos, porque cualquier faltante de una parte puede bloquear el despacho de productos.

La Figura 3 es una representación conceptual de una distribución bimodal que representa a un grupo de partes. En ella se aprecia que un gran número de piezas se encuentran en el rango de escasez y una porción considerable aparece simultáneamente en el rango de exceso de inventario. En la zona óptima se aprecia poca cantidad; por lo tanto, el tiempo que permanece ese inventario es corto. En efecto, la mayoría de los ítems tienden a oscilar entre los dos extremos. La oscilación está representada con una línea gruesa que conecta las dos distribuciones dispares. La oscilación puede ocurrir cada vez que se replanifica el sistema. En cualquier momento, un planificador o un comprador pueden tener muchos ítems en ambas distribuciones simultáneamente.

La distribución bimodal es común en la industria. Ochenta y ocho por ciento (88%) de compañías — de una muestra de 500 encuestadas alrededor del mundo entre 2012 y 2014 — reportaron que han experimentado este patrón bimodal de inventario. Se lo puede describir como demasiado de lo innecesario y muy poco de lo correcto en cualquier instante y demasiado en total, a lo largo del tiempo.

En la mayoría de las compañías son evidentes tres efectos principales de la distribución bimodal:

1. Altos inventarios: la distribución puede ser desproporcionada por lo cual muchos planificadores y compradores se equivocan por el lado de exceso de inventario. Esto produce un inventario de lento movimiento que se torna obsoleto con gran rapidez. Además, requerimientos adicionales de espacio de bodega, desperdicio de materiales y capacidad, y un margen menor de utilidades ya que, para deshacerse de los artículos

obsoletos o de lento movimiento es necesario las promociones y descuentos.

2.Escasez crónica y frecuente: la falta de disponibilidad de solo unos pocos artículos puede ser devastador para muchos ambientes manufactureros; especialmente aquellos que tienen operaciones de ensamblaje y materiales o componentes comunes. La ausencia de una sola parte bloqueará el ensamblaje. La carencia de materiales o componentes comunes impedirá la manufactura de todos los artículos "padre" que requieran de ese ítem común, lo cual genera una acumulación de atrasos en manufactura y en despachos con la consecuente pérdida de ventas.

3.Gastos altos debido a la distribución bimodal: este efecto tiende a ser subestimado. Comprende el dinero adicional que una organización debe gastar para compensar la distribución bimodal. Cuando el inventario es demasiado grande se necesita almacenamiento adicional. En cambio, cuando el stock es escaso, se requiere de despachos rápidos de emergencia que son más caros para acelerar la llegada del material por parte de los proveedores. Se precisa de sobretiempos para acelerar el proceso de las órdenes a través de la planta y efectuar despachos parciales a los clientes con incremento de gastos de envío.

2.4. Conclusiones: La realidad actual

El personal experimentado de Planificación y Compras sabe que, si sigue al pie de la letra las recomendaciones de los sistemas de planificación tradicionales como MRP, estará en problemas, porque los faltantes de unos productos y el exceso de otros se incrementarán, al igual que las expeditaciones. Intuitivamente, los planificadores coligen que la administración de inventarios bajo prácticas convencionales los coloca en una situación de no poder hacer bien el trabajo. Esto se debe a que el mundo cambió, pero MRP no.

Las circunstancias bajo las cuales Orlicky y su equipo desarrollaron las reglas del MRP original en 1975 son totalmente diferentes a las actuales. Los tiempos de tolerancia de los clientes se han acortado notablemente. Los clientes pueden ahora encontrar fácilmente lo que están buscando a precios asequibles y con calidad aceptable.

Irónicamente, la complejidad en la planificación ha aumentado de una manera autoimpuesta en función de los tiempos de tolerancia, que son cada vez más cortos. La mayoría de las compañías han tomado decisiones estratégicas, lo que ha im-

plicado que cada vez sea más difícil hacer negocios. La variedad de productos ha crecido dramáticamente, al igual que su complejidad. Las cadenas de suministro se han extendido por todo el mundo, impulsadas por el bajo costo de abastecimiento. La tercerización se ha incrementado. La vida del producto y los ciclos de desarrollo se han reducido.

Añadamos a todo lo anterior el incremento en requerimientos regulatorios para seguridad de los consumidores y protección medioambiental. Se tiene un escenario para planificar y reabastecer mucho más complejo que nunca. La complejidad proviene de muchas fuentes: propiedad, mercado, ingeniería, ventas, la base de reaprovisionamiento. Mientras la complejidad ha crecido, el potencial de la tecnología ha progresado y se ha acelerado.

Un resumen comparativo de los cambios en los aspectos importantes de una cadena de suministro, entre 1965 y el año 2015, se encuentra en la Figura 4, a continuación:

Figura 4. *Cambios en aspectos importantes de una cadena de suministros.* De Smith & Smith, 2014.

Circunstancia	1965	2015
Complejidad de la cadena de suministro	Baja. Las Cadenas de Suministro parecían cadenas – eran más lineales. Dominaban el panorama cadenas de suministro domésticas, verticalmente integradas.	Alta. Las Cadenas de Suministro se parecen más a "webs de suministro" y son fragmentadas y extendidas a lo largo y ancho del globo.
Ciclos de vida del producto	Largos. Frecuentemente medidos en años o décadas (Ej. Los teléfonos de disco).	Cortos. Medidos, frecuentemente, en meses (particularmente en tecnología).
Tiempos de tolerancia del cliente	Largos. Con frecuencia medidos en semanas o meses	Cortos. Frecuentemente medidos en días, con muchas situaciones que obligan a turnos de menos de 24 horas.
Complejidad del producto	Baja.	Alta. La mayoría de los productos ahora tienen sistemas y microsistemas mecánicos y eléctricos cada vez más complejos.
Personalización del producto	Baja. Pocas opciones o características personalizadas disponibles.	Alta. Mucha configuración y personalización para un cliente o tipo de cliente en particular.
Variedad del producto	Baja. Ejemplo: la pasta de dientes. En 1965 Colgate y Crest tenían un solo tipo de pasta.	Alta. ¡En 2012 Colgate ofrecía 17 tipos de pasta de dientes y Crest 42!
Largo tiempo de entrega de las piezas	Pocas. "Largo" está en relación con el tiempo que el mercado está dispuesto a esperar. Por omisión, ya que los tiempos de tolerancia del cliente fueron mayores, es lógico pensar que hubo menos partes anticipadas.	Muchas. Las actuales cadenas de suministro extendidas y fragmentadas no solo han comprado más ítems localmente sino también de regiones más remotas.
Exactitud del pronóstico	Alta. Con menos variedad, ciclos de vida más largos, y altos tiempos de tolerancia de los clientes, la precisión de los pronósticos fue casi inexistente. "Si lo fabricas, ellos lo compran".	Baja. La complejidad combinada de los ítems actuales nos lleva a la conclusión de que mejorar la exactitud de un pronóstico es una batalla perdida.
Presión por inventarios más magros	Baja. Con menos variedad y ciclos más largos, las penalidades por construir grandes inventarios se minimizaron.	Alta. Al mismo tiempo que son requeridas las operaciones para soportar escenarios de demanda y reabastecimiento mucho más complejos, se deben hacer así con menos capital de trabajo.
Fricción transaccional	Alta. El encontrar proveedores y clientes suponía realizar esfuerzos exhaustivos y costosos. Había poco que escoger. La primera experiencia de la gente con un fabricante era frecuentemente a través de un vendedor como intermediario.	Baja. La información está disponible con un clic del ratón. Las opciones son casi ilimitadas. La primera experiencia de la gente con un fabricante es con pantalla de por medio.

Capítulo 3

La importancia del flujo

Toda entidad con fines de lucro tiene como objetivo "proteger el patrimonio de los accionistas" o "hacer más dinero ahora y en el futuro", como pregona Goldratt (en Tosi, Andrade, 2003, p. 14)[11] en la Teoría de las Restricciones. Para ello, la ética y luego las políticas, reglas y herramientas, deben alinearse a ese objetivo.

Manufactura maneja una desconcertante variedad de materiales, maquinarias, productos, tecnologías y habilidades del personal que ensombrecen a la subyacente elegancia y simplicidad que tiene como proceso. La esencia de la manufactura, como eslabón de la cadena de suministro, es el flujo de materiales desde los proveedores, a través de las plantas y por los canales de distribución, hacia los clientes; y el flujo de información a todos los que necesiten conocer qué está siendo planificado y requerido; qué está sucediendo, qué ha pasado, qué está por venir y el flujo de caja.

George Plossl (miembro del equipo original de MRP) aseveró que "todos los beneficios serán relacionados directamente con la velocidad de flujo de materiales y de información" (Ptak, Smith, 2016, p. 15). Es conocida como la Primera Ley de la Manufactura[12].

La frase "todos los beneficios" abarca múltiples aspectos tales como:

- Servicio: un sistema que tiene un buen flujo de materiales y de información produce resultados confiables y consistentes, llegando a satisfacer las expectativas de los clientes, no solo en el rendimiento de una pronta entrega, sino en la calidad. Esto es de enorme importancia para industrias que tienen fechas de expiración de sus productos.

[11]Manual de Capacitación en Reposición Activada por el Mercado (RAM) y Contabilidad Gerencial ISOT Consulting Instructores Ing. Frank Tosi, Ing. Iván Andrade, 2003, pág 14.
[12]DDMRP Demand Driven Material Requirements Planning: An Intuitive Proven Planning and Execution Method for Today's Complex and Volatile Supply Chain. Ptak; Carol; Smith, Chad, 2016; Pág.15.

- Beneficios: cuando el servicio es consistentemente alto, la participación de mercado tiende a crecer, o al menos no se erosiona.

- Calidad: cuando las cosas están fluyendo bien, se cometen menos errores fruto de la confusión o la agilización de las operaciones para cumplir con los plazos.

- Inventarios: todos los inventarios, sean de materiales comprados, producto en proceso o de productos terminados, serán minimizados y su cuantía será directamente proporcional al tiempo que les toma fluir entre las diversas etapas a través del sistema productivo. Mientras menos tiempo les tome a los productos moverse a través de él, menor será la inversión total en inventario. Throughput, es la tasa con la cual el material está abandonando el sistema. El tiempo de entrega es el tiempo que le toma al producto moverse a través del sistema y producto en proceso (WIP, Work In Process), la cantidad de material existente entre ingreso y salida. Aquí puede aplicarse la Ley de Little de la Teoría de Colas mediante la cual el material que ingresa al sistema es proporcional al que egresa del mismo.

- Desperdicios (Gastos): cuando el flujo es deficiente, se requieren de actividades adicionales y gastos para cerrar la brecha. Como ejemplos tenemos: expeditaciones, tiempos extra, reprocesos, despachos cruzados y despachos parciales no planificados. La presencia de la mayoría de estas actividades es el indicativo de que tenemos un sistema global ineficiente, que drena el efectivo de la organización.

- Efectivo: cuando el flujo es maximizado, se consigue que las materias primas sean convertidas en dinero en efectivo con una tasa relativamente rápida y consistente. Esto hace que el flujo de caja sea mucho más fácil de gestionar y predecir. Adicionalmente, los gastos relacionados con expeditaciones son minimizados, evitando que se drene el capital de trabajo de la organización.

Cuando el ingreso crece, el inventario es minimizado y racionalizado y se eliminan gastos innecesarios; el Retorno Sobre la Inversión (ROI = Return On Investment) se desplaza en una dirección favorable. De esta manera, debe establecerse el principio de que las políticas y herramientas de un negocio deben construirse alrededor de la protección y promoción del flujo.

3.1. Estableciendo el flujo como base

Es difícil promover el flujo de información relevante y materiales a través del sistema cuando sus componentes no pueden relacionar sus acciones con el flujo y construyen "silos". Estos silos crean fricciones, conflictos y dificultades de comunicación entre funciones. La razón de esta situación radica en que tendemos a controlar segmentos de nuestra organización con diferentes métricas. Algunos ejemplos de Funciones, Objetivos Principales y Métricas, se observan en la Figura 5.

Las acciones que cada una de estas funciones debe realizar para alcanzar tanto sus objetivos primarios como sus métricas, casi siempre están en conflicto. Por ejemplo, ventas tiene una métrica primaria diferente a operaciones y se da el caso que, si esta última maximiza su métrica primaria, puede comprometer o poner en peligro la de ventas y viceversa. Cuando calidad maximiza su métrica departamental, operaciones puede verse afectada adversamente.

Cuando un sistema fluye adecuadamente, el servicio, los beneficios, la calidad, los inventarios, gastos y el efectivo están todos efectivamente controlados. Pero si el flujo no está visible e incorporado a las rutinas y a las métricas, está desprotegido. Si el flujo es alentado, medido y visibilizado adecuadamente, se podrán alinear todos estos objetivos con la meta de la organización de maximizar el retorno del capital accionario.

Función	Principal Objetivo	Ejemplo de métrica
Planificación	Sincronizar aprovisionamiento y demanda	Faltantes y exceso de inventario
Finanzas	Impulsar el patrimonio de los accionistas	Retorno en capital promedio
Ventas	Capturar la demanda	Libro de órdenes
Mercadeo	Crear conciencia y demanda de marca	Participación de mercado
Operaciones	Utilizar activos	Efectividad del equipo en conjunto
Calidad	Cumplir las especificaciones	Reclamos de garantía

Figura 5. *Tabla de funciones organizacionales, objetivos y métricas.* De Ptak & Smith, 2016.

Para lograr todos los beneficios descritos, debemos proteger el flujo, el cual debe ser visible y estar incorporado en la rutina y en las métricas.

Por tanto, el alineamiento de las funciones para la promoción y protección del flujo puede constituir el puente entre las

acciones locales y los beneficios globales. Además, este alineamiento mejorará significativamente la calidad y la sincronización de información relevante en el sistema.

Adicionalmente, la protección y promoción del flujo es un concepto unificador de las más connotadas disciplinas de mejoramiento continuo de procesos y sus respectivos objetivos primarios. Por ejemplo, el Dr. Eliyahu Moshe Goldratt, mentalizador de la Teoría de la Restricciones, tenía como principal objetivo el incremento de Throughput al que lo definía como "la velocidad con la cual un sistema genera dinero a través de las ventas" (Tosi, Andrade, 2003, p. 6). Este objetivo puede ser alcanzado mediante un enfoque en el flujo de todo el sistema. Posteriormente en sus escritos, Goldratt fue específico, al encontrar las interdependencias entre la Teoría de las Restricciones, el trabajo de Taiichi Ohno en TPS (Toyota Production System) y el flujo. La mayoría cree que el objetivo de TPS o cualquier sistema *lean* es eliminar el desperdicio. Pero la realidad es que, cuando las cosas fluyen bien, se obtiene como resultado menor desperdicio. Cuando se examinan detenidamente los escritos de Ohno, resulta evidente que su meta principal fue la optimización del flujo como lo describe en su publicación "River Production System for Flow". Adicionalmente, el movimiento por la calidad, liderado por el Dr. W. Edwards Deming, en sus 14 puntos confía fuertemente en el flujo.

Goldratt, Ohno o Deming no inventaron el concepto de flujo. Sus disciplinas simplemente fueron construidas fuera de los trabajos y conceptos de gigantes industriales que cambiaron la manufactura para siempre y dieron inicio a la estructura de gestión corporativa que está en auge en la actualidad. Para ellos, el concepto de flujo era simplemente sentido común. Estos grandes industriales son:

• **Frederick Winslow Taylor, Pionero de la Administración de Operaciones:** desarrolló el proceso fabril usando tiempos estándar, rutas del producto, herramientas, métodos e instructivos, así como los análisis de sistemas de costos variables y el análisis de varianza. Desarrolló y adoptó el concepto de planificación como una función fundamental del negocio.

• **Henry Ford, padre de la producción en masa:** las políticas que usó en sus producciones iniciales se basaban en el hecho de que el proceso más lento gobierna el flujo y que, cuando hay sincronización de actividades, a través de y desde esas tareas, la velocidad de todo el sistema está protegida. Ford era conocido por su determinación en eliminar los tiempos de espera.

• **F. Donaldson Brown, fundador de la Administración Contable:** cuando trabajaba en DuPont desarrolló el índice ROI DuPont, adicional al análisis de Costo-Volumen-Utilidad y presupuestos flexibles. Brown definió a la información relevante para toma de decisiones y promovió la segmentación de mercado a escala, todo lo cual fue basado en la promoción del flujo.

3.2. Información relevante y materiales

Nunca se debe confundir actividad con logro. Una empresa no debe pensar que solo con mover indiscriminadamente datos y materiales va a ser exitosa. Las organizaciones actuales frecuentemente se ahogan en océanos de datos, pero con poca información importante. Cuando esto ocurre, hay un efecto adverso en el Retorno sobre la Inversión (ROI).

El flujo de información y materiales debe ser relevante para las salidas requeridas o expectativas de mercado del sistema. Para ser relevantes, tanto la información como los materiales deben sincronizarse con los activos del negocio para producir lo que el mercado realmente demanda; ni más ni menos. Tener la información correcta es prerrequisito para tener los materiales correctos. Con esto en mente, la Primera Ley de Plossl puede ser modificada de la siguiente manera:

"Todos los beneficios estarán directamente relacionados con la velocidad de flujo de información relevante y materiales".

3.3. El Efecto Látigo

Existe gran cantidad de bibliografía acerca del "Efecto Látigo". Sin embargo, muy pocos de esos conocimientos han sido enfocados específicamente al objetivo de proteger y promover el flujo de información relevante y de materiales. El Diccionario de la APICS,(2013)[13] define el "Efecto Látigo" de la siguiente manera:

> Un cambio extremo en la posición de reaprovisionamiento aguas arriba en una cadena de suministro, generado por un pequeño cambio aguas abajo. El inventario puede transformarse rápidamente, de un stock con faltantes a tener inventario en exceso. Esta situación se produce por la

[13]APICS es acrónimo de: American Production and Inventory Control Society

naturaleza serial de la comunicación de pedidos hacia arriba de la cadena, con las demoras de transporte inherentes de los productos, desplazándose hacia abajo. El "Efecto Látigo" puede ser eliminado sincronizando la cadena de suministro (p. 19).

Esta definición claramente engloba aspectos importantes de operaciones. El Inventario puede oscilar rápidamente de la posición de pedido pendiente al de sobre-stock. Se aprecia esta situación en la Distribución Bimodal de Inventario (Ptak & Smith, 2016).

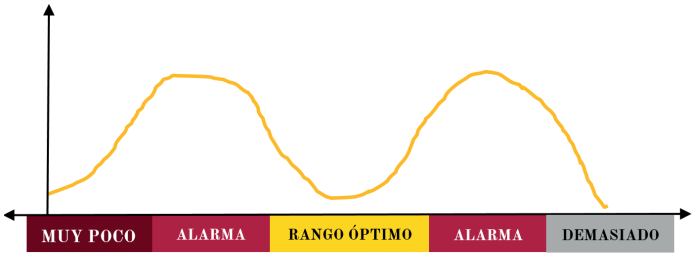


Figura 6. *Distribución Bimodal de Inventario.* De Ptak & Smith, 2016.

3.4. Desbloqueando Una Solución Mediante El Poder Del Desacople

Empleando los procesos de pensamiento de la Teoría de las Restricciones, que se basan en la lógica de causa-efecto (Si... entonces), vamos a utilizar el Árbol de Realidad Actual para encontrar el problema fundamental por el cual se produce el "Efecto Látigo".

El Árbol de Realidad Actual se lee de abajo hacia arriba y cada entidad desde la cola de la flecha (Si...) hacia la entidad de la punta de la flecha (entonces...). El árbol resume la característica nuclear o fundamental del MRP tradicional de "hacer a todas las cosas dependientes"; lo que produce distorsiones con los materiales y la información significativas.

En la base del Árbol de Realidad Actual, partimos con la entidad "MRP trata a todo como dependiente", que es el problema fundamental. Hay dos trayectorias que salen de esta entidad: la primera tiene que ver con las distorsiones de la información relevante y la segunda con distorsiones con los materiales relevantes.

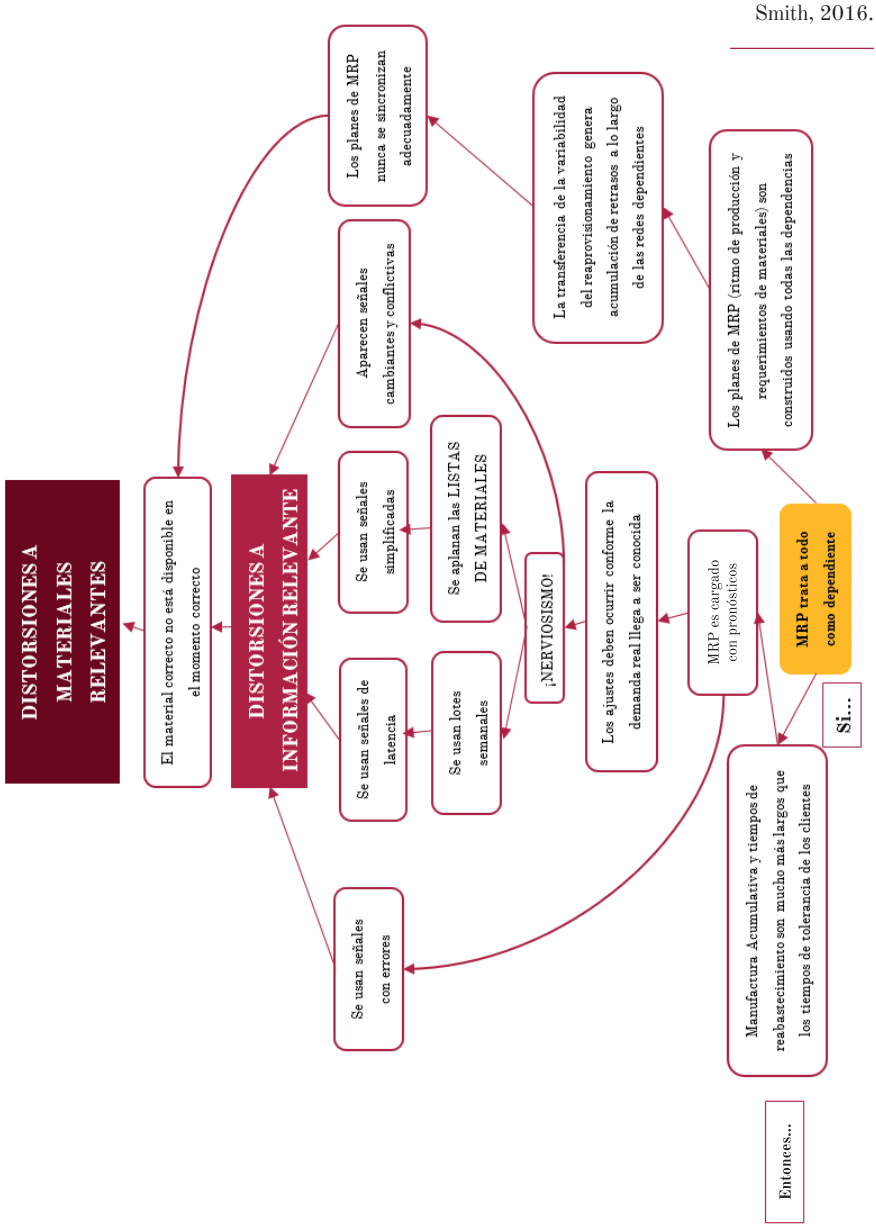
La trayectoria de información relevante nos indica que, debido a que MRP trata a todo como dependiente, los ciclos de manufactura y reaprovisionamiento se tornan demasiado largos para responder adecuadamente a la demanda real. Esta situación obliga a usar demanda pronosticada, lo que significa

que la señal inicial contiene errores por su propia naturaleza y que la indicación de demanda cambiará conforme ocurran cambios en la demanda real o en los pronósticos. Esto genera nerviosismo, lo que a su vez produce constantes cambios de criterio, y esto lleva a comportamientos distorsionantes, como el uso de períodos de planificación cortos o el achatamiento excesivo de las estructuras y listas de materiales.

Si es que la información relevante no es confiable, no tendremos los materiales relevantes que necesitamos, y aún si la información relevante no está distorsionada y la demanda es conocida y precisa es posible que "el material correcto no esté disponible en el momento correcto", debido a que el MRP tradicional "trata a todo como dependiente" (Ptak & Smith, 2016). Esta característica es también la principal culpable de la transferencia y amplificación de la variabilidad del flujo de información y materiales relevantes.

Si la transferencia y amplificación de la variabilidad en la forma de señales de distorsión de la demanda y continuidad del reaprovisionamiento son los mayores enemigos del flujo del sistema, debemos entonces diseñar cadenas de suministro capaces de paralizarlas o mitigarlas. Pero ¿cómo lo haremos? Las respuestas no pueden ser "adivina (o pronostica) mejor" o "elimina toda la variabilidad". La industria lo ha intentado por décadas, al gastar fortunas en reingeniería e implementación de softwares carísimos sin obtener resultados.

Figura 7.
El problema fundamental del "Efecto Látigo".
De Ptak & Smith, 2016.



3.5. La acción de desacoplar

La acumulación e impacto de la variabilidad del suministro y de la demanda es el enemigo mortal del flujo. La variabilidad puede ser minimizada y gestionada sistemáticamente, pero nunca eliminada. La única forma de parar el "nerviosismo" y el "Efecto Látigo" es evitando que la variación pase de uno a otro eslabón de la cadena de suministro en las dos direcciones.

Esto se logra mediante el desacople de sus vínculos.

APICS lo define como un medio para crear independencia entre reabastecimiento y uso del material. Generalmente, supone proveer inventario entre operaciones de tal manera que las fluctuaciones en la tasa de producción de la operación proveedora no restringa la producción o la tasa de uso de la siguiente operación.

El desacople desconecta una entidad de otra y aísla eventos que suceden en una entidad o parte de un sistema y previene que impacten en otras entidades o porciones de este. Rompe la conexión directa entre entidades dependientes. Su analogía sería un cortafuego o un muro de escollera en el mundo físico. Los puntos en los cuales un sistema es desacoplado son los "puntos de desacople".

APICS define los puntos de desacople como aquellos sitios en la estructura del producto o red de distribución en los que estratégicamente se coloca inventario creando independencia entre procesos o entidades. La selección de los puntos de desacople es una decisión estratégica que determina los tiempos de entrega a los clientes e inversión en inventario.

El desacople no es una idea nueva. El concepto ha estado presente por muchos años, pero nunca fue implementado en MRP, el cual fue diseñado con la intención explícita de acoplar estrechamente todo, de tal manera que sincronice el sistema total. En realidad, pueden existir ciertos niveles de acoplamiento en MRP, pero con complicaciones y en el que los costos probablemente sobrepasarán los beneficios.

3.6. *Buffers* o amortiguadores en puntos de desacople

Para que los puntos de desacople cumplan con su objetivo debe existir una protección que absorba la variabilidad de la demanda y del reabastecimiento simultáneamente. A esta protección se la conoce como "inventario de desacople", al cual APICS lo define como "la cantidad de inventario mantenido entre entidades en una red de manufactura o distribución para crear independencia entre procesos o entidades" (APICS,

2013, p. 43). El objetivo del inventario de desacople es desconectar la tasa de uso de la tasa de reaprovisionamiento del ítem.

Los amortiguadores o *buffers* de puntos de desacople son cantidades de inventario o stock diseñadas para separar demanda de reaprovisionamiento. Proporcionan paralelamente tanto la disponibilidad confiable de producto a los clientes como la agregación de las cantidades demandadas a través de las órdenes, creando una señal de reaprovisionamiento más estable, realista y eficiente a los proveedores de ese stock.

La colocación de los *buffers* de desacoplamiento tiene enormes implicaciones en los tiempos de entrega. Al desacoplar los tiempos de entrega de suministro desde el lado del consumo del *buffer*, los tiempos de entrega son comprimidos instantáneamente entre los *buffers* y el cliente. Esto tiene implicaciones inmediatas en el servicio y el inventario; ya que las oportunidades de mercado pueden ser explotadas mientras que el capital de trabajo requerido para crear amortiguadores y colocarlos en niveles más elevados de la estructura de producto puede ser minimizado.

Además, debemos tomar en cuenta que la colocación de un *buffer* en un punto de desacople dentro del horizonte de visibilidad de las órdenes de ventas permitirá al sistema utilizar exclusivamente ese input de demanda precisa y confiable. Si logramos hacer que los *buffers* o amortiguadores ubicados en los puntos de desacople coincidan con el horizonte de visibilidad de las órdenes de ventas, la variabilidad de la demanda se minimizará.

3.7. Conclusiones

El desacople tiene sentido dadas las actuales circunstancias con las que nos enfrentamos. Las cadenas de suministro se han extendido globalmente y se han vuelto más complejas y frágiles sujetas a niveles mucho más altos de variabilidad y mucho más difíciles de ser planificadas. Al romper dependencias en puntos clave, simplificamos notablemente la planificación y alcanzamos horizontes más cortos con mayor cantidad de información relevante.

El concepto de desacoplamiento tiene un aspecto irónico. Con la finalidad de promover y proteger el flujo de información relevante en un sistema, es necesario lentificar o a veces interrumpir a propósito y estratégicamente, el flujo en ciertos puntos clave. El tamaño de los *buffers* en los puntos de desacople definen la magnitud de la ralentización o la interrupción en esos puntos.

Capítulo 4

Elementos constitutivos de DDMRP

DDMRP (Demand Driven Material Requirements Planning) o "Planificación de Requerimientos de Materiales impulsada por la Demanda" no es una variante de la técnica de "fabricar para orden" todo lo que pide el mercado. Tampoco la de "colocar inventario" donde se nos ocurra o de tratar de "pronosticar mejor".

La forma de administrar la demanda real requiere de un cambio fundamental con relación a los métodos operacionales tradicionales basados en suministro y costo, llamados también "empuja y promociona", hacia métodos sustentados en la demanda real y el flujo, conocidos como "posiciona, protege y hala". La "demanda real" no significa información obtenida de algún renombrado, y de cierta forma superior, enfoque de pronóstico.

DDMRP es un método formal de planificación y ejecución de multinivel para proteger y promover el flujo de información relevante y de materiales, mediante el establecimiento y manejo de *buffers* de inventario ubicados estratégicamente en puntos de desacople.

DDMRP tiene sus fundamentos en varios métodos convencionales que se grafican a continuación:

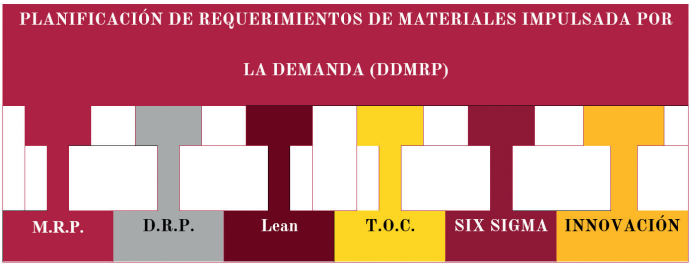


Figura 8. *Fundación metodológica de DDMRP.* De Ptak & Smith, 2016.

DDMRP combina aspectos relevantes de Planificación de Requerimientos de Materiales (MRP = Material Requirements Planning), Planificación de Requerimientos de Distribución (DRP = Distribution Requirements Planning) con los énfasis en "halar" y tener la visibilidad que poseen Lean y la Teoría de las Restricciones (TOC = Theory of Constraints) y el hincapié en la reducción de la variabilidad por parte de Six Sigma.

Pero estos métodos no se fusionan naturalmente. Existen conflictos entre Lean y MRP y entre este y la Teoría de las Restricciones. Para obtener el componente final de esta fusión, se requiere de unas cuantas innovaciones claves, propias del DDMRP.

DDMRP tiene cinco componentes secuenciales; de los cuales los tres primeros definen la configuración inicial y evolucionada de un modelo de "Planificación de Requerimientos de Materiales impulsada por la Demanda":

• En primer término, el posicionamiento estratégico del inventario que determinará dónde se colocan los puntos de desacople.

• Luego, los perfiles y niveles de *buffers* definirán el monto de protección que tendrán los puntos de desacople.

•En tercer término, mediante Ajustes Dinámicos, se subirán o bajarán los niveles de protección, basándose en parámetros operativos, cambios en las preferencias del mercado y eventos planificados o conocidos.

•El cuarto y quinto elementos definen los aspectos operacionales reales del sistema: Planificación y Ejecución. En DDMRP la planificación impulsada por la demanda es el proceso por el cual se generan las órdenes de compra, manufactura y transferencia de stock. La Ejecución visible y colaborativa es el proceso por el cual el sistema administra las órdenes abiertas de reaprovisionamiento.

Planificación de requerimientos de materiales impulsada por la demanda				
Posicionamiento estratégico del inventario	Perfiles y niveles de *buffers*	Ajustes dinámicos	Planificación impulsada por la demanda	Ejecución visible y colaborativa
POSICIONAR	**PROTEGER**		**HALAR**	
1 →	2 →	3 →	4 →	5

Figura 9. *Los cinco componentes de DDMRP.* De Ptak & Smith, 2016.

DDMRP está en el corazón del Modelo Operativo Impulsado por la Demanda, que se esquematiza en la Figura 10. Sus creadores Carol Ptak y Chad Smith lo definen de esta manera:

El Modelo Operativo Impulsado por la Demanda es un generador de órdenes de reaprovisionamiento, programación operacional y modelo de ejecución, utilizando la demanda real en combinación con el desacoplamiento estratégico y puntos de control, *buffers* o amortiguadores de materiales y piezas, tiempo y capacidad con la finalidad de crear un sistema predecible y ágil que promocione y proteja el flujo de información relevante y materiales dentro del rango táctico operativo relevante (horario, diario, semanal). Los parámetros clave de un Modelo Operativo Impulsado por la Demanda se establecen a través del proceso de Ventas y Planificación de Operaciones impulsadas por la Demanda, para cumplir con los objetivos comerciales y de mercado establecidos, minimizando el uso de capital de trabajo y agilizando los gastos relacionados (Ptak & Smith, 2016, p.53).

El modelo que se enfatiza en DDMRP se expresa en el siguiente modelo:

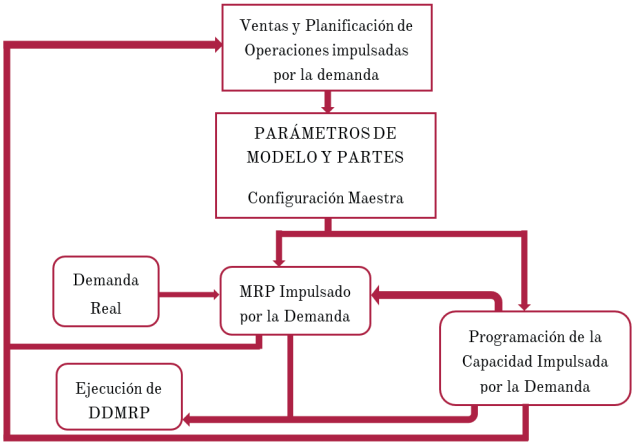


Figura 10. *Esquema del modelo operativo impulsado por la demanda.* De Ptak & Smith, 2016.

Capítulo 5

Buffers o amortiguadores y variabilidad

5.1. Un utópico mundo perfecto

Supongamos un flujo de valor perfecto. En él se manufactura un producto único y de calidad ideal que nunca, hasta hoy, se había logrado fabricar. Aparece en ese momento un cliente que dice: "Por fin lo encuentro. Esto es exactamente lo que quiero" paga por el producto y se va. Esta es la situación perfecta: el cliente no tiene que esperar y, no hay inventario. Si la operación pudiese operar de modo que la capacidad estuviera allí solo cuando fuera necesaria, tanto la mano de obra como las máquinas operarían con una eficiencia del 100 por ciento. En este mundo perfecto, el servicio al cliente es 100 por ciento, no se requieren existencias (cero productos terminados y materia prima cero porque aparecen exactamente cuando se necesitan), y nunca hay retrasos. Este es un ejemplo de clientes perfectos (demanda) y transformación perfecta. En este mundo perfecto, las ganancias son tan altas como pueden ser, porque los costos son mínimos y se satisface toda la demanda (Pound et al., 2014).

5.2. El mundo real, variabilidad y *buffers* o amortiguadores[14]

Desafortunadamente, este mundo perfecto no existe. Los clientes no siempre proceden correctamente. Muchas veces ni siquiera aparecen cuando dicen que van a llegar y a veces no nos dicen nada sobre cuándo van a aparecer. Simplemente lo hacen, ¡y esperan que el producto esté listo! Pero la planta, o un proveedor, también es fuente de imperfección. Ellos pueden entregar una parte a tiempo o no. Los técnicos de servicio podrían estar disponibles cuando se los necesite o no. La calidad de una pieza o servicio podría ser calificada de "conforme" o "no conforme". Los gerentes se manejan en el mundo real,

[14]FACTORY PHYSICS FOR MANAGERS: How Leaders Improve Performance in a Post-Lean, Six Sigma World; Pound Edward S., Bell Jeffrey H., Spearman Mark L. 2014. Pág. 53

imperfecto y una característica importante de este entorno es la Variabilidad.

"Variabilidad" es cualquier cosa que se aleje del comportamiento regular y predecible. La variabilidad proporciona tanto problemas como oportunidades al intentar sincronizar la demanda y la transformación ya que estas no pueden sincronizarse perfectamente en presencia de variabilidad. Al intentar sincronizar la demanda y la transformación en presencia de variabilidad, se requieren de *buffers* o amortiguadores.

Un *buffer* es un recurso en exceso que corrige el mal alineamiento entre la demanda y la transformación. Los *buffers* son como los amortiguadores de los vehículos. En lugar de reducir los baches en el camino por el que se desplaza un automóvil, usamos los amortiguadores que reducen o minimizan el efecto de la variabilidad, al tratar de sincronizar la demanda con la transformación. Por ejemplo, si un gerente decide mantener 200 piezas de inventario de productos terminados (un tipo de *buffer* de inventario) aunque la demanda promedio es de solo 10 unidades por mes, un aumento muy alto y variable en la demanda, por ejemplo, un pedido de 100 unidades puede ser manejado con facilidad. ¿Tiene sentido tener 200 unidades de inventario, a pesar de que la demanda promedio es de 10 por mes? Esta es una política que la gerencia debe decidir.

Lo bien que un gerente entienda las relaciones entre los *buffers* y sus efectos sobre el desempeño del negocio, contribuirán en gran medida a determinar el éxito que tendrá como líder. Curiosamente, los gerentes se verán forzados a usar alguna combinación de amortiguadores para sincronizar la demanda y la transformación, les guste o no. A pesar de la difusión de lograr cero inventarios, producir para demanda, justo a tiempo, personalización en masa, y el deseo de llegar a ser empresas *lean*, la realidad es que los administradores necesitan usar amortiguadores. Los *buffers* no constituyen una nueva tendencia atractiva, sino que son un hecho de la vida. Algunos administradores consideran que los amortiguadores son males necesarios; que tenemos que vivir con ellos, pero es mejor evitarlos el mayor tiempo posible. Lo recomendable es que los gerentes lleguen a emplear la combinación correcta de amortiguadores con el dimensionamiento óptimo de cada uno de ellos para alcanzar las metas financieras y de mercadeo.

5.3 Tipos de *buffers* o amortiguadores

La gestión de *buffers* tiene implicaciones importantes para los gerentes que intentan alcanzar los objetivos propuestos del negocio. Existen solo tres tipos de *buffers* para sincronizar la transformación y la demanda. Los *buffers* no son lo mismo que desperdicio; al contrario, son protecciones del sistema. Los tres tipos de *buffers* son los siguientes:

1. Inventario: Material extra en el proceso de transformación o entre este y el proceso de demanda.
2. Tiempo: Cualquier demora entre una demanda y su satisfacción por el proceso de transformación.
3. Capacidad: Se necesita un potencial de transformación adicional para satisfacer las tasas de demanda irregulares o impredecibles (Pound et al.; 2014).

En las entidades de servicio, como en las salas de emergencia de los hospitales, no se proporcionan artículos que puedan almacenarse físicamente. Allí existen dos tipos de amortiguadores: tiempo y capacidad. Obviamente, hay artículos del inventario físico, como vendas y medicamentos, pero el producto final es la recuperación de la salud, que no puede ser inventariado.

Como ejemplos de usos de *buffers* se puede citar el poseer stock de seguridad "por si acaso", para cuando las máquinas se apagan, trabajar horas extras o subcontratar para satisfacer un aumento en la demanda, agregando así un "colchón" en el tiempo de entrega para asegurarse de que una pieza sea terminada a tiempo. Los *buffers*, a veces, se pueden intercambiar. Por ejemplo, podemos eliminar el *buffer* de tiempo de entrega fabricando para stock y usando productos terminados como *buffer* de inventario. El secreto es conocer la combinación más económica de amortiguadores para una situación dada (Pound et al.; 2014).

Los programas de mejora continúan en boga, abordan la presencia de los amortiguadores de diferentes maneras y, generalmente, de uno en uno. El control del tambor en la aplicación para Producción, conocida como Tambor-Amortiguador-Cuerda (DBR = Drum-*Buffer*-Rope) de la Teoría de las Restricciones (TOC), es uno de los métodos para controlar los *buffers*. Las siete formas de desperdicio de Toyota se pueden reducir a uno de los tres amortiguadores. Muchos defensores, "Lean" inconscientemente, reducen el rendimiento y la rentabilidad de sus sistemas al centrarse fanáticamente en reducir el tiempo del ciclo. La metodología Six Sigma de Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar (DMAIC), se enfoca en

las causas de la variabilidad, lo que aumenta la necesidad de *buffers*, pero no ofrece sugerencia alguna sobre cuál podría ser la mejor combinación de ellos (Pound et al.; 2014).

El diseño, la implementación y el control de la mejor combinación de amortiguadores en presencia de la variabilidad, constituyen una tarea principal e ineludible para lograr una gestión exitosa. Se necesitarán uno o más *buffers* para sincronizar la demanda y la transformación frente a la variabilidad. Si no se hace nada acerca de la variabilidad, al minimizar, restringir o ignorar el uso de un *buffer*, se forzará a utilizar cantidades mayores de uno o dos de los otros buffers. Es el inevitable camino de la Naturaleza.

Por lo general, los ejecutivos no desean invertir en un *buffer* de mayor capacidad porque esta —(es decir, más máquinas, más personas, horas extra, tercerización) — tiende a ser costosa. Al mismo tiempo, siempre parece haber un impulso para reducir el inventario, por lo que el stock se acorta, a menudo sin una idea clara de los efectos de una menor disponibilidad de artículos. ¿El resultado? El tiempo se convierte en el *buffer* predeterminado. En otras palabras, los pedidos se envían tarde y los clientes se ven obligados a esperar. Probablemente, este no sea el mejor uso de los *buffers* de una compañía. Como sucede en el mundo real, algo o alguien siempre está esperando.

5.4. Variabilidad: Enemiga número uno del flujo

Si el tiempo es la última restricción y la promoción del flujo es la mejor forma de manejarlo, entonces necesitamos entender que aquello que con mayor frecuencia impide nuestra capacidad de promover el flujo es la Variabilidad. La Ley de la Variabilidad establece que "mientras mayor variabilidad exista en un proceso, este será menos productivo".

Ampliando la ley de variabilidad del sistema: "mientras mayor variabilidad pasa entre áreas discretas, pasos o procesos en un sistema, menos productivo será el sistema. Mientras más áreas, pasos o procesos y conexiones existan en un sistema, más erosivo será para la productividad.

A esto, en cadena de suministro se lo llama "Efecto Látigo": un cambio extremo en el reaprovisionamiento aguas arriba generado por un pequeño cambio en la demanda aguas abajo. Se lo elimina sincronizando el sistema.

Si examinamos detenidamente el Árbol de Realidad Actual, en el que se analiza el efecto látigo (Fig. 7 El problema fundamental del "Efecto Látigo") comprobamos que el "Ner-

viosismo" es característico en un sistema MRP o ERP cuando cambios menores en los registros de los niveles más altos (padre, subconjunto) en el Plan Maestro de Producción (MPS; Master Production Schedule) causan cambios notorios en la sincronización o en la cadencia en niveles más bajos (piezas, materias primas). Adicionalmente está directamente relacionado con el número de conexiones y niveles de una estructura y también con la mayor fortaleza o mayor debilidad del MRP que hace que todo sea dependiente, a excepción del producto terminado, que deriva de la demanda externa.

5.4.1. Tipos de variabilidad externa

5.4.1.1. Variabilidad de la demanda

Caracterizada por fluctuaciones y desviaciones experimentadas por patrones de demanda y planificaciones.

5.4.1.2. Variabilidad en el suministro

Se produce por interrupciones en la red de suministro por desviaciones en las fechas requeridas. Esta variabilidad ha crecido por la presencia de proveedores más remotos en el mercado.

5.4.2. Tipos de variabilidad interna

5.4.2.1. Variabilidad operacional o "Murphy"

El Dr. W. Edwards Deming lo llamaba "causa de variación común". Es la variación normal y aleatoria de un sistema en estado estable.

5.4.2.2. Variabilidad gerencial o administrativa

Es la variabilidad creada por el recurso humano que hace las políticas y las maneja. Es una variabilidad asignable.

5.5 Algo o alguien siempre está esperando

Una forma de considerar cómo las interacciones de *buffers* trabajan entre sí es pensar que en la presencia de Variabilidad alguien o algo está siempre esperando. El diseño del conjunto de *buffers* se facilita contestando las preguntas: quién o qué está esperando.

Entre las decisiones estratégicas para los administradores está la de determinar la cantidad de recursos a disponer, sabiendo que algunos de ellos estarán inactivos en un momento dado. Una vez que los recursos han sido ubicados, los responsables toman decisiones tácticas acerca de la forma de minimizar el tiempo de espera mientras se despachan productos o servicios tan cercanamente sincronizados a la demanda, como sea posible:

- Cuando hay variabilidad, las máquinas esperan por partes o las partes por máquinas o ambas cosas.

• Las piezas que esperan por máquinas añaden al tiempo de ciclo, el *buffer* de tiempo.

• Las máquinas que esperan por piezas disminuyen su utilización, el *buffer* de capacidad

- Cuando existe variabilidad, los clientes esperan por partes o las partes esperan por clientes o ambas cosas.

• Los clientes que esperan por partes representan el *buffer* de tiempo.

• Las partes esperando por clientes, representan el *buffer* de inventario.

Los administradores casi siempre usan una combinación de *buffers*. Aun cuando las piezas están esperando por máquinas, hay instancias en las que las máquinas están ociosas. Esta es la forma cómo se comportan los sistemas aleatorios. De la misma manera, aun cuando el inventario está casi siempre disponible, habrá veces en las que faltará y los clientes deben esperar.

Un grave error que los gerentes cometen comúnmente (por ignorancia) es el de tratar de forzar la utilización de capacidad de tal manera que máquinas y personal siempre estén ocupados. La mayoría de los gerentes se ponen nerviosos cuando los empleados no están trabajando o las máquinas están ociosas. Pero, si personal y maquinaria no están esperando, entonces las piezas y/o los clientes lo estarán. Esto es especialmente agudo en los ambientes de talleres con bajo volumen y alta mezcla, pero pueden ser dirigidos racional y rentablemente.

Toyota usa *buffers* de capacidad de manera liberal. Todavía existen, de algún modo, gerentes de producción y cadena de suministros que ven cualquier cosa con utilización menor a 100% como una falta de esfuerzo. Para este comportamiento influye poderosamente el uso del modelo de costo estándar para la toma de decisiones en operaciones y cadena de suministro, a pesar de que aquel modelo no refleja el comportamiento natural del negocio. Ventajosamente, existen gerentes que tratan de encontrar la cantidad de inventario disponible

correcto que deben tener, no piensan solo en reducir el inventario. El aumentar inventario realmente tiene sentido si proporciona mejor servicio y, por lo tanto, consigue ganancias adicionales. Los mismos conceptos sirven para aspectos relacionados con la capacidad. La pregunta es: "¿Cuál es el nivel de utilización para que la compañía maximice sus utilidades?".

¿Por qué se presenta toda esta espera? Analicemos la tabla de la Figura 11.

Antes de la fecha de vencimiento	Luego de la fecha de vencimiento	Muy poca producción	Demasiada producción
*La demanda es desconocida, pero se requiere respuesta rápida.	*Al cliente se le prometió entregar antes de la fecha de vencimiento.	*La capacidad restringida no puede satisfacer toda la demanda. *Desperdicio o reprocesos	* Se mantiene a los recursos, máquinas y/o personal ocupados produciendo mayor cantidad que la demandada.
*La demanda es conocida, pero cae luego de que la producción o el servicio se inicia.	* La falta de capacidad suficiente genera demoras. *Desperdicio o reprocesos	*Políticas erradas para la toma de decisiones, tamaños de lotes incorrectos	* Políticas erradas para la toma de decisiones, tamaños de lotes incorrectos
* Se quiere mantener las máquinas trabajando, para producir mayor cantidad que la demandada.	* Solicitudes de cambio en órdenes del cliente mientras está en proceso la producción o el servicio	* Flujo unitario de partes, deficiente control de producto en proceso	* Limites mínimos de tamaños de lotes * Control deficiente, calibraciones incorrectas

Figura 11. *Tabla de causas para un rendimiento de la producción menor que el deseado.* De Pound et al., 2014.

Capítulo 6

Primer componente de DDMRP ¿Dónde colocar los amortiguadores?

El primer componente de "Planificación de Requerimientos de Materiales Impulsada por la Demanda" (DDMRP), es la determinación de los puntos de desacople, o sea la designación de los lugares en los que deben ser colocados los *buffers* o amortiguadores. Este componente resulta ser la piedra angular del modelo DDMRP (Ptak & Smith, 2016).

6.1 Ubicación estratégica del inventario

Simplificando, la tarea diaria de los responsables de Compras y Planificación es contestarse permanentemente a dos preguntas: ¿Cuánto? y ¿Cuándo?

Para contestar a la pregunta de la cantidad que se necesita, planificadores y compradores están constantemente validando y verificando cuánto están requiriendo realmente de aquello que los sistemas de planificación les informan. ¡No hay mucha confianza! Se debe a la serie de cambios de respuestas —algunas erradas—causadas por el "Nerviosismo" y el "Efecto Látigo" que impactan en el ambiente. El cuándo es simplemente un asunto de sincronización.

Los planificadores y compradores están siempre recordando la forma en la que respondieron en el pasado a estas preguntas y por qué razón las cosas no están disponibles a tiempo y en las cantidades necesarias. Por ello su objetivo diario degenera en, simplemente, estar menos equivocados. Tal vez toda su actividad y la serie de respuestas permanentemente insatisfactorias no están relacionadas con las preguntas de cuánto y cuándo. Tal vez se deba a nuestra incapacidad para hacer una pregunta más profunda que resulte ser la causa del problema y la podamos satisfacer.

Pero, como analizamos en el capítulo anterior, debemos reconocer que la clave para contestar las preguntas, proteger y promover el flujo de información relevante están en la necesidad de usar puntos de desacople. El desacoplamiento permite obtener beneficios en los dos sentidos – mitigar la distorsión de la señal de demanda (información relevante) y la variabili-

dad en la continuidad del suministro (materiales relevantes), inherente en el "Efecto Látigo". Por ello, planteamos la pregunta: ¿dónde debo ubicar estos puntos de desacople dentro de una Cadena de Suministro para maximizar su efectividad?

6.2 Factores a considerar para ubicar adecuadamente los puntos de desacople

La selección de la ubicación de los puntos de desacople y la dimensión de los *buffers* o amortiguadores es el primer componente del modelo y se llega a constituir en la piedra angular del DDMRP. Esta es una decisión estratégica que impacta en el rendimiento de la red de reaprovisionamiento y demanda en muchos aspectos importantes del sistema: servicio, capital de trabajo, gastos relacionados, flujo de caja y, en última instancia, retorno de la inversión.

Los seis factores clave son los siguientes:

1. Tiempo de Tolerancia Del Cliente
2. Tiempo de entrega potencial al mercado
3. Horizonte de visibilidad de las órdenes de ventas
4. Variabilidad externa
5. Apalancamiento de inventario y flexibilidad
6. Protección de operaciones criticas

6.2.1. Tiempo de tolerancia del cliente

Es el tiempo que el cliente típico está dispuesto a esperar, antes de buscar una fuente alternativa. También se lo conoce como tiempo de entrega de la demanda. Para determinar este tiempo de entrega, se precisa del involucramiento de los departamentos de Ventas y de Servicio al Cliente.

6.2.2. Tiempo de entrega potencial al mercado

Este tiempo de entrega permite un incremento de precio, o la captura de mayor participación de mercado a través de canales existentes o nuevos. Para determinar este plazo de entrega se requiere el involucramiento de los departamentos de Ventas y Servicio al Cliente. Hay que tomar en cuenta que existen diversas estratificaciones de tiempo de entrega en el mercado potencial. Por ejemplo, una reducción de una semana en tiempo de entrega puede resultar en un incremento de órdenes, mientras que una reducción de dos semanas en tiempo de entrega produciría un incremento en número de órdenes y además un incremento potencial en el precio de algunas de

ellas. Segmentando adecuadamente el mercado, se maximizarán los ingresos potenciales para la compañía y se proporcionará un excelente control del crecimiento de ingresos.

6.2.3. Horizonte de visibilidad de las órdenes de ventas

El horizonte de visibilidad de las órdenes de ventas es el período de tiempo dentro del cual tomamos en cuenta a estas o a la demanda dependiente real. En situaciones de ventas al detal, los clientes no colocan órdenes de compra antes de ir al local a cerrar la transacción. Así, el horizonte de visibilidad de las órdenes de venta en esta situación no existe. En la mayoría de los escenarios de manufactura; sin embargo, hay órdenes de ventas comunicadas por adelantado a la fecha esperada de recepción del pedido. Mientras mayor sea la visibilidad de las órdenes de venta, mayor será la capacidad de ver los picos potenciales y derivar señales relevantes de información de la demanda.

6.2.4. Variabilidad externa

Como variabilidad externa, se consideran tanto la producida por la demanda como por el reaprovisionamiento.

6.2.4.1. Tasa variable de demanda:

Se refiere a los picos y oscilaciones potenciales de la demanda que pueden sobrecargar los recursos (capacidad, stock, efectivo, etc.). Esta variabilidad o incertidumbre puede ser calculada mediante la desviación estándar, la desviación absoluta media o la varianza de los errores pronosticados. También puede ser determinada heurísticamente por personal experimentado de planificación. Si no existen los datos requeridos para los cálculos matemáticos, se pueden utilizar los siguientes criterios:

- Variabilidad por alta demanda: piezas y productos sujetos a frecuentes picos dentro del tiempo de tolerancia del cliente.
- Variabilidad por demanda media: piezas y productos sujetos a picos ocasionales dentro del tiempo de tolerancia del cliente.
- Variabilidad por demanda baja: piezas y productos sujetos a picos pequeños o que no se presentan. Por tanto, la demanda es estable dentro del tiempo de tolerancia del cliente.

6.2.4.2. Tasa variable de reabastecimiento:

Mide el alcance negativo y la gravedad potencial de las interrupciones en las fuentes de suministro de proveedores específicos. Se lo puede definir también como la variabilidad de la continuidad de la reposición. Se calcula examinando las varianzas de las fechas prometidas con relación a las fechas de entrega reales.

Si no existen los datos requeridos para los cálculos matemáticos, se pueden utilizar los siguientes criterios:

- Variabilidad por alto reabastecimiento: frecuentes interrupciones en reposición.
- Variabilidad por reabastecimiento medio: interrupciones ocasionales en reposición.
- Variabilidad por bajo reabastecimiento: reposición confiable.

6.2.5. Apalancamiento de inventario y flexibilidad

Hay lugares en la lista de materiales y estructura del producto integradas o en la red de distribución que proporcionan la mejor posibilidad de comprimir el tiempo de entrega para cumplir con las necesidades del negocio. En manufactura, estos sitios están representados por materiales comprados clave subensambles, y componentes intermedios. Esto llega a ser más crítico en ambientes con complejas listas de materiales de varios niveles que además tienen materiales y componentes compartidos.

6.2.6. Protección de operaciones críticas

De manera similar a la forma en la que la variabilidad puede impactar en las listas de materiales, también para las rutas del producto más largas y complejas y cadenas de eventos dependientes (incluyendo transferencia entre plantas), es muy importante proteger sus áreas claves. Estos tipos de operación comprenden áreas en las que existe capacidad limitada (cuellos de botella o restricciones), o donde la calidad pueda verse comprometida o la variabilidad tienda a ser acumulada o amplificada. En *lean*, estas áreas son conocidas como *pacesetters*, mientras que en la Teoría de las Restricciones se los conoce como tambores. Sin importar la metodología en manufactura u operaciones que una empresa utilice, estos recursos representan puntos de control que tienen un enorme impacto en el flujo total o velocidad que una planta, recurso o área puede mantener o lograr.

Los seis factores analizados deben ser aplicados sistemáticamente en la lista de materiales, rutas, instalaciones de producción y en la red aprovisionamiento-demanda con el fin de determinar las mejores posiciones de desacople para artículos comprados, fabricados y terminados (incluyendo partes de servicio) y, de esta manera, proteger y promocionar el flujo de información relevante y optimizar el retorno sobre la inversión.

1.Tiempo de tolerancia del cliente	La cantidad de tiempo potencial que los clientes piensan esperar hasta recibir el bien o el servicio.
2. Tiempo de espera potencial a Mercadeo	El tiempo de espera que permitirá un incremento de precio o la captura de negocios adicionales ya sea a través de canales de clientes existentes o nuevos.
3. Variabilidad de la demanda	El potencial de oscilaciones y picos en la demanda que podrían desbordar los recursos (capacidad, stock, efectivo, etc.)
4. Variabilidad del suministro	El potencial para interrupciones severas en fuentes de suministro y/o proveedores específicos. Puede ser también referido como variabilidad continuada de suministro.
5. Apalancamiento de inventario y flexibilidad	Los sitios de las estructuras del producto integradas o la red de distribución que dejan a la organización con las opciones más disponibles, así como la posibilidad de la más alta compresión del tiempo de entrega para cumplir con las necesidades del negocio.
6. Protección de operaciones críticas	La minimización de interrupciones transferidas a los puntos de control, "*pacesetters*" o tambores.

Figura 12. *Tabla de factores para posicionamiento de los puntos de desacople.* De Smith & Smith, 2014.

6.3. Ejemplo de aplicación de los factores o criterios de posicionamiento

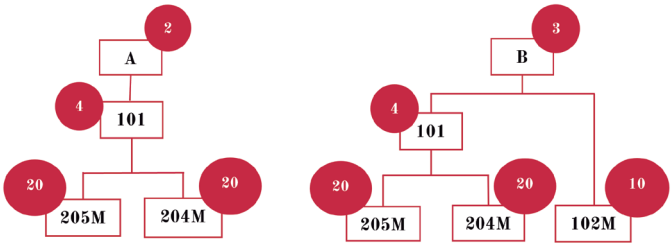


Figura 13. *Estructuras de producto para artículos terminados "A" y "B".* (Ejemplo elaborado por el autor).

Apliquemos los seis factores a las dos estructuras de producto "A" y "B" que constan en la Figura 6.3. Los números dentro de círculos representan los tiempos de entrega de compra o fabricación en días, para cada componente. En los rectángulos, los códigos terminados en "M" son materias primas. Los números significan subconjuntos y las letras mayúsculas, los productos terminados "A" y "B".

Para cada elemento existen tres tiempos de entrega relevantes definidos en el Diccionario de APICS de la siguiente manera:

6.3.1. Tiempo de entrega de manufactura:

Es el tiempo total necesario para fabricar un artículo excluyendo el tiempo de espera de compras de nivel inferior.

Para productos fabricados para orden, su duración consiste en el tiempo transcurrido entre la liberación de una orden al proceso de producción y el despacho al cliente final.

Para órdenes fabricadas para stock, es la longitud de tiempo entre la liberación de una orden al proceso de producción y su recepción en inventario. Se incluyen los tiempos de preparación, tiempos de cola, puesta a punto, tiempos de proceso, traslados, inspecciones, y guardado del producto.

6.3.2. Tiempo de entrega acumulativo:

Es la mayor duración planificada para llevar a cabo la actividad en cuestión. Se lo encuentra revisando el tiempo de entrega para cada trayectoria de la lista de materiales inferior a ese ítem; la trayectoria de mayor duración define este valor.

6.3.3. Tiempo de entrega de compras:

Es el tiempo de entrega total requerido para adquirir un artículo. Se incluye el tiempo de preparación y liberación de la orden; tiempo de entrega del proveedor, transporte y recepción, inspección y guardado de la compra.

De lo definido tenemos que, para el producto terminado "A", el tiempo de entrega de manufactura es de dos días y el tiempo de entrega acumulativo es de 26 días (20 días de compra + 4 días de manufactura del ítem "101" + 2 días de producción de "A"). En el caso del producto terminado "B" el tiempo de entrega de manufactura es 3 días y el tiempo de entrega acumulativo es de 27 días (20 días de compra + 4 días de manufactura del ítem "101" + 3 días de producción de "B").

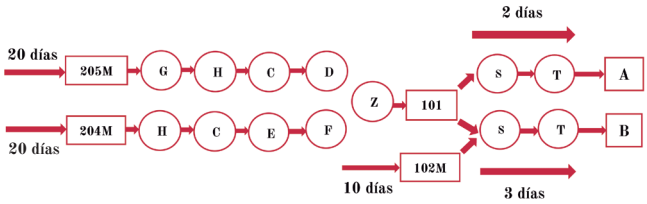


Figura 14. *Estructuras y rutas combinadas para los productos "A" y "B".* (Ejemplo elaborado por el autor).

Para aplicar los seis factores adecuadamente, necesitamos información adicional de los productos. En la Figura 6.4., se muestran las Estructuras y Rutas de "A" y "B" combinadas. APICS (2013) define a una ruta como "la información que detalla el método de manufactura de un ítem en particular. Se incluyen las operaciones a ser ejecutadas, su secuencia, los centros de trabajo involucrados y los tiempos estándar para puesta a punto y proceso" (p. 50). Unidas las Rutas y las Estructuras, se pinta un cuadro relativamente completo de los elementos que se deben considerar en este escenario.

Una vez que la materia prima 205M ingresa a planta al proceso de manufactura, fluye a través de los recursos G-H-C-D y, combinado con un artículo semiprocesado a partir de 204M que ha recorrido a través de los recursos H-C-E-F, llega a la operación de ensamble en Z donde se produce el subconjunto 101. Este proceso de conversión (de 204M y 205M a 101), asumiendo actividad concurrente en los recursos a través de sus rutas, tiene una duración promedio de 4 días como tiempo de entrega.

Toda operación de ensamble como "Z" es un punto de convergencia, un lugar en el cual las ramas de las rutas se juntan. En estos puntos de integración ocurren las mayores tardanzas, debido a que se requiere de todos los componentes para realizar la operación de ensamble. "Z" requiere de un 204M procesado en F y un 205M procesado en D, al mismo tiempo y en la cantidad determinada. Este hecho convierte a Z en un recurso a proteger en todo lo posible, porque es una operación crítica.

El subconjunto 101 es un punto de divergencia, porque este ítem puede tomar diferentes trayectorias para fabricar varios artículos terminados. En estos sitios, la decisión tomada no puede ser reversada. En el presente ejemplo, el ítem 101 es procesado por los recursos S y T para convertirlos en productos terminados, ya sea en "A" o combinándolo con 102M en "B". La fabricación de "A" toma 2 días, y la de "B" – un poco más complicada – 3 días. Estos son los tiempos de entrega de "A" y "B".

Supongamos que, analizando con Ventas y Servicio al Cliente, conocemos que el tiempo de tolerancia del cliente es de tres días para los dos productos. "B" tiene menores volúmenes, debido a que es un artículo de alta gama, pero el mercado exige que tenga el mismo tiempo de entrega que "A", que es de menor complejidad. Adicionalmente, Ventas ha indicado que hay frecuentes oportunidades para que "A" realice negocios de giro rápido. Los clientes no están dispuestos a pagar más por los artículos, pero el volumen debería incrementarse para poder ofrecer la entrega el mismo día. Finalmente, con la excepción de los pedidos de giro rápido, la compañía recibe órdenes para ambos productos con al menos tres días de anticipación. Ocasionalmente hay grandes órdenes, pero éstas tienen al menos dos semanas de visibilidad.

Chequeando con Compras, descubrimos que los proveedores de 204M y 205M tienen una confiabilidad aceptable, pero el proveedor de 102M es famoso por sus envíos tardíos y a veces con problemas de calidad.

La tabla siguiente resume la información de los criterios de posicionamiento para este ejemplo:

Criterios para ubicación de puntos de desacople	Datos del ejemplo
Tiempo de tolerancia del cliente	3 días para "A" y "B".
Tiempo de entrega potencial del mercado	"A" tiene mercado disponible para negocios de giro rápido (1 día).
Horizonte de visibilidad de las órdenes de ventas	Más de 3 días para la mayoría de las órdenes.
Variabilidad externa	**Demanda:** de grandes órdenes, se conocen bien, por anticipado. **Reaprovisionamiento:** 204M y 205M tienen confiabilidad aceptable. El proveedor de 102M tiene entregas tardías y problemas de calidad.
Apalancamiento y flexibilidad del inventario	101 es un subconjunto común para "A" y "B".
Protección de operaciones críticas	El recurso Z es una operación de ensamblaje que requiere que ambas trayectorias de las rutas estén concluidas para comenzar su operación.

Figura 15. *Tabla de datos del ejemplo de aplicación.* (Ejemplo elaborado por el autor).

6.4. Análisis de los seis factores clave de posicionamiento en el ejemplo

Basados en los datos del ejemplo, encontramos los seis factores clave de posicionamiento:

6.4.1. Tiempo de tolerancia del cliente:

3 días, es un requerimiento a tomar en consideración para desacoplar en el nivel del producto terminado o en el de los ítems 101 o 102M. Hacer algo menos supondrá fabricar el producto usando algún tipo de pronóstico e incurrir en los efectos negativos que las previsiones generan.

6.4.2. Tiempo de entrega potencial al mercado:

La oportunidad para "A" de realizar con frecuencia negocios de giro rápido, sugiere que se ejecute el desacople y se genere inventario de producto terminado. Con estas políticas, el volumen adicional de clientes proporcionará un crecimiento de ventas y rentabilidad.

6.4.3. Horizonte de visibilidad de las órdenes de ventas:

Desacoplando los productos terminados en los niveles de 101 o 102M, permitirá al sistema adaptarse a las órdenes de venta reales. Esta es la demanda más importante que asegura el alineamiento de los recursos a los requerimientos existentes.

6.4.4. Variabilidad externa:

La variabilidad de la demanda no parece ser un gran problema, ya que las órdenes grandes son conocidas previamente. La variabilidad en el reaprovisionamiento es importante para el ítem 102M, por lo que se debe crear un stock de respaldo.

6.4.5. Apalancamiento de inventario y flexibilidad:

Desacoplando y creando un stock en 101, se permitiría que los componentes comunes fluyan hasta fabricar los productos terminados de acuerdo con los requerimientos.

6.4.6. Protección de operaciones críticas:

Sabemos que los proveedores de 204M y 205M son confiables; por lo tanto, el desacople en estas posiciones proporcionará tanta protección al recurso Z como sea posible, desde el punto de vista de la estructura y el flujo.

6.5. Beneficios del nuevo modelo

Los beneficios clave del nuevo modelo comprenden:

• La posición del stock de producto terminado de "A" da paso a que se satisfagan los negocios de giro rápido. Esto permite un incremento en ingresos por ventas.

• La posición del stock del producto terminado "A" es minimizada, debido al corto tiempo de entrega de 2 días, desde el punto de desacople de 101.

• El producto terminado "B" puede trabajar mediante una estrategia de "ensamble para orden", ya que su tiempo de entrega y el tiempo de tolerancia del cliente – ambos de tres días - son compatibles. Lograr la confiabilidad de este tiempo de entrega es posible, por tres razones:

I. 101 y 102M están disponibles cuando se los necesita, desacoplando el tiempo de entrega en la parte delantera del proceso de manufactura y del proveedor, respectivamente.

II. La variabilidad de la demanda no es un aspecto importante con este producto, ya que las órdenes grandes se conocen con anticipación.

III. El amortiguador o buffer para "A" minimiza la contención de capacidad en el corto plazo de los recursos S y T que podrían afectar la posibilidad de lograr consistentemente los tres días de plazo de entrega para "B".

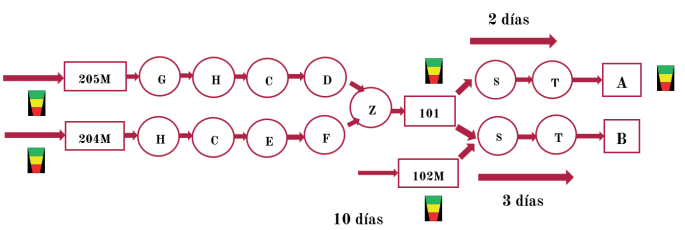


Figura 16. *Posiciones de desacople y buffers para el ejemplo analizado.* (Ejemplo elaborado por el autor).

Los puntos de desacople en 204M y 205M consiguen que la variabilidad del proveedor sea aislada de los procesos de manufactura concurrentes frente al recurso Z, minimizando de esta manera tanto como sea posible, desde la perspectiva de la estructura del producto, la variabilidad experimentada en este recurso, debido a que es una operación de ensamblaje. Se pueden colocar protecciones adicionales para proteger al recurso Z, como puede ser un buffer de tiempo para permitir que los componentes sean sincronizados efectivamente.

6.6. Consideraciones de posicionamiento de *buffers* en distribución

En Distribución, el objetivo es alinear los productos terminados de la manera más eficiente para que sean consumidos. En empresas que producen y distribuyen, existe una tensión constante entre planificación, manufactura, distribución, ventas y logística. La organización de la mayoría de las redes de distribución se basa en colocar bodegas regionales o locales, estimando o adivinando la cantidad de stock. Estos sitios de almacenamiento intentan balancear constantemente entre los requerimientos críticos para tener lo que el mercado solicita dentro del horizonte de tiempo (usualmente al instante) y la necesidad de convertir inventario en efectivo o utilidad sin mantener dinero congelado por exceso de inventario. Para escoger el sitio de desacople en el mundo de la distribución debemos conocer la problemática que incide en ella (Ptak, Smith, 2016).

Consideremos primero la variabilidad de la demanda. Tomar las decisiones correctas es más fácil cuando los factores considerados son más estables o conocidos. Generalmente, el factor más importante de inestabilidad en redes de distribución es, cabalmente, la variabilidad de la demanda. Las ubicaciones más cercanas a los puntos de consumo de una red de distribución son vistas como la línea del frente en la batalla contra la variabilidad de la demanda. Si no se toman acciones para mitigarla, se producirán faltantes, expeditaciones, y un desbalance en el inventario, y, con eso, se pierde visibilidad de la información relevante (Ptak, Smith, 2016).

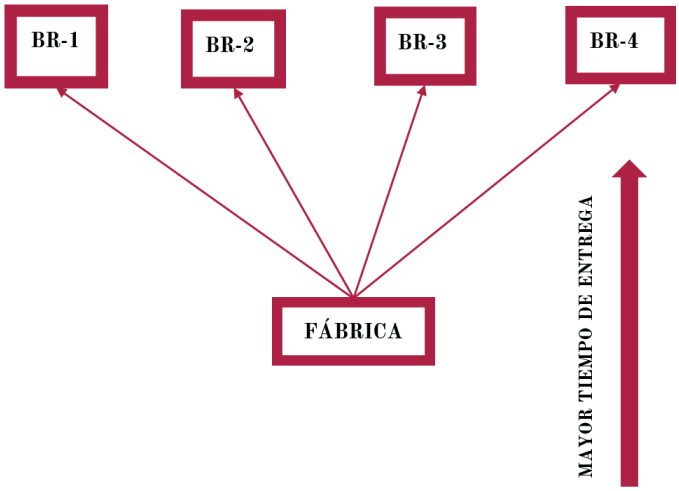


Figura 17. *Una típica red de distribución.* De Ptak & Smith, 2016.

La figura 17 muestra un ambiente simple y típico de Distribución. Una unidad de abastecimiento o planta de manufactura (FÁBRICA) alimenta a una red de cuatro bodegas regionales (BR-1, BR-2, BR-3, BR-4). Cada una de ellas experimenta una específica variabilidad de la demanda para cada uno de los ítems distribuidos. La variabilidad de la demanda es mucho mayor en cada una de las bodegas regionales que en la fábrica, en el mismo periodo de tiempo. Se debe a un principio estadístico que se explica por la *Ley de la Varianza Total*, que dice que, "agregando la variabilidad de la demanda desde regiones remotas, se crea un efecto de suavizado natural en la unidad abastecedora" (Ptak & Smith, 2016, p. 80).

El efecto de suavizado se calcula usando el Coeficiente de Varianza, que es igual a la desviación estándar dividida para la media, y nos da la medida normalizada de la dispersión de una distribución. Este coeficiente es conocido también como Desviación Estándar Relativa. Por tanto, el mejor lugar en la red de Distribución en el cual se mitiga y administra la variabilidad de la demanda es en el punto de agregación donde existe menor volatilidad relativa inherente. Este hecho matemático parece ser desconocido por los funcionarios de las organizaciones que son responsables de la vasta mayoría de las redes de distribución. Muchas de ellas son diseñadas y manejadas de tal manera que se ven imposibilitadas de aventajarse de este principio estadístico fundamental en esta problemática.

La Figura 17, titulada Una típica red de Distribución, muestra la estructura de la mayoría de las redes de este tipo en las que el inventario es empujado de la fábrica, donde predomina la política de "lo que yo fabrico, tú vendes"; al punto más cercano de consumo, privilegiando a la planta y no al mercado. Hay varios supuestos predominantes o condiciones detrás de esta acción recurrente:

a. Optimizar costos de embarque: la métrica principal de muchas redes de distribución es la eficiencia en gastos de transporte. En este caso, deben minimizar los costos por unidad mediante el envío de grandes cantidades de inventario de producto terminado (despacho de camiones llenos) que no son requeridos realmente en los eslabones siguientes constitutivos de la red (bodegas regionales, por ejemplo).

b. Optimizar costos de la unidad de abastecimiento: la unidad de abastecimiento es medida generalmente con algún tipo de costo unitario, por lo que se evitan las corridas pequeñas que generarían puestas a punto adicionales y deteriorarían el rendimiento para esa métrica. La política prevaleciente es fabricar en lotes - los más grandes posibles - y ese inventa-

rio generado tiene que ir a algún lado, debido a que rara vez existe espacio suficiente en la unidad de abastecimiento, para almacenarlo.

c. Supuesto errado de ubicación de inventario: muchos funcionarios en una organización —especialmente personal de Ventas—creen que al colocar la mayoría del inventario lo más cercano posible al punto de consumo, tienen el potencial para solventar la demanda oportunamente.

d. Mentalidad de escasez: cuando las bodegas regionales perciben que puede haber falta de capacidad o de reaprovisionamiento en la planta de manufactura, la acción que toman para proteger su disponibilidad de producto es pedir en exceso.

e. Limitaciones de espacio en la unidad de abastecimiento: si la unidad de abastecimiento no es capaz de almacenar inventario, este debe ser enviado a la red de distribución.

Una conclusión obvia que se deduce de la Figura 17: Una típica red de Distribución es que, sin contar con stock en la unidad de abastecimiento, no es posible desacoplar su tiempo de entrega del tiempo de entrega de transporte a las bodegas regionales. Por lo cual, estas experimentan el más alto nivel de variabilidad generado por la demanda. Por lo tanto, deben contar con un tiempo de entrega mucho mayor, así como una mayor variabilidad de la planta de producción al ordenar. En resumen, hay un tiempo de entrega mayor y más incierto cuando se dirige a un punto de demanda mucho más variable.

Esta es una receta para un pésimo rendimiento, bajo cualquier conjunto de circunstancias. Qué debe ser ordenado y cuándo ordenar se torna en un juego de adivinanzas, debido a que este tiempo de entrega mayor, obliga a utilizar un mayor horizonte de planificación. Adicionalmente, la capacidad de la planta está sujeta a la variabilidad de la demanda en los centros de distribución.

Esta realidad crea, irremediablemente, situaciones inevitables como la carencia de ciertos productos que se demandan en las Bodegas Regionales y, simultáneamente, exceso de otros artículos con bajo movimiento. De esta forma, se dan transferencias entre los centros de distribución, se pierden potenciales ventas y se expedita la programación de la planta de manufactura para cubrir los faltantes lo más rápido posible. Con todos estos Efectos Indeseables (EIDES) presentándose, se comprometen muchos de los supuestos que se determinaron, al llevar a cabo el diseño original de la red:

a. Los costos de fletes están lejos de ser óptimos, ya que los envíos cruzados o rebalanceos producen costosos gastos adicionales por transporte.

b. Los frecuentes cortes o paras de la programación original producidos por órdenes de emergencia con prioridad, causan estragos en el desenvolvimiento normal de la unidad de abastecimiento y sus métricas operativas, acelerando el "Efecto Látigo".

c. Los faltantes provocan perdidas valiosas en las oportunidades de negocio.

d. Faltantes, tiempos de entrega largos, y la unidad de abastecimiento "perezosa" refuerza la mentalidad de escasez, llevando a distorsiones en las señales de demanda que deben ser precisas y confiables.

Si analizamos el inventario agregado en el sistema completo, encontramos que existe suficiente stock, pero ubicado en el lugar equivocado. Si el producto estuviese disponible en el lugar demandado permitiría:

• Mejor cobertura de la demanda en todos los puntos de consumo

• Minimización o eliminación de las transferencias

• Eliminación del tiempo de entrega en la unidad de abastecimiento y minimización de la variabilidad en las Bodegas Regionales

• Minimización de interrupciones en la programación de la unidad de abastecimiento, lo que incrementa la capacidad disponible y facilita la planificación y las mediciones de desempeño.

Todas las mejoras expuestas se logran desacoplando en el punto de agregación. Se debe crear un punto concentrador o Bodega Central adjunta, lo más cercana posible a la unidad de abastecimiento y puntos de stock más pequeños en las Bodegas Regionales. El mantener inventario cercano a la fuente protege a la porción de consumo potencial mayor, con la menor cantidad de stock. La Figura 18. (Ptak & Smith, 2016), *Red de Distribución desacoplada*, esquematiza lo expuesto.

La inserción del centro de desacople o Bodega Central, tiene muchos beneficios, entre los que podemos citar:

a. Protege a las Bodegas Regionales, asegurando el reaprovisionamiento permanente y confiable definido solo por el tiempo de transporte desde la Bodega Central, De esta manera, se descarta al tiempo de entrega de planta. Esto maximiza la disponibilidad, con el requerimiento de la menor cantidad posible de inventario.

b. La Bodega Central elimina las transferencias entre regiones. ¿Para qué hacer transferencias, si es posible recibir desde el *buffer* de este centro de desacople?

c. El horizonte de planificación es comprimido notablemente, considerando el punto del sistema de mayor variabilidad en la demanda – la región – resultando en señales de demanda también mucho más confiables, con la consiguiente minimización del "Efecto Látigo".

d. La bodega central permite el consumo y los pedidos de reaprovisionamiento a la planta, que serán consolidados de acuerdo con la capacidad de la planta y a los costos de producción.

e. La existencia de la Bodega Central también permite que la planta de manufactura pueda programar de acuerdo con los requerimientos de los *buffers* en lugar de usar un horizonte de planificación estático que limita la flexibilidad y crea frustración en el área de Ventas.

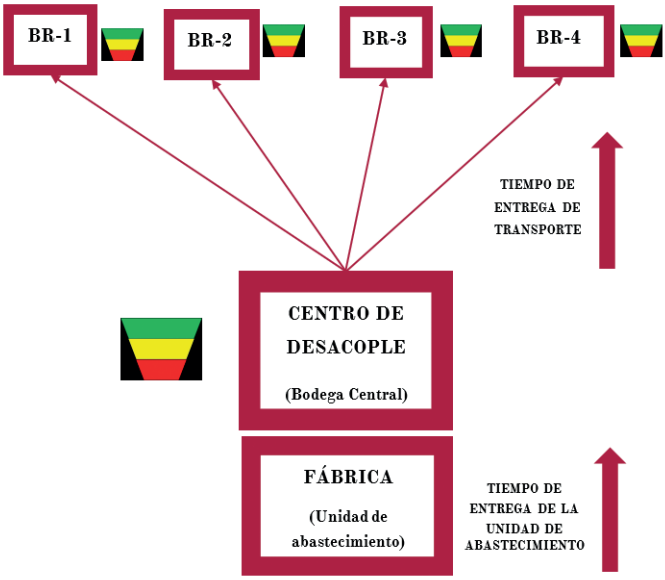


Figura 18. *Red de distribución desacoplada.* De Ptak & Smith, 2016.

UNIVERSIDAD DEL AZUAY | Casa Editora

Capítulo 7

Segundo componente de DDMRP: Dimensionamiento de los *buffers* o amortiguadores

Como analizamos en el Capítulo 6, es necesario escoger adecuadamente los sitios dónde se deben colocar los *buffers* de inventarios para eliminar la mayoría de los tipos de problemas más comunes asociados con estos y con la gestión de materiales. Pero determinar la ubicación acertadamente no es suficiente, si no se dimensionan los niveles adecuados de inventario en el amortiguador.

El segundo componente de DDMRP es el uso del mecanismo que permite que un punto de desacople permanezca independiente —el *buffer* o amortiguador —que tiene un nivel de inventario cuidadosamente dimensionado y mantenido.

7.1. Protección mediante perfiles y niveles de *buffers*

Con la finalidad de entender mejor la mecánica para determinar los niveles de *buffers* y sus posiciones estratégicas, debemos responder a la pregunta: ¿es el inventario realmente un activo o un pasivo? De acuerdo con la Contabilidad, los inventarios pertenecen a las cuentas del Activo en el Balance General. Algunas empresas juegan con este vacío contable para aparentar una situación financiera próspera de la siguiente manera; a pesar de no tener demanda, se dedican a incrementar inventarios inflando los activos del balance creando así utilidades ficticias. Las empresas dedicadas a este oscuro proceso drenan el capital de operación y caen en una peligrosa falta de flujo de caja que compromete la supervivencia de estas organizaciones. Pero, para las prácticas de la Contabilidad generalmente aceptadas, tienen utilidades (Ptak & Smith, 2016).

Con relación a la planificación del inventario, debe asumirse que la palabra Activo significa que los stocks están disponibles en una cantidad suficiente para estar en capacidad de capturar una porción de mercado. De igual manera, una empresa tiene un Pasivo, cuando la cantidad de inventario es mayor que la necesaria para cumplir con los requerimientos del mercado, o cuando no se tiene lo suficiente (Ptak & Smith, 2016).

7.2. Perfiles de *buffers*

Un perfil de *buffer* es un agrupamiento de partes con características similares. Los perfiles de los *buffers* permiten el manejo efectivo global y práctico de cantidades masivas de partes estratégicamente desacopladas. Los "perfiles de *buffers*" son familias o grupos de partes para las cuales se puede desarrollar un conjunto de reglas, lineamientos y procedimientos que pueden ser aplicados de la misma manera. No se lo debe confundir con la noción tradicional de familias de productos o familias para mercadeo, que tienden a ser componentes o productos finales agrupados por características similares en términos de configuración física o mercados (Ptak & Smith, 2016). Con los *perfiles de buffers*, la conexión familiar se hace basada en tres factores específicos:

- Tipo de Artículo
- Tiempo de entrega
- Variabilidad

7.2.1. Factor 1: Tipo de artículo

Es la primera característica de clasificación para administrar globalmente familias de partes. El agrupamiento se lo hace si es Manufacturado (M), Comprado (C) o para Distribución (D). Las razones para agruparlos mediante estas designaciones son:

- **Responsabilidad:** muchas empresas designan a personas o a grupos específicos la obligación de controlar ciertos tipos de artículos de importancia para las operaciones.
- **Intuición:** el conocimiento acerca de un material o producto específico está limitado a las personas o grupos que controlan los artículos referidos anteriormente.
- **Control Organizacional:** hay, con frecuencia, un grado variable de control organizacional sobre los diversos tipos de artículos. Se tiene mayor control directo sobre los ítems dentro de las instalaciones. El control sobre artículos comprados y distribuidos depende mucho de la integración vertical de la corporación.
- **Diferencias Categóricas:** los horizontes de tiempos de entrega suelen ser muy diferentes entre los diferentes tipos de artículos. Un horizonte corto para ítems comprados puede ser el de hasta una semana. Un tiempo de entrega corto para un producto manufacturado en una fábrica de muebles de madera puede ser el de diez días hábiles, dependiendo de su complejidad.

Los tres tipos descritos —manufacturados, comprados y distribuidos —son los principales y es el mínimo de clasificaciones que una cadena de suministros robusta podría tener. Hay casos en los cuales se tienen productos semielaborados como los subconjuntos, los cuales podrían entrar en la clasificación de Intermedios (I).

7.2.2. Factor 2: Tiempo de entrega

El tiempo de entrega, o plazo de entrega, puede ser categorizado en corto, mediano o largo plazo, de acuerdo con la realidad de cada compañía y tipo de artículo. Generalmente, existe una amplia gama de plazos de entrega en lo relacionado con *artículos comprados*, que pueden ir de tiempos mínimos para proveedores cercanos a meses o años. Este último, es el caso de la provisión de bobinas de acero inoxidable por parte de las acerías hacia la industria metalmecánica, cuyo tiempo de entrega luego de haber realizado todos los trámites y colocada la carta de crédito es de seis meses como mínimo y por una cantidad no menor a 5 toneladas métricas.

Los ítems comprados (C) que tienen cortos tiempos de entrega, no son candidatos para ser designados como artículos de reposición estratégica. Las partes manufacturadas (M) deben utilizar los tiempos de entrega desacoplados para determinar los tiempos de entrega a corto, mediano o largo plazo.

Dependiendo de la categoría de los tiempos de entrega, se utiliza un "Factor de Tiempo de Entrega" que es un porcentaje del Consumo Promedio Diario (CPD) dentro del Tiempo de Entrega Desacoplado (TED) del ítem, como se indica en la tabla a continuación:

Tiempo de Entrega largo	(20 a 40% CPD) x TED
Tiempo de Entrega mediano	(41 a 60% CPD) x TED
Tiempo de Entrega corto	(61 a 100% CPD) x TED

Figura 19. *Tabla de rangos recomendados de factor de tiempo de entrega.* De Ptak & Smith, 2016.

Este factor de tiempo de entrega impactará en los cálculos de dimensionamiento de las zonas verde y roja para cada parte estratégica dentro de cada perfil.

Nótese que, a mayor tiempo de entrega de la pieza, menor Factor de Tiempo de Entrega tendrá. Un Factor de Tiempo de Entrega más pequeño producirá una zona verde más pequeña. Debido a que la zona verde determina el tamaño promedio de la orden y la frecuencia, un Factor de Tiempo de Entrega más pequeño llevará a generar órdenes más pequeñas con mayor frecuencia. Esto parece contradictorio para muchos planificadores y compradores, pero el enfoque de DDMRP obliga a ordenar con mayor frecuencia para partes con largos plazos de entrega (hasta que la cantidad mínima de la orden o un ciclo de ordenar impuesto se torne en un factor restrictivo).

Estos criterios están en directa oposición a la manera en la cual tradicionalmente vienen siendo manejadas muchas partes compradas que tienen largos tiempos de entrega. Típicamente, los tiempos de entrega largos representan problemas persistentes y faltantes. No es raro que se compre el doble o triple de la cantidad de la orden, lo cual representa varios meses de suministro, para no tener que lidiar con estos ítems frecuentemente. Dicho comportamiento es habitual cuando ha existido un faltante de inventario en el pasado cercano.

DDMRP tiene como objetivo crear y proteger el flujo de información y materiales. Para artículos con tiempos de entrega largos, trata de establecer una señal de demanda frecuente relacionada con la necesidad real y su correspondiente "tubería" proveedora que entrega un flujo constante de órdenes de suministro. Con órdenes grandes y esporádicas, cualquier problema en la logística podría interrumpir la llegada oportuna de todo el suministro pedido, mientras que con órdenes pequeñas y más frecuentes el riesgo para no contar con los artículos requeridos es mucho menor. Adicionalmente, existe un mejor manejo del flujo de caja, al tener que pagar facturas más pequeñas, conforme ingresa efectivo en caja.

7.2.3. Factor 3: Variabilidad

La Variabilidad es el siguiente nivel de asignación. Debe ser dividida, al menos, en tres segmentos: alta, media y baja; con las dos dimensiones de variabilidad en demanda y reaprovisionamiento.

7.2.3.1. Variabilidad en demanda:

La Variabilidad en Demanda es el potencial (frecuencia y tamaño) de los picos en demanda con respecto a una parte o pieza en particular o número de SKU o producto terminado. La Variabilidad puede ser calculada mediante fórmulas, o determinada por reglas por parte de personal experimentado.

Heurísticamente, las empresas usan la siguiente segmentación para variabilidad en la demanda:

•**Variabilidad de demanda alta:** el ítem está sujeto a frecuentes picos dentro del tiempo de entrega.

•**Variabilidad de demanda media**: el ítem está sujeto a picos ocasionales dentro del tiempo de entrega.

•**Variabilidad de demanda baja:** el ítem casi no presenta picos; la demanda es relativamente estable.

7.2.3.2. Variabilidad en suministro u oferta:

La Variabilidad en el Suministro u Oferta se refiere a las potenciales interrupciones en las fuentes de suministro y en el daño que se produce al no contar a tiempo con la parte o número de SKU. La Variabilidad puede ser calculada si se examina la variación entre las fechas prometidas y las fechas en las que se recibe lo solicitado.

El contar con fuentes de aprovisionamiento alternativas puede influir positivamente porque disminuye la Variabilidad en el Suministro. El efecto neto de contar con más proveedores mejora la confiabilidad en el reaprovisionamiento.

Heurísticamente, las empresas usan la siguiente segmentación para las tres categorías principales de Variabilidad en el Suministro:

• **Variabilidad de suministro alta:** el ítem está sujeto a frecuentes interrupciones y retrasos en el suministro.

• **Variabilidad de suministro media:** el ítem está sujeto a ocasionales interrupciones y retrasos en el suministro.

• **Variabilidad de suministro baja:** el artículo tiene un reaprovisionamiento confiable (ya sea un proveedor altamente cumplidor o varias fuentes alternativas que pueden reaccionar dentro del tiempo de espera de compra).

Las variabilidades de demanda y suministro se calculan mediante la desviación estándar para cada artículo. Esta desviación estándar puede ser comparada con el coeficiente de variación dentro del grupo de ítems. El análisis puede ser útil para entender la distribución relativa de la variabilidad dentro de la población, pero se requiere la definición de los límites de

variabilidad alta, media y baja para demanda y reaprovisionamiento.

Las partes compradas tienden a ser influenciadas exclusivamente por la variabilidad en el suministro. La única excepción se tiene en ambientes en los que se fabrica para orden, y no existen stocks en los niveles de subcomponentes, componentes intermedios o productos terminados.

Las partes manufacturadas pueden estar sujetas a las dos variabilidades: de suministro y de demanda. Depende de la forma en la que se realiza el posicionamiento del modelo. Sin embargo, estas piezas están menos sujetas a variabilidad de demanda si los ítems manufacturados alimentan a otro nivel de componente amortiguado o artículo final. Estas partes son menos sujetas a variabilidad de suministro si consumen partes críticas que son repuestas estratégicamente. Esto se debe a la naturaleza amortiguadora de los *buffers*.

Sin embargo, en muchos casos se presentan mezclas de tipos de demandas, como es el caso de ciertas piezas fabricadas que son usadas tanto en ensamblajes como ítems de repuesto que van directamente al cliente como producto terminado. Estos tipos de piezas manufacturadas tienen mayor variabilidad en la demanda que aquellas piezas que alimentan solamente a *buffers* de subensambles o de producto terminado.

Los artículos para distribución se verán afectados por un tipo de variabilidad que depende de su respectiva ubicación en la cadena de suministro interna. Los ítems que reposan en la Bodega Central tendrán un efecto prácticamente nulo en lo relacionado con la variabilidad de la demanda si las Bodegas Regionales a las que esta alimenta tienen sus stocks adecuadamente dimensionados. En los siguientes eslabones de la cadena, en ubicaciones como almacenes, estos se verán afectados por la variabilidad en la demanda y estarán respaldados por los *buffers* de la Bodega Regional y de la Bodega Central.

7.3. Atributos individuales de las partes o piezas

Son propiedades o valores numéricos específicos para cada ítem. Muchas de estas propiedades o valores serán encontrados o calculados de la información de ingeniería del producto. En DDMRP existen tres atributos específicos de partes que determinarán los niveles de *buffers* para ítems comprados, semielaborados o intermedios y fabricados con cuatro atributos específicos que afectan a los artículos distribuidos.

7.3.1. Consumo promedio diario (CPD)

Es un valor calculado para uso individual de cada ítem. Constituye un elemento fundamental en las ecuaciones de dimensionamiento de *buffers*. Los cambios en su valor impactan significativamente en los tamaños de las zonas de los amortiguadores. Se deben tomar en cuenta dos aspectos en el cálculo del Consumo Promedio Diario (CPD), que precisan de la colaboración de planificadores, compradores y personal de distribución para validarlos.

Estos dos factores por considerar son los siguientes:

7.3.1.1. Longitud del periodo:

Un promedio es relevante únicamente dentro del periodo en el que la ecuación se aplica. Si el horizonte es demasiado corto, el promedio se torna inestable y puede reproducir el "Efecto Látigo", ya que el *buffer* calculado se desplaza entre extremos. Esto se vuelve más importante con productos que experimentan grandes cambios en la demanda en espacios de tiempo muy cortos, como son los artículos que se promocionan con mucha frecuencia.

7.3.1.2. Frecuencia de actualización:

Es importante que exista poco tiempo entre las actualizaciones de los datos para realizar el cálculo del promedio. Se debe crear una política que se cumpla a raja tabla para actualizar frecuentemente. Se recomienda que sea diariamente o, en casos extremos, semanalmente, dependiendo en todo caso del tipo de negocio.

7.3.2. Tiempo de entrega

Otro componente crítico en la ecuación de dimensionamiento de las zonas del amortiguador es el Tiempo de Entrega individual medido en unidades discretas, generalmente en días. Para cualquier ítem manufacturado o intermedio, este valor debe ser el tiempo de entrega desacoplado. Para artículos comprados, debe usarse el tiempo de espera de suministro y para productos distribuidos, el tiempo de transporte desde la bodega respectiva que alimenta al siguiente eslabón de la cadena de suministro. En ciertos casos, se podría añadir el tiempo que toma receptar el pedido. Si la inspección de calidad es significativa, se la debe añadir inobjetablemente.

7.3.3. Cantidad mínima de la orden

Las políticas de reposición de inventario (mínimos, máximos, múltiplos) complican los procesos de planificación y reposición, pero son realidades con las que tienen que convivir los planificadores. Cantidades mínimas pueden afectar los niveles de los *buffers*, especialmente cuando son mayores en relación con la tasa de consumo e impactarán en la dimensión de la zona verde.

7.3.4. Ubicación del producto

La ubicación es un atributo propio de los tipos "distribuidos" escogidos para reposición estratégica a varios sitios de la red. La figura 20 resume la combinación de los factores discutidos en este capítulo que se juntarán para crear cada uno de los puntos de desacople.

Figura 20. *Tabla de factores de perfil de* buffers. De Ptak & Smith, 2016.

Características de la parte	Asignación de perfil de *buffer*			
Consumo Promedio Diario (CPD)		Factor de tiempo de entrega		*buffer* & Niveles de Zona
Tiempo de Entrega				
Cantidad Mínima de la Orden CMO)	X	Factor de Variabilidad	=	
Ubicación (para ítems distribuidos)				

7.4. Utilización de amortiguadores para desacople

Los *buffers* o amortiguadores son los elementos que protegen los puntos de desacople. Son el corazón del sistema DDMRP y sirven para tres propósitos principales:

- **Absorción de impacto:** amortiguan las variabilidades, tanto del reabastecimiento como de la demanda, y se logra reducir significativamente, o eliminar, la transferencia de variabilidad que crea el "Nerviosismo" y el "Efecto Látigo".
- **Compresión de tiempos de entrega:** al desacoplar los tiempos de entrega del proveedor del lado del consumo del amortiguador, los tiempos de entrega son comprimidos instantáneamente. Este particular fue analizado en el Capítulo 6.
- **Generación de órdenes de reaprovisionamiento:** toda información relevante de demanda, reaprovisionamiento y disponibilidad es combinada en el *buffer* o amortiguador para producir una ecuación de "flujo neto" que genera la orden de reaprovisionamiento. Los *buffers* son el corazón del sistema de planificación de DDMRP (Ptak & Smith, 2016).

El *"buffer"* o "amortiguador" debe tener un tamaño lo suficientemente grande como para ser capaz de cumplir con los objetivos descritos y no impedir el flujo normal de las operaciones. Esto significa que debemos tener una forma práctica de cálculo del nivel de protección con los rangos admisibles y los límites de las especificaciones en mente.

DDMRP utiliza tres métodos de cálculo de stocks de buffers para desacoplamiento en los puntos escogidos para ello, dependiendo si el ítem es clasificado como reaprovisionado, sustituto, o mini-max, nos enfocaremos más en el método de cálculo de los ítems "reaprovisionados" por ser predominantes en DDMRP:

a. Partes reaprovisionadas (dinámicas): usan *buffers* estratégicos y dinámicos en el punto de desacoplamiento. Son administrados por un sistema dinámico de *buffers* de tres zonas (verde, amarilla y roja), tanto para planificación como para ejecución. Los niveles son determinados tomando en cuenta los rasgos manejados globalmente, relativos al perfil de buffer al cual pertenece la parte y algunas características críticas individuales. Estos factores se ajustan a intervalos definidos.

b. Partes reaprovisionadas sustitutas (estáticas): son *buffers* estratégicos y estáticos ubicados en el punto de desacoplamiento, gestionadas por un sistema estático de *buffers* de tres zonas (verde, amarilla y roja) tanto para planificación como para ejecución. Las piezas se asignan a esta categoría cuando existen limitaciones de recursos como espacio, procesos y/o dinero en efectivo o niveles de inventario (acuerdos con clientes, políticas restrictivas, etc.,) en el ambiente de planificación.

c. Partes Mini-Max (MM): esta designación es para piezas no estratégicas que pueden ser obtenidas fácilmente. Son controladas por límites de inventario superior e inferior — de ahí su nombre —y pueden ser ajustados dinámicamente.

Todos estos niveles de *buffers* están determinados al sumar las zonas que los componen. Las partes reaprovisionadas estáticas y dinámicas utilizan las tres zonas: verde, amarilla y roja mientras que las partes Mini-Max usan dos: verde y roja.

7.4.1. Zonas de amortiguadores y sus objetivos

Las zonas son estratificaciones o capas del *buffer* que sirven para propósitos definidos y tienen cálculos únicos. El control de *buffers* o amortiguadores se la hace mediante un "semáforo" con tres zonas: verde, amarilla y roja. Cada una de ellas tiene un propósito específico que varía en tamaño y

proporción, dependiendo de la combinación del perfil del *buffer* y los rasgos o características individuales de los ítems, como se analizó anteriormente. Cuando apareció la Teoría de las Restricciones en la década de los 80 del siglo pasado, Goldratt determinó que cada zona representaba un tercio del amortiguador total. Esto ha cambiado, como se verá más adelante.

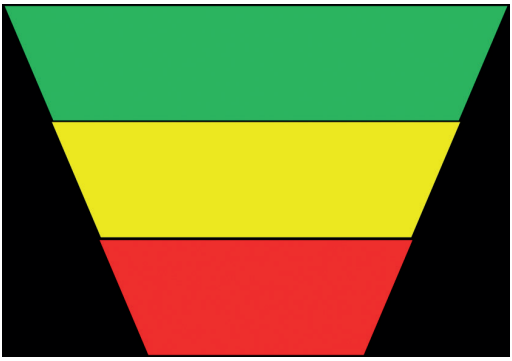


Figura 21. *Zonas de buffers y sus objetivos.* De Ptak & Smith, 2016.

Zona verde: Se encarga de desencadenar el proceso de generación de órdenes para el dimensionamiento del *buffer* que determina su frecuencia de generación y la cantidad mínima.

Zona amarilla: El núcleo de cobertura de demanda en el *buffer*.

Zona roja: La seguridad incluida en el *buffer*.

La Figura 21 resume los propósitos de cada una de las zonas de un *buffer* DDMRP. Su dimensionamiento se realiza mediante una combinación de los perfiles de *buffers* y los atributos individuales de las partes.

7.4.1.1. La zona verde

Es el núcleo del proceso de generación de las órdenes de reaprovisionamiento incrustado en el *buffer*. Determina la frecuencia del promedio y el tamaño típico de la orden. El tamaño de la Zona Verde se determina por una de las tres opciones, la que genere el mayor valor:

- Ciclo de ordenar impuesto
- Uso de un factor de tiempo de entrega
- Cantidad mínima de la orden

7.4.1.1.1. Opción 1: Ciclo de ordenar impuesto o mínimo

El ciclo de ordenar es simplemente el número esperado de días entre órdenes. Puede ser un factor impuesto mediante la programación, o un número promedio escogido de días entre órdenes. De ambas maneras la ecuación es la misma.

La ecuación para calcular la zona verde basada en el ciclo de ordenar es:

Inventario en Zona Verde = Consumo Promedio Diario (CPD) x días de ciclo deseados o impuestos (#DÍAS).

Zona Verde (1) = CPD x #DÍAS

7.4.1.1.2. Opción 2: Uso de un factor de tiempo de entrega

Mediante esta opción, la Zona Verde se calcula usando el Factor de Tiempo de Entrega, expresado como un porcentaje de uso dentro del tiempo de entrega total de la pieza.

El tamaño de la zona verde usando este criterio es: Tiempo de entrega desacoplado (TED) x Consumo Promedio Diario (CPD) x Factor de Tiempo de Entrega (FTE).

Zona Verde (2) = TED x CPD x FTE

7.4.1.1.3. Opción 3: Cantidad mínima de la orden

La Zona Verde nunca debe ser menor que la Cantidad Mínima De La Orden (CMO). Si la cantidad mínima de la orden representa el mayor valor para la zona verde, ese valor es el que se toma en cuenta. La cantidad mínima de la orden debe ser comparada tanto contra el valor de la orden cíclica como con el valor obtenido, usando el factor de tiempo de entrega.

Zona Verde (3) = CMO

7.4.1.2. La zona amarilla

Es el núcleo de cobertura del inventario en el *buffer*. Es la zona del *buffer* más fácil de ser calculada; se obtiene multiplicando el ciento por ciento del Consumo Promedio Diario (**CPD**) por el Tiempo de Entrega Desacoplado (**TED**).

Zona Amarilla = CPD x TED

7.4.1.3. La zona roja

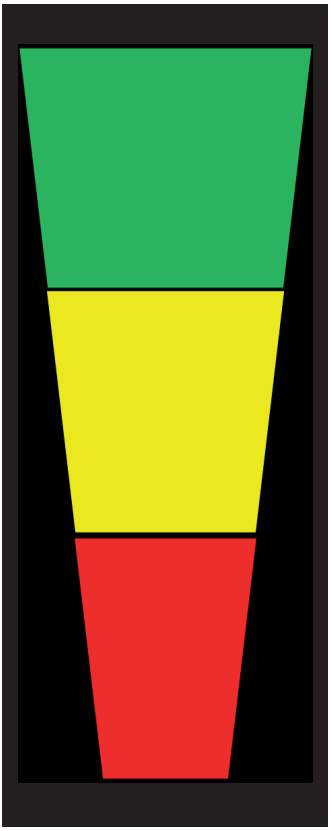
Es el "stock de seguridad" incrustado en el *buffer*. Mientras mayor sea la variabilidad asociada con la parte o el artículo terminado, más grande será la zona roja. El cálculo de la

zona roja se lleva a cabo con tres ecuaciones secuenciales, que siguen el siguiente procedimiento:

a. Establecer la Zona "Base" Roja: se obtiene multiplicando el Factor de Tiempo de Entrega por el Consumo Promedio Diario por el Tiempo de Entrega.

b. Establecer la Zona de "Seguridad" Roja: es un porcentaje de la zona "base" roja determinado por el factor de variabilidad. De la misma forma que el factor de tiempo de entrega hay rangos de variabilidad: alta, media, baja.

c. Obtener la Zona Roja Total: se suman las cantidades de la "Base Roja" y la "Seguridad Roja".



Zona verde

-Ciclo de la orden deseado o impuesto X Consumo Promedio Diario, o...
- Tiempo de Entrega Desacoplado X Factor de tiempo de entrega, o...
- Cantidad mínima de la orden

Zona amarilla

Tiempo de Entrega Desacoplado X Consumo Promedio Diario

Zona roja

- Zona "Base" Roja = Tiempo de Entrega Desacoplado X Consumo Promedio Diario X Factor de tiempo de entrega
- Zona de "Seguridad" Roja = Tiempo de Entrega Desacoplado X Factor de tiempo de entrega X Factor de Variabilidad

Zona Roja = "Base" + "Seguridad"

Figura 22. *Resumen de fórmulas para dimensionamiento de zonas de buffers.* De Ptak & Smith, 2016.

7.5. Ejemplo de dimensionamiento de las zonas de amortiguadores

Sean los siguientes datos:

Consumo Promedio Diario: (CPD)	10 unidad/día
Perfil de *buffer*:	
Tipo:	Manufacturado
Factor de Tiempo de Entrega (FTE)	Medio = 0,5
Factor de Variabilidad (FV)	Baja = 0,33
Cantidad Mínima de la Orden (CMO)	50 unidades
Ciclo de la Orden Deseado (COD)	7 días
Tiempo de Entrega Desacoplado (TED)	12 días

Figura 23. *Datos para ejemplo de dimensionamiento de zonas de buffers.* De Ptak & Smith, 2016.

Cálculo de la zona verde:

La Zona Verde tiene tres opciones de cálculo, de las cuales debe escogerse la que arroje la mayor cantidad.

Opción 1: Ciclo de Ordenar impuesto o mínimo

Inventario en Zona Verde = *Consumo Promedio Diario X días de ciclo deseados o impuestos.*

Zona Verde = CPD x COD = 10 x 7 = 70 unidades

Opción 2: Uso de un factor de tiempo de entrega

Tiempo de Entrega Desacoplado X Consumo Promedio Diario X Factor de Tiempo de Entrega.

Zona Verde = TED x CPD x FTE = 12 x 10 x 0,5 = 60 unidades

Opción 3: Cantidad mínima de la orden

Zona Verde = CMO = 50 unidades

El mayor valor es 70 unidades de la Opción 1, por tanto, este es el valor de la zona verde.

Cálculo de la Zona Amarilla:

Zona Amarilla = CPD x TED = 10 x 12 = 120 unidades

Cálculo de la Zona Roja:

Se subdivide en dos partes esta Zona: la de Base y la de Seguridad.

Zona roja "base" = Tiempo de Entrega Desacoplado X Consumo Promedio Diario X Factor de Tiempo de Entrega

Zona Roja "Base" = TED x CPD x FTE = 12 x 10 x 0,5 = 60 unidades

- Zona Roja de "Seguridad" = Tiempo de Entrega Desacoplado X Factor de Tiempo de Entrega X Factor de Variabilidad

Zona Roja de "Seguridad" = TED x FTE x FV = 12 x 0,5 x 0,33 = 20 unidades

Zona Roja = 60 + 20 = 80 unidades.

7.6. Conclusiones

Con relación al dimensionamiento de las zonas de los amortiguadores podemos indicar lo siguiente:

• El nivel de seguridad es conexo con el tiempo de entrega y la variabilidad mediante dos factores independientes, que son el Factor de Tiempo de Entrega y el Factor de Variabilidad.

• La Zona Roja Base es la seguridad relacionada con la capacidad de recuperarse en función del tiempo.

•La zona roja de seguridad se dimensiona en base al factor de variabilidad dentro del tiempo de entrega. De esa manera, los ítems que tienen el mismo factor de variabilidad aplicado pero diferentes categorías de tiempo de entrega tendrán zonas rojas totales proporcionalmente diferentes.

Capítulo 8

Tercer componente de DDMRP: Ajustes dinámicos de los amortiguadores

En el Capítulo 7, se analizó la forma de calcular los niveles iniciales de los amortiguadores o *buffers*. Pero, debido a que las cadenas de suministro actuales son increíblemente dinámicas, estos *buffers* deben ajustarse frecuentemente, para responder a las condiciones cambiantes de la demanda, lo que constituye el tercer componente de DDMRP.

8.0. Ajustes dinámicos de *buffers* para protección oportuna

8.1. Ajustes recalculados

Son ajustes automatizados hasta los niveles de los amortiguadores, basados en cambios de atributos de partes individuales o ajustes en los perfiles de *buffers*.

Existen tres factores críticos para todos los artículos con amortiguadores que impactan directamente en los cálculos y son:

- Consumo Promedio Diario (CPD),
- Tiempo de Entrega (TE) y
- Cantidad Mínima de la Orden (CMO).

Los dos primeros factores: Consumo Promedio Diario (CPD) y Tiempo de Entrega (TE) pueden llegar a tener un impacto dramático porque están involucrados en la determinación del tamaño de las tres zonas de control de *buffers*: Verde, Amarilla y Roja. La Cantidad Mínima de la Orden (CMO) está implicada solamente en la determinación de la Zona Verde, como una de las opciones a escoger. El factor más dinámico es el Consumo Promedio Diario (CPD), que es recalculado y actualizado permanentemente. Cuando cambian atributos de partes más estáticas pero no menos significativas, como es el caso del Tiempo de Entrega Desacoplado (TED), impacta directamente en las tres zonas del *buffer* si no se ha definido la Cantidad Mínima de la Orden (CMO) (Ptak & Smith, 2016).

Si el Tiempo de Entrega Desacoplado es comprimido debido a que se ha obtenido un mejor tiempo de entrega del proveedor actual o de alguno nuevo, el tamaño de los *buffers* o amortiguadores sufre notables cambios. Si la parte es manufacturada, la compresión puede realizarse al proporcionar mayor capacidad a los recursos, optimizar procesos, reducir trabajo en proceso o realizar un desacople adicional en otro lugar adecuado.

Se puede incrementar la Cantidad Económica de la Orden para un ítem comprado por un nuevo convenio alcanzado con el proveedor, para protegerse de los envíos con plazos de entrega poco confiables. O, en el caso de un artículo fabricado en que se modifica la Cantidad Económica de la Orden, para disminuir setups o puestas a punto y calibraciones en un cuello de botella o recurso de capacidad restringida.

Un cambio en el perfil de un *buffer* genera un recálculo de los buffers de todas las partes asignadas a ese perfil. Desde una perspectiva global, si hay cambios de los factores dentro del perfil de un *buffer*, obviamente todas las partes contenidas en ese perfil serán afectadas simultáneamente.

8.2. factores de ajuste planificados

Los *buffers* también pueden ser manipulados mediante ajustes planificados basados en ciertos factores estratégicos, históricos o bursátiles. Estos ajustes planificados son manipulaciones de las ecuaciones de dimensionamiento de *buffers* que afectan las posiciones de inventario al incrementar o decrecer los niveles y sus correspondientes zonas en ciertos periodos de tiempo. Estas manipulaciones tienden a estar confinadas en el input de la demanda, en las zonas o en los tiempos de entrega.

8.2.1. Factor de ajuste de la demanda

El Factor de Ajuste de la Demanda (FAD) manipula el input del Consumo Promedio Diario (CPD) en un periodo de tiempo específico. Se lo hace ajustando el Consumo Promedio Diario con información histórica o planificada como reacción a cambios rápidos en la demanda, dentro de cortos periodos de tiempo.

Los Factores de Ajuste de la Demanda no deberían ser usados indiscriminadamente. Los *buffers* calculados son robustos, diseñados para absorber la variabilidad. Mientras más sensibles son los comportamientos del proveedor o de la

planta, más vigoroso será el rendimiento de los *buffers* ante variabilidades más altas. Mientras mayor sea el factor de variabilidad que incide en los *buffers*, más confiable será el comportamiento de los *buffers*, incluso ante la alta variabilidad, aunque se requiere de mayor inventario. Igualmente, a mayor horizonte de planificación para detectar los picos, más robusto será el rendimiento de los *buffers*, para una mayor variabilidad. Los *buffers* son diseñados para absorber la variabilidad, hasta cierta medida. Puede ser que esta oscile de alta a baja y viceversa y amenace la efectividad del *buffer* como protector del punto de desacople. En este caso, usamos factores de ajuste de demanda. Si oscila hacia arriba el ajuste aumentará el tamaño del amortiguador; en cambio, cuando la variabilidad baja y genera la presencia de niveles de inventarios en exceso durante períodos de tiempo prolongados, el ajuste será hacia abajo. De esta manera, podemos manejar con éxito los períodos en los cuales se incrementan las ventas por estacionalidad, por ejemplo, y períodos en los que la demanda se contrae. El criterio de selección para la dimensión de la zona verde no cambia por la aplicación del factor de ajuste de la demanda, ya que la zona verde depende de la Cantidad Mínima de la orden, el ciclo de la orden o la aplicación del tiempo de entrega, una vez que se ha tomado en consideración el valor del Consumo Promedio Diario.

8.2.2. Introducciones, bajas y sustituciones de productos

Los Factores de Ajuste de Demanda (FAD) se utilizan cuando tratamos de introducir nuevos productos, dar de baja ítems sin demanda o poner en el mercado artículos con innovaciones.

8.2.2.1. Introducción de un nuevo producto:

Al introducir un nuevo producto, la compañía debe establecer la ubicación del buffer. Pueden ser usados en este caso los Factores de Ajuste de la Demanda (FAD), en lugar de comprometer capital de operación y capacidad de planta para completar el tamaño del buffer inmediatamente, haciéndolos crecer paulatinamente, comparando entre el rendimiento real y el planificado.

8.2.2.2. Baja de artículos:

En este caso, usamos los Factores de Ajuste de Demanda (FAD) para minimizar el buffer anticipadamente a la fecha en la cual no se los vuelva a ofrecer al mercado.

8.2.2.3. Reemplazo de artículos:

Cuando es preciso reemplazar una versión antigua por otra más actualizada de un producto, se parte con una base igual de tamaño de *buffer*, se incrementa el nuevo producto en función de la demanda y se disminuye aquel que será sacado de circulación.

8.3. Estacionalidad

Otra importante aplicación de los Factores de Ajuste de Demanda se tiene al enfrentar el problema de la Estacionalidad. Muchas compañías tienen productos con picos o cimas y valles o simas de demandas estacionales que pueden plantear desafíos a los amortiguadores si no se los trata adecuadamente. Para abordar la estacionalidad, es preciso realizar incrementos y decrementos de las protecciones, de acuerdo con la demanda periódica. Pero algunas consideraciones deben hacerse para definir cuándo y en qué medida se deben aplicar los factores de ajustes de demandas para compensar la estacionalidad de artículos almacenados de modo estratégico en el amortiguador o *buffer*:

8.3.1. Severidad de la estacionalidad (duración y significado):

La primera consideración es conocer la longitud y severidad de la oscilación estacional. A mayor cambio y menor ventana u horizonte de planificación, el efecto de la estacionalidad es más riguroso.

8.3.2. Longitud del período de cálculo del Consumo Promedio Diario (CPD):

La longitud del período de cálculo del Consumo Promedio Diario (CPD) debe ser conocida y considerada en relación con la severidad de la estación. A mayor longitud del período de

cálculo del Consumo Promedio Diario y con una estacionalidad más severa, mayor será la probabilidad de que el Consumo Promedio Diario sea subestimado en el primer período estacional.

8.3.3. Consumo promedio diario (CPD) pasado, futuro y mixto

En muchos casos, un estimado del futuro Consumo Promedio Diario evita la necesidad de usar un Factor de Ajuste Planificado, ya que se anticipa al cambio de la demanda estacional. Un enfoque combinado del Consumo Promedio Diario puede ser lo suficientemente reactivo, dependiendo de la severidad de la estación y la longitud del período de cálculo. En la mayoría de los casos, un Consumo Promedio Diario de estacionalidades pasadas puede dejar a los *buffers* vulnerables ante una estacionalidad significativa, siendo necesario compensar las diferencias con los Factores de Ajuste de Demanda.

8.3.4. Tiempos de entrega de componentes críticos

Artículos con importantes duraciones de los tiempos de entrega (incluyendo artículos padre con componentes de tiempos de entrega considerables) constituyen candidatos a ser evaluados para determinar cuándo debe aplicarse los Factores de Ajuste de Demanda; ya que, si se los usa demasiado tarde, a pesar de que los *buffers* hayan sido dimensionados apropiadamente para el cambio de demanda, estarán sujetos a un retraso en el reaprovisionamiento, que es equivalente al tiempo de entrega del suministro.

8.3.5. Capacidad de los recursos:

Para determinar cuándo deben ser usados los Factores de Ajuste de Demanda es necesario evaluar la capacidad de los recursos. Si la estacionalidad es severa y el incremento necesario supera la capacidad de suministro, entonces la aplicación del Factor de Ajuste de Demanda debe ser empujada hacia adelante en el tiempo.

8.4. Conclusiones

El tercer componente de DDMRP es el ajuste estratégico de *buffers* o amortiguadores. Los ajustes permiten redimensionar a los *buffers* en base a cambios en los atributos clave entre los cuales el más importante es el Consumo Promedio

Diario (CPD) por su alta probabilidad de variación repentina. Otros ajustes a los niveles de *buffers* pueden relacionarse con eventos reales o planificados a los que se les denomina Ajustes Planificados. Con relación a estos eventos, los *buffers* pueden estar exagerados o subestimados en su dimensionamiento y deben ser ajustados. Existen varias clases de estrategias a ser empleadas, dependiendo de la naturaleza específica del evento planificado o conocido.

Capítulo 9

Cuarto componente de DDMRP: Planificación impulsada por la demanda

El cuarto componente de Planificación de Requerimientos de Materiales Impulsada por la Demanda (DDMRP) es un método comprobado e intuitivo de generación de órdenes de suministro llamado Planificación impulsada por la demanda. Adicional a la compresión del tiempo de entrega y a la amortiguación de la variabilidad, los *buffers* colocados en los sitios de desacople son el corazón de la generación de las órdenes de reaprovisionamiento para DDMRP. Llegan a ser un punto focal para crear, promover, proteger y determinar la información relevante y materiales. Ellos también crean la oportunidad para contar con una forma más visible de generar órdenes de reaprovisionamiento. Se inicia con la determinación de lo que es realmente información relevante, desde la perspectiva de la demanda (Ptak & Smith, 2016).

9.1. El cambio a demanda real

Para proteger y promocionar el rendimiento del retorno sobre la inversión (ROI = Return On Investment), es clave preservar el flujo de información relevante y materiales. Desde la perspectiva de la planificación, los materiales correctos no estarán disponibles sin la información correcta. Todavía la planificación tradicional o convencional se inicia con información inexacta. La utilización de la demanda pronosticada para generar órdenes de reaprovisionamiento significa que estas vendrán con equivocaciones, incrementará el costo, demandará mayor capacidad, espacio y tiempo, al recibir materiales que no pueden usarse y se desperdiciarán, forzando a esfuerzos adicionales para conseguir los materiales utilizables.

La información más relevante de la demanda son las órdenes de ventas porque son deseos declarados de nuestros clientes que han decidido comprar. Esta información de demanda más precisa ha sido eludida, o inutilizada en su real valor por los profesionales de la planificación por décadas. El desaco-

plamiento abre la puerta para su uso efectivo. Esta forma de demanda altamente confiable proporcionará el input para el uso de una ecuación de planificación diaria para cada posición amortiguada con *buffers*, llamada Ecuación de Flujo Neto.

9.2. La ecuación de flujo neto

Esta ecuación proporciona la señal de recomendación (sincronización y cantidad) para la generación de la orden de reaprovisionamiento con la finalidad de reponer el *buffer*. Este es un aspecto clave que obligadamente debe ser hecho diariamente en todas las posiciones desacopladas.

La Ecuación de Flujo Neto es:

Disponible + Ordenado – Demanda de Órdenes de Venta calificadas

• **Disponible:** es la cantidad de inventario físicamente en stock, sin asignación a orden alguna. Responde a la pregunta: ¿Cuánto tengo?

• **Ordenado:** la cantidad de inventario que ha sido pedido y está en camino. Puede ser de uno o varios pedidos. Responde a la pregunta: ¿Qué está llegando?

• **Demanda de Órdenes de Venta calificadas:** es la suma de las órdenes de venta vencidas, próximas a vencerse y picos de demanda calificados. Responde a las preguntas: ¿Qué demanda debo satisfacer inmediatamente? ¿Cuál demanda futura es relevante?

9.3. Calificación de picos de órdenes

En DDMRP, un pico es una cantidad calificada de demanda diaria acumulada dentro de un periodo de tiempo calificado, que amenaza la integridad del *buffer*. Con el objeto de calificar como "pico de una orden", debe cumplirse con dos condiciones: el nivel de calificación (umbral de picos de órdenes) y la ventana de tiempo u horizonte de calificación (horizonte de pico de la orden) que deben ser definidos:

9.3.1. Condición 1: Umbral de picos de órdenes:

Es un nivel que califica un pico en un ambiente particular. Las órdenes de ventas que llegan para un mismo artículo durante cada día son totalizadas y comparadas con el umbral o máximo. Si la suma es mayor que el límite superior, entonces la sumatoria total – no solamente el exceso – es utilizada en la ecuación del flujo como pico calificado. En la Figura 24,

Ejemplo de umbral y horizonte de pico de órdenes, se muestra mediante una línea recta punteada horizontal, un umbral de pico de órdenes. En la parte superior del gráfico, se encuentran las órdenes de venta para cada día; por ejemplo, en el día 6 existen 4 órdenes en espera. La cantidad acumulada de las órdenes de venta se encuentran debajo de ellas. Las tres órdenes de venta que se vencen en el día 3 y las dos que tienen que entregarse el día 9, representan acumulados suficientes para calificarlos como *picos*.

En la Ecuación de Flujo Neto se califica y utiliza la cantidad total acumulada del pico; no solo la porción sobre el umbral. Se toma el pico total para protegernos contra la posible presencia de sucesivos picos que podrían comprometer la integridad del *buffer*, de no tomarlos en cuenta. Tomar el pico total es la decisión de seguridad más conservadora.

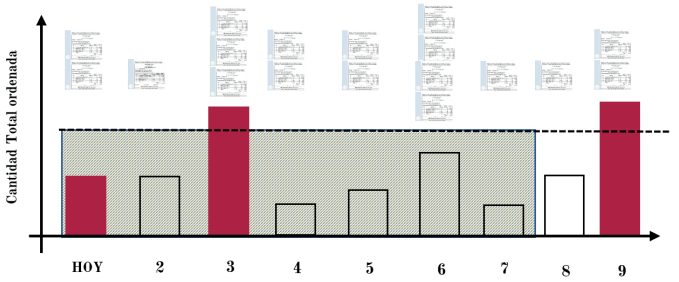


Figura 24. *Ejemplo de umbral y horizonte de pico de órdenes.* De Ptak & Smith, 2016.

Ubicar el umbral supone determinar un nivel de demanda diaria que amenaza la integridad del *buffer*. Se analizarán tres alternativas para determinar la ubicación del umbral:

Alternativa 1: debido a que la zona roja es la seguridad "embutida" en el *buffer*, entonces los picos se pueden considerar en relación con el posible consumo de esa seguridad. En las implementaciones iniciales de DDMRP se utilizaba un umbral de 50% de la zona roja.

Alternativa 2: relaciona la frontera de la base roja y la porción de seguridad en la zona roja del *buffer* para ítems terminados. La porción de seguridad de la zona roja relaciona directamente a la variabilidad en la posición del *buffer* para partes o piezas. Si el artículo terminado está en la categoría de alta variabilidad, entonces esa parte está sujeta a picos frecuentes. Por lo tanto, el umbral para órdenes pico deberá ser ubicado para el monto equivalente al valor base de la zona roja. Cualquier otro valor sobre la base penetra en la porción de seguridad de la zona roja.

Alternativa 3: se puede calificar el umbral de la orden pico utilizando el valor del Consumo Promedio Diario (CPD) de una parte específica. Esta es la forma más intuitiva para planificadores y compradores, y puede ser validada con la estadística histórica.

9.3.2. Condición 2: Horizonte de picos de órdenes:

La segunda condición para calificar un pico de órdenes es establecer una ventana de tiempo hacia el futuro llamada "Horizonte de Pico de la Orden". Este horizonte es una ventana de tiempo, dentro de la cual, la demanda acumulativa diaria puede calificar como pico si el acumulado diario está sobre el Umbral de Pico de Órdenes. Si la demanda diaria acumulada está fuera de esa ventana (más lejana en el futuro), entonces esa cantidad acumulada diaria no será calificada en la Ecuación de Flujo Neto.

El Horizonte del Pico de la Orden debería establecerse al menos a un tiempo de entrega desacoplado hacia el futuro, para la parte protegida por su *buffer*, lo que da suficiente tiempo a la pieza protegida para que compense adecuadamente el pico surgido. Si el horizonte del pico de la orden está más allá del horizonte de visibilidad de las órdenes de ventas, significa que aparecerán rutinariamente picos calificados dentro del horizonte de los picos de órdenes. En este caso, el perfil del *buffer* de piezas debería ser configurado para una categoría de mayor variabilidad, con el fin de compensar por esta última calificación.

La Figura 24 Ejemplo de umbral y horizonte de pico de órdenes, exhibe el Umbral y el Horizonte de picos de órdenes. El Umbral está representado por la línea punteada horizontal y el Horizonte por el área sombreada superpuesta que abarca un periodo de ventas de 7 días, suponiendo que el tiempo de entrega desacoplado es 6 días. En este caso, la demanda del día 9 calificará para la Ecuación de Flujo Neto dentro de dos días. Por ahora, está fuera del Horizonte de Pico de Órdenes.

Sin embargo, esta decisión engendra una inquietud adicional: si nosotros estamos tan preocupados con señales de demanda relevantes, y siendo las órdenes de ventas las más precisas formas de señales de demanda, ¿por qué no tomamos en cuenta esta demanda ya confirmada en la Ecuación del Flujo Neto? La respuesta es que no se incluyen las órdenes de venta que están fuera del Horizonte de Pico de Órdenes porque esta demanda ya está contemplada en el *buffer*. Si las demandas de las órdenes de venta diarias están debajo del Umbral, esas cantidades representan demandas normales o promedio. Los *buffers* fueron creados usando esta tasa promedio de consumo. Por lo tanto, lo que está vencido hoy, lo que estuvo vencido en el pasado y lo que califica como un pico, son realmente todo lo que es relevante desde una perspectiva de demanda.

Capítulo 10

Quinto componente de DDMRP: Ejecución

La Ejecución es el quinto componente de DDMRP.

10.1. Ejecución visible y colaborativa

En DDMRP, se hace una cuidadosa distinción entre planificación y ejecución. Planificación es el proceso de generar requerimientos u órdenes de reaprovisionamiento usando la ecuación de Flujo Neto y los elementos de desacoplamiento tratados previamente. La Planificación concluye cuando las recomendaciones han sido aprobadas y se convierten en órdenes abiertas de reaprovisionamiento, ya sea de compra, manufactura o transferencia de producto terminado (Ptak & Smith, 2016).

La Ejecución, en DDMRP, es la administración de órdenes abiertas de reaprovisionamiento en base a dos criterios relevantes, definidos en dos categorías básicas y necesarias para proteger y promover el flujo:

- el estatus del *buffer* y
- su sincronización.

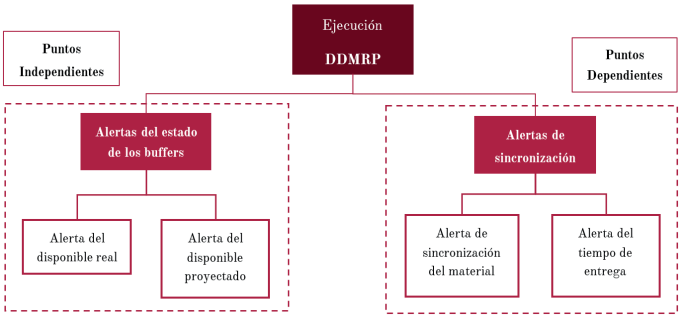


Figura 25. *Alertas de ejecución básicas de DDMRP.* De Ptak & Smith, 2016.

La Figura 25. Alertas de ejecución básicas de DDMRP, muestra las cuatro alertas de ejecución básicas en las dos categorías mencionadas.

Las Alertas de estado de los *buffers* están diseñadas para mostrar el estado real y proyectado de los puntos de desacople (Puntos Independientes) en el modelo operativo (Figura 25). Estas alertas usan las posiciones real y proyectada de los ítems disponibles, en lugar de la posición de flujo neto. Si no existiese cantidad disponible, el punto para desacople escogido no puede desacoplarse, pasando probablemente la mayoría del tiempo con variabilidad. La cantidad disponible nos indica si la posición es capaz de mantenerse desacoplada.

Las Alertas de sincronización están proyectadas para resaltar problemas con respecto a las dependencias, como son los requerimientos de demanda conocidos versus la disponibilidad de suministro proyectado. Mientras los *buffers* mitiguen la transferencia de variabilidad aguas arriba y aguas abajo de la cadena de suministro, la sincronización es muy importante entre los puntos de desacoplamiento y, particularmente, entre un punto de desacople y los clientes. Mientras mayor es la visibilidad relativa a los problemas de sincronización, menor es la variabilidad transferida a los *buffers* y entre ellos y al cliente.

10.2. Alertas del estado del *buffer*

Con el objeto de entender realmente cómo y por qué trabajan las alertas de los estados de los *buffers*, deben ocurrir dos cambios de percepción claves. El primer cambio requiere analizar cómo trabaja típicamente la gestión de prioridades convencional. El segundo cambio es la variación en los colores del buffer entre planeación y ejecución.

10.2.1. Análisis de prioridades por fecha de vencimiento

Para entender el poder detrás de la ejecución de DDMRP, primero debe comprenderse el problema que tienen los sistemas convencionales, cuando éstos son ejecutados. La "P" en MRP indica "Planificación". MRP es un sistema de planificación, no de ejecución. Los sistemas MRP convencionales en tiempo real carecen de visibilidad con relación a las órdenes de compra, órdenes de transferencia y órdenes de manufactura a través de las operaciones de fabricación internas y en toda la cadena de suministro.

Sin este enfoque efectivo de prioridades, las herramientas convencionales fuerzan a los eslabones de las cadenas de suministro (provisión, fabricación, distribución y mercado) a emplear un sistema de prioridades rudimentario y arbitrario llamado "prioridad por fecha de vencimiento". Las fechas de vencimiento direccionan las operaciones cuando se llegan a ejecutar las órdenes. Lo común es que, si los proveedores están atrasados, se registra esta falla en el "Reporte de Desempeño". Cuando se trata de la planificación —mediante cualquier medio y en especial con MRP — todos los planes se desarrollan asumiendo que las fechas deben mantenerse. Todo debe ir de acuerdo con el plan, o el resultado (fecha de vencimiento final) estará en peligro porque generalmente no se considera holgura alguna en la programación planificada. Si un fabricante no es capaz de cumplir con las fechas de vencimiento ofrecidas, tendrá de seguro implicaciones negativas: aumento de gastos de expeditación, pérdida de clientes y de oportunidades de negocio.

Las compañías están muy conscientes de cumplir con las fechas de vencimiento hoy más que nunca, debido a que el mercado actual se ha tornado hiper-competitivo. Esto repercute en toda la organización, lo que refuerza la necesidad de medir y actuar de acuerdo con la prioridad por fecha de vencimiento.

De esta manera, la prioridad por fecha de vencimiento se convierte en el método predeterminado para mantener los niveles esperados de servicio al cliente. Cuando las órdenes se encuentran cerca de vencerse, llegan a ser más importantes y, si son órdenes con pasados vencidos, son extremadamente importantes. Entonces, se utilizan equipos de expedidores para determinar cuán importantes son las cosas realmente. Las programaciones son cambiadas constantemente (causando

aún más ondas), se emplean horas extraordinarias y costosos gastos de expeditación en un intento de solucionar el problema, o al menos aliviarlo. La fecha de vencimiento es toda la información que la mayoría del personal de la cadena de suministro tiene a su disposición.

Este modo de operación es más parte del problema que de la solución, ya que no se cuenta con la posibilidad de proteger y promover el flujo de información y de materiales relevantes. La prioridad por fecha de vencimiento es más distorsionante que relevante y rara vez transmite las prioridades reales de las operaciones e inventarios día a día. Las prioridades no son estáticas. Cambian tanto como cuando la variabilidad y la volatilidad se presentan dentro del "horizonte de ejecución" de las órdenes de compra y manufactura, que es el lapso entre la apertura y cierre de las mismas. Se dan cambios a las órdenes por parte de los clientes o por ingeniería y ocurren problemas de calidad. Pueden darse obstáculos producidos por el temporal o por los trámites engorrosos de exportación. La capacidad y confiabilidad de los proveedores puede fluctuar temporalmente. Mientras mayor es el horizonte de ejecución, más volátiles son las prioridades, lo que significa que la compañía es más susceptible a problemas de sincronización con materiales y a la presencia de faltantes.

El incremento de variabilidad y volatilidad garantiza que, a pesar de nuestros mejores deseos e intentos por planificar acertadamente, la realidad hará que nos desviemos de lo planificado. Adicionalmente, otros retos están asociados con la gestión de prioridades por fecha de vencimiento. Las fechas de solicitud y promesa cambian a menudo debido al nerviosismo y a la variabilidad de la continuidad del suministro. Estos cambios, frecuentemente, crean confusión y desacuerdos entre proveedores y clientes acerca de las "fechas reales". Los proveedores podrían ver su rendimiento de puntualidad como alto porque entregaron en la fecha prometida, mientras que los clientes lo ven de manera muy diferente porque consideran la fecha de pedido.

Alinear la programación de un proveedor con las prioridades reales de un cliente es un reto de envergadura. Una fábrica puede tener varias órdenes de compra abiertas, todas con las mismas fechas de entrega. La Figura 26, Determinando prioridades por Fecha de Vencimiento, es un ejemplo de lo dicho. Note que hay tres órdenes que deben ser entregadas el mismo día:

Figura 26. *Determinando prioridades por fecha de vencimiento.* De Ptak & Smith, 2016.

Orden #	Fecha de Vencimiento	Proveedor
C-158	05/12	KTM
C-145	05/12	KTM
C-162	05/12	KTM

Estas órdenes no tienen entre sí ninguna relación desde la perspectiva del cliente, pero desde el punto de vista del proveedor podría todo converger a un recurso cuello de botella. Si el proveedor se da cuenta que no puede cumplir con todas las órdenes en las fechas de vencimiento definidas, ¿cómo decide cuál orden es la más importante? El proveedor tiene varias opciones: podría llamar al cliente interesado, escoger la orden basado en su percepción, asumiendo cual es la más necesaria para su cliente o tal vez seleccionando la orden identificada con el número menor. Si acierta de cualquiera de las formas con la prioridad, sería un asunto totalmente aleatorio.

Determinar la prioridad correcta requiere un mayor análisis de la información y comunicación con los otros departamentos implicados.

10.3. Nueva forma de operar: Gestión de *buffers*

La Figura 27 es similar a la Figura 26, con la única diferencia de que a aquella se le ha añadido la columna del estado del *buffer* para cada una de las órdenes de compra; con lo cual, la determinación de la prioridad se vuelve muy simple. Si esta información la conoce el comprador, reaccionará con una respuesta rápida. Si la conoce el proveedor, se reducirá el riesgo de tomar una decisión contra los intereses de su cliente.

Orden #	Fecha de Vencimiento	Estado del *buffer*	Proveedor
C-145	05/12	ROJO (12,3%)	KTM
C-158	05/12	AMARILLO (52,3%)	KTM
C-162	05/12	AMARILLO (56,1%)	KTM

Figura 27. *Incluyendo el estado del buffer.* De Ptak & Smith, 2016.

El estado del *buffer* incluido en la tabla de la Figura 27. proporciona una forma rápida e intuitiva de alineación de esfuerzos para proteger de la mejor manera el modelo DDMRP. Las alertas del estado de los *buffers* no usan la ecuación de flujo neto, sino los valores de cantidad disponible. De esta manera, se separan las actividades requeridas para la generación de órdenes de reposición, de las actividades dedicadas a la gestión de órdenes abiertas de reaprovisionamiento.

El rango objetivo de artículos disponibles debe fluctuar entre el "límite superior del rojo" (LSR) y el LSR + el valor de la zona verde del *buffer*. Si esto sucede, no tenemos por qué preocuparnos en este aspecto, ya que la posición del *buffer* está funcionando de acuerdo a lo planeado. Tiene suficiente disponibilidad de ítems para asegurar la integridad de los puntos de desacople, ya que estaría en la zona verde.

Las zonas amarilla y verde del control de *buffers* están determinadas por la severidad de la situación de disponibilidad de artículos, en relación con el valor total de la zona roja que representa la seguridad incrustada en el buffer – el "colchón" contra la variabilidad. Cuando el disponible desciende y se acerca hacia esta zona, una señal de precaución debería asomar con el color amarillo. Si el disponible sigue erosionándose hacia la zona de seguridad, la presencia de la señal de alarma llega a ser más urgente y debería cambiar de amarillo a rojo.

Esta razón determina la necesidad de dimensionar los *buffers*, definiendo cantidades y porcentajes por color:

1. Al límite entre el color amarillo y el rojo se lo llama nivel de alerta de disponibilidad, y se prenden las alarmas cuando el disponible está alrededor del 50% de la zona roja.

2. El valor del porcentaje se calcula basándose en el nivel del disponible de la seguridad embebida en la zona roja. A menor porcentaje, se introduce menor seguridad.

10.4. Ejemplo:

Sea un ítem definido con un valor de 50 unidades para la zona límite amarilla-verde y un nivel de alerta de 50%, o sea 25 unidades, para la zona límite entre rojo y amarillo.

Figura 28. *Ejemplo de estados de los buffers.* De Ptak & Smith, 2016.

Día	Disponible	Límite amarillo-verde	Límite rojo-amarillo	Estatus
1	72	**50**	**25**	V – 144%
2	26			A - 52%
3	20			R - 40%

• Si el día 1 tenemos un valor de disponible de 72, el sistema debería exhibir un estado del *buffer* de ejecución en la zona verde con un porcentaje de 144% (72/50 x 100). Se asigna el color verde, debido a que la cantidad disponible está sobre el límite amarillo-verde.

• Si el día 2 tenemos un valor de disponible de 26, el sistema debería exhibir un estado del *buffer* de ejecución en la zona amarilla con un porcentaje de 52% (26/50 x 100). Se asigna el color amarillo debido a que la cantidad disponible está sobre el límite rojo-amarillo.

• Si el día 3 tenemos un valor de disponible de 20, el sistema debería exhibir un estado del *buffer* de ejecución en la zona roja con un porcentaje de 40% (20/50 x 100). Se asigna el color rojo debido a que la cantidad disponible está bajo el límite rojo-amarillo.

Capítulo 11

Métricas

Einstein dijo alguna vez que "los problemas significativos con los que nos enfrentamos no pueden ser resueltos con el mismo nivel de pensamiento con el que los creamos" (Smith & Smith; 2014; p. 541). Cuando se trata de las métricas que la mayoría de las industrias usan, el problema que afrontamos es insidioso. Impregna casi todo lo que hacemos al tratarse de entidades de manufactura y de la cadena de suministro; tiene que ver con la forma que pensamos y nos comportamos como organizaciones. Por lo tanto, no podemos simplemente usar las métricas "correctas" sin direccionar primero un aspecto mucho más profundo; la razón del porqué fallaremos en ver cuáles son las métricas correctas. Gran parte de la industria ha errado su camino en este mundo cada vez más complejo y volátil.

Las métricas nos dicen cómo lo estamos haciendo, comparándonos con lo que queremos alcanzar. Parece que, aún en estos días, existen empresas que luchan por definir qué es lo que quieren alcanzar. Para las entidades con fines de lucro, su objetivo es la maximización de las utilidades. El problema difícil de solucionar es la ruta, el camino que la mayoría de las organizaciones asumen ser el derrotero correcto para conseguir la meta y que, lamentablemente, les resulta totalmente equivocado.

Aceptando que el mayor problema es hacer el camino, se debe para ello seguir una secuencia lógica para comprender la definición y uso de las métricas innovadoras que nos ayudarán a transitar por el camino correcto, ya que lo que no se mide no se puede mejorar.

La secuencia por seguir es empezar planteado el problema (¿qué cambiar?), luego establecer un marco para gerenciar la organización en el ambiente actual, complejo y volátil (¿hacia qué cambiar?), siguiendo la estructura más adecuada que consta de tres componentes secuenciales (¿cómo producir el cambio?): el primer componente debe abordar la forma en la que la organización necesita pensar, desde una perspectiva sistémica. El segundo componente describe cómo la cadena de suministro y su eslabón de manufactura deben diseñar sus sistemas operacionales usando los conceptos de DDMRP plan-

teados en este documento. El tercer componente introduce las métricas innovadoras para sostener y mejorar estos nuevos sistemas impulsados por la demanda.

11.1. Reglas y políticas

Las reglas y políticas son necesarias en toda organización. Sin ellas, no hay manera de gestionar el comportamiento del personal, teniendo un caos corporativo. Necesitamos aclarar algunos aspectos relacionados con Reglas y Políticas:

• Cada vez más, y con mayor frecuencia, las empresas tienden a crear reglas y políticas en exceso e invierten recursos para mantenerlas y reforzarlas. Hay que expresar que, mientras mayor sea el número de reglas existentes, mayor será el chance de conflictos entre ellas.

• Cuando existen reglas y políticas conflictivas, éstas generan comportamientos intolerantes entre el personal, que son fuentes de desperdicio, ya que una parte de la organización se enfrenta a otra.

• Con frecuencia, las reglas son creadas basadas en supuestos acerca del ambiente en el que se aplicarán y se las establecen para suplir ciertas limitaciones. Cuando la situación original cambia, las reglas deben ser revisadas para determinar si son todavía apropiadas.

• El optimizar reglas inapropiadas es contraproducente y puede devastar a una organización, ya que induce al personal a hacer las cosas erradas más rápido (Smith & Smith; 2014).

Las áreas que sufren por estos tipos de reglas son las de Planificación y Gestión de Materiales y de Control de Costos.

11.2. Área de planificación y gestión de materiales

A fines de la década de los 50 del siglo 20, se puso de moda en las organizaciones, inicialmente estadounidenses, la Planificación de Requerimientos de Materiales (MRP = Material Requirements Planning), un método de planificación y aplicaciones computarizadas que cambió el mundo de la manufactura para siempre, debido a que las computadoras llegaron a estar disponibles para propósitos generales, y el público se dio cuenta que podía realizar cálculos complejos a enorme velocidad. En nuestro caso, qué comprar y fabricar dada una demanda como input. Para ello, se creó un conjunto de reglas que han permanecido intocadas hasta el presente, aún en los más modernos productos ERP. Esto significa que los fabricantes actuales calculan demandas y generan suministros de la

misma manera como se lo hacía en la década de 1960 (Smith & Smith; 2014).

El resultado del inmovilismo en la revisión de las reglas es el desperdicio de gran cantidad de tiempo y energía sin ser retribuido por un mejoramiento en el Retorno sobre la Inversión [ROI = Return On Investment] que es el principal índice por controlar en una empresa.

Otro aspecto negativo en la planificación es la dependencia del uso de hojas electrónicas, asunto que fue analizado en el numeral 2.3.2. Proliferación de trabajo en el entorno.

11.3. Área de control de costos

Las reglas convencionales que generan la información y reportaje de costos para evaluar el rendimiento y tomar decisiones tácticas y estratégicas no concuerdan con los requerimientos que se necesitan hoy en día para manejar el Retorno sobre la Inversión en los sistemas productivos.

Las cadenas de suministro actuales son sistemas complejos no lineales y, por tanto, las reglas en las que se desenvuelven son totalmente diferentes de aquellas que administran a los sistemas lineales; muchas incluso son opuestas. La mayoría de los administradores y el personal de operación simplemente no entienden la diferencia. Por ello el costeo convencional y el reportaje de la información están basados en el conjunto de reglas de un sistema lineal: por tanto, el aplicarlo a las cadenas de manufactura y de suministro actuales, es errado (Smith & Smith; 2014).

11.4. Principios de Contabilidad Generalmente Aceptados (PCGA)

Son la base para el reportaje a las entidades de control y personas externas. Sus estados financieros son instantáneas del desempeño pasado. Esto significa que es 100% preciso en su información de costos incurridos; pero, al mismo tiempo, altamente impreciso para predecir cómo los costos se comportarán hoy y en el futuro. Por ello, si las compañías usan esta información de costos para planificar, ejecutar y hacer planes de inversión, están cometiendo un grave error (Smith & Smith; 2014).

La renuencia en considerar a las cadenas de suministro actuales como sistemas no lineales y la combinación con el uso de reportajes en base a los PCGA, crea y refuerza un supuesto acerca de la relación entre el Retorno de la Inversión y los

Costos. Tratan sistemáticamente de minimizar los costos para optimizar el Retorno sobre la Inversión, lo que los lleva a conseguir justamente lo opuesto a lo que intentaban. Con estas acciones, obtienen niveles de servicio inaceptables, pérdida de capital de trabajo, exceso de inventario, despilfarro de materiales y de capacidad (Smith & Smith; 2014).

Los estados financieros en base a los PCGA son un requerimiento impuesto para reportar a usuarios externos; por tanto, una compañía no los debe imponer para análisis internos. Los estados financieros en base a los PCGA no fueron diseñados para tomar decisiones en sus activos de manufactura y cadena de suministro, para ello se utiliza la Contabilidad Gerencial.

11.5. El problema de la estrategia de "empuja y promociona"

Las reglas subyacentes en las dos áreas discutidas previamente, relacionadas con Planificación y Gestión de Materiales y Control de Costos combinadas, crean un modo de operación conocido como "empuja y promociona", que está más centrado en la oferta y el costo que halado por la demanda. Aquellas reglas eran mucho más apropiadas, considerando las circunstancias bajo las cuales fueron creadas. Ahora, representan un gran problema, si no una amenaza, para tener éxito en un mundo interdependiente. Las compañías que continúan operando con esta estrategia anticuada invertirán más y tendrán menos Retorno sobre la Inversión (Smith & Smith; 2014).

11.6. Cambios de las circunstancias operativas desde 1965 hasta 2013 en EE. UU.

Los "Cambios de las Circunstancias Operativas" que constan en la tabla de la Figura 29, son componentes clave del ambiente operativo con las cuales los industriales, norteamericanos especialmente, vivieron entre 1965 y 2013. Estas Circunstancias tuvieron un impacto significativo en el diseño operacional (Manufactura y Cadena de Suministro) y su rendimiento. Como estas "Circunstancias" han cambiado sustancialmente, en consonancia deberían hacerlo los modelos operativos y las reglas asociadas con ellas.

Circunstancias	1965	2013
Complejidad de la Cadena de Suministro	**Baja.** Las Cadenas de Suministro se asemejaban a una cadena con sus eslabones. Eran más lineales. Verticalmente integradas. Dominaban el panorama cadenas de suministro domésticas.	**Alta.** Las Cadenas de Suministro se parecen más a webs de suministro y están fragmentadas y dispersas alrededor del globo.
Ciclos de vida del producto	**Largos**. Asiduamente medidos en años.	**Cortos.** Medidos en meses.
Tiempo de tolerancia del cliente	**Largo**. Frecuentemente medidos en semanas y meses.	**Corto.** Comúnmente medido en días, con muchas situaciones en que se requieren plazos de menos de 24 horas
Complejidad del producto	**Relativamente baja.**	**Alta.** La mayoría de los productos ahora tienen sistemas y microsistemas relativamente complejos.
Personalización del producto	**Baja.** Disponibles para el cliente, pocas opciones o características.	**Alta.** Muchas configuraciones y personalización a un cliente en particular o a un tipo de cliente.
Variedad del producto	**Baja.** Por ejemplo, Colgate y Crest en 1965 tenían un solo tipo de pasta dental.	**Alta.** En 2012 Colgate tenía 17 tipos de pasta dental y Crest 42.
Partes con tiempo de entrega largo	**Pocas.** Aquí la palabra "largo" se refiere al tiempo que el mercado está dispuesto a esperar. Ya que los tiempos de tolerancia de los clientes eran mayores, es lógico que había menos piezas con tiempos de entrega largos. Las Cadenas de Suministro lucían diferentes a las actuales. La mayoría de las partes eran de origen nacional y por lo tanto con tiempos de entrega cortos.	**Muchas.** Actualmente las Cadenas de Suministro extendidas y fragmentadas requieren de más ítems comprados que proceden incluso de sitios remotos.
Exactitud del pronóstico	**Alto.** Con poca variedad, ciclos de vida y tiempos de tolerancia de los clientes más largos, los errores de pronósticos tenían poco impacto, ya que se tenía tiempo para hacer correcciones.	**Bajo.** La complejidad combinada de los ítems –la mayoría comprados– hace que la idea de mejorar la precisión del pronóstico una aventura quijotesca.
Presión por inventarios más livianos	**Baja**. Con menos variedad y ciclos más largos, las sanciones y riesgos de crear inventarios fueron minimizados.	**Alta.** Al mismo tiempo, nuestras operaciones son solicitadas a soportar un escenario mucho más complejo de demandas y suministros con mucho menor capital de operación
Fricción transaccional	**Alta.** Encontrar proveedores y clientes suponía llevar a cabo esfuerzos exhaustivos y costosos. Las opciones eran limitadas. La primera experiencia de la gente con un fabricante era casi siempre a través de un vendedor sentado frente a ella.	**Baja.** La información está al alcance de un clic del ratón. Las opciones son enormes. La primera experiencia de la gente con un fabricante es casi siempre a través de una pantalla que se encuentra frente a ella.

Figura 29. *Tabla sobre cambios de las circunstancias operativas desde 1965 hasta 2013.* De Smith & Smith, 2014.

11.7. Beneficios de un sistema

Reconocer la manufactura como un proceso es esencial para entender cómo se debería trabajar en este ambiente, lo cual nos brinda la capacidad de definir la manera en la que deben ser las reglas que la administran. Cuando el flujo es óptimo, se tiene: un servicio eficiente, ingresos convenientes, inventarios racionales, gastos mínimos, y un flujo de caja: alto.

Cuando nos damos cuenta de la importancia de proteger el flujo, aparecen unos cuantos aspectos relacionados con el sistema:

1. Tiempo: es la última restricción. Debido al acortamiento del tiempo de tolerancia de los clientes, el tiempo es valiosísimo. Es importante que la producción permanezca el menor tiempo posible en la planta.

2. El **sistema** debe ser bien definido y entendido. Una clara definición y la implementación de la forma en la que debe fluir la información y los materiales determinarán si el sistema es capaz de maximizar el flujo.

3. Las **conexiones** entre puntos del sistema deben ser suaves y sencillas

Esto permite manejar un sistema de una manera sistémica u holística.

11.8. Dilemas entre mediciones y rendimiento

Existen situaciones que conducen a personas, departamentos, áreas, e incluso a compañías, en la dirección opuesta de la que dictan la lógica y el sentido común. Por ejemplo, el agente de compras, quien se debate entre escoger al proveedor de menor costo o al más confiable; el supervisor que duda en autorizar o no horas extras, teniendo órdenes atrasadas; el vendedor que suplica por una fecha de entrega más temprana versus el programador que no quiere modificar la programación; el contralor que trata de tercerizar versus el gerente de planta quien piensa mantener el trabajo en casa; el Vicepresidente de Finanzas que intenta recortar inventarios versus el Vicepresidente de Mercadeo quien trata al menos de mantenerlo; el Gerente de Ingeniería que piensa estandarizar los productos versus el Gerente de Ventas quien quiere vender soluciones personalizadas (Cox & Schleier; 2010).

Estos dilemas representan un conjunto permanente de insatisfactorios compromisos que pueden llegar a costar a las empresas mucho dinero mientras que el personal y los recursos se encuentran ubicados y enfrentados en posiciones opuestas y extremas.

Comúnmente, estas posiciones extremas representan la forma más aparente u obvia de cumplir con una métrica particular. En lo relatado, es varianza del precio de compra versus disponibilidad del material; presupuesto de horas extras versus cumplimiento de tiempos de entrega; pedidos en carpeta versus estabilidad de la programación; costo versus volumen del producto; efectivo versus disponibilidad, utilización versus desarrollo de nuevos negocios (Cox & Schleier; 2010).

Las métricas no siempre están en conflicto, pero con frecuencia lo están. En la mayoría de las compañías cuya finalidad es el lucro, las metas se logran utilizando dos medidas eficientes, el Retorno sobre la Inversión (ROI = Return On Investment) y el Rendimiento en Fechas de Entrega. (Smith & Smith, 2014).

11.9. Retorno sobre la inversión (ROI)

La primera medida eficiente es el rendimiento en Retorno sobre la Inversión (ROI). Si una empresa la ha mejorado, estará en mejor situación financiera. Esta es la única medida que indica la relación entre la Utilidad Neta y la Inversión. La planificación táctica, las decisiones para ejecutarla y las acciones tomadas diariamente por el personal involucrado determinarán la dirección del ROI de la organización en función del tiempo. El uso diario de los activos determina tanto la posición del capital de operación como el monto de capital invertido.

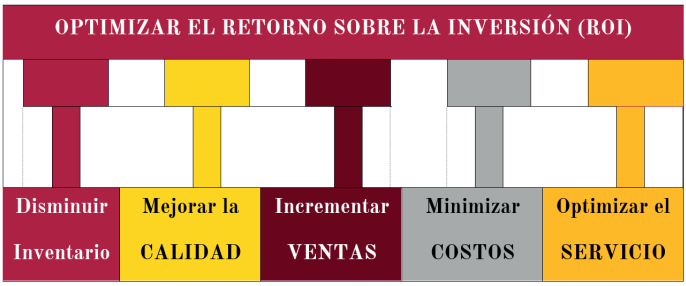


Figura 30. *Componentes para gestionar el ROI.* De Cox & Schleier, 2010.

La estrategia para alcanzar la meta considera objetivos tácticos, que son los pilares del Retorno sobre la Inversión: disminuir inventarios, mejorar la calidad, incrementar ventas, minimizar costos, optimizar el servicio (fechas de entrega). La lógica es sólida: si calidad y servicio mejoran, lo harán también los ingresos por ventas; si los ingresos por ventas se incrementan y los costos se reducen, entonces la utilidad neta y el flujo de caja se incrementarán. Si disminuye el inventario,

también disminuirá el capital invertido. Si se adjunta todo lo descrito, el Retorno sobre la Inversión crecerá.

11.10. Rendimiento en fechas de entrega

La segunda medida eficiente para una cadena de suministro es el Rendimiento en Fechas de Entrega (RFE), o sea la capacidad de cumplir con los requerimientos reales que directamente producen ganancias. Esta medida es componente de la ecuación del Retorno sobre la Inversión. El punto en el cual el gasto neto para asegurar una mejora incremental en el Rendimiento en Fechas de Entrega es mayor que el efectivo que ingresa, significa que mejorar este índice no es benéfico para mejorar el ROI.

El Retorno sobre la Inversión domina sobre todas las otras medidas consideradas como Indicadores Claves de Rendimiento, porque es el índice que engloba al sistema en su conjunto a través del tiempo. Se sugiere enfocar los esfuerzos donde exista la mayor oportunidad de tener el más grande ROI, ya que los recursos tiempo y dinero son finitos.

11.11. Características relevantes del retorno sobre la inversión y el rendimiento en fechas de entrega

Las siguientes son características críticas de los indicadores Retorno sobre la Inversión y Rendimiento en Fechas de Entrega:

1. Ambas son medidas de salidas del sistema o "flujo" en función del tiempo. El Retorno sobre la Inversión es el flujo de dinero en efectivo en el transcurso del tiempo y el Rendimiento en Fechas de Entrega (RFE) nos indica el flujo de información y del producto que genera el efectivo.

2. Son las únicas medidas que reflejan el comportamiento de la compañía como un sistema en todas las fases, desde el pedido hasta la generación de efectivo. Miden la eficiencia de la cadena de suministro como un todo, de ahí el término eficiencia centrada en el flujo.

Las compañías entienden la conexión entre medir el producto para satisfacer una señal real de demanda del mercado y el ROI. Se evidencia por el hecho de que la mayoría de las compañías consideran a los niveles de servicio o Rendimiento de Fechas de Entrega y al Retorno sobre la Inversión como factores clave y están en el tope de la cadena para medir rendimientos.

El Retorno sobre la Inversión, sin embargo, simplemente es demasiado remoto como para ser utilizado con la finalidad de que los recursos tomen decisiones tácticas que tengan que ver con acciones a llevar a cabo y con cuál prioridad. En la mayoría de las compañías, es casi imposible para un gerente local hacer una conexión entre sus acciones ejecutadas hoy y el efecto producido por ellas en el Retorno sobre la Inversión. Esta realidad lleva a los gerentes a crear un significativo número de medidas tácticas y locales para enfocarse y dirigir al personal en sus actividades diarias, la mayoría de las cuales son concentradas en el costo. Veamos por qué.

Cuando una compañía está concentrada en una estrategia de eficiencia centrada en el costo, la mayoría de estas medidas se enfatizan en la eficiencia de cada área, en esfuerzos de reducción de costos basados en el costo estándar unitario. Esta conexión parece tener sentido porque existe una relación directa entre el decrecimiento en el costo total del gasto del sistema y el incremento del Retorno sobre la Inversión. Pero, esto es cierto solo si las ganancias y la inversión del sistema permanecen inalteradas. La relación de eficiencia centrada en el costo con el Retorno sobre la Inversión se extrapola usando una regla de "sistema total", mediante el cual el sistema es desglosado en sus componentes y medido discretamente. Luego, se suman las salidas de esas medidas individuales para supuestamente obtener el rendimiento del sistema, lo cual es errado.

Las organizaciones fallan al no entender dos importantes realidades cuando aplican la regla del sistema total a un recurso local o área:

1. La extrapolación es incorrecta porque las reglas que se aplican para definir qué hace eficiente al sistema, cómo se maximiza la eficiencia y cómo se comportan realmente los costos en el sistema como un todo, no pueden ser extrapolados y aplicados a los eslabones que conforman la cadena del sistema, porque en un sistema se genera sinergia, que significa la acción de dos o más causas cuyo efecto es superior a la suma de los efectos individuales. Por otro lado, una Estrategia Centrada en el Flujo se concentra en maximizar la eficiencia y utilización del sistema como un todo a la tasa con la cual el mercado hala a través de la demanda.

2. La mayoría de las eficiencias locales o individuales centradas en el costo, se rigen por la definición financiera contable de absorción total del costo del producto que se determina en las Prácticas de Contabilidad Generalmente Aceptadas (PCGA). Las políticas, tácticas y acciones para proteger el

margen bruto del producto y minimizar sus costos unitarios, realmente entran en conflicto con las tácticas y acciones necesarias para lograr el incremento del ROI. Ellas inhiben y bloquean la velocidad de flujo a través del sistema, al distorsionar la información con lo cual se dirige erradamente el uso de materiales y recursos que no deberían ser utilizados. De esta manera, se erosiona el rendimiento en fechas de entrega y la oportunidad de crecer en participación de mercado. Como resumen, la absorción total del costo del producto usada en las PCGA nunca tuvo la intención de servir para tomar decisiones de planificación, ejecución o inversión de un sistema.

11.12. Estrategia de eficiencia centrada en el costo

En la Figura 31, se encuentra la tabla de resumen de una Estrategia de Eficiencia Centrada en el Costo. La misma proporciona el marco de referencia para definir políticas, objetivos de medición y tácticas a ser implementadas. Las tácticas tienen un propósito definido para el sistema, un conjunto de acciones, una programación u horizonte de tiempo y un resultado medible. Con resultados tácticos, la retroalimentación de la información reportada determina cuándo, dónde y cómo tomar acciones correctivas para proteger y asegurar el costo unitario mínimo del producto.

Hay cuatro puntos básicos para entender una Estrategia de Eficiencia Centrada en el Costo:

1. La estrategia global es maximizar la eficiencia de cada recurso y minimizar los costos unitarios de los productos como lo definen los PCGA.

2. El sistema es definido como lineal y usa una ecuación aditiva para describir cómo los costos y los ingresos se comportan

3. Juntos, los PCGA y las reglas lineales del sistema definen y derivan las políticas para asegurar que las áreas de recursos individualmente logren la más alta eficiencia centrada en el costo de los recursos que administran. Estas políticas determinan las tácticas para planificar y ejecutar, así como definir las medidas y reportar objetivos para cada área.

4. Los objetivos de medición de los recursos y reportaje de objetivos definen los puntos de recolección de datos, el conjunto de datos, y la frecuencia de recolección con el fin de proporcionar información relevante para la toma de decisiones, acciones y evaluación del rendimiento.

Alineamiento	Definición y ejemplos
Estrategia	Maximizar eficiencia y utilización de los recursos: planificar y programar las actividades de los recursos para asegurar el mínimo costo y el máximo margen bruto del producto. Enfoque en tácticas, acciones e iniciativas de reducción de costos con énfasis en ahorros de mano de obra, utilización de maquinaria y reducción de inventario como prioridades primordiales "**Cada reducción de costos incrementa el ROI**"
Políticas – "Las reglas"	Compras, Planificación, Programación, Contratación de personal, asignación de precios, Gestión de Inventarios, Ventas, Tercerización, Transporte, Despliegue, Ingeniería, Investigación y Desarrollo.
Métricas o medidas objetivo	**Márgenes de ganancia bruta del producto** —cumplir con el plan de ganancias tanto para ingresos como para costos de los productos. **Costos estándar de piezas y productos terminados** —Uso eficiente de todos los recursos. **Metas del capital de operación** — Uso eficiente del capital de operación. **Iniciativas de reducción de costos** — Cumplir con el plan de ganancias. **Análisis de varianza del costo del producto** — la meta es lograr la eficiencia de cada recurso y oportunidades de reducción de costos.
Tácticas para desplegar la estrategia y asegurar las medidas objetivo	Compras de materiales más baratos, Uso de la Orden Económica Óptima (OEO) para determinar tamaños de lotes mínimos de producción, extender el pronóstico para producir lotes minimizando calibraciones y puestas a punto de máquinas, evitar los mantenimientos programados, conseguir descuentos por volumen, programar trabajo para correrlo en los recursos óptimos al costo mínimo, invertir en automatismos para disminuir la mano de obra, hacer cumplir los pedidos mínimos de los clientes, despachar o comprar solo camiones llenos, tercerizar solamente luego de comparar ahorros debidos a costos absorbidos totalmente, usar los márgenes brutos de los productos para determinar precios, promocionarlos, introducirlos o darlos de baja, inversiones de capital y bajas basadas en ahorros de costos estándar absorbidos totalmente.
Decisiones o acciones	Áreas de recursos locales ejecutan acciones para maximizar la utilización de recursos, cumplir con las medidas de eficiencia, minimizar los costos en mi área de responsabilidad (Eficiencias locales). Determinar las prioridades basados en el impacto a **mis medidas locales** de los recursos del área.

Figura 31. *Tabla de estrategia de eficiencia centrada en el costo.* De Smith & Smith, 2014.

La primera pregunta que nos viene a la mente es: ¿Qué determina la relevancia y las prioridades en el mundo de la Eficiencia Centrada en el Costo? La respuesta depende del punto de vista de cada uno desde dentro del sistema. En este medio ambiente, todos se esfuerzan para incrementar la eficiencia de los recursos a su cargo porque creen que este comportamiento bajará el costo unitario asignado a cada producto cuando pase por su área. Todos los recursos, todo el tiempo, están priorizando sus acciones con este objetivo. En una organización con una estrategia centrada en el costo, hay muy poco chance de que haya acuerdo en prioridades sistémicas o exista información relevante para definir las prioridades del sistema como un todo. Se produce una crisis inminente cuando se trata de buscar consenso sobre prioridades. La visibilidad es casi inexistente fuera de la visión local, y tienen una disposición limitada para conectar las acciones locales con los efectos que se producen en el Retorno sobre la Inversión. Este medio ambiente es propenso para la creación de conflictos, lo que da como resultado efectos negativos en el rendimiento del sistema.

El responsable de un solo recurso no tiene la misma visión acerca de la relevancia como la que posee el Gerente de planta que considera al sistema con mayor perspectiva. Lo mismo sucede en el caso de los diferentes departamentos, de acuerdo con el grado de responsabilidad de sus integrantes. Esto sucede porque cada uno está evaluando al sistema a través de su propia medición individual de eficiencia centrada en el costo, en lugar de la visión correcta que haría al flujo del sistema eficiente. Están mirando a través de un orificio que limita su visibilidad de considerar al sistema como un todo. Hay, sin embargo, un supuesto sobre el cual están totalmente convencidos: cuánto mejor manejen su eficiencia local y disminuyan su costo unitario del producto, habrá mayor utilidad para la organización. Es la pura verdad, la que crea una obsesión con medir los aspectos financieros individuales y las implicaciones de cada recurso.

Compañías y gerentes no pueden pensar ni imaginar otra forma de actuar. Sus reportes informativos y las medidas utilizadas son creadas para hacer seguimiento y resumir información basada en la absorción total de los costos unitarios de acuerdo con los Principios Contables Generalmente Aceptados (PCGA). Piensan que el flujo es importante pero el costo es lo que se tiene que controlar.

11.13. Estrategia de eficiencia centrada en el flujo

La Estrategia de Eficiencia Centrada en el Flujo proporciona el marco de referencia para definir políticas, objetivos de medición y tácticas a ser implementadas. Las tácticas tienen un propósito definido para el sistema, un conjunto de acciones, una programación u horizonte de tiempo y un resultado medible. La retroalimentación de los resultados tácticos determina cuándo, dónde y cómo tomar acciones correctivas para proteger los objetivos tácticos.

La retroalimentación a tiempo real determina cuándo, dónde y quién debe tomar acciones correctivas para proteger el plan impulsado por la demanda y el rendimiento de plazos de entrega al mercado.

Existen tres puntos básicos a considerar:

1. La estrategia global es maximizar el flujo del sistema de acuerdo con las señales de halar del mercado. Las reglas derivadas de esta estrategia son usadas para definir las políticas, con la finalidad de sincronizar todas las áreas bajo el mismo plan y prioridades de ejecución.

2. Con la definición de las políticas se deducen las tácticas para planificar y ejecutar, así como para definir las medidas y los reportes objetivo, de cada área. El enfoque se centra en alcanzar visibilidad y velocidad de información relevante y flujo del producto.

3. Las mediciones y los reportes objetivos determinan los puntos de recolección de datos, los conjuntos de datos y la frecuencia de recolección para suministrar la información relevante para satisfacer los objetivos de medición y reportaje.

Las reglas y herramientas de cada estrategia determinan la mínima tecnología de la información que cada estrategia necesita para proporcionar información relevante para la toma de decisiones y la evaluación del rendimiento del sistema. Entender el horizonte de tiempo relevante de las tácticas cambia la definición de información relevante que permite a los recursos ejecutar acciones para respaldar las tácticas para cumplir con el objetivo estratégico.

Alineamiento	Definición y Ejemplos
Estrategia	Maximizar el flujo del sistema que es halado por la demanda del mercado: **Sincronizar las señales de demanda y reaprovisionamiento** entre los puntos críticos de control y desacople – **identificar y remover los bloqueos al flujo a y a través de los puntos críticos**.
Políticas – "Las reglas"	Compras, Planificación, Programación, Contratación de personal, Asignación de precios, Gestión de Inventarios, Ventas, Tercerización, Transporte, Despliegue, Ingeniería, Investigación y Desarrollo e Innovación (I+D+i).
SEIS Métricas o medidas objetivo	**Confiabilidad** – Ejecución consistente con el plan/programación/expectativas del mercado **Estabilidad** – Transmitir la menor variación posible. **Velocidad** - Pasar el trabajo correcto lo más rápido posible. **Mejoras del sistema/desperdicio** – Señalar y priorizar las oportunidades para mejorar el Retorno sobre la Inversión (ROI). **Contribución Estratégica** – maximizar el Throughput de acuerdo con factores relevantes.
Tácticas para desplegar la estrategia y asegurar las medidas objetivo	Comprar lo necesario considerando calidad y cantidad, no crear tamaños de lotes artificiales, usar el Throughput (TOC) para determinar la rentabilidad del producto, las calibraciones y puestas a punto en recursos no restrictivos que no tienen condicionamientos, limitar la liberación de trabajo a la capacidad y prioridad de la programación de los puntos de control del sistema (restricciones), invertir en incrementar la capacidad para el flujo hacia y a través de las restricciones, invertir en inventario estratégico para "posicionar y halar" y cumplir con los tiempos de tolerancia de los clientes, descargar trabajo a las restricciones hacia recursos menos eficientes. Tercerizar para descargar trabajo de recursos de capacidad restringida. Usar amortiguadores o *buffers* visibles para romper la variación y dirigir acciones y priorizar. Prioridad de activos de capital basados en la oportunidad de rendimiento en dólares y la reducción del ciclo total.
Decisiones o acciones	Visible, stock en tiempo real y estado del *buffer* de tiempo alinean prioridades e identifican cuándo, quién y por qué una decisión para tomar una acción correctiva debería ocurrir. Identificar la fuente y el impacto de la variación fuerza acciones correctivas necesarias para "desbloquear" el flujo, prioriza acciones de mejora futuras. Puntos de control de señales de sobrecarga de capacidad para programar sobretiempos, expulsa o hala "trabajo" y prioriza las promesas a los clientes y las fechas de envío.

Figura 32. *Tabla de estrategia de eficiencia centrada en el flujo.* De Smith & Smith, 2014.

11.14. Conclusiones

Costo y flujo tienen diferentes definiciones para información relevante, políticas, índices y objetivos de medición, tácticas y acciones:

• La eficiencia centrada en el costo está enfocada en planificar y ejecutar el trabajo con la más alta eficiencia individual del recurso al mínimo costo unitario para cumplir con el plan del negocio y maximizar el Retorno sobre la Inversión. El bajo costo unitario es un resultado natural, pero no hay correlación con lo que el sistema gasta, el costo del sistema para operar en el periodo de tiempo medido.

• La eficiencia centrada en el flujo se enfoca en sincronizar y alinear todas las prioridades de recursos a la señal de halar de la demanda del mercado y en la velocidad del flujo para maximizar el Retorno sobre la Inversión. Los resultados naturales de estas acciones se traducen en un alto Rendimiento en Fechas de Entrega (RFE), cortos tiempos de entrega al mercado y mínimo capital invertido. Esta estrategia tiene todos los medios para aprovechar la máxima oportunidad de mercado para un gasto e inversión mínimos en el sistema.

Capítulo 12

Gestionando con los principios de Pareto

12.1. Introducción

> El Premio Nobel de Física de 1977 Philip Warren Anderson al referirse a las distribuciones estadísticas anotaba que "mucho del mundo real es controlado más por las colas de las distribuciones que por las medias o los promedios: por lo excepcional, no por los lugares comunes, por la catástrofe, no el goteo constante necesitamos liberarnos del pensamiento en el promedio" (Andriani, 2011, p. 90) [15].

A pesar de que la Distribución Gaussiana o Normal y los métodos cuantitativos que con ella se utilizan son todavía relevantes en las organizaciones, la creciente omnipresencia de las leyes de potencias significa que las distribuciones de rango/frecuencia de Pareto, los fractales y las teorías subyacentes de escala libre, son cada vez más utilizadas. Estas representan de forma acertada a la dinámica organizacional, incrementalmente penetrantes y son caracterizaciones válidas de la dinámica organizacional.

Los investigadores y administradores que ignoran los efectos de la ley de potencias corren el riesgo de obtener conclusiones erradas y de aplicarlas de manera equivocada en las organizaciones. Se debe a que los administradores, en la mayoría de los casos, lo que deben enfrentar son los extremos (colas) y no tanto los promedios.

Generalmente la primera cola representa eventos extremos de alto impacto y baja frecuencia, como la conmoción y el daño producido por un terremoto o la presencia de un supermercado en la venta de alimentos y afines, por ejemplo. A estos eventos se los llama "cisnes negros". La segunda cola tiene que ver con eventos de bajo impacto y alta frecuencia, como es el caso

[15] Traducción propia.

de las tiendas de barrio que ocupan micro-nichos, compran suministros de los proveedores o reciben mercadería en consignación y tienen muy poco peso relativo.

En el caso de mercancías y materias primas, tenemos una Distribución de Pareto truncada en la que una de las colas no existe, lo cual indica un mercado restringido. Un mercado de materias primas se basa en la estandarización de productos, mediante especificaciones que uniformizan su calidad entre todos los compradores, vendedores y en todas las regiones.

Restringiendo la diversidad mediante la estandarización, generamos mercados centrados en la calidad promedio con un fuerte truncamiento que evita el surgimiento de ítems de diversidad ilimitada y mayor calidad que ocuparían el espacio del mercado latente de la cola truncada. La estandarización genera mercados gaussianos, lo que crea productos homogéneos y reduce, de este modo, la variedad geográfica y en calidad del negocio. Colas inexistentes significan oportunidades escondidas para los estrategas que buscan nuevos nichos de mercado con ojos de Pareto.

12.2. El administrar en un mundo de Pareto pide nuevas formas de pensar

El principal problema con el que nos enfrentamos no es la falta de instrumentos y herramientas para administrar los sistemas, sino la realidad que asumimos y la abstracción que hacemos del sistema que queremos manejar.

Los procesos que se llevan a cabo y las interdependencias de la cadena de suministros de una organización, determinan sus realidades logísticas y dictan sus estrategias de mercado e inversión. Lo que sucede en el mundo real define las reglas escogidas para obtener información relevante y cómo los costos y los ingresos se comportan. Un sistema balanceado para medición del rendimiento de la cadena de suministro tiene tres componentes distintos de métricas financieras y no financieras (Smith & Smith, 2014).

1. Medidas financieras internas para evaluar las decisiones estratégicas de inversión: siguen las reglas con la finalidad de obtener información para los sistemas. Estas reglas analizan el comportamiento de los costos, ingresos y volúmenes a través del tiempo. El punto de partida es un sistema administrado por la demanda, para empatar con la estrategia del menor tiempo de entrega posible y determinar la inversión estratégica requerida con el propósito de cumplir con la estrategia acordada para el sistema.

2. Medidas no financieras (control diario de las operaciones de manufactura y distribución) en los puntos de control y puntos de desacople, *buffers*, sistemas de bucle de retroalimentación y métricas inteligentes que son usadas para evaluar el rendimiento de la cadena de suministro.

3. Reportaje basado en los Principios de Contabilidad Generalmente Aceptados (PCGA) para conocimiento de las entidades externas de control (Superintendencias, Servicio de Rentas Internas, Ministerio de Trabajo, etc.) (Smith & Smith, 2014)

Una visión basada en los principios de Pareto se concentra en un bucle visible de retroalimentación formado por *buffers* estratégicos de inventario, tiempo y capacidad que protegen a los puntos de control. Juntos, crean coherencia y un conjunto de medidas centradas en seis objetivos de métricas inteligentes:

1. Confiabilidad
2. Estabilidad
3. Velocidad
4. Mejoramiento del sistema y control de desperdicios
5. Gasto Operativo local
6. Contribución estratégica

Las tres primeras son medidas objetivo no financieras para el día a día. La cuarta medida (mejoramiento del sistema y control de desperdicios), es tanto una medida financiera como no financiera; y las dos últimas, son medidas financieras.

		Las seis métricas Objetivo	Definiciones de los objetivos de medición y ejemplos
Medidas No financieras	Control de operaciones diarias	Confiabilidad	Ejecución consistente con el plan/programación/expectativas del mercado
		Estabilidad	Transmitir la menor variación posible
		Velocidad	Pasar el trabajo correcto lo más rápido posible
Ambas	Decisiones estratégicas	Mejoramiento del sistema y control de desperdicios (en $)	Señalar y priorizar las oportunidades perdidas de ROI.
Financiera		Gasto Operativo local	¿Cuál es el gasto mínimo que captura el sistema en cada oportunidad de negocio?
		Contribución estratégica	Maximizar el Throughput en dólares y en volumen de acuerdo a factores relevantes

Figura 33. *Tabla resumen de las seis métricas objetivo que miden el rendimiento de un sistema impulsado por la demanda.* De Smith & Smith, 2014.

12.3. Pareto y el uso de amortiguadores estratégicos

El aspecto más importante que los administradores deben gestionar son los eventos fuera de sus límites específicos y tradicionales. Debe existir un cambio en la atención gerencial del centro de la distribución (promedios) a las colas o valores atípicos, para solucionar problemas y encontrar oportunidades de crecimiento de mercado y mejoramiento de los procesos. Una métrica inteligente debe concentrarse en los puntos de control estratégico y en los puntos de desacople. Los eventos que ocurren en las colas de las distribuciones de los amortiguadores estratégicos obligan a la administración a actuar. Compras, Planificación, Programación, las decisiones de despliegue, etc., están determinadas y alineadas y la ejecución está sincronizada de acuerdo con las prioridades de las zonas de *buffers* o amortiguadores. Los eventos y tendencias en las colas son medidos para determinar el rendimiento de los recursos y de los activos, así como para concentrarse en las oportunidades de mejoramiento que se presenten (Smith & Smith; 2014).

12.4. Administración de la organización mediante DDMRP

Para manejar efectivamente un sistema productivo con el nuevo paradigma de Planificación de Requerimientos de Materiales impulsados por la demanda, se debe:

a. Hacer que la organización acoja la estrategia de eficiencia centrada en el flujo.

b. Diseñar e implementar la estrategia impulsada por la demanda y escoger los puntos de desacople y de control para proteger el tiempo de espera acordado estratégicamente.

c. Implementar la estrategia de stocks en los puntos de desacople mediante el uso de la metodología DDMRP.

d. Determinar correctamente el tamaño de las zonas de los amortiguadores de inventario, tiempo y capacidad para proteger el flujo con mínima inversión.

e. Crear, en la organización, las condiciones para visibilizar el estado de estos *buffers* en tiempo real.

12.5. *Buffers* de inventario, análisis de Pareto y objetivos de las métricas efectivas (Smith & Smith, 2014)

En la Figura 34. Análisis de Pareto: Inventario disponible objetivo y valores atípicos o colas a ambos lados de la distribución (Smith & Smith, 2014), el gráfico muestra una visión

basada en los principios de Pareto de los *buffers* de inventario y los objetivos del innovador sistema de métricas. Es una representación genérica de inventarios, tanto a nivel individual como agregado.

El eje de abscisas representa la cantidad de inventario en unidades con dos puntos importantes: el Punto A, donde tenemos muy poco inventario; la organización experimenta faltantes, existen muchas expeditaciones y se pierden ventas por falta de producto terminado. En el Punto B, en cambio, existe demasiado inventario y, por tanto, exceso de capital de operación comprometido y congelado, capacidad dilapidada y espacio de bodegas y exhibición mal utilizados. Entre estos dos puntos A y B existe una zona en la cual se encuentra el rango de la cantidad óptima de inventario, que es la parte central de la curva delimitada por el color amarillo de los amortiguadores o *buffers*. Técnicamente, se lo dimensiona al tomar la parte superior de la zona roja y sumarle la zona verde.

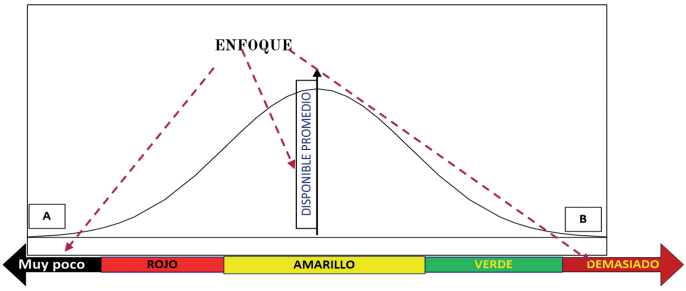


Figura 34. *Análisis de Pareto: Inventario disponible objetivo y valores atípicos o colas a ambos lados de la distribución.* De Smith & Smith, 2014.

La posición objetivo de Disponible Promedio es el punto de la zona amarilla igual a la zona roja más la mitad de la zona verde.

Determinadas las zonas, podemos comenzar a medir y gestionar los valores atípicos que se encuentran en las colas, para llevar el inventario disponible hacia la zona media. El control diario de los *buffers* de inventario se circunscribe a manejar los eventos que se presentan en las colas con la finalidad de mantener el flujo del producto y su disposición para la demanda del mercado.

El poder administrar el impacto de los valores atípicos es la ventaja de utilizar métricas innovadoras. Si el mercado hala a una tasa significativamente mayor con la que la actual zona amarilla fue dimensionada, Compras será forzada a comprar con mayor frecuencia materias primas y a gestionar prioridades con los proveedores, para evitar quedarse sin inventa-

rio. De igual manera, Operaciones se verá obligada a producir más y a expeditar continuamente el producto en proceso. Si la variación es mayor que la zona roja de protección diseñada, se presentarán mayores expeditaciones y la presencia de faltantes de inventario será inevitable. Estos "eventos" producen retrasos en los flujos y en la velocidad de proceso. Al medir y administrar, con conocimiento de causa y proactivamente estas situaciones, logramos cumplir con los objetivos detallados en la Figura 33., en la que encontramos la Tabla resumen de las seis métricas objetivo que miden el rendimiento de un sistema impulsado por la demanda tales como Confiabilidad del Sistema, Estabilidad, Velocidad y Enfoque en el Mejoramiento del Proceso.

En resumen, debemos llevar a cabo nuestras evaluaciones de inventario disponible enfocados en las colas, en las que debemos determinar:

1. Ítems con faltantes y con demanda
2. Ítems con faltantes y sin demanda
3. Ítems en la parte inferior de la zona roja.

Debemos ver claramente desde el punto de vista financiero por qué, dónde y cuánto efectivo e inversión estratégica se requiere, para alinear los niveles de stocks y la protección de *buffers*, con el fin de responder al incremento de la demanda. A su vez, el área de Mercadeo y Ventas debe comparar las tendencias de ventas con la planificación realizada e indicar la necesidad de un incremento en los niveles de las zonas de *buffers*. Planificación puede chequear si la variabilidad en el reaprovisionamiento y/o el tiempo de entrega por parte de proveedores se ha incrementado y si se requiere incrementar la protección en la zona roja o buscar proveedores adicionales. Independientemente de la causa, estos artículos requieren de inversiones adicionales en capacidad o en cantidad de inventarios, para responder a los objetivos del mercado y/o disminuir el desperdicio relacionado con la expeditación.

Operaciones debe actuar para mejorar la disponibilidad de partes con el fin de mantener al sistema confiable y estable, protegiendo así el tiempo de entrega al mercado. Estas partes, generalmente, son fuentes importantes de variabilidad del sistema, lo desestabilizan al disminuir su confiabilidad, su capacidad de respuesta y al aumentar el desperdicio. Si se mide y se prioriza el mejoramiento de procesos y la inversión estratégica en torno a estas partes, y se encuentra la causa de su bajo rendimiento de servicio se puede alcanzar los objetivos

estratégicos enumerados en la Figura 33. Tabla resumen de las seis métricas objetivo que miden el rendimiento de un sistema impulsado por la demanda con mínimo gasto operativo.

Si nos concentramos en la cola derecha de la Figura 34. Análisis de Pareto: Inventario disponible objetivo y valores atípicos o colas a ambos lados de la distribución, tendremos partes con deficientes tasas de flujo que pueden deberse a distintas causas tales como:

1. Ítems con inventario disponible sobre la parte superior de la zona verde, con demanda.
2. Ítems con inventario disponible sobre la parte superior de la zona verde, con muy baja demanda.
3. Ítems con inventario disponible en la zona verde.

La decisión de dividir por categorías basadas en el Consumo Promedio Diario ayuda a que Finanzas pueda concentrarse en las piezas con baja demanda y sus implicaciones ante el flujo de efectivo y el rendimiento del capital de operación. Se puede tener índices relevantes de la siguiente manera:

Cantidad = Costo Variable Unitario x (Objetivo disponible – Real disponible)

Tiempo = (Objetivo disponible – Real disponible) / Consumo Promedio Diario

Un inventario ubicado sobre la parte superior del indicador verde del *buffer*, indica la necesidad de una revisión de las tendencias existentes de ventas de los productos, con relación a lo planeado y, de ser del caso, amerita una evaluación de las políticas de liberación de órdenes y las reglas para definir los tamaños de lotes, si el flujo es el resultado de lotes de producción o de compra mínimos más grandes que la tasa de demanda requerida. Estas partes de bajo movimiento constituyen un gran desperdicio en el sistema productivo debido a que reducen velocidad y consumen efectivo, materiales, capacidad y espacio en planta y bodegas y crea contención a los recursos escasos.

Al revisar las tendencias de los estados de los *buffers* individualmente, encontraremos el punto de referencia para hacer seguimiento del rendimiento y mejorarlo, así como encontrar puntos en los cuales enfocar más inversiones y esfuerzos. El reducir las puestas a punto y el tamaño de los lotes de aquellas partes que usan cantidades mínimas de la orden o ciclos mínimos son aspectos importantes para el bucle de retroalimentación del proceso de mejoramiento continuo. Artículos con índices de flujo bajos (Cantidad Mínima de la Orden /Consumo Diario Promedio) son los que deben ser considerados de inmediato.

Al medir y priorizar el proceso de mejoramiento en torno a estas partes y las causas de su lento flujo se logran los objetivos estratégicos de las métricas innovadoras: confiabilidad del sistema, estabilidad, velocidad, proceso de mejoramiento enfocado y máxima contribución estratégica con el mínimo gasto operativo utilizado.

El Inventario es únicamente estratégico si el nivel de servicio al mercado que provee crea una ventaja competitiva y/o lo protege de la erosión del margen de contribución y la pérdida de participación en el mercado. El inventario estratégico protege ambos lados de la ecuación del Retorno sobre la Inversión; máximas oportunidades de ventas y mínimas expeditaciones relacionadas con el desperdicio enfocado en la cola izquierda con una mínima inversión de capital enfocada en la cola derecha. Al administrar, medir y revisar las tendencias de los eventos, se logran alcanzar los seis objetivos estratégicos de métricas innovadoras y el enfoque en la mejora del sistema, lo que incrementa la contribución estratégica con mínimo capital invertido y gastos operativos. Esto se traduce directamente en un incremento del ROI.

12.6. Propósito y dimensionamiento y de los amortiguadores o *buffers* estratégicos para stock

Los amortiguadores para stock son dimensionados inicialmente en función del Consumo Promedio Diario real, de una proyección del consumo, o de una combinación de los dos.

La zona verde es la iniciadora del proceso de generación de órdenes. Determina su frecuencia promedio y el tamaño típico. Es dimensionada ya sea por la Cantidad Mínima de la Orden o por un porcentaje del Consumo Promedio Diario, multiplicado por el tiempo de entrega, el que sea mayor. El Consumo Promedio Diario se calcula tomando un horizonte hacia atrás de algunos meses cercanos a la fecha de hoy; por ejemplo, tres meses. El porcentaje del Consumo Promedio Diario está determinado por la categoría a la cual pertenece la parte: a mayor tiempo de entrega, menor porcentaje utilizado, para generar órdenes con mayor frecuencia y crear un efecto de cinta transportadora para ítems de largos tiempos de entrega (Smith & Smith, 2014).

A la zona amarilla se la dimensiona con el Consumo Promedio Diario (CPD) multiplicado por el tiempo de entrega (TE). Es la zona de cobertura y amortiguación incrustada en el *buffer*.

La zona roja es la mitigadora de riesgos alojada en el *buffer*. Está formada por dos partes: la primera que establece un nivel base y usa un porcentaje de la zona amarilla. La segunda es la porción de seguridad de la zona roja. Se la dimensiona mediante un porcentaje de la zona roja base. Este porcentaje establece un factor de seguridad determinado por la categoría de variabilidad que tiene el ítem en cuestión; a mayor variabilidad se usa un mayor porcentaje (Smith & Smith, 2014).

12.7. Ejemplo de dimensionamiento de los amortiguadores o *buffers* estratégicos para stock

Las zonas del buffer son dimensionadas en función de:

- Consumo Promedio Diario,
- Tiempo de Entrega
- Variación de Suministro y Demanda

Supongamos los siguientes datos:

Cantidad Mínima de la Orden (CMO) = 60 unidades

Consumo Promedio Diario (CPD) = 10 unidades/día (se toma un período de tiempo hacia atrás. Por ejemplo, de 90 días)

Tiempo de entrega (TE) = 18 días.

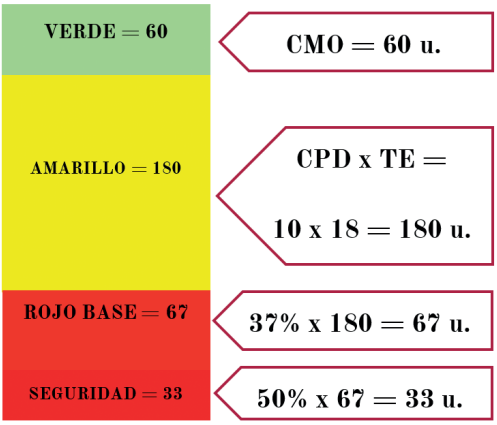


Figura 35. *Dimensionamiento de buffers estratégicos para stock.* De Smith & Smith, 2014.

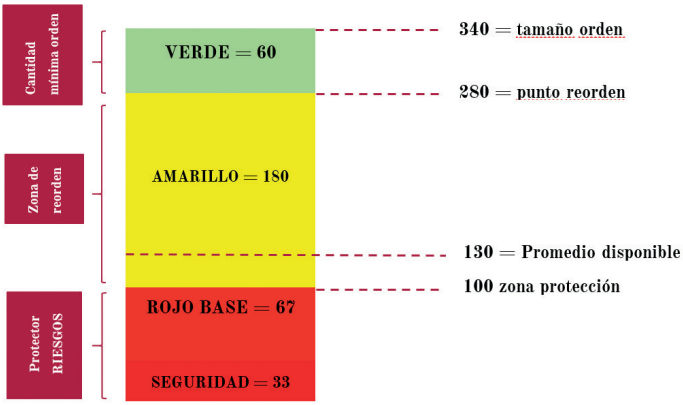


Figura 36. *Propósitos de las zonas de buffers de DDMRP e Inventario disponible objetivo.* De Smith & Smith, 2014.

Nota: el cálculo del Inventario Promedio Disponible objetivo, se lo hace de la siguiente forma: se suma de la zona roja total y se le añade el 50% de la zona verde: 33 + 67 + 50% x 60 = 130 unidades.

12.8. Comentarios acerca de los amortiguadores o *buffers* estratégicos para stock

Los amortiguadores son dinámicos porque incorporan cambios en el uso de la demanda en un horizonte de tiempo continuo. Todos los objetivos de inventario son medidos en unidades de producto terminado, no dólares. Cualquier asignación de valor en dólares debe ser calculada en función de los costos variables (materias primas + tercerizaciones). Los costos variables proporcionan información relevante para el análisis del costo-volumen-utilidad. Al utilizar el costo variable para evaluar inventarios, se generan proyecciones realistas de flujo neto de caja atado a los cambios requeridos en las inversiones estratégicas de inventario basadas en los jalones de la demanda real o estimada. Si los volúmenes tienden a crecer y todos los otros factores permanecen constantes, entonces la inversión estratégica en inventario hecha para respaldar la estrategia de tiempo de entrega objetivo deberá aumentar también. De no ser así, el nivel de servicio se deteriorará y los gastos de expeditación crecerán. Si, al contrario, las tendencias de las demandas de mercado decrecen generarán una disminución en inversión de capital y un cambio en el flujo de caja (Smith & Smith, 2014).

Para evaluaciones mensuales de la situación del inventario disponible, comparándolo con el objetivo, se lo debe valorar con el costo variable; pero para las operaciones diarias, los compradores y los vendedores están preocupados de las unidades antes que en los montos. Su enfoque está en el flujo del sistema. Las revisiones diarias desencadenan las órdenes de compras y la liberación de órdenes de manufactura. Las penetraciones en la zona roja de los búferes determinan acciones de expeditación y cambio de prioridades.

Se revisan además semanal y mensualmente las tendencias de los búferes en los diferentes niveles administrativos para tomar las decisiones más convenientes. El dato de Utilización Promedio Diaria planificado, el histórico o una combinación, de los dos debe ser utilizado para calcular las tres zonas iniciales — verde, amarilla y roja — de los *buffers*. En lo posterior, la utilización promedio diaria en función del tiempo de entrega determina tanto el nivel estratégico del compromiso de inventario como el compromiso de la inversión en capacidad que la compañía ha determinado que es necesaria para alcanzar su tiempo de entrega estratégico de mercado y lograr las ventas necesarias. Compras, Manufactura, y el despliegue del rendimiento en Distribución se comparan con los niveles objetivo de servicio al mercado y la inversión dirigida hacia el inventario estratégico en conjunto con la gestión de la capacidad de los recursos en los puntos de control (Smith & Smith, 2014).

12.9. Mejoras enfocadas mediante stocks estratégicos

El objetivo permanente debe ser el reducir el tamaño del *buffer* sin erosionar el nivel de servicio. Como se ha visto, el dimensionamiento de las zonas de búfer es función del consumo a lo largo del tiempo y la variabilidad. Es necesario entender de qué forma el tiempo de entrega de reaprovisionamiento y la variabilidad se traducen en cambios en las zonas del búfer; si el tiempo de entrega y/o la variabilidad disminuyen, el tamaño de los amortiguadores puede ser reducido sin riesgo alguno, ganando en velocidad de flujo, disminuyendo espacio de almacenamiento y liberando capital de trabajo. De suceder lo contrario, los *buffers* de stocks deben ser incrementados con inversiones adicionales para proteger la estrategia del tiempo de entrega de mercado. Los *buffers* alivian de la presión inmediata y dan a los administradores el tiempo necesario para concentrarse en determinar las causas para el incremento del tiempo de entrega y/o la variabilidad y eliminarlos manteniendo los niveles de servicio al mercado (Smith & Smith, 2014).

12.10. Indicadores locales de desempeño de la Teoría de las Restricciones[16]

Otra opción que puede utilizarse como complemento a las métricas revisadas hasta el momento, es la que proporciona la Teoría de las Restricciones, a través de los Indicadores Locales de Desempeño. El propósito de los indicadores es motivar a las partes para que hagan lo que más le convenga a la organización entera. El aforismo "dime cómo me mides y te diré cómo me comporto" nos indica que, de acuerdo con la métrica instituida, obtendremos un resultado esperado de los recursos en la dirección prevista.

Al querer medir el comportamiento local de los recursos correctamente, tenemos que determinar las desviaciones en la ejecución con lo planificado con antelación, para lograr determinar si los resultados nos satisfacen o debemos replanificar, tomando en cuenta las restricciones de la compañía.

Existen dos tipos de desviaciones que se pueden producir con respecto al plan:

- No hacer lo que se supone que se debía hacer o fiabilidad,
- Hacer lo que se supone que no se debía hacer o efectividad.

12.10.1. Fiabilidad

Mide las cosas que debían haberse hecho y no se hicieron, o sea incumplir en los compromisos con los clientes. Por tanto, la medida debe tomar en cuenta la importancia del compromiso fallado a los ojos del cliente.

- Fallar en algo por lo que el cliente concertó pagar $10000, no es igual a fallar en algo por lo que el cliente pactó pagar $100. Por ello debemos considerar el valor en dólares de aquello que el eslabón se comprometió a entregar y no lo hizo. El dinero es uno de los componentes del índice.
- Fallar por un día no es igual a fallar por un mes. Debemos considerar el tiempo por el cual el eslabón falla en su compromiso. El Tiempo es el segundo componente de la Fiabilidad.

La Fiabilidad se mide mediante el índice *Throughput-Dólar-Día* (T$d), que es la sumatoria de todos los compromisos que no se han entregado a tiempo en el período medido, pro-

[16]Manual de Capacitación en Reposición Activada por el Mercado (RAM) y Contabilidad Gerencial; ISOT Consulting; Frank Tosi Íñiguez, 2003.

ducto de las multiplicaciones del valor en dólares del compromiso no cumplido por el tiempo desde que el compromiso debía cumplirse hasta que este se entrega, o hasta el presente si aún no se entrega. Como primera aproximación, use el precio de venta al siguiente eslabón, si está disponible, use el precio del producto terminado al consumidor final. Debemos esforzarnos en tener CERO *Throughput-Dólar-Día*.

12.10.2. Efectividad

El resultado final de "las cosas que no debían haberse hecho y sin embargo se hicieron", es el exceso de inventario.

Para medir el exceso de inventario dos cosas son importantes:

- El Tiempo hasta que el inventario se necesita,
- El valor monetario del exceso de inventario.

La Efectividad se mide con el índice Inventario-Dólar-Día (I$d), que es la sumatoria del producto de las multiplicaciones del valor en dólares del inventario disponible por el tiempo desde que el inventario ingresó bajo responsabilidad del eslabón considerado hasta que fue utilizado. Para asuntos de simplicidad, medimos todo el inventario existente, en lugar de solo el exceso de inventario, y no nos esforzamos por reducir el I$D a cero. Debemos esforzarnos en tener un mínimo I$D óptimo, necesario para asegurar la confiabilidad.

12.10.3. Eficiencia

Para completar las medidas operacionales, tenemos que añadir una tercera medida: Gasto Operativo Local (GOL), que contiene solo el gasto que está bajo control del eslabón medido, tales como salarios y desperdicios. No incluye ninguna asignación de costos corporativos.

Cada eslabón debe ser medido sobre:

- La medida primaria: T$D cuyo objetivo es cero
- Las medidas secundarias: I$D y GOL. El objetivo es reducirlas, pero no a expensas de arriesgar la medida primaria.

Capítulo 13

Epílogo

13.1. Consideraciones acerca de DDMRP

El DDMRP es una revisión tardía de las reglas y herramientas que se utilizan en MRP y ERP. Considero que sus supuestos debieron haber sido modificados mucho antes. Con este remozamiento de reglas y herramientas, las cadenas de suministro pueden permanecer competitivas durante mucho tiempo hacia el futuro. Esta nueva teoría crea oportunidades de investigación alrededor del MRP, ERP y áreas relacionadas, ya que el tema ha recibido atención solamente en lo tocante con la determinación de la cantidad de la orden (Ptak & Smith 2016).

La Investigación de Operaciones se ha centrado únicamente en desarrollar algoritmos y técnicas de solución a problemas de operaciones que chocan con la actitud de los administradores - personas prácticas e incapaces de entender, y peor aplicar, los modelos diseñados para facilitar su gestión.

Ahora existe interés de colaboración entre las empresas y la academia, y se están desarrollando proyectos en ese sentido, como es el caso del Proyecto ERP en nuestra casa de estudios. En todo caso, los empresarios son quienes deberían exponer el punto de vista industrial e indicar qué necesita ser investigado y desarrollado y el educador qué debe ser enseñado en las aulas para cubrir esa demanda oportunamente.

El mejoramiento en los dos ámbitos puede lograrse con una cooperación más estrecha y diálogo permanente entre universidad y empresa. Esta nueva teoría, en el campo de la manufactura y la cadena de suministro, debería ser incorporada en el sistema ERP desarrollado por la Universidad del Azuay como una nueva opción que puede ofrecerse a los clientes que implementen nuestros sistemas (Ptak & Smith 2016).

13.2. Futuro del DDMRP

Los sistemas de planificación, desde sus inicios, evolucionaron teniendo como núcleo al Control de Inventarios. DDMRP no es la siguiente evolución de Gestión de Inventarios sino un novedoso avance en perspectiva y tácticas. En este caso, el núcleo viene a ser la Demanda. Su metodología no es un nuevo enfoque de planificación que sirve a una compañía en particular, sino que fácilmente puede ser utilizado en cadenas de suministro para tornarlas más eficientes, competitivas y lucrativas para todos sus integrantes. Es un enfoque ganar-ganar (Ptak & Smith 2016).

Con el fin de capitalizar todo este potencial, las compañías deberían colaborar y compartir datos e información. Esto sería posible solo si cada eslabón de la cadena de suministro entiende los beneficios de esta necesidad de participación. La computación en la nube aparece como la opción válida para apoyar esta visión. El uso de la tecnología de la información conectaría en redes a proveedores y clientes. Internet está revolucionando los negocios. ¿Será posible testificar en la siguiente década de qué manera la nube y las redes sociales permitieron concretar oportunidades de negocio e integraciones de las cadenas de suministro?

Bibliografía

1. American Production and Inventory Control Society (APICS) Dictionary, 2013, 14th Ed., Chicago, Ill.
2. Andriani, P. y McKelvey, B. (2009). From Gaussian to Paretian Thinking: Causes and Implications of Power Laws in Organizations. *Organization Science*, *20* (6), 941-1076. https://doi.org/10.1287/orsc.1090.0481
3. Andriani P, McKelvey, B. (2011) Managing in a Pareto World Calls for New Thinking. *AIMS*, *2* (14), 89-118. https://doi.org/10.3917/mana.142.0089
4. Curso Satelital de Goldratt Sesión 4: Distribución y Cadena de Suministros Indicadores / Medición de la Operación de la Planta, 2000.
5. Dettmer H. William (2007) *The Logical Thinking Process: A Systems Approach to Complex Problem Solving*- American Society for Quality.
6. Cox III,. J& Schleier, J. (2010). *Theory of Constraints Handbook*. McGraw-Hill. http://125.234.102.146:8080/dspace/handle/DNULIB_52011/3161978-0-07-166555-1
7. Edward S, Pound. Bell Jeffrey H., Spearman Mark L. (2014). *FACTORY PHYSICS FOR MANAGERS: How Leaders Improve Performance in a Post-Lean, Six Sigma World*.McGraw-Hill. https://www.accessengineeringlibrary.com/content/book/9780071822503
8. Poveda D. (2017) . *La frontera del conocimiento en diseño, planeación y ejecución de cadenas de suministro* [Archivo PDF]. http://www.aciicolombia.org/uploads/1/6/8/4/16840490/flujo_materiales_david_poveda.pdf
9. Ptak, C. y Smith, C. (2011). *Orlicky's Material Requirements Planning*. McGraw HillProfessional. https://books.google.com.ec/books/about/Orlicky_s_Material_Requirements_Planning.html?id=lRsULeiVTroC&redir_esc=y
10. Ptak,C. Smith, C. (2016). *DDMRP Demand Driven Material Requirements Planning: An Intuitive Proven Planning and Execution Method for Today's Complex and Volatile Supply Chain*. Industrial Press Inc.
11. Smith, Debra, Smith, Chad, 2016; *Demand Driven Performance Using Smart Metrics*; e-book Version 1.0. McGraw-Hill
12. Tosi, Frank. (2004). *Manual de Introducción a la Teoría de las Restricciones*. ISOT Consulting.
13. Tosi, Frank y Andrade Iván (2003) *Manual de Capacitación en Reposición Activada por el Mercado (RAM) y Contabilidad Gerencial*. ISOT Consulting.

Anexos

Anexo 1

La Teoría de las restricciones (T.O.C. Theory Of Constraints) (Consultora ISOT, 2004):

Es una *Nueva Filosofía Administrativa*, mentalizada y desarrollada por el físico israelí Eliyahu Moshé Goldratt, a partir de los finales de la década de los 70. Abarca un *conjunto de conocimientos sobre los sistemas* y la *interacción* entre sus componentes.

Consta de:

A. PRINCIPIOS: Condiciones que guían las decisiones administrativas, bajo las cuales funcionan los sistemas.

B. HERRAMIENTAS: Métodos y procedimientos específicos para construir y comunicar soluciones de sentido común – de lógica pura. Son los Procesos de Pensamiento.

C. APLICACIONES: Soluciones exitosas y probadas, que se han vuelto genéricas. Fueron desarrolladas usando los Procesos de Pensamiento. Estas son DBR y S-DBR, RAM, CCPM.

A. Principios de Teoría de las Restricciones

1) Tres supuestos o fundamentos sistémicos:

Condiciones bajo las cuales funcionan los sistemas.

2) Cinco pasos de enfoque de la Teoría de las Restricciones:

Un procedimiento para focalizar las acciones y lograr el mejoramiento continuo acelerado.

3) Tres medidas fundamentales (Throughput, Inventario y Gasto Operacional):

Medidas operativas que sirven de nexo para lograr que las acciones locales tengan impacto global.

1) Tres supuestos o principios sistémicos:

• **Principio Sistémico # 1: Todo sistema tiene una meta o razón de ser.** Los dueños del sistema han decidido cuál va a ser o ya es la meta de su organización. La meta genérica para empresas con fines de lucro es ganar más dinero, tanto ahora como en el futuro, cumpliendo con los empleados, los clientes, el estado, condiciones necesarias que deben ser satisfechas para conseguir la meta.

• **Principio Sistémico # 2: "El sistema es más que la suma de sus partes"** (Definición de SINERGIA). Un sistema no puede tener éxito si un componente optimiza su propio desempeño, a costa de otro módulo del sistema. Las organizaciones

no están compuestas de partes aisladas. Los administradores tradicionales operan bajo el supuesto de que la mejora del sistema es igual a la suma de las mejoras locales. Esta apreciación no rinde buenos resultados.

Las partes de un sistema realizan sus tareas en alguna secuencia de dependencia con otros componentes. También existen variaciones o fluctuaciones que afectan individualmente a cada componente del sistema en el momento de ejecutar su tarea. Cuando se combinan Variación con Dependencia, la suma de las variaciones o fluctuaciones negativas de cada componente se acumulan en el último paso del proceso. El efecto se intensifica cuando hay ensambles o integración. La combinación de **dependencias y fluctuaciones estadísticas** generan una situación tal, en la que hacer lo máximo posible localmente, puede afectar al sistema como un todo. De alguna manera, las mejoras locales no siempre se transforman en mejoras globales.

• **Principio Sistémico # 3: "Muy pocas variables –tal vez solo una- limitan el desempeño de un sistema en un momento dado – LAS RESTRICCIONES".** Se puede hacer la **analogía** de una organización con una **cadena**, para entender el concepto de restricción y de dependencia entre los componentes de la organización. La Teoría de las Restricciones considera que no toda acción local tiene un impacto global benéfico, sino que los esfuerzos tienen que ser focalizados donde realmente son útiles. La analogía que se utiliza es la de la resistencia de la cadena, en la que todos los eslabones trabajan en conjunto para lograr su propósito, resistir las tensiones. La cadena se romperá en su eslabón más débil, lo que nos da la resistencia de la cadena o **restricción**, y hay que concentrarse en ella.

Si mejoramos la resistencia en cualquier otro eslabón que no sea el más débil, la resistencia de la cadena no mejorará, ya que no todos los eslabones tienen la misma importancia para estos propósitos. Al aumentar la resistencia de este eslabón aumentará la resistencia de la cadena, pero solo hasta que otro de los eslabones se convierta en el más débil. Y así permanentemente.

Definición de restricción

Hemos visto intuitivamente que un sistema siempre tiene por lo menos una restricción. Caso contrario, su desempeño sería infinito.

En general, una *restricción* es cualquier factor que *está limitando o es capaz de* dificultar la consecución de la meta de un sistema. Estos factores de los que estamos hablando pueden ser de diferente naturaleza. Una restricción existirá siempre en un sistema. La clave radica en saber utilizarla o manejarla de la manera más beneficiosa para nosotros.

Tipos de restricciones

a. Restricciones Físicas: Este tipo de restricciones son principalmente de capacidad, y se dividen en restricciones de:

1. recursos,
2. mercado y
3. proveedor.

1. Restricción de Recursos: se refiere a la insuficiencia de algún elemento interno perteneciente a la institución.

2. Restricción de Mercado: es externa y se suscita cuando los clientes no pueden absorber todo lo que se puede producir internamente,

3. Restricción de proveedor: también es externa; se genera cuando mi proveedor no puede abastecerme con el suficiente material que requiere mi organización.

b. Restricciones de paradigmas y políticas: Las primeras causan las segundas. Se generan con uno o varios supuestos que asumimos sobre la manera en la que deben funcionar las organizaciones, lo cual nos lleva a crear políticas formales o informales para lograr que se cumplan nuestras hipótesis. Estas políticas son válidas cuando el entorno permanece constante; si este cambia, debemos reevaluarlas para que estas no se conviertan en restricciones.

Este tipo de restricciones son las más difíciles de identificar. Normalmente se analiza mediante los Procesos de Pensamiento de la Teoría de las Restricciones para solucionarlas.

c. Restricciones de fricción humana: se producen generalmente cuando una organización enfrenta un cambio. Normalmente, en la T.O.C., las Restricciones de Fricción Humana aparecen cuando ya se ha creado una solución completa e implementable, pero permanece en papel porque todavía no se sabe cómo hacer o por qué la gente es incapaz de trabajar en grupo y se debe previamente romper esas barreras.

d. Restricción de Clientes: la satisfacción del cliente siempre es una restricción, por ser un factor que, mal administrado, afecta la consecución de la meta. Por tanto, siempre debemos subordinarnos a esta restricción para no afectar nuestro Throughput futuro.

Forma de administrar las restricciones

Ya hemos visto que existen muchos tipos de restricciones o eslabones más débiles que pueden limitar nuestra consecución de la meta. Sin embargo, no todas tienen que ser consideradas de igual manera, dado que hay algunos tipos de restricciones con las cuales tenemos que convivir, mientras que otras son indeseables y deben ser eliminadas.

Ni a las Restricciones de Paradigmas y Políticas, ni a las de Fricción Humana se las debe mantener, sino que hay que tratar de descartarlas inmediatamente, aunque sean las más difíciles de identificar y eliminar.

Para administrar las **Restricciones Físicas** se utilizan los CINCO PASOS DE ENFOQUE, que se van a explicar a continuación. Normalmente este es el tipo de restricción que se espera tener, pero de preferencia se trata de lograr que la restricción sea interna. Sin embargo, en la realidad lo deseable es lograr un mejoramiento continuo donde la restricción salga al mercado y tomemos acciones para devolverla al interior. Si se mantiene este juego, de elevar y volver a elevar las restricciones, la organización entrará en un proceso de mejoramiento continuo acelerado. La organización siempre tiene que subordinarse a la restricción de clientes, porque de ellos depende la supervivencia de la organización.

2) Los cinco pasos de enfoque de la Teoría de las Restricciones:

La Teoría de las Restricciones (T.O.C.) busca el mejoramiento focalizado, continuo y acelerado de un sistema. Para lograrlo, Goldratt propuso los CINCO PASOS PARA ENFOCAR, los cuales utilizan la restricción como el factor clave para orientar los esfuerzos de mejoramiento del sistema. Estos pasos son:

- **Paso 1: Identificar la restricción**

En este paso hay que identificar el eslabón más débil, el factor que está limitando el desempeño del sistema.

- **Paso 2: Decidir cómo explotar la restricción**

Explotar significa aprovechar de la mejor manera la capacidad disponible de la restricción. Tiene otro aspecto que es el de tomar acciones para no desperdiciar nada de lo que entra y sale de la restricción.

- **Paso 3: Subordinar todo en la organización a la decisión de explotar la restricción**

La restricción tiene que marcar el paso del sistema, por ende, todos los demás componentes de la empresa tienen que subordinarse, para poder explotar la restricción. Usualmente, este es el paso más complicado debido al cambio cultural que implica.

• **Paso 4: Elevar la restricción**

Si la restricción se eliminó con los procesos de los pasos previos se continúa con el Paso 5. Caso contrario, se toman acciones para elevar la restricción con la consecuente elevación del desempeño del sistema. En este paso, generalmente, se necesita invertir recursos, a diferencia de lo que sucede con el paso 2.

• **Paso 5: Si la restricción se rompió en cualquiera de los pasos anteriores, regresar al paso 1, y no permitir que la inercia se convierta en la restricción del sistema**

En el paso anterior, hemos roto la restricción. Es decir que esta ya no limita nuestro desempeño, sino que ahora ha nacido otra. Tenemos que volver al Paso 1 para reevaluar la situación y lograr que esta elevación afecte positivamente al sistema. Sin embargo, no se tiene que despreciar el efecto de la inercia, ya que, cuando convivíamos con la restricción anterior, creamos reglas y políticas de funcionamiento, de subordinación, etc. El volver al Paso 1 quiere decir reevaluar toda la situación y no caer en la inercia de continuar con las reglas antiguas en la nueva situación. Si no se vuelve a cero, la inercia se puede convertir en la restricción del sistema, muchas veces sin que nos demos cuenta.

3) Tres medidas fundamentales (Dettmer, 2004)

Una pregunta clave que debemos contestar es: ¿cómo sabemos si la elevación o ruptura de la restricción ha tenido un efecto positivo en nuestro sistema en su conjunto? O, de otra manera: ¿cómo medimos los efectos de decisiones locales en el sistema global?

Parte de la respuesta yace en el énfasis de la Teoría de las Restricciones de mejorar el rendimiento del eslabón más débil (restricción) e ignorar, al menos temporalmente, los recursos con mayor capacidad. Este es un *análisis de sensibilidad*, procedimiento similar al que se lleva a cabo en los laboratorios, modificando una variable y dejando las demás constantes, para constatar cuánto de un resultado es atribuible a una causa en particular.

Al trabajar solo con la restricción conseguimos dos beneficios: 1) lograr la optimización del sistema con la menor inversión en recursos y 2) determinar exactamente el efecto producido por el mejoramiento de un componente específico en el sistema en su conjunto.

La Teoría de las Restricciones concibió una relación simple para determinar el efecto que cualquier acción local produce en el propósito de alcanzar la meta del sistema. Cada acción es evaluada por su efecto mediante el uso de tres medidas de desempeño global: Throughput, Inventario/Inversión y Gasto Operativo. (Figura A-1) (Dettmer 2004, p.16)

Figura A-1. *Definiciones de Throughput, Inventario y Gasto Operativo.* De Dettmer 2004, p. 16.

Definición formal de los indicadores globales

Throughput:

Es la velocidad con la cual el sistema genera dinero *a través de las ventas*. Otra definición es "todo el dinero ingresando al sistema". En entidades con fines de lucro es equivalente a contribución marginal.

Inventario/Inversión:

Es todo el dinero que la empresa invierte en cosas que pretende vender o todo el dinero atado dentro del sistema. El Inventario comprende el costo de adquisición de materias primas, producto en proceso, partes compradas y otros complementos destinados para la venta a los clientes. La Inversión abarca los gastos que una organización realiza en maquinarias, edificios e instalaciones. En otras palabras, es todo el dinero que el sistema captura.

Gastos Operativos:

Se define como todo el dinero que el sistema gasta para convertir el Inventario en Throughput. O sea, es el dinero que sale del sistema. A este rubro se añaden los sueldos, la energía, la depreciación, los desperdicios, los gastos de fábrica, gastos financieros, etc.

Jerarquía de los indicadores *Throughput*, Inventario y Gasto Operacional

La Teoría de las Restricciones busca la mejora continua acelerada de los sistemas en los que se aplica. Utiliza al *Throughput* como el indicador más importante porque, teóricamente, no tiene límite intrínseco y puede continuar creciendo.

Se considera al **Inventario** como el segundo más importante porque puede afectar el desempeño organizacional de diversas maneras: si el inventario es demasiado alto, el flujo de caja y el capital de operación pueden disminuir de manera alarmante y poner en peligro a la empresa. Adicionalmente, el tener altos inventarios aumenta los Gastos Operativos, debido al incremento del costo de mantenerlos. Finalmente, existe un efecto devastador al acrecentar el producto en proceso y, consecuentemente, el ciclo de planta a niveles que pueden dañar el *Throughput* futuro, debido al incremento de los tiempos de entrega al consumidor final.

El **Gasto Operacional** es, para la Teoría de las Restricciones, el tercero en importancia relativa. Tradicionalmente, se utiliza la reducción del Gasto Operativo como primera iniciativa para supuestamente mejorar la situación de la empresa. De esta forma, en la realidad estamos partiendo con un límite intrínseco para nuestro proceso de mejora continua, ya que no podemos reducir los Gastos Operativos indefinidamente, porque en la práctica existe un límite bajo el cual el desempeño organizacional se vería perjudicado. De ahí en adelante, ya no habría la posibilidad de seguir disminuyendo gastos.

B. Herramientas: Los procesos de pensamiento (Dettmer)

Los Procesos de Pensamiento que Goldratt desarrolló para aplicar la Teoría de las Restricciones es lógico por naturaleza. Su propósito es conseguir el mejoramiento enfocado de cualquier sistema cognitivo, especialmente sistemas de negocios. Están diseñados para responder tres preguntas cruciales para administrarlos: *Qué cambiar, Hacia qué cambiar; Cómo producir el cambio.*

Los Procesos de Pensamiento comprenden seis árboles de lógica y sus reglas, llamadas Categorías de Reservación Legítima, gobiernan su construcción. Estos son: Mapa de Objetivos Intermedios, Árbol de Realidad Actual, Nube Evaporada, Árbol de Realidad Futura, Árbol de Prerrequisitos, Árbol de Transición.

Mapa de Objetivos Intermedios: es un buscador de destinos. Stephen R. Covey en su libro *Los siete hábitos de la gente altamente efectiva*, sugiere que uno debería empezar cualquier emprendimiento con el objetivo en mente. El Mapa de Objetivos Intermedios nos ayuda a cumplir con la sugerencia. Comienza con la declaración clara de la meta que se desea alcanzar y los factores críticos de éxito que deben cumplirse para que el objetivo final se logre. Se proporciona uno o dos niveles de condiciones necesarias detalladas para lograr los factores críticos de éxito.

Árbol de Realidad Actual: es una herramienta para análisis de desviaciones o discrepancias que nos ayuda a examinar la lógica de causa-efecto detrás de nuestra situación real y define por qué esa situación es diferente al estado en que deseamos estar que se expresa en el Mapa de Objetivos Intermedios.

El Árbol de Realidad Actual comienza con los efectos indeseables que encontramos alrededor nuestro. Se compara la realidad existente y los logros que queremos alcanzar que se detallan en el Mapa de Objetivos Intermedios. Esta acción nos ayuda a retrotraer para identificar las pocas causas raíz que generan los efectos indeseables que nos están perturbando. Estas causas raíz críticas inevitablemente incluyen a la restricción del sistema a la cual estamos intentando identificar mediante los cinco pasos de enfoque.

El Árbol de Realidad Actual contesta a la pregunta *¿Qué cambiar?* Un cambio sencillo, pero que tendrá el mayor efecto positivo posible en nuestro sistema.

Nube evaporada o diagrama de resolución de conflictos: sirve para solucionar discrepancias que han permanecido escondidas y que generalmente perpetúan problemas crónicos. El Diagrama de Resolución de Conflictos se basa en el supuesto de que la mayoría de los problemas fundamentales existen a causa de algún conflicto que obstaculiza la aplicación de la solución correcta y sencilla al problema. De no haber conflicto, el problema se soluciona enseguida.

El Diagrama de Resolución de Conflictos también sirve como motor creativo de ideas para desarrollar soluciones novedosas a los problemas persistentes.

Arbol de realidad futura: sirve a dos propósitos; por un lado, nos ayuda a verificar si la acción que pensamos ejecutar producirá los resultados que intuimos; y por otro lado, nos permite prever posibles consecuencias desfavorables que nuestra acción podría tener para arrancarlas de raíz.

Estas dos funciones producen a su vez dos importantes beneficios. En primer término, podemos probar lógicamente la

efectividad del curso de acción propuesto por nosotros antes de invertir mucho tiempo, energía y recursos con el objetivo de evitar degradar al sistema y llevarlo a situaciones peores que las iniciales. En segundo lugar, la herramienta responde a la pregunta: *¿Hacia qué cambiar?*, lo que valida la nueva configuración del sistema.

Árbol de prerrequisitos: una vez que se ha decidido el curso de acción, el Árbol de Prerrequisitos ayuda a implementar la decisión tomada. Esta herramienta nos da la secuencia de las actividades que debemos llevar a cabo para hacer realidad nuestro plan. Con el Árbol de Prerrequisitos se identifican los posibles obstáculos y se deducen los mejores caminos para superarlos. Esta herramienta responde a la primera parte de la pregunta: *¿Cómo causar el cambio?*

Árbol de transición: fue diseñado para proporcionar instrucciones paso a paso para implementar un curso de acción. Suministra los pasos a dar en secuencia y la razón para hacerlo, por lo que se lo puede considerar como un mapa de ruta detallado para alcanzar la meta. Responde a la segunda parte de la pregunta *¿Cómo causar el cambio?*

C. Aplicaciones (Dettmer 2004)

Utilizando los conceptos de la Teoría de las Restricciones, se han desarrollado aplicaciones enfocadas a solucionar la problemática de Producción, Distribución, Ventas y Control de Proyectos. Enumeraré brevemente algunas de ellas:

Tambor-Amortiguador-Cuerda o Drum-Buffer-Rope (DBR):

Dentro de Producción y Gestión de Operaciones, la solución busca halar materiales a través del sistema, en lugar de empujarlos, que era el método tradicional.

DBR es una metodología que se basa en el hecho de que las salidas de un sistema son iguales a las que pueden obtenerse con la restricción. Cualquier intento de producir más de lo que la restricción puede procesar, genera la formación de inventario de producto en proceso en este lugar. El método lleva el nombre de sus tres componentes: tambor *(Drum)*: es la tasa con la cual la restricción física trabaja; en otras palabras, el centro de trabajo, máquina u operación que limita la posibilidad de que el sistema pueda producir más. Programando el tambor, decidimos lo que producirá la fábrica, su secuencia y cantidad. De esta manera, nada será desperdiciado. El *buffer* o *amortiguador* protege al tambor para que siempre tenga tra-

bajo fluyendo hacia él. Constituye el tiempo adicional a los de preparación, puesta a punto y de proceso para los materiales y piezas en el flujo de manufactura. Debido a que estos amortiguadores son de tiempo (no de cantidad), hacen que las prioridades del sistema funcionen estrictamente en función del tiempo en el que una orden debe estar en el tambor o restricción.

El DBR tradicional requiere de amortiguadores en varios puntos del sistema: la restricción, los puntos de sincronización y en despachos. S-DBR tiene un amortiguador ubicado en despachos y gestiona el flujo de trabajo a través del tambor mediante un mecanismo de planificación de carga.

La *cuerda* es el mecanismo de liberación de trabajo para la planta. Las órdenes son liberadas al piso de la fábrica con un *buffer* de tiempo antes de que sean procesadas por la restricción; o sea que, si el *buffer* es de 3 días, la orden es liberada 3 días antes de la fecha de vencimiento en la restricción. Si se coloca trabajo con anticipación al *buffer* definido, se genera producto en proceso en exceso, lo que lentifica el desempeño del sistema.

Para Distribución: la aplicación conocida como Reposición Activada por el Mercado que fue tratada en este documento.

Para Ventas: la "Oferta Mafia", llamada así porque es de tal naturaleza que nadie la puede rechazar. En lugar de ofrecer un producto o servicio común, se trata de incrementar la percepción de valor a los ojos de los clientes a tal punto, que no pueden rechazar la oferta. Es una situación en la que los dos lados ganan.

Recuperado de: Ken Varga. (s.f.). *How To Create A Mafia Offer*. kenvarga.com.

http://www.kenvarga.com/news/how-to-create-a-mafia-offer

Gestión de proyectos de cadena crítica (Dettmer)

Para Control y Administración de Proyectos se ha desarrollado *Critical Chain Project Management* (CCPM) o Gestión de Proyectos de Cadena Crítica, que es mucho más eficiente que el método de la Ruta Crítica, pero no ha logrado convertirse en la aplicación más utilizada en este ámbito.

CCPM está basada en el concepto de que todos los proyectos convergen a un entregable final, que es la conclusión de todas las actividades. Se introducen amortiguadores internos para proteger los puntos de sincronización y se utiliza un amortiguador del proyecto externo para salvaguardarlo.

Mientras que la producción es repetitiva, los proyectos son casi siempre entregas únicas; pero las bases son similares. Quienes han utilizado Cadena Crítica, concluyen que es un método mucho más eficiente que CPM-Pert para disminuir la duración de los proyectos, con una mayor probabilidad de entregarlos a tiempo y de acuerdo con especificaciones consensuadas al inicio entre el proveedor del servicio y el cliente.

Mercadeo y Ventas: inicialmente enfocada en manufactura y logística, TOC se expandió posteriormente hacia Gestión de Ventas y Mercadeo. Su papel está explícitamente reconocido en el campo de Ingeniería de Procesos de Ventas. Para una gestión de ventas efectiva, se puede aplicar con éxito tambor-amortiguador-cuerda a este proceso, de manera similar a la forma que se aplica en Operaciones.

Anexo 2

La Contabilidad Gerencial, el Retorno sobre la Inversión (ROI) (Smith & Smith 2014)

Durante los 30 años iniciales del siglo XX, se produjo un cambio importante en los negocios, de manera similar a la dramática evolución de la cadena de suministro en estos 30 últimos años. El uso del Método Científico ha creado grandes avances en tecnología, eficiencia productiva y logística. Los directivos necesitaron desarrollar nuevos métodos administrativos y medidas de rendimiento que se siguen aplicando hoy en día. El flujo y el Retorno sobre la Inversión son resultados derivados y perfeccionados durante este período de innovación bursátil.

La generación de información relevante para la toma de decisiones fue producto de la necesidad — la madre de todas las invenciones y avances en todos los campos —. De entre ellas, el desarrollo y perfeccionamiento de la Contabilidad Administrativa se debió a la necesidad de obtener una ventaja competitiva. Esta herramienta evolucionó a partir de una serie de innovaciones impulsadas por la urgencia de controlar y medir a las nuevas formas de negocio, no vistas antes de los años 80 del siglo pasado, fruto del desarrollo tecnológico, la computación y la automatización.

La contabilidad administrativa no fue derivada de la teoría económica, sino que fue el invento evolutivo de pioneros que, debido a la necesidad, crearon reportes y medidas para entender de qué manera se comportaban costos e ingresos para administrar el personal y los recursos con la finalidad de tomar decisiones y saber cómo invertir. En cada instancia había una necesidad competitiva que querían entender y superar. Sus métodos los probaron en el campo de los negocios, impulsándolos a lo más alto en su campo de acción. Cada uno de estos pioneros tenía que romper con los conceptos en uso y crear una solución — un nuevo paradigma — que empuje a través de las limitaciones de los modelos de negocio en vigencia.

Las innovaciones de estos gigantes de la industria son de igual significación que lo desarrollado por Frederick Winslow Taylor, el padre de la administración científica. Los senderos de estos gigantes, sus ideas y métodos emergieron en las tres

primeras décadas de 1900 y llegaron a ser los puntales de la moderna Contabilidad Administrativa, Planificación, Programación, Ingeniería Industrial y Logística.

Henry Ford descubrió cómo romper y explotar las restricciones físicas que bloqueaban el flujo de producción. Entendió que la eficiencia del sistema era la única que importaba. Identificaba sistemáticamente restricciones físicas y de pensamiento que bloqueaban la tasa de flujo y las removía. Donaldson Brown entendió que la meta global de todo negocio debe ser el uso de sus activos tan eficientemente como pueda para tener utilidad. Cuando trabajaba para DuPont desarrolló el índice conocido como Retorno sobre la Inversión [ROI = Return On Investment] y el análisis de ratios financieros, la primera combinación de gestión de activos con gestión de costos. En General Motors, usó el análisis de costo-volumen-utilidad para ampliar la participación en el mercado mediante un financiamiento innovador y segmentación de mercado compitiendo contra Ford. La ecuación de Retorno sobre la Inversión y el análisis de ratios financieros son el estándar todavía.

La evolución del costo del producto en la industria alrededor del mundo (Smith & Smith, 2014)

Antes de 1810, los negocios eran pequeños: empleaban a poca gente y tenían una baja inversión en gastos generales. El precio del mercado de los materiales comprados añadidos al ensamblar uno o muy pocos productos era suficiente para determinar el precio de venta. Los ingresos se correspondían con las salidas y todo lo necesario para tomar decisiones estaba presente y a la vista. Las cadenas de suministro de esas épocas estaban conformadas por grupos familiares con proximidad física entre ellas. Cada una se concentraba en una actividad que podía realizar con eficiencia.

Alrededor de 1814, la Revolución Industrial que se dio en Inglaterra migró a la costa este de los Estados Unidos. La producción en masa de un solo bien era la norma. Todavía se seguían correspondiendo las entradas con las salidas. La industria textil es un ejemplo de lo dicho. En lugar de usar negocios pequeños, llamados “industrias artesanales” donde se cardaba, hilaba lana y se fabricaba ropa, el algodón hizo su presencia en las fábricas, donde un grupo de obreros organizados por especialidad convertían el algodón en vestimentas.

Estas circunstancias llevaron al nacimiento de la Contabilidad Administrativa. La historia muestra que estas fábricas textiles desarrollaron un sistema contable notable que controlaba separadamente los costos directos e indirectos de manufactura.

Un costo directo o costo variable del producto como el de la materia prima, por ejemplo, que es aquel fácilmente rastreable, fue registrado separadamente de los costos fijos o indirectos que constituían todo lo demás. En esa época, el obrero era pagado por pieza producida. Registraron cuidadosamente la eficiencia del algodón empleado, el tiempo de trabajo y los gastos generales. Nació el costeo del producto y la eficiencia aplicada al trabajo y al uso de la materia prima. Los costos variables fueron asignados a los productos y los costos fijos al período en el cual se devengaron mensualmente para los Estados de Pérdidas y Ganancias.

Las fórmulas que usa la Teoría de las Restricciones[17] para estos propósitos son:

MARGEN DE CONTRIBUCIÓN O THROUGHPUT = VENTAS – COSTOS VARIABLES

UTILIDAD NETA = THROUGHPUT – GASTOS GENERALES

RETORNO SOBRE LA INVERSIÓN = UTILIDAD NETA/INVERSIÓN

[17] Manual de Capacitación en Reposición Activada por el Mercado (RAM) y Contabilidad Gerencial; ISOT Consulting; 2003.

Anexo 3

Software para DDMRP[18] (http://www.demanddriveninstitute.com/compliant-software)

Algunos de estos proveedores de software son también afiliados al Demand Driven Institute (DDI). Como afiliados al DDI están autorizados a ofrecer todos los productos educacionales a sus clientes. Algunos ofrecen servicios de consultoría propios, pero muchos trabajan conjuntamente con otros afiliados DDI, quienes actúan como socios de implementación. Aquellos proveedores de software que son afiliados tienen el logo de Afiliado DDI junto a su logo.

Conformidad del software para recomendar su uso por parte del Demand Driven Institute (DDI)

• Los criterios de conformidad de DDMRP otorgados por el Instituto DDI aseguran que un software tenga suficientes características y/o funciones para implementar, sostener y, de ser posible, mejorar una implementación de DDMRP.

• La evaluación es GRATIS a entidades que desarrollan software.

• Los criterios fueron escritos de tal manera que aseguran conformidad con el método, pero da campo abierto para diferencias competitivas, creatividad e innovación.

• Un software que se considera conforme con los postulados de DDMRP podrá usar el logo de conformidad por un período de dos años.

• Luego de los dos años, el software deberá ser reevaluado con el fin de que continúe usando el logo de conformidad, de DDMRP.

[18] Recuperado, traducido y adaptado de: (http://www.demanddriveninstitute.com/compliant-software; 22-04-2016)

Criterios de conformidad del software:

Componente 1: Posicionamiento del inventario

• El software deberá calcular e identificar el Tiempo de Entrega Desacoplado (DLT = Decoupled Lead Time) para artículos manufacturados.

• Si el cálculo del Tiempo de Entrega Desacoplado (DLT en inglés) no puede ser ejecutado exitosamente, entonces la conformidad se limitará únicamente a partes compradas y distribuidas.

Componente 2: Perfiles de *buffers*

• El software deberá agrupar partes en familias independientemente gestionadas con ajustes variables para impacto de zona

• El software deberá ser capaz de calcular *buffers* de DDMRP y valores de zona usando una combinación de atributos de perfil de *buffer* y los rasgos de la parte individual de uso, tiempo de entrega y mínimo de orden.

Componente 3: Ajustes de *buffers* dinámicos

• El software debe tener una opción para alterar los *buffers* dinámicamente para eventos planificados o anticipados.

Componente 4: Planificación ajustada por la demanda

• El software debe ser capaz de ejecutar la ecuación de flujo neto de DDMRP, incluyendo la calificación apropiada de la demanda de órdenes de venta (vencidas hoy, vencidas anteriormente y picos calificados)

• El software debe ser capaz de exhibir adecuadamente el estatus del Flujo Neto (color, porcentaje y cantidad) para fácil priorización y generación de la orden de reaprovisionamiento.

• Todos los elementos de la Ecuación de Flujo Neto deben estar visibles para el planificador.

Componente 5: Ejecución altamente visible y colaborativa

• El software debería exhibir alertas basado en el estatus del *buffer* para las posiciones disponibles

• Evaluación Final: el Instituto DDI debe ver al menos una instancia del cliente del software en el que se esté utilizando de manera DDMRP.

Aplicaciones ADD-ON conformes con los Estándares de DD-MRP

Las siguientes aplicaciones de software han completado exitosamente el proceso de conformidad de software de DDI para DDMRP. A pesar de no ser sistemas ERP, la mayoría de estas aplicaciones add-on o complementarias tienen interfaces diseñadas específicamente para un sistema ERP específico o diversos sistemas ERP. Si su sistema ERP no está en conformidad con DDMRP, contáctese con los proveedores para averiguar si podrían hacer lo correcto para usted.

Replenishment+®

Desarrollador: Demand Driven Technologies
Idiomas: inglés, francés, alemán, castellano, español (LA TAM), coreano, ruso
Despliegue: Nube y On-Premises
Website: www.demanddriventech.com

Replenishment+® NS (for NetSuite)

Desarrollador: Intuiflow
Idiomas: Inglés
Despliegue: Desplegado a través de la Nube como una NetSuite 'Suite App'
Website: www.intuiflow.com

Flowsoft

Desarrollador: Flowing Consultoria
Idiomas: Español (LATAM)
Despliegue: Nube y On-Premises
Website: http://www.flowingconsultoria.com/flowsoft.html

Orchestr8 Limited

Desarrollador: Orchestr8 Limited
Idiomas: Multilingüe
Despliegue: Nube
Website: www.orchestr8.com

The ONE

Desarrollador: High Impact Coaching & Strategies
Idiomas: Inglés. Otros idiomas a pedido
Despliegue: Nube y On-Premises
Website: www.theone-ddmrp.com

Bevolta

Desarrollador: BEVOLTA
Idiomas: Inglés, francés y otros idiomas a pedido
Despliegue: Nube y On-Premises
Website: http://bevolta.com/

CAMELOT LEAN Suite

Desarrollador: Camelot ITLab
Idiomas: Todos los idiomas comunes
Despliegue: Nube y On-Premises
Website: http://www.camelotleansuite.com/

WA Solutions (Calificado solamente para compra y distribución)

Desarrollador: WA Solutions SAS
Idiomas: Español
Despliegue: Nube y On-Premises
Website: http://www.wasolutions.co

B2Wise

Desarrollador: B2Wise LLC
Idiomas: Inglés, francés y otros idiomas a pedido
Despliegue: Nube y On-Premises
Website: www.b2wise.com

DDMRP for Dynamics

Desarrollador: Ardent Solutions LTD
Idiomas: Inglés, francés y otros idiomas a pedido
Despliegue: Nube y On-Premises
Website: www.ardentsolutions.co.uk/solutions/dd-mrp-for-dynamics/

DSCP (Demand & Supply Chain Planning)

Desarrollador: DynaSys
Idiomas: Inglés, francés, español, alemán, italiano, polaco y chino
Despliegue: Nube y On-Premises
Website: http://www.dys.com

Smart *Buffer*

Desarrollador: Imectech Manufacturing & Logistics S.A.S.
Idiomas: Español e inglés. Otros idiomas a pedido
Despliegue: Nube y On-Premises
Website: www.imectech.net/wp-imectech-site/es/inicio

Protected Flow Manufacturing™

Desarrollador: LillyWorks
Idiomas: Inglés
Despliegue: Nube
Website: http://www.protectedflowmanufacturing.com/ddmrp/

Sistemas ERP en conformidad con DDMRP

Los siguientes sistemas ERP han incluido características y funcionalidad para DDMRP. Han completado exitosamente el Proceso de Conformidad de software para DDMRP del Demand Driven Institute (DDI):

SabeSoft

Desarrollador: SabeSoft
Idiomas: Inglés, alemán, francés. Otros idiomas a pedido
Despliegue: Nube y On-Premises
Website: www.sabesoft.com

LillyWorks ERP

Desarrollador: LillyWorks
Idiomas: Inglés
Despliegue: Nube
Website: http://www.lillyworks.com/ddmrp/

Agilis

Desarrollador: Omega Group Srl
Idiomas: Italiano, inglés y otros idiomas a pedido
Despliegue: Nube y On-Premises
Website: www.omegagruppo.it

SAP S/4HANA for extended planning (On-Premise)
SAP S/4HANA Nube for advanced supply chain (Nube)

Desarrollador: SAP SE
Idiomas: 18 Idiomas: Árabe, bahasa (Malasia), chino (simplificado), danés, holandés, inglés, francés, alemán, húngaro, italiano, japonés, coreano, noruego, portugués, ruso, español, cueco, mandarín
Despliegue: Nube y On-Premises
Website: www.sap.com/s4hana
Contact: ddmrp@sap.com

Eficent.io

Desarrollador: Eficient Business y IT Consulting Services, S.L.
Nota: el software fue desarrollado usando Odoo y OCA. OCA - (Odoo Community Association - https://www.odoo-community.org) es una organización que promociona la colaboración de código abierto entre compañías que implementan y usan odoo.
Idiomas: Inglés
Despliegue: Nube y On-Premises
Website: https://eficent.io
Contact: Jordi Ballester

IFS Applications

Desarrollador: IFS
Idiomas: 22 idiomas incluyendo inglés, francés, japonés, mandarín, italiano, alemán, español, sueco, polaco, y portugués
Despliegue: Nube y On-Premises
Website: http://www.ifsworld.com/corp/
Contact: ddmrp@ifsworld.com

SPX ERP

Desarrollador: SPX Solutions S de RL de CV
Idiomas: Español e Inglés
Despliegue: Nube y On-Premises
Website: www.spx-erp.com
Contact: ddmrp@spx-erp.com

Software bajo revisión

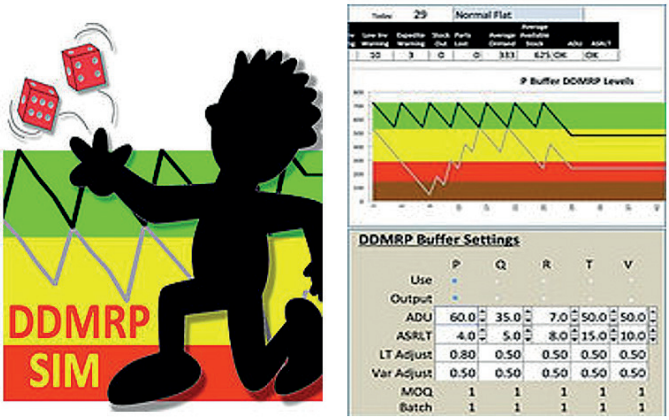
Los siguientes paquetes de software están bajo revisión por el DDI. Este momento no cumplen con los criterios de conformidad.

Existe una serie de etapas simples para el software bajo revisión:

1. Comunicación directa al DDI, indicando que ingresa al proceso de conformidad
2. Presentación preliminar de proceso de conformidad programada
3. Presentación preliminar de proceso de conformidad entregada
4. Presentaciones de seguimiento de proceso de conformidad programadas (de ser necesario)

Simulaciones Con Conformidad Con DDMRP

The Fresh Connection ofrece la mejor experiencia de aprendizaje de la cadena de valor. Experimente el poder de una verdadera alineación y una estrategia de cadena de suministro bien articulada respaldada por habilidades tácticas y conocimiento. Derribe los silos funcionales y cree la mentalidad funcional correcta.



El juego Demand Driven (Impulsado por la Demanda) de Kohls Consulting

Kohls Consutling ha desarrollado el juego Demand Driven, que permitirá a las empresas y estudiantes "volar" una simulación de DDMRP. También se puede usar como un Starter Kit para implementaciones nuevas.

DD BRIX®

Venga a jugar con los buffers DDMRP para optimizar tanto los materiales como los flujos de información. ¡Practiquemos la planificación impulsada por la demanda y experimente una colaboración efectiva! Esta simulación experiencial dura 4.5 horas y puede acomodar hasta 16 participantes.

Software que no ha alcanzado conformidad con DDMRP

Las siguientes compañías de software reclaman al menos conformidad parcial pero no han enviado al proceso, de conformidad de DDI. El proceso de conformidad es proporcionado gratuitamente a las entidades desarrolladoras de software. Por tanto, las revisiones del software por parte de DDI no sirven para otorgar conformidad en este momento. Cuando se evalúe cualquier software para otorgar conformidad use los criterios de conformidad expuestos como guía estándar mínima.

AZAP	DEMAND MANGEMENT	INFOLOGIC	INFOR	OM PARTNERS
ORACLE	ORTEMS	SEGECO	SMART-REASSORT	SYNCRON
SYSLIFE	SYSPRO	TELAMON	TERRA-TECHNOLOGY	TXT E-SOLUTIONS

Anexo 4

Representantes, implementadores e instructores de DDMRP en Colombia y Ecuador

En Colombia, e incursionando en Ecuador con sus servicios, está la compañía consultora FLOWING, cuyo principal representante es el personaje cuyos datos se transcriben a continuación:

David Poveda J.;

• Director General

• Master instructor Demand Driven Institute

• Ing. Civil, Escuela de Ingeniería de Antioquia

• M.A.Sc. en Gerencia de Proyectos, Universidad de British Columbia

• Exgerente general Industrias Metálicas Corsán

• Consultor en Excelencia Operativa desde 1997 (DDMRP – TOC – Lean – Factory Physics)

• Certified Demand Driven Instructor, Demand Driven Institute-ISCEA

• Autor del modelo de vestuario/retail bajo DDMRP, publicado como Apéndice en el libro "Demand Driven MRP", julio 2016

• Conferencista invitado a congresos mundiales y regionales en cadenas de suministro en EEUU, Europa, India, Sur Africa y Sur América.

UNIVERSIDAD DEL AZUAY

Casa Editora

ISBN: 978-9942-847-44-7

9 789942 847447