

41126  
69



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
"CAMPUS ARAGÓN"**

***"LA TEORÍA DE RESTRICCIONES EN LA ADMINISTRACIÓN  
DE LA PRODUCCIÓN Y DE LOS PROYECTOS"***

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO MECANICO ELECTRICO  
**P R E S E N T A:**  
OMAR FLAVIO MARTÍNEZ TORRES

**ASESOR: ING. CASSIODORO DOMÍNGUEZ CRISANTO**



**MÉXICO**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**2003**

**A**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

# **PAGINACION DISCONTINUA**

**DEDICO ÉSTA TESIS**

**A DIOS**

**POR OTORGARME LA VIDA E ILUMINAR MI CAMINO CADA MOMENTO.**

**A MI MADRE**

**CON MUCHO CARIÑO, POR EL INVALUABLE APOYO QUE ME HA DADO EN CADA UNA DE LAS ETAPAS DE MI VIDA, GRACIAS. ERES Y SERÁS SIEMPRE UN GRAN EJEMPLO DE FORTALEZA PARA MÍ.**

**A MI PADRE**

**POR BRINDARME SUS EXPERIENCIAS Y AUXILIARME EN LA VIDA, CON RESPETO Y CARIÑO.**

**A MIS HERMANOS**

**GISELLE EUGENE, SIDNEY, OSVALDO, HERNAN, ARTURO Y ALEJENDRO, CON CARIÑO PARA CADA UNO DE USTEDES.**

**A MI ESPOSA.**

**ANTONIETA POR ESTAR A MI LADO Y SOBRETUDO PORQUE ESTAMOS UNIDOS POR NUESTRO AMOR Y POR DIOS, PARA FORMAR UNA FAMILIA.**

**B**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

A LA UNAM

POR OTORGARME LA OPORTUNIDAD DE DESARROLLARME ACADÉMICAMENTE  
ES SUS AULAS Y CUMPLIR UNA DE MIS METAS MAS ANHELADAS.

A MI ASESOR

ING. CASSIODORO DOMÍNGUEZ CRISANTO, CON ADMIRACIÓN Y RESPETO,  
PORQUE GRACIAS A SU APOYO HE LOGRADO LA CULMINACIÓN DE ESTE  
TRABAJO.

A CADA UNO DE LOS PROFESORES QUE CONTRIBUYERON A MI FORMACIÓN  
ACADEMICA.

CON ADMIRACIÓN, RESPETO Y AGRADECIMIENTO POR TRANSMITIRME SUS  
CONOCIMIENTOS.

A LOS HONORABLES MIEMBROS DEL JURADO

POR COMPARTIR UNO DE LOS MOMENTOS MÁS IMPORTANTES EN MI VIDA Y  
PERMITIRME HACERLO REALIDAD.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
-------------------	---

### CAPÍTULO 1

#### ORIGEN Y EVOLUCIÓN DE LA TEORÍA DE RESTRICCIONES.

1.1 Antecedentes.....	1
1.2 El Objetivo de la Teoría de Restricciones y de Toda Organización.....	3
1.3 El Fenómeno del Palo de Hockey.....	4
1.3.1 Eficiencia y Utilización.....	6
1.3.2 Dólares Días y Dólares Días Invertidos.....	8
1.4 Las 9 Reglas de la Teoría de Restricciones.....	10
1.5 Opinión Personal del Contenido del Capítulo.....	12

### CAPÍTULO 2

#### CONCEPTOS Y PROCEDIMIENTO BÁSICO DE LA TEORÍA DE RESTRICCIONES.

2.1 Indicadores Básicos de la Teoría de Restricciones.....	16
2.1.1 Indicadores Financieros.....	17
2.1.2 Indicadores Operativos.....	18
2.2 Conceptos de la Teoría de Restricciones.....	23
2.2.1 Introducción a la Teoría de Restricciones.....	23
2.2.2 Recurso de Cuello de Botella.....	24
2.2.3 Recurso de No Cuello de Botella.....	25
2.2.4 Recurso de Capacidad Restringida (CCR).....	25
2.2.5 Restricciones.....	25
2.2.6 Fluctuaciones al Azar y Eventos dependientes.....	26
2.3 Procedimiento Básico de la Teoría de Restricciones.....	27

0

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

2.4 Opinión Personal del Contenido del Capítulo.....	33
--	----

### **CAPÍTULO 3**

#### **LA TÉCNICA TAMBOR-AMORTIGUADOR-CUERDA.**

3.1 Bloques Básicos de Manufactura.....	39
3.1.1 Métodos de Control.....	41
3.2 Lote en Proceso y Lote de transferencia.....	42
3.2.1 Componentes de Tiempo.....	47
3.3 La Técnica Tambor-Amortiguador-Cuerda.....	49
3.3.1 Administración del Amortiguador.....	57
3.3.2 Ejemplo.....	60
3.4 Opinión Personal del Contenido del Capítulo.....	62

### **CAPÍTULO 4**

#### **TOC ENFOCADO AL CONTROL DE PRODUCCIÓN Y A LA ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS.**

4.1 Como Identificar un Cuello de Botella.....	65
4.1.1 La Clasificación VAT de las Empresas.....	66
4.1.2 La Relación Causa-Efecto.....	75
4.1.3 Diagramas de Nube.....	77
4.2 La TOC aplicada al Control de la Producción.....	82
4.3 La TOC aplicada a la Administración de Proyectos.....	90

### **CAPÍTULO 5**

#### **COMPARACIÓN DE LA TOC CON OTROS SISTEMAS DE PLANEACIÓN Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN.**

5.1 Conceptos del MRP.....	106
5.1.1 Objetivos del MRP.....	109
5.1.2 Evolución del MRP.....	110
5.1.3 Evaluación del MRP.....	112

E

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

5.2 Conceptos del JIT.....	114
5.2.1 Antecedentes.....	114
5.2.2 Objetivo y Requisitos.....	115
5.2.3 Principales elementos del JIT.....	116
5.2.4 Evaluación del JIT.....	119
5.3 Comparación de MRP y JIT con la Teoría de Restricciones.....	120
5.4 Resultados Reportados.....	122
CONCLUSIONES.....	125
BIBLIOGRAFÍA.....	127

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



## INTRODUCCIÓN

En estos acelerados y variables tiempos de hoy para que las empresas sean competitivas en los mercados y rentables para sus accionistas, deben estar bien preparadas en todos los aspectos para poder cumplir con todas las expectativas y requerimientos de los clientes; ya que antes la competencia era un tanto escasa, sin embargo, ahora es intensa y su crecimiento es exponencial, por lo tanto en principio, es muy importante que tengan bien definida su meta, la cual lograrán a través de la mejor manera de administrar la producción y en algunos casos los proyectos.

Uno de los objetivos de este trabajo de tesis es analizar las técnicas para administrar la producción y los proyectos; otro objetivo es poner al alcance del lector la Teoría de Restricciones de una manera bien estructurada y comprensible; y una comparación entre estas técnicas, sacando lo mejor de ellas o de alguna en especial, que les sea útil para aplicarlas según sus necesidades.

Además, considero que el trabajo a realizar servirá como una buena herramienta de consulta para los alumnos que estudian ingeniería, principalmente aquellos que están enfocados al área industrial. La Teoría de Restricciones es una nueva y excelente forma de administrar la producción y los proyectos, misma que no tiene una amplia divulgación educativa en las universidades de México. Asimismo, sería perfecto incluir dicha técnica en algunos programas de estudio de las siguientes materias de ingeniería, por ejemplo: Planeación y Control de la Producción, Gestión de Empresas, entre otras; con el único fin de que los egresados de ingeniería estén mejor preparados en el campo laboral.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

El presente trabajo consta de cinco capítulos. En el primer capítulo, se presenta el origen y evolución de la Teoría de Restricciones, así como sus más elementales conceptos, los cuales deben tener bien definidos y comprendidos las empresas que quieran sobrevivir en el mundo industrial contemporáneo.

El capítulo dos, revela las principales definiciones de la Teoría de Restricciones, que servirán para comprender mejor el enfoque de esta técnica; entre las cuales se pueden mencionar las siguientes: Throughput (este concepto por ahora se definirá como la generación de dinero a través de las ventas y no de la producción, más adelante se explicará con más detalle), Recurso Cuello de Botella, Recurso No Cuello de Botella, etc., y para finalizar este capítulo se presenta el procedimiento básico de la Teoría de Restricciones.

Algo nuevo para muchos de nosotros se distinguirá en el capítulo tres, ya que en éste se aplican todos los conceptos estudiados anteriormente y se desarrolla la técnica más importante de la Teoría de Restricciones.

Lo más significativo del capítulo cuatro es que presenta la aplicación de la Teoría de Restricciones, a la Administración de la Producción y de los Proyectos.

Finalmente en capítulo cinco se definen los conceptos básicos de la MRP y el JIT, con el fin de hacer una comparación entre éstas y la Teoría de Restricciones, y poder concluir lo mejor posible el presente trabajo.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## CAPÍTULO 1. ORIGEN Y EVOLUCIÓN DE LA TEORÍA DE RESTRICCIONES.

### 1.1 Antecedentes.

La creación de la Teoría de Restricciones ha sido principalmente el esfuerzo de un hombre, Eliyahu Moshe Goldratt, un físico que por su profesión se involucró en el diseño de un sistema de producción para ayudar a un amigo que operaba una planta dedicada a fabricar gallineros; este amigo había pedido a Goldratt que diseñara un sistema de programación, al hacerlo su sistema triplicó la producción de la planta.

A fines de la década de los setentas Goldratt registró los derechos de autor de un programa de software de caja negra para computadora, conocido como Técnica de Producción Optimizada (OPT; por las siglas de Optimized Production Technique), este sistema se comercializó en los Estados Unidos.

Si bien OPT fue eficaz, resultó controvertido, las controversias surgieron del hecho de que una planta tenía que ejecutar el programa OPT sin comprenderlo, pues Goldratt se había rehusado a dar los detalles del algoritmo de programación que había ideado; este software para computadora programaba trabajos para procesos de manufactura y tomaba en cuenta las limitaciones en instalaciones, maquinaria, personal, herramientas, materiales y cualquier otra restricción que afectara la capacidad de la empresa para seguir un programa de actividades, los programas eran factibles y precisos, se podían ejecutar en una computadora en una fracción del tiempo que requería el sistema MRP, esto se debía, a que la lógica de programación se basaba en la separación de las operaciones que eran cuellos de botella y las que no; se esperaba que los programas desarrollados por el software de Goldratt maximizarían la producción total.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Debido a que muchos de los programas iban contra la intuición tradicional, algunas plantas tenían dificultad para poder contar con supervisores que realizaran las actividades en la secuencia determinada que requería el programa.

Los que compraron el software de OPT informaron de algunos éxitos y fracasos, pero la percepción global fue que los algoritmos secretos evitaron su aceptación más amplia.

En un esfuerzo por suavizar el problema Goldratt escribió un libro *The Goal: A Process of Ongoing Improvement* (La meta: un proceso de mejora continua) (1986), en el cual explica en forma novelada la filosofía en que se basa el algoritmo; a esta novela siguió *The Race* (La carrera), que explicaba aún más dichos conceptos. Por este tiempo, Goldratt abandonó la OPT como software, pero continuó enseñando y vendiendo sus ideas.

Con la publicación de *La meta*, surgió un problema de como denominar a la filosofía en que se sustentaba el algoritmo de programación; al principio, se utilizó el término OPT Thoughtware, pero este provocó confusiones entre la filosofía y el software comercial; entonces se utilizó el término Synchronous Production (Manufactura Sincronizada), pero esta terminología también resultó confusa debido a que hay otros métodos que ocasionalmente se denominan manufactura sincronizada.

El término que finalmente surgió es el de Teoría de Restricciones, el cual representa una depuración de las ideas presentadas bajo los nombres de OPT Thoughtware y Synchronous Production, a pesar del cambio de nombre, la filosofía se ha conservado básicamente igual.

Actualmente la Teoría de Restricciones se está depurando y ampliando tanto en el Instituto Abraham Y. Goldratt (bautizado así en honor del difunto padre del Dr. Goldratt) como en muchos otros lugares; el Instituto Goldratt publica *The Theory of*

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Constraints Journal de forma irregular, casi siempre trimestralmente. La mayoría de la transferencia de la teoría a la industria se hace a través de una serie de seminarios impartidos por el Dr. Goldratt, Bob Fox, Dale Houle y Donn Novotny.

## 1.2 El objetivo de la Teoría de Restricciones y de toda organización.

Toda organización tiene una meta, la cual puede describirse como aquel objetivo singular que la organización quiere aumentar o mejorar; ésta debe ser mensurable en términos fáciles de identificar y que puedan usarse para evaluar el desempeño global del sistema completo. Para lograr la meta, la organización debe cumplir con un conjunto de condiciones necesarias que varían de una empresa o industria a otra.

"¿Y qué es lo que realmente se trata de lograr en los negocios?, ¿aportaron a la compañía su dinero los inversionistas y sus esfuerzos los empleados con la intención altruista de darle un mejor servicio a sus clientes?, ¿o lo hicieron por qué deseaban el prestigio de tener la mayor participación del mercado?, ¿querían presumir de que tenían costos más bajos que los de la competencia?, ¿sería la meta de estos inversionistas y empleados disfrutar del orgullo de tener los productos de mejor calidad?, ¿será probable quizás que hayan invertido su dinero y sus esfuerzos en crear una compañía para que solo sobreviva?."¹

La meta no es tener empleados leales y motivados, no es generar alta satisfacción de los clientes, no es tener inmejorable calidad, no es aumentar la participación en el mercado, no es tener el mejor y más moderno equipo; todo lo anterior, se puede considerar como las condiciones necesarias para lograr la meta, pero no son la meta en sí, sólo hay una meta para una empresa manufacturera:

**Ganar Dinero Ahora y en el Futuro (Figura 1.2)**

¹ GOLDRATT, Eliyahu M. y FOX, Robert E. La Carrera. Editorial Castillo, México 1999. p. 22.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Toda decisión debe estar dirigida a ayudar a la organización, a lograr su meta, ya sea personal, de inversión o de operaciones, se debe tomar sobre la base de la meta. La capacidad que tiene una empresa para cumplir su meta depende de la sincronización de sus componentes en un esfuerzo común, no se puede dividir en sub-organizaciones independientes, y esperar alcanzar la meta de la organización entera (aunque ésto sea lo que hacen la mayoría de las empresas grandes).

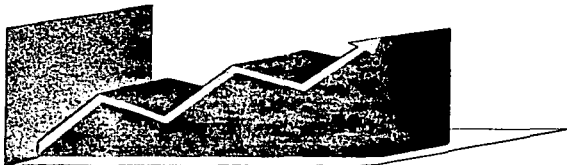


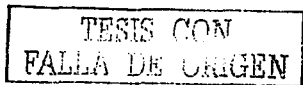
Figura 1.2 La meta de la firma es ganar dinero.

Una cosa es distinguir las partes de una organización y llamarlas departamentos, plantas, áreas, etc., y otra es convertirlos a todos en "empresitas" responsables de sus propios resultados. "La empresa debe operar como un sistema sincronizado con todas sus partes en armonía y apoyándose entre sí; mercadeo, finanzas, producción e ingeniería (al igual que todo el resto del personal funcional y las entidades administrativas) son partes necesarias del sistema y todas están buscando alcanzar las metas comunes de la firma."<sup>2</sup>

### 1.3 El Fenómeno del Palo de Hockey.

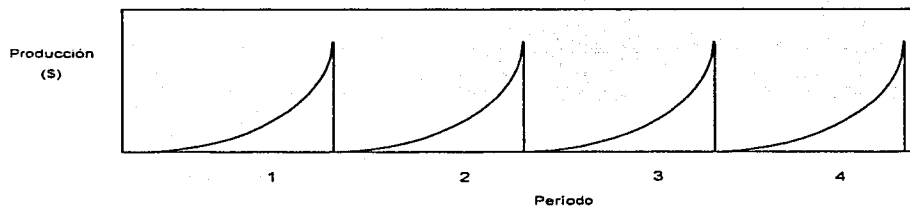
Los tiempos de entrega están empezando a desempeñar un papel cada vez más importante en la carrera por la ventaja competitiva, por lo tanto, casi todas las plantas sienten la necesidad de mejorar su cumplimiento de fechas de entrega.

<sup>2</sup> CHASE Richard B. AQUILANO, Nicholas J., Administración de Producción y Operaciones. Editorial Mc Graw Hill, Bogotá 2000, p 826



también, con frecuencia se sienten impotentes para hacerlo, puesto que no pueden tener control de los factores que hacen incumplir sus fechas de entrega.

Tal parece, que las principales razones por las cuales no se cumplen las fechas de entrega están fuera de control de las plantas, o los proveedores no son confiables, o los clientes están cambiando de opinión todo el tiempo al agregar y cancelar pedidos, así como cambiar fechas de entrega. Casi todas las compañías se enfrentan a un problema llamado el fenómeno del Palo de Hockey, también llamado por muchos el fenómeno o Síndrome de Fin de Mes, y para muchas de ellas el efecto de emplear las medidas tradicionales basadas en el costo es este síndrome; si se mide el volumen de producto embarcado, se notará el siguiente patrón: el volumen aumenta marcadamente al final del período en que se mide este volumen, este patrón se repite con cada período, ver gráfica 1.3.



Gráfica 1.3 Fenómeno del Palo de Hockey.

Se le llama Palo de Hockey por su forma en el papel, como se muestra en la gráfica anterior, este efecto ha sido detectado en toda clase de industrias de todos tamaños, de todos los niveles de tecnología, etc., el único parámetro que afecta a la tasa en que se embarca el producto terminado, es el período de medición, si este es mensual, entonces el patrón será mensual, si es trimestral entonces será así.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Al principio del período las medidas usuales de costo estándar influyen en las acciones de la fuerza laboral enfatizándose el ahorro, la eficiencia y la utilización de los distintos recursos, no hay tiempo extra, se aprovechan al máximo los viajes de los camiones, se ahorra material y sólo se utiliza el equipo más eficiente, los gerentes tratan de mejorar los tiempos y costos establecidos sin importar como sus acciones afectan al resto de la empresa; para la Teoría de Restricciones éste es un modo de administrar la empresa, y según TOC<sup>3</sup> es administrar según el mundo de los costos.

Al final del período y después de trabajar de una manera no síncrona, y con un atraso muy claro, las medidas globales de la empresa se activan.

Entonces, el Director General da instrucciones (globales) del tipo: "háganle como sea, pero entreguen a tiempo", entonces todo se enfoca en sacar el producto por la puerta, hay tiempo extra, se olvidan las eficiencias, se usa cualquier equipo, se van camiones a la mitad o menos llenos, etc., y para TOC también éste es un modo de administrar y se dice que cuando sucede lo anterior, se administra según el mundo del Throughput.

Cuando acaba la crisis y comienza el siguiente período se regresa a las medidas basadas en el costo, dado que al final del período "hubo muy poca eficiencia", la directiva es "bajen costos" y así sigue el resto del período.

### 1.3.1 Eficiencia y utilización.

El síndrome recién descrito ilustra la falta de trabajo en equipo; los departamentos maximizan sus propias medidas de rendimiento, hasta que los obligan desde arriba a sacrificar todo para lograr objetivos a nivel empresa completa, como se mencionaba anteriormente, todas las medidas de eficiencia y utilización provocan este tipo de comportamientos.

<sup>3</sup> TOC = Theory of Constraints. Teoría de Restricciones.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



- **Eficiencia:** medida (porcentual) del trabajo realizado realmente en un período contra el trabajo teórico esperado, es la relación de la producción real al volumen estándar de producción esperado en un período.
- **Utilización:** medida (porcentual) la cual indica que tan intensivamente se usa un recurso para producir un bien o servicio, compara el tiempo usado contra el tiempo disponible.

El problema con estas medidas es que incentivan el desempeño en el ámbito local de un recurso en específico sin medir las consecuencias en el ámbito global y, a menudo afectan de manera negativa al desempeño global de la empresa.

Se puede hacer un símil entre los equipos deportivos profesionales. ¿qué es lo importante?, ¿qué gane el equipo o la estadística personal de cada jugador?; sin embargo, los jugadores son cotizados según sus estadísticas, un mal equipo con jugador estrella (los Cardenales de San Luis con Mc Guire, los Cubs con Sosa) pierden; los equipos que ganan, son porque juegan en equipo.

Como ya se ha mencionado, el actual sistema de medición del desempeño usado por las empresas occidentales no es congruente con las ideas de la Teoría de Restricciones, el problema más común es la utilización de las máquinas y las mediciones de la eficiencia en las estaciones sin restricciones; "si se mantiene el criterio de medición del desempeño de utilización de la maquinaria, los operadores de las máquinas y sus supervisores, literalmente pedirán prestado y robarán material para evitar el tiempo ocioso, así que, se debe eliminar la utilización de la maquinaria como medida de desempeño, también se ha de eliminar cualquier factor que pueda hacer que un operador desee estar ocupado, como pueden ser los incentivos basados en el número de piezas producidas."<sup>4</sup>

<sup>4</sup> FOGARTY, Donald W. BLACKSTONE, John. Administración de la Producción e Inventarios. Editorial CECSA. Mexico 1994. p. 762

TESIS CON  
FALTA DE ORIGEN

### 1.3.2 Dólares Días y Dólares Días Invertidos.

Lo anterior, lleva a pensar: ¿qué medida de desempeño debe utilizar una empresa que opere bajo TOC?, es muy fácil criticar las medidas existentes, pero se requiere de una medida de modo que la administración pueda realizar su trabajo apropiadamente, la acción más apropiada y más importante es operar de acuerdo a lo programado, esto implica que los trabajos no se hagan antes ni después; por lo tanto, se requieren dos medidas de desempeño: una para medir las cosas antes de lo programado y otra para medir las cosas después de lo programado, TOC sugiere inventariar los dólares días como una medida de las cosas que se hacen antes de lo programado (y de ahí que sean inventariadas) y la cantidad de dólares días invertidos como una medida de las cosas fabricadas después de lo programado.

Un dólar día es simplemente un dólar que se mantiene durante un día, si se pide a un banco dinero prestado para cualquier tipo de financiamiento, se pagarán dólares días por usar ese dinero, calculados sobre la base de la cantidad solicitada y por el lapso que se tuvo el dinero; por lo tanto, en un ambiente de fabricación es sensato valorar sobre la base de dólar día el inventario fabricado con anticipación al programa, también es sensato medir sobre la misma base los embarques que se retrasan, posiblemente el retraso en el embarque ocasionará un retraso en el pago; el costo para la compañía por recibir tarde el pago se mide por la magnitud del pago y el número de días de retraso provocados por el envío tardío.

Es importante mencionar que el inventario en dólares días como los dólares días invertidos en materias primas, se miden con relación a un **amortiguador** (mecanismo de protección contra las perturbaciones desconocidas, existen tres diferentes tipos: de recursos, de embarque y de ensamble, los cuales se explicarán más adelante), por ejemplo:

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Amortiguador de embarque, suponga que el mercado es la restricción; debe acumularse el inventario de dólares días si el material está presente en el punto de embarque (es decir, el inventario de productos terminados) y el amortiguador de embarque no requiere el material, o sea, que este material no debía emitirse aún al taller, y si se hubiera emitido no debió haberse procesado en ninguna estación de trabajo, dado que todas las estaciones se percatarán de que el material no era jalado hacia el amortiguador de embarque, de esta manera tanto la bodega que emitió el material como cada estación que la procesó reciben el cargo de un inventario en dólares días igual al costo del material mantenido en inventario, multiplicado por el intervalo de tiempo hasta que sea necesario el material, a medida que el tiempo pasa disminuye el tiempo necesario y por consiguiente, disminuye la sanción.

Ahora bien, el efecto de utilizar el inventario de dólares días y la inversión en materia prima en dólares días sobre una restricción es de la siguiente manera: cuando llega el trabajo el operador debe verificar que la tarea aparezca en uno de los documentos del amortiguador, mientras esto suceda al trabajador no le será cargado el inventario en dólares días por procesarlo, los dólares días invertidos en materias primas se calculan a partir del punto medio en el amortiguador, si el trabajo disponible no ha alcanzado el punto medio en el amortiguador del tiempo el operador no debe ser sancionado en dólar día al procesar el trabajo y pasarlo a la siguiente estación, pero si se rebasa esa marca, se cargan al trabajador los dólares días invertidos en materia prima, hasta que el trabajo pase a la siguiente estación, de esta manera, el trabajador tiene un estímulo para trabajar rápidamente, ya sea para evitar pagar los dólares días en materias primas o para eliminar un cargo ya existente en dólares días.

El uso de inventario en dólares días es especialmente efectivo para eliminar la tendencia de los trabajadores para conseguir material antes de tiempo para evitar el tiempo ocioso, y proporcionar un incentivo para que el operador trabaje eficientemente y con todo cuidado siempre que exista trabajo disponible.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Si se desperdicia una parte que tiene incluida una restricción de tiempo debe sustituirse esa parte, pero la restricción no puede desperdiciar tiempo y dedicarlo a la reparación, así el dólar día por inversión en materia prima se puede cargar en algún punto arbitrario a fin de llegar a una sanción finita que enfatice el costo que implica a la empresa perder una parte que se está procesando en alguna restricción.

Cuando se presenta el caso de que un trabajador tenga dos actividades simultaneas en la estación, los dólares días por materia prima ocasionarán que el trabajador procese la actividad que está más cerca de la fecha programada.

"Si existe alguna restricción, se proporciona un programa a la estación. El uso de los dólares días en materias primas y los dólares días en inventario estimula al operador de la restricción a llevar con precisión el programa y a producir con perfecta calidad."<sup>5</sup>

#### 1.4 Las Nueve Reglas de Goldratt.

El lema de Goldratt dice: "La suma de los óptimos locales no es igual al óptimo global"; para comprender mejor los principios de la lógica de programación OPT, Goldratt "sugiere nueve reglas globales que difieren de manera significativa de la sabiduría convencional."<sup>6</sup> Siendo las siguientes:

1. No equilibre la capacidad, equilibre el flujo;
2. El nivel de utilización de un recurso sin cuello de botella no se determina por su propio potencial sino por alguna otra restricción del sistema;
3. La utilización y la activación de un recurso no son la misma cosa;
4. Una hora perdida en un cuello de botella es una hora perdida para todo el sistema;

<sup>5</sup> Ibid dem. p. 765

<sup>6</sup> NARASIMHAM Sim, Mc LEAVEY, Dennis W., Planeación de la Producción y Control de Inventarios. Editorial Prentice Hall, México 1995, p. 563.

5. Una hora ahorrada en un no cuello de botella es un espejismo;
6. Los cuellos de botella gobiernan tanto a la producción total como el inventario;
7. El lote de transferencia no puede y, muchas veces, no debe ser igual al lote del proceso;
8. Un lote de proceso debe ser variable tanto a lo largo de su ruta como en el tiempo; y
9. Las prioridades pueden fijarse únicamente examinando las restricciones del sistema; el plazo se deriva del programa.

Estas nueve reglas como se mencionaba anteriormente, difieren mucho de la manera de pensar de los gerentes en muchas plantas, de la misma forma se puede decir que éstas son la base de la Teoría de Restricciones.

Algunas de estas reglas tienen una naturaleza explicativa por sí solas, es por eso que se explicarán sólo algunas de éstas; la regla uno es una prueba de que existe mucha diferencia con la manera de pensar tradicional, ya que en muchas empresas lo que se quiere llegar a tener es una fábrica totalmente balanceada.

"Tanto los que practican MRP como el JIT consideran que una fábrica ideal es una fábrica equilibrada, es decir, una en la que cada recurso tiene la misma capacidad de producción relativa a las necesidades de la planta. El método TOC implica aceptar la existencia de una fábrica desequilibrada en la que alguno de los recursos tiene menos capacidad de producción relativa que otros."<sup>7</sup>

La regla dos dice: todos los recursos no se regirán por sí solos como se acostumbra hacer en muchas industrias, ya que si una máquina puede producir 100 piezas por turno, si éstas no se requieren no se producirán y sólo se producirán las que marque nuestro recurso más lento (cuello de botella), esto para evitar altos inventarios en proceso.

<sup>7</sup> FOGARTY Donald W., BLACKSTONE, John, Administración de la Producción e Inventarios, Editorial CECSA, Mexico 1994, p. 741.

Para la **regla cuatro**, hablando en términos de cuello de botella, que se explicará más adelante, si éste no tiene trabajo disponible se pierde ese tiempo de producción y no puede recuperarse, así que este recurso con menor capacidad determina la producción total y debe ser el recurso mejor manejado.

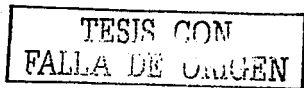
"La sabiduría convencional sugiere que los centros de maquinado deben utilizarse plenamente para mantener ocupada a la mano de obra. Sin embargo, si hay no cuellos de botella, éstos sólo terminarán en inventario y no incrementarán la producción total del sistema."<sup>6</sup> De esta manera, la idea es sincronizar el flujo de materiales a través del sistema o de la planta.

Más adelante se entrará mejor en detalle de las reglas que no se explicaron en esta sección, por último, se puede decir que los tamaños de lote usados en las empresas son muy grandes y esto las afecta en muchos casos.

### 1.5 Opinión Personal del Contenido del Capítulo.

Como se ha visto hasta ahora, la Teoría de Restricciones no es una filosofía nueva, ya que tiene sus inicios en la década de los ochentas, lo que sucede es que no está muy difundido y arraigado su conocimiento tanto en la industria, como en las instituciones educativas de nivel superior, o sea culturalmente, a diferencia de otras filosofías o sistemas de administración de producción como Justo a Tiempo, TQM o el mismo MRP. En mi opinión TOC es una buena opción para solucionar los problemas de las empresas de hoy y del futuro, ya que sus conceptos y metodologías están basadas en el sentido común, el cual está olvidado por muchos de nosotros y solamente nos dejamos llevar por esos sistemas tan sofisticados de hoy en día, además una de las ventajas es que este sistema o filosofía gerencial no es muy costoso en comparación con otros.

<sup>6</sup> NARASIMHAM, Sim, Mc LEAVEY, Dennis W., Planeación de la Producción y Control de Inventarios, Editorial Prentice Hall, México 1996, p.564.



Estoy convencido de que el objetivo de toda empresa debe ser claro y debe beneficiar a todos, en diferente medida pero debe ser un beneficio global; esto lo menciono porque en muchas empresas no sucede así, ya que por ejemplo el departamento de producción tiene su propio objetivo, en ventas tienen otro y así en cada área de la organización, es por eso que antes que nada TOC define el objetivo común, como se mencionó anteriormente es: "ganar dinero hoy y en el futuro", condición que para los dueños o accionistas es muy obvia; pero preguntándole por ejemplo al supervisor de una línea de ensamble ¿cuál es su objetivo?, la respuesta más común será: "cumplir la producción diaria" que tal vez sea por decir algo 300 estufas, asimismo, ¿le importará a esta persona si se venden o si se quedan en el almacén por un período de tiempo largo?, la respuesta es obvia; sin embargo, él cumplió su objetivo, es por eso que cada área debe saber cuál es el objetivo de la empresa y a la vez colaborar de la mejor forma para lograrlo.

El fenómeno del Palo de Hockey tal vez no es muy conocido conceptualmente hablando, pero es muy común y a la vez notorio en los ambientes industriales; esto lo menciono porque en todas las empresas sucede el "síndrome de fin de mes", cuando se inicia un pedido de un cliente lo normal es que no haya tiempo extra, pero al final del período éste aumenta considerablemente para cumplir con el pedido en la fecha compromiso; lo importante aquí es saber administrar las empresas desde el inicio de un período basados en el "mundo de Throughput" en cada área, ya que si nos dejamos llevar primero con el ahorro de dinero y la maximización de recursos y después proporcionamos todas las facilidades con tal de entregar a tiempo los productos; nunca evitaremos este síndrome, entonces: ¿cómo haremos para administrar las empresas?, la respuesta esta dada a través del "mundo del Throughput" cuya naturaleza y características serán analizadas más adelante.

La "eficiencia" y la "utilización" son conceptos muy usuales en las empresas y para muchos gerentes son vitales para medir a sus áreas, no se dan cuenta que estas

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

medidas en lugar de beneficiar a la empresa la están perjudicando, y gravemente, principalmente en los recursos que aumentan la cantidad de productos en proceso, y también de productos terminados; en estos tiempos esto no es muy favorable para competir en los mercados, por eso TOC tiene otro tipo de medidas que ayudan a tener un mejor control en las diferentes áreas de la empresa (dólares días y dólares días invertidos), las cuales colaboran con su meta y evitan medir a cada área independientemente.

Los "dólares días" y los "dólares días invertidos" son medidas relativamente nuevas para nosotros, digo nuevas porque a través de muchos años nos hemos basado en los conceptos tradicionales de "eficiencia" y "utilización"; estas nuevas medidas son efectivas para obtener mejores resultados en las plantas industriales ya que por ejemplo: aplicándolas en el área de mercadotecnia evitaremos tener demasiado inventario de producto terminado y a la vez estimularemos su venta; igualmente en producción evitaríamos inventario en proceso y procesamiento de partes innecesarias logrando un flujo de materiales más rápido, que a su vez mejoraría los tiempos de entrega; igualmente en compras evitaría la elaboración de grandes pedidos que aparentan aprovechar los descuentos por volumen, pero la ventaja sería desarrollar compras Justo a Tiempo.

Es muy cierto que la mayoría de las empresas tratan de equilibrar la capacidad a lo largo de una secuencia de procesos en un intento por igualar la capacidad y la demanda del mercado, pero, ¿qué mejoras se están logrando con esta acción?, pienso que ninguna o las pocas que se han logrado hasta ahora; considero en este sentido que lo que propone la Teoría de Restricciones es conveniente y lógico, veamos porque: en ninguna empresa se tiene una igualdad de capacidades en los recursos y lo que se hace es forzar esta igualdad a través de ajustes de maquinas, carga de trabajo, habilidad y tipo de trabajadores, presupuestos de horas extras, etc., lo anterior, es una mala decisión porque siempre hay una variación en los tiempos de producción lo cual ocasiona que las estaciones tengan tiempo de inactividad, cuando requieren mayor tiempo de proceso o cuando

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



procesan en menos tiempo, acumulando inventario entre las estaciones. El efecto de la variación estadística es acumulativo y una manera de reducir esta variación es aumentando el trabajo en proceso (una mala decisión, ya que se trata de reducir el trabajo en proceso), y la otra sería aumentando la capacidad de las estaciones posteriores para que se compensen los tiempos mayores en las estaciones anteriores.

¿Qué pasará si equilibramos el flujo del producto a través del sistema basados en la administración de la restricción como lo hace la Teoría de Restricciones?, el efecto de esta acción se verá más adelante.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## CAPÍTULO 2. CONCEPTOS Y PROCEDIMIENTO BÁSICO DE LA TEORÍA DE RESTRICCIONES.

### 2.1 Indicadores Básicos de la Teoría de Restricciones.

Toda empresa se compone de varios subsistemas, todos tienen enfoques distintos; por ejemplo, el departamento de ventas a menudo quiere tener la más amplia gama de modelos con el mayor número de opciones, pero contabilidad prefiere la manera más económica de manufacturar un producto, y por otra parte producción siempre opta por la manera más sencilla de hacerlo, si esta empresa ha de tener éxito en su búsqueda de la meta, debe lograr un cierto nivel de armonía entre los subsistemas y los óptimos de cada uno deben de quedar subordinados a todo el sistema.

Los indicadores o mediciones son resultado directo de la meta elegida, la cual ya se definió anteriormente, no hay forma de seleccionar un conjunto de indicadores sin haber definido la meta.

En una empresa mediana es muy difícil estimar cuál sería el impacto de una decisión local en la empresa entera; sin embargo, estas decisiones se toman todos los días, en todos los niveles y tienen un impacto en las utilidades de la empresa.

Para medir de manera adecuada el desempeño de una empresa, deben utilizarse dos series de mediciones: la primera desde el punto de vista financiero y la segunda desde el punto de vista de las operaciones.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### 2.1.1 Indicadores Financieros.

Todos conocen los indicadores de resultados para saber cuándo se está ganando dinero, una empresa necesita tener utilidad, la cual es el indicador absoluto para saber cuanto dinero se está ganando pero, ¿basta con ese único indicador?.

"Si una empresa gana 10 millones de pesos, ¿es bueno o malo?, si hubieran invertido 20 millones sería bastante bueno, pero si la inversión hubiera sido de 200 millones, entonces es malísimo."<sup>9</sup> Es por eso que se necesita un indicador adicional que muestre cuánto dinero se ha ganado con respecto al dinero que se invirtió en el negocio, un indicador como retorno sobre la inversión.

Estos dos indicadores parecen ser suficientes pero para muchas empresas la amenaza de quiebra les ha recordado en forma contundente que también existe un indicador de supervivencia, como es el flujo de efectivo.

El flujo de efectivo es un indicador de nivel, cuando se tiene suficiente liquidez no es importante pero cuando no se tiene entonces este indicador si importa y mucho, es importante porque el flujo de efectivo es necesario para pagar las cuentas de las operaciones diarias, sin efectivo una compañía puede ir a la quiebra incluso si es muy sólida en términos contables normales.

Estos tres indicadores de resultados que maneja la Teoría de Restricciones son suficientes para determinar cuándo está ganando dinero la empresa, además si se usan de manera simultánea uno ligado al otro se podrá tener una mejor visión de como administrar la empresa y cuáles son las mejores decisiones globales para la misma.

---

<sup>9</sup> GOLDRATT Elyahu M y FOX, Robert E., La Carrera Editorial Castillo, México 1999, p. 24.

### 2.1.2 Indicadores Operativos.

Ahora se hablará de las mediciones operativas que la Teoría de Restricciones usa para tomar mejores decisiones dentro del mundo de las empresas, las mediciones financieras funcionan perfectamente al más alto nivel pero éstas no tienen el mismo valor a nivel operativo.

Se harán tres preguntas sencillas: ¿cuánto dinero genera la compañía?, ¿cuánto dinero captura? y por último, ¿cuánto dinero se tiene que gastar en operarla?, las respuestas a estas preguntas parecen ser intuitivamente obvias; pero lo que se necesita es convertir estas preguntas en definiciones formales y la primera de ellas es la siguiente:

- **Throughput:** Este es un concepto muy importante que maneja TOC y se puede definir como la velocidad a la cual una organización genera dinero a través de las ventas, es fundamental señalar que es a través de las ventas no a través de la producción; por lo tanto, si se ha producido algo y no se ha vendido, no es Throughput, es necesario enfatizar que Throughput no debe confundirse con ventas. "El Throughput es el precio de venta menos las cantidades que nosotros pagamos a nuestros proveedores por aquellos artículos que entraron dentro del producto vendido, independientemente de cuándo hayamos comprado esas cosas."<sup>10</sup>

Además de las partes y materiales comprados se tienen que considerar otras cantidades que se deben de restar también al precio de venta para poder calcular el Throughput; por consiguiente, se necesita deducir los servicios subcontratados, las comisiones pagadas a los vendedores externos, los derechos aduaneros e incluso los fletes y transporte, si no se es dueño del medio de transporte. Se observa que todas estas cantidades no son dinero que es generado por nuestro sistema.

<sup>10</sup> GOLDRATT, Eliyahu M. El Síndrome del Pajar. Editorial Castillo, México 1999, p. 20.

También puede decirse que esta medida se contrapone a la práctica tradicional en que no considera al inventario como un activo, el producto terminado no tiene valor a menos que se venda; el Throughput puede referirse al monto generado por unidad vendida o el monto generado en un período, en el enfoque de TOC la manufactura es esencialmente un proceso de conversión (los materiales comprados se convierten en producto terminado a través de los recursos invertidos de la empresa); por esto tiene sentido considerar el costo de los materiales como un costo "transitorio" que se le pasa al cliente, y al remanente del precio de venta como el dinero que el mercado está dispuesto a pagar por el valor agregado, por el proceso de manufactura. En este sentido el Throughput para un producto determinado se calcula como el precio de venta unitario menos el costo del material comprado unitario.

**T = Throughput**

**T = Precio de venta unitario – Costo de los materiales comprados por unidad.**

El Throughput total por periodo para un producto es el Throughput unitario multiplicado por la cantidad vendida de ese producto, así se acumula el Throughput por línea de productos y se obtiene el total para la empresa completa en un período.

Una alternativa es considerar al Throughput como el precio de venta menos todos los costos verdaderamente variables, aquellos que son erogados expresamente porque la unidad que se produjo se vendió, otro punto clave es que mide el producto (salido) terminado afuera del sistema, no mide la actividad, el Throughput mide la salida del sistema en términos de dinero no de actividad, no mide en horas, unidades, toneladas, etc., y tampoco mide el inventario en proceso.

Y por último, TOC considera que cualquier actividad que no contribuye a las ventas, o a la conversión de materiales en producto terminado es un desperdicio, el punto donde se reconoce el ingreso ahora no está en la producción sino en las ventas, y la medida como ya se dijo anteriormente no es en unidades, horas o toneladas, sino en dinero.

- **Inventario:** Para TOC el inventario es todo el dinero que una empresa u organización invierte en la compra de cosas que pretende vender, esta definición de inventario se desvía de las definiciones tradicionales puesto que excluye el valor agregado de la mano de obra y los gastos generales de fabricación. "Se ha elegido usar esta definición para poder eliminar las distorsiones y decisiones contraproducentes causadas por las utilidades y pérdidas por inventarios generadas contablemente."<sup>11</sup>

Asimismo, también difiere de la tradicional definición contable, esta diferencia es en dos maneras: la primera es que no se acumula valor en el inventario según sea procesado el material (ejemplo de aumento de valor en inventario en proceso), evidentemente esta definición difiere de lo que se considera inventario para efectos de balance general, la característica de no acumular valor en el inventario en proceso es muy importante, ya que sólo se reconoce un aumento de valor en el momento de la venta, y solamente se incluyen materiales cuyo propósito es su venta, no se incluyen materiales de uso común como aceites, brocas, etc.

**I = Inventario = Monto de dinero invertido en materiales que la empresa intenta vender.**

- **Gasto de Operación:** Los gastos de operación son todo el dinero que el sistema gasta para poder transformar el inventario en Throughput; se dice que esta definición de gasto de operación incluye no sólo a la mano de obra

<sup>11</sup> GOLDDRATT, Eliyahu M y FOX, Robert E. La Carrera. Editorial Castillo. México 1999, p. 32.

directa, sino también la gerencia, las computadoras e incluso a las secretarías; ya que si el trabajo de una secretaria no es auxiliar en la transformación de los inventarios en Throughput, entonces su sueldo no será un verdadero gasto de operación sino tan sólo un desperdicio, ¿por qué se diferencia entre la gente que está haciendo exactamente la misma tarea, simplemente porque algunos de ellos casualmente tocan los productos físicamente?.

Para TOC, los gastos de operación incluyen todo el dinero gastado por la empresa, con la excepción del dinero gastado en inventario (costos verdaderamente variables).

**GO = Gastos de Operación.**

**GO = Es el dinero gastado por la empresa en convertir el inventario en Throughput.**

Nuevamente existen dos diferencias críticas entre esta definición y el concepto tradicional del costo. Primero, no existe distinción entre la mano de obra directa y la indirecta en esta definición, ambas contribuyen y asisten en la conversión de inventario en Throughput o en el flujo del producto a los clientes, todos los gastos relacionados con personal se incluyen aquí. Segundo, el gasto de operación incluye en su mayor parte gastos reales, cuenta con dinero en efectivo o cheques escritos y no cuenta variancias ni otros índices generados por sistemas de costo.

El sistema de costos contempla a la mano de obra como infinitamente variable. TOC la considera fija en el corto plazo, excepto por el tiempo extra. El inventario es un valor que es "transitorio", pues es traspasado al cliente.

## Implicaciones.

Estas medidas operacionales tienen una relación directa con la utilidad y otras medidas financieras de la empresa, en general, para lograr un mejor desempeño en la empresa se debe seguir este principio:

**El Throughput debe aumentar, el inventario debe bajar y los gastos de operación deben bajar idealmente al mismo tiempo; sin embargo, a menudo el efecto de una acción mueve a alguna de estas medidas en el sentido opuesto al deseado, pero el efecto neto es positivo.**

Se debe enfatizar que estas medidas no son un reemplazo de las medidas financieras comúnmente aceptadas, son medidas intermedias que ayudan a la gerencia a tomar mejores decisiones operacionales, y al considerar una acción, la pregunta adecuada es: ¿cuál es el impacto en Throughput, en el Inventario y en los Gastos de Operación?

A través de estas medidas toda decisión local puede medirse sobre la base de su impacto global, toda acción debe evaluarse en términos de sus efectos en las tres medidas, y su efecto en la utilidad neta.

La utilidad neta que se presenta aquí no es la misma que la que se usa para fines contables, ésta es una simplificada, y aunque es adecuada para examinar los efectos de las decisiones locales no reemplaza a la tradicional para fines de reportes externos.



## 2.2 Conceptos Básicos de la Teoría de Restricciones.

### 2.2.1 Introducción a la Teoría de Restricciones.

Hasta este momento se han estudiado algunos principios de la Teoría de Restricciones, y ahora corresponde definir otros conceptos que permitan entender mejor la TOC.

La Teoría de Restricciones es una filosofía gerencial que busca un enfoque científico en la administración de los negocios:

- Provee una manera de simplificar la complejidad de los sistemas basados en relaciones humanas, manteniendo las variables básicas (mezcla de productos, políticas de personal, etc.) y sus consecuencias bajo el control gerencial.
- Contiene una metodología para establecer una Relación Causa-Efecto aún en sistemas complejos, bajo un ambiente de Incertidumbre.
- Permite manejar lo anterior a través de un modelo de la empresa que resulta ser "suficientemente bueno", más que preciso, el cual simplifica la complejidad. Una vez que existe una versión simplificada de la organización, la incertidumbre se puede controlar con la implementación de mecanismos protectivos en las áreas críticas.

Ahora bien, el concepto básico de la Teoría de Restricciones es simple: debe balancearse el flujo de materiales a través del sistema, no la capacidad del sistema, con lo cual se genera un movimiento uniforme y continuo de materiales de una operación a la siguiente y reduce el tiempo de entrega y el inventario que espera en la cola. "El mejor uso del equipo y los inventarios reducidos pueden disminuir el costo total y acelerar la entrega al cliente, lo cual permite que una compañía compita con más eficacia. Tiempos de entrega más cortos significan

una mejora en el servicio al cliente y proporcionan una ventaja competitiva a la empresa.<sup>12</sup>

Existen otros conceptos muy importantes y básicos para la comprensión de Teoría de Restricciones, algunos sistemas de planeación y control de la producción se enfocan a los cuellos de botella de la producción: operaciones, máquinas, o etapas de la producción que entorpecen la producción, porque tienen una capacidad menor que las etapas de arriba o las etapas de abajo, en estas operaciones llamadas cuello de botella, los lotes del producto llegan más aprisa de lo que pueden terminarse; por lo tanto, estas operaciones son restricciones limitantes de la capacidad y controlan la capacidad de toda una empresa.

A continuación se mencionan las definiciones de lo qué es un cuello de botella, un no cuello de botella y, lo que es un recurso de capacidad restringida, entre otros conceptos.

### **2.2.2 Recurso de Cuello de Botella.**

Se define como cualquier recurso cuya capacidad sea menor que la demanda que se le aplica, también se puede definir como aquel proceso que limita la capacidad global del sistema; en este punto del proceso de manufactura el flujo se reduce a una corriente más delgada.

Un cuello de botella puede ser una máquina, fuerza de trabajo escasa o altamente capacitada, o una herramienta especial.

---

<sup>12</sup> NARASIMHAM, Sim. Mc LEAVEY, Dennis W.. Planeación de la Producción y Control de Inventarios Editorial Prentice Hall, México 1996. p.562.

### 2.2.3 Recurso de No Cuello de Botella.

Es aquel cuya capacidad es mayor que la demanda requerida por él; y de acuerdo con lo estudiado anteriormente este recurso no debe trabajar continuamente, ya que puede producir más de lo que se necesita y esto aumentaría el inventario en proceso así como también el tiempo de entrega de los productos, entre otras cosas que no son buenas para el sistema o industria.

### 2.2.4 Recurso de Capacidad Restringida.

Un recurso de capacidad restringida (CCR, por las siglas de capacity constraint resource) es aquel que, si no se programa y maneja adecuadamente puede hacer que el flujo del producto se desvíe del flujo planeado, es importante señalar, que un cuello de botella puede ser un CCR, pero también puede serlo un no cuello de botella sino se programa adecuadamente.

Un CCR puede recibir trabajo de varias fuentes en un ambiente de taller de trabajo, si estas fuentes programan su flujo de manera que den lugar a tiempo de inactividad ocasional del CCR por encima de su tiempo de capacidad no utilizada, el CCR se convierte en un cuello de botella, esto puede suceder si se cambian los tamaños de lote o si una de las operaciones alimentadoras no funciona por alguna razón y no suministra suficiente trabajo al CCR.

### 2.2.5 Restricciones.

Existen tres amplias categorías de restricciones: restricciones de recursos internos, restricciones de mercado y restricciones políticas, algunos autores mencionan o consideran otro tipo de restricciones y de hecho existen, pero éstas no afectan tanto a la meta del sistema o empresa como las anteriormente mencionadas.

Cuando existe una restricción de recursos internos, ésta dicta el ritmo para todos los recursos de la planta, por ejemplo una máquina o un proceso, la cual podemos considerar como un cuello de botella.

Una restricción de mercado existe cuando la demanda del mercado para un artículo es menor que la capacidad que tiene la máquina para producir ese artículo, cuando sucede lo anterior quien determina el ritmo de producción es el mercado, lo que se pretende es que el mercado sea más grande para incrementar el Throughput y la utilidad de la compañía.

Las restricciones políticas son aquellas estrategias o políticas que evitan que el sistema mejore su desempeño, éstas pueden ser las más difíciles de eliminar ya que los cambios son difíciles de aceptar, como por ejemplo: la subutilización de la maquinaria, mantener siempre ocupados a los trabajadores como signo de beneficio para el sistema, etc.

#### 2.2.6 Fluctuaciones al Azar y Eventos Dependientes.

El desarrollo de la planeación de la producción y de un sistema de control sería sencillo, si no fuera por la existencia de problemas aparentemente aleatorios descomposturas de máquinas, rupturas de herramientas, ausentismo de los trabajadores, falta de un componente, desperdicios, trabajos que repetir, clientes que cambian el calendario de su pedido o la cantidad, etc., y por el hecho de que las operaciones están relacionadas con la operación "A", dependiente de la operación "B" (la producción de la operación "B" es la totalidad o parte de los insumos en parte de la operación "A") a estos problemas se les definirá como fluctuaciones al azar y eventos dependientes.

- **Eventos Dependientes:**

Este término se refiere a una secuencia de procesos. "Si un proceso fluye de "A" a "B" a "C" y a "D", y cada proceso debe complementarse antes de seguir el paso siguiente, "B", "C" y "D" son eventos dependientes. La habilidad para hacer el proceso siguiente es dependiente del anterior."<sup>13</sup>

- **Fluctuaciones al Azar:**

También llamadas fluctuaciones estadísticas, se refieren a la variación normal alrededor de una media o promedio, cuando las fluctuaciones al azar se presentan en una secuencia dependiente sin ningún inventario entre las estaciones de trabajo, no hay oportunidad de lograr la producción promedio, cuando un proceso dura más que el promedio, el proceso siguiente no puede compensar el tiempo.

Lo antes expuesto, son problemas que suceden en la mayoría de las empresas y la TOC los identifica para tomar mejores decisiones en el ámbito global, a través de algunos mecanismos que a continuación se describirán; además, la Teoría de Restricciones también toma en cuenta la llamada Ley de Murphy, la cual nos dice que "las cosas fallan en el peor de los momentos y esto es muy conocido en todas las empresas."

### **2.3 Procedimiento Básico de la Teoría de Restricciones (5 Pasos de Enfoque).**

La base de la Teoría de Restricciones es que toda organización tiene restricciones que impiden que alcance un nivel de desempeño aceptable y competitivo, estas restricciones deben identificarse y manejarse de forma tal que mejore el desempeño global de la empresa.

---

<sup>13</sup> CHASE, Richard B . AQUILANO, Nicholas J. Administración de Producción y Operaciones. Editorial Mc Graw Hill. Bogotá 2000. p 796.

Por lo general, solamente existe un número limitado de restricciones, que no necesariamente son restricciones de capacidad. "Una vez que entiendes la TOC caes en cuenta de que no existen sistemas con veinte restricciones en la vida real. Tales sistemas serán tan caóticos que la realidad se habrá encargado de eliminarlos hace muchísimo tiempo. Los sistemas de la vida real tienen una, o máximo dos, restricciones."<sup>14</sup>

A continuación los 5 PASOS DE ENFOQUE (DE MEJORA CONTINUA):

1. Identificar las restricciones del sistema.
2. Explotar las restricciones del sistema.
3. Subordinar todo lo demás a las decisiones anteriores.
4. Elevar las restricciones del sistema.
5. Si en los pasos anteriores se han roto las restricciones, volver al paso 1, pero no permitir que la inercia se convierta en la restricción del sistema.

El primer paso es identificar las restricciones del sistema y asignarles prioridades de acuerdo con su impacto sobre la meta, aunque puede haber muchas restricciones al mismo tiempo, por lo general sólo unas cuantas limitan realmente el sistema en ese momento.

El segundo paso es explotar las restricciones para mejorar el desempeño, una vez que se entiende que son solamente unas cuantas restricciones las que limitan el desempeño, todos los demás recursos dejan de ser restricciones; por lo tanto, no hay razón para gastar tiempo en manejar recursos que no son restricciones.

TOC se refiere a la palabra explotar, como las acciones de aprovechar al máximo los recursos de la restricción, además de ayudarle a hacer más sencillo las cosas.

---

<sup>14</sup> GOLDRATT, Eliyahu M. Cadena Crítica Editorial Castillo, México 2000, p. 116.

Si el mercado es la restricción, se debe de explotar el hecho de que hay exceso de capacidad, con capacidad excesiva se debe ser capaz de eliminar toda la producción en proceso, lo cual ocasionará una disminución de los tiempos de obtención, con tiempos de obtención más cortos será posible atender agresivamente negocios adicionales, se explota entonces, el hecho de que hay una restricción de mercado.

Siempre que se encuentra una verdadera restricción, se explota, operando continuamente y protegiéndola de problemas en otras estaciones mediante un inventario de amortiguador, otra forma de protegerla es efectuar de inmediato una inspección previa a la restricción, de modo que ésta nunca ocasione un desperdicio de tiempo en una parte que ya de por sí es defectuosa, y otra forma de explotarla es ajustar la mezcla de productos para reconocerla.

La mayor parte de las empresas se deciden por producir con base en la utilidad por unidad; sin embargo, la TOC resalta el hecho de que si el artículo "A" tiene una utilidad de \$ 2 por unidad y requiere 5 minutos del tiempo de restricción, mientras que el artículo "B" tiene una utilidad de \$ 1 por unidad, pero necesita de 1 minuto del tiempo de la restricción, entonces la utilidad del artículo "B", es mayor que la del artículo "A".

El tercer paso implica hacer que todos los demás elementos que no son restricción, trabajen coherentemente con ésta, todos los elementos (recursos y procesos) del sistema están enfocados a un cierto volumen, y las características exactas de ese volumen deben necesariamente determinarse por las necesidades del sistema como un todo, el concepto que guía a esta necesidad se llama "subordinación" dentro de la TOC, la teoría exige que la subordinación debe dirigirse únicamente al apoyo de las restricciones de la organización y nada más. Además, el programa de trabajo se determina por la restricción y se crea el amortiguador para proteger a la misma, se debe prohibir el envío anticipado de materiales para evitar tiempo ocioso de una restricción, los trabajadores de

máquinas no restringidas deben ser capacitados en el hecho de que ellos están trabajando en máquinas sin restricciones, deben utilizar el tiempo no necesario para la producción en dar mantenimiento a la máquina, pasar la producción para una segunda máquina, mejorar la calidad o cualquier otra actividad útil no productiva.

La expeditación sólo se efectúa cuando la condición del amortiguador indica que se necesita la expeditación, los expedidores deben comprobar con regularidad el nivel del material en el amortiguador de la restricción, si se está omitiendo una cantidad significativa de trabajo en éste, el expedidor debe localizar el material, expedir su producción y después tratar de identificar por qué el material está retrasado y corregir la causa del retraso. "Al eliminar las principales causas del retraso de los materiales moviendo el amortiguador de la restricción se puede, en ciertos casos, reducir el tamaño del amortiguador de la restricción. Así, el esfuerzo por mejorar el taller está subordinado a la restricción, así como el esfuerzo para programar y controlar el taller."<sup>15</sup>

El paso cuatro establece que las restricciones deben elevarse para que se tomen acciones que reduzcan el impacto y mejoren el desempeño, una manera de aumentar la capacidad de la restricción es mediante una subcontratación de mano de obra o de lo que se necesite, lo cual debe ser un enfoque estratégico (empresarial), no táctico (departamental), especialmente cuando este paso se usa de manera pro-forma.

Esta etapa se debe tomar con precaución, porque cuando las restricciones se cambian también debe cambiarse la forma en la cual se opera el taller. Todos los afectados (los que están en la planta) deben conocer de antemano que se va a cambiar la restricción y por consiguiente, también cambiará la forma de funcionar del taller, muchas empresas han encontrado que la restricción es su equipo más

---

<sup>15</sup> FOGARTY, Donald W. BLACKSTONE, John, Administración de la Producción e Inventarios, Editorial CECSA, México 1994, p. 756



costoso y más altamente automatizado, esta máquina es la restricción porque una gran parte del trabajo se pasó a ella a fin de eliminar operaciones más prolongadas en otro equipo, algunas veces el equipo viejo se mandó a la bodega, una vez que se reconoce el hecho de que esta máquina es una restricción las labores con menor utilidad por minuto de restricción suelen cambiar al equipo anterior, que ahora se reconoce como una no-restricción, si se cambia el trabajo de la restricción a la no-restricción, se incrementan los ingresos generados por el taller con poco o ningún aumento de gastos de operación.

Para este paso, se habrá resuelto el aspecto de hacer avanzar a la compañía, ¿pero se tiene que detener aquí o se debe seguir el quinto paso? la respuesta es intuitivamente obvia, si elevamos la restricción, si agregamos más y más de las cosas o recursos que no se tenía suficiente deberá llegar un momento en que si se tenga suficiente, entonces se habrá roto la restricción. El desempeño de la compañía se elevará, pero: ¿llegará hasta el infinito? obviamente no. El desempeño de la compañía entera se verá restringido por alguna otra cosa. Así el quinto paso dice:

Es muy importante no caer en inercias y realmente determinar que no haya una nueva restricción al elevar la restricción conocida, y así no permitir que la inercia cause una restricción del sistema, el subordinar a la empresa a la "restricción equivocada" puede ser devastador.

No se debe exagerar la importancia de esta advertencia adicional, ya que en muchas empresas no se han encontrado restricciones físicas, sino más bien restricciones políticas. "Nunca he visto una empresa que tenga una restricción de mercado. He visto muchas que tienen restricciones de políticas de mercadeo. Es muy raro ver a una empresa que tenga una verdadera restricción de capacidad, un verdadero cuello de botella; pero con muchísima frecuencia vemos compañías con restricciones de políticas de producción y de logística. Exceptuando dos casos, no he visto restricciones de proveedores, aún cuando la mayoría de las empresas se

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

quejan de sus proveedores. Sin embargo, he visto restricciones de devastadoras políticas de compras. Es muy significativo que cada vez que nos lanzamos ha encontrar las razones de estas torpes políticas (y a decir verdad, a veces tenemos que lanzarnos en expediciones arqueológicas para encontrarlas), descubrimos que hace unos treinta años o por ahí, cuando se instituyeron estas políticas, tenían muchísimo sentido. Estas razones desaparecieron hace años, pero las políticas siguen con nosotros."<sup>16</sup>

TOC mantiene que los cinco pasos caracterizan a organizaciones bien manejadas, para efectos de esta instrucción se puede decir que las empresas que siguen esta metodología están manejadas bajo el sistema de enfoque de la TOC, el cual no es un programa de productividad ni un sistema de control de materiales, es mucho más que eso, y bajo este esquema todo programa, toda decisión y toda actividad se evalúan en términos de su contribución al cumplimiento de la meta.

"Cinco pasos, un procedimiento intuitivamente obvio y simple de enfocar. Todo mundo los conocía desde antes, todo mundo entiende que suenan a verdad. No es de extrañar, dado que nuestra intuición surge de nuestra experiencia en el mundo real, y nuestro mundo real es el mundo del Throughput. No obstante, ¿realmente utilizan estos pasos los ejecutivos? en casos de emergencia, tal vez; pero, ¿si no se trata de emergencias? la garra de nuestro entrenamiento en el "mundo de los costos" es demasiado fuerte."<sup>17</sup>

A pesar de la clara intuición de sentido común, las acciones tradicionales se basan mucho más en los procedimientos formales del "mundo de los costos", que en los directos y totalmente obvios cinco pasos para enfocar del "mundo del Throughput".

<sup>16</sup> GOLDRATT, Elyahu M. El Síndrome del Pajar. Editorial Castillo, México 1999, p. 67

<sup>17</sup> *Ibid* dem

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## 2.4 Opinión Personal del Contenido del Capítulo.

Considero que es bueno saber si se están haciendo las cosas bien y que mejor que sea a través de indicadores sencillos de entender y además de eso lógicos, ya que si nos dejamos llevar siempre por lo tradicional, jamás dejaremos de ser tradicionalistas, ya que en estos tiempos un signo de beneficio es la mejora de lo tradicional, esto lo comento porque los indicadores anteriores (financieros y operativos) no son comúnmente usados en las empresas de hoy, y creo que estos son bastante útiles porque arrojan información clara de: ¿cuánto se está ganando?, ¿cuánto se está invirtiendo?, ¿cuánto se está gastando?, etc., y las respuestas a estas preguntas son vitales para cualquier empresa, de esta manera lo que se pretende es que todos sepan tomar decisiones globales con la ayuda de estos indicadores y no se dejen llevar únicamente por los costos, y así como toman decisiones los accionistas de las empresas a su nivel, a niveles inferiores también tomen decisiones para beneficio de la empresa, en el ámbito global y no solamente local.

Cabe señalar, que estos indicadores no son totalmente nuevos siempre han estado ahí, y todos los conocían solamente que ahora son estudiados y aplicados desde un enfoque distinto al común, considero que el indicador de mayor importancia es el Throughput ya que nos dice mucho e involucra varios aspectos importantes de la empresa y, con la ayuda de los demás se hace un muy buen análisis de la empresa sin dar tantas vueltas ni entrar en confusiones o hacer análisis muy grandes.

Es muy importante saber que es lo que está pretendiendo la Teoría de Restricciones en las empresas y antes que esto, se debe saber perfectamente que es la TOC; considero a la TOC como una filosofía gerencial que no solamente pretende identificar restricciones y elevar su desempeño, ya que esto es sólo una parte de cualquier organización, por lo tanto, lo más importante que se pretende en las empresas con la implementación de la TOC es visualizar a éstas como lo

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

que son: organismos formados por áreas o departamentos los cuales deben de tener un objetivo global, que debe ser cumplido con la ayuda de todos.

Existen en la actualidad muchos otros sistemas como TQM, JIT, etc., y éstos al igual que la TOC tienen un objetivo, el cual no sólo se limita a mejorar o controlar la calidad o a disminuir inventarios; sino que tratan de lograr una mejora continua de toda la organización y no sólo de los productos, es por esto que la TOC debe ser una filosofía o sistema la cual debe ser conocida por todos y cada uno de los miembros de la organización donde se quiera implementar, con lo cual a través de sus herramientas y conceptos se mejorarán tiempos de entrega, uso de equipos, disminución de inventarios en áreas no necesarias, etc., con el fin de incrementar el Throughput y así ganar más dinero siempre.

Considero que en todas las empresas existen recursos cuello de botella, los cuales se deben de administrar bien porque pueden ser capaces de repercutir de manera negativa en las operaciones de las mismas, ya que por ejemplo: si una máquina es reconocida como un cuello de botella y no se administra adecuadamente se tendrán serios problemas con inventarios en proceso, largos tiempos de entrega (lo cual es común en las empresas), etc., en cambio si se le administra bien, se le da buen mantenimiento y se le protege con un amortiguador, éste siempre se estará desempeñando adecuadamente.

La administración de los recursos no cuello de botella, es menos delicada que la administración del recurso anterior, ya que si este recurso pierde o tiene tiempo de inactividad por cualquier razón fácilmente puede recuperar este tiempo porque tiene capacidad excesiva, pero si éste trabaja continuamente puede causar mucho trabajo en proceso, lo cual como se ha visto aumenta el tiempo de entrega de los productos, entre otras cosas.

Hasta ahora se ha visto que un recurso cuello de botella tiene menor capacidad que la requerida por el mercado y que el recurso no cuello de botella tiene más

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

capacidad que la requerida por el mercado, ahora bien un CCR es un recurso que tiene una capacidad mínima excesiva de la requerida por el mercado, o sea, un poco de capacidad de sobra (que no se utiliza) es por esto, que este tipo de recursos se deben de programar muy bien para que se trabajen solamente las cantidades exactas de material de acuerdo a su capacidad y, además de esto, su funcionamiento debe ser correcto y continuo, para lograr lo anterior, a éste se le debe de proporcionar un buen mantenimiento de manera tal que no ocurran paros en medio de los turnos de trabajo de estos recursos y así evitar tiempos perdidos que después retrasen toda la producción.

Es muy importante tomar en cuenta que no todas las máquinas tienen la misma capacidad, y que con los conceptos anteriormente descritos se puede programar mejor la producción, muchas veces nosotros mismos somos los que liberamos demasiado material en la planta y creemos que las máquinas son las que no están respondiendo adecuadamente y esto no es verdad, ya que si se reconoce que una máquina sólo procesa "X" número de partes no tiene sentido enviar el doble de esa cantidad de partes las cuales en primera aumentarán el tiempo de entrega de dicho producto y en segunda sólo quedarán en inventario o en algún otro lugar de la planta.

Las restricciones de recursos internos, de mercado y políticas, son las que se deben de tener bien identificadas para poder tomar mejores decisiones en las empresas, ya que si se siguen tomando decisiones sin tomar en cuenta por ejemplo: que la máquina "X" sólo produce 100 artículos y el mercado requiere 150 artículos, será difícil encontrar una solución duradera y responder a los mercados, en cambio si se sabe que esa máquina "X" es la restricción y a la vez se sabe que sólo produce 100 piezas; entonces, se comenzará a administrar bien esa máquina a través de decisiones como es el de amortiguar ese recurso, no comprar material que no se procesará en determinado tiempo por esa máquina, buen mantenimiento para evitar tiempos muertos, en fin una serie de acciones que beneficiarán a la empresa globalmente.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Por el contrario, cuando se tiene suficiente capacidad para responder al mercado, el cual está escaso, se tiene una restricción de mercado y si esto se sabe, se atacará el mercado con propaganda o se realizarán otro tipo de actividades que puedan proporcionar trabajo futuro que tanto se necesita y el cual se puede cumplir; de esta manera, se disminuye la producción con el fin de evitar tener producto terminado que aún no es requerido por ningún cliente.

Respecto a las restricciones políticas, considero que son más difíciles de combatir porque están muy arraigadas dentro de las personas y muchas veces aunque uno las quiera evitar es muy difícil, como cualquier cambio en cualquier ámbito; pero se tienen que evitar de alguna manera siempre y cuando no sean lógicas y no contribuyan a la mejora continua que se necesita en todas las empresas, dejemos atrás la frase: "es que siempre lo hemos hecho así".

Es importante tener bien identificados en los procesos a los recursos cuellos de botella, ya que es en éstos en donde se reflejará más un problema, que en un recurso sin cuello de botella porque éste tiene capacidad de sobra para reponer producción en caso de que falle por determinado tiempo, de este modo el o los recursos cuellos de botella tienen que estar bien de todo a todo (desde su mantenimiento hasta su programación) y de esta manera estar protegido por cualquier perturbación (fluctuaciones al azar, eventos dependientes o la misma Ley de Murphy).

Los cinco pasos de la TOC, los considero totalmente obvios y lógicos ya que si es detectada una restricción y se enfoca en administrarla correctamente; entonces, se tendrá un mejor control de la empresa, por el contrario si no se tiene un control o se pretende controlar todo y al final no es controlado casi nada, por no decir nada, y en cada final de periodo se sigue presentando el síndrome de fin de mes y se continua apagando el fuego por aquí y por allá, entonces no se esta controlando nada.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

TOC considera que el modo de administrar las empresas a través de estos cinco pasos es bajo "el mundo del Throughput" y como ya se ha mencionado anteriormente la manera más común de administrar las empresas es bajo "el mundo de los costos" y eso no es bueno para cumplir con la meta (ganar dinero hoy y en el futuro), tampoco para ser competitivos y menos para ofrecer mejores tiempos de entrega a los clientes.

Al hablar de administrar bajo "el mundo del Throughput" se entiende que se tiene que proteger el Throughput y al hablar sobre la administración bajo "el mundo de los costos" se trata de decir que se tienen que controlar los costos, tomando en cuenta lo anterior, estas son dos condiciones absolutamente necesarias; pero totalmente diferentes y por consiguiente se debe tomar la decisión de seguir administrando mediante el costo o comenzar a cambiar y aplicar los cinco pasos de enfoque de TOC, por lo tanto administrar bajo "el mundo del Throughput"; definitivamente es una mejor decisión.

Existen algunos conceptos muy arraigados en la industria (margen de utilidad del producto, costo de producto, entre otros) y para poder obtener todos estos datos se realizan duros trabajos en las industrias pero: ¿realmente son importantes y sirven para tomar decisiones?, la respuesta es sí para el modo tradicional de administrar, pero para TOC no son necesarios, obviamente deben de existir datos necesarios y esos son los de la restricción, de la cual se debe de conocer todo porque es en la que se basarán los gerentes para tomar decisiones y será como se controlará la planta. Cabe aclarar, que también es importante la utilidad de la empresa y no la de cada producto como se ha resaltado por muchos años, de esta manera se puede concluir que se reducen los datos para tener el control de la planta y para proteger el Throughput, entre menos datos se requieran más precisión se tendrá.

TESIS CON  
FALLA DE URGEN

Un signo de que se está haciendo lo correcto al aplicar los 5 pasos de enfoque es que en la utilidad se debe reflejar un resultado positivo y si no está sucediendo ésto es evidente que no se está trabajando con una restricción.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



## CAPÍTULO 3. LA TÉCNICA TAMBOR-AMORTIGUADOR-CUERDA.

### 3.1 Bloques Básicos de Manufactura.

Es posible simplificar todos los procesos y flujos de manufactura a cuatro configuraciones básicas que se representarán a continuación, Goldratt designa a los cuellos de botella como "X", y a los recursos de no cuello de botella como "Y".

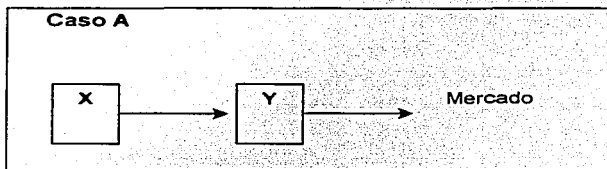


Figura 3.1a

En el caso A, el producto fluye a través del proceso "X" y alimenta al proceso "Y", es decir, un cuello de botella alimenta a un no cuello de botella. (Figura 3.1a).

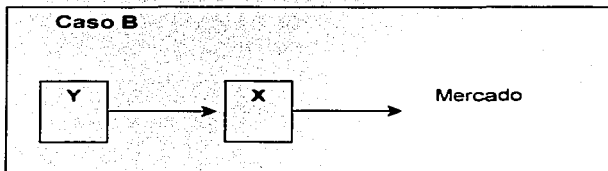


Figura 3.1b

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

En el caso B, es a la inversa que el caso anterior, o sea, que un recurso no cuello de botella alimenta a un recurso cuello de botella. (Figura 3.1b).

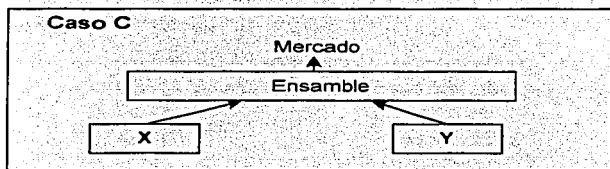


Figura 3.1c

En el caso C, el proceso "X" y el proceso "Y", están creando subensambles que luego son combinados, por ejemplo, para alimentar la demanda del mercado. (Figura 3.1c).

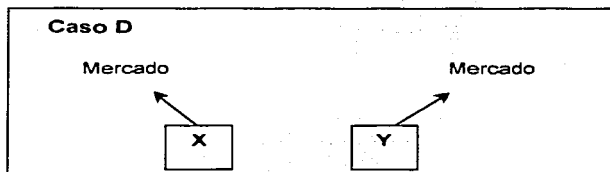


Figura 3.1d

En el caso D, el proceso "X" y el proceso "Y" son independientes entre sí, y proveen sus propios mercados. (Figura 3.1d).

El valor de la utilización de estos bloques de construcción básicos es que un proceso de producción puede simplificarse enormemente para el análisis y el control. En lugar de rastrear y programar todos los pasos en una secuencia de

producción a través de operaciones de no cuello de botella, por ejemplo, se puede poner atención a los puntos de iniciación y terminación de las agrupaciones de los bloques de construcción.

### 3.1.1 Métodos de Control.

A continuación, se describe la manera de como se deben manejar los recursos de cuello de botella y los recursos de no cuello de botella, sobre la base de la siguiente información:

El recurso "X" y el recurso "Y", son centros de trabajo que pueden producir una variedad de productos, cada uno de estos centros de trabajo tiene 200 horas disponibles por mes, por razones de simplicidad suponga que se maneja un sólo producto y que se alteran las condiciones y la composición para cuatro situaciones diferentes. Cada unidad de "X", necesita un tiempo de producción de una hora y la demanda del mercado es de 200 unidades por mes, cada unidad de "Y", necesita un tiempo de producción de 45 minutos y la demanda del mercado es también de 200 unidades por mes.

El caso A, es un cuello de botella que alimenta a un recurso de no cuello de botella, y el producto fluye del centro de trabajo "X" al centro de trabajo "Y". "X" es el cuello de botella dado que tiene una capacidad de 200 unidades (200 horas / 1 hora por unidad) y "Y", tiene una capacidad de 267 unidades (200 horas / 45 minutos por unidad). Dado que "Y" tiene que esperar a "X", y que además tiene mayor capacidad que "X", no se acumula producto extra en el sistema. Todo fluye a través del mercado.

El caso B, es a la inversa del caso A, con "Y", que alimenta a "X". Esto significa que un recurso no cuello de botella alimenta a un recurso cuello de botella dado que "Y", tiene una capacidad de 267 unidades y que "X", tiene una capacidad de

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

200 unidades, se deben producir únicamente 200 unidades de "Y" (75% de la capacidad) o de lo contrario, el trabajo en proceso se acumulará frente a "X".

El caso C, es un caso en el cual los artículos producidos por "X" y "Y", se ensamblan y luego se venden en el mercado. Dado que una unidad de "X", y una de "Y", forman un ensamble, "X" es un cuello de botella con 200 unidades de capacidad y, en consecuencia, "Y" no debe trabajar más del 75% o las partes extras se acumularán.

El caso D, es un caso en el que cantidades iguales de producto "X" y "Y", son demandadas por el mercado, en este caso, estos productos se pueden llamar "bienes terminados" puesto que se enfrentan a demandas independientes. Aquí "Y", tiene acceso al material independiente de "X", y con una capacidad mayor a la necesaria para satisfacer el mercado, puede producir más bienes de los que el mercado requiera, lo que crearía un inventario de bienes terminados innecesarios.

Estas 4 situaciones que se acaban de analizar, demuestran los recursos con cuello de botella y los recursos de no cuello de botella, y su relación con la producción y la demanda del mercado muestran que la práctica de la industria de emplear la utilización de recursos como medida de desempeño puede estimular la sobre utilización de los recursos que no son cuellos de botella y dar como resultado inventarios excesivos.

### 3.2 Lote en Proceso y Lote de Transferencia.

Lote en proceso se define como el número de unidades que se producen después de que se ha preparado la estación para producir una parte y antes de que la estación sea preparada para producir otra parte diferente.

Por otro lado, un lote de transferencia se define como el número de unidades de un artículo, transportadas físicamente de alguna estación de trabajo "X", a otra

TESIS CON  
FALLA DE URGEN

estación de trabajo "Y", en la mayoría de las operaciones de muchas empresas, el lote de transferencia y el lote en proceso son lo mismo; es decir, un lote completo en proceso se termina en una estación y entonces se llama al personal de manejo de materiales para que transfiera el trabajo a la siguiente operación en la ruta. "No es raro que una labor requiera una hora de trabajo en cada una de tres estaciones y necesite un tiempo de obtención de tres semanas, aproximadamente una semana de cola y una hora de proceso en cada estación. El largo tiempo de cola (espera) se debe a la gran cantidad de producción en proceso que hay en cada estación. No obstante, si el administrador de la planta decide poner este trabajo en un camión dentro de dos horas, puede terminarse el trabajo. Las tres estaciones instaladas específicamente para el trabajo, así como las piezas, se llevan de una estación a otra siempre que se termine una pieza. En esta situación, el lote de transferencia es uno y el lote en proceso es el tamaño del pedido. La tercera estación es capaz de terminar su operación en pocos minutos después de que la primera estación ha terminado la última pieza, habiendo transcurrido un poco más de una hora en total."<sup>18</sup>

El sistema TOC, considera que siempre que sea necesario se debe de utilizar un lote de transferencia de uno, debido a que la mayor parte de los operadores trabajan sin restricciones por lo que no existe razón que impida que el trabajador empuje materiales hacia delante de las estaciones alimentadoras cuando se queda sin trabajo. Cada estación está provista de un programa de trabajo que debe pasar por la estación muy pronto, por consiguiente para un trabajador ocioso resulta una actividad relativamente menor comprobar las posibles estaciones de alimentación respecto del trabajo terminado y llevar hacia delante cualquiera de los artículos listos para la transferencia, en esta situación por lo general, el lote de transferencia es variable; sin embargo, ocurre que muchos están listos cuando el operador lo comprueba.

<sup>18</sup> FOGARTY, Donald W., BLACKSTONE, John. Administración de la Producción e Inventarios. Editorial CECSA, México 1994, p. 757.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Los lotes de transferencia se refieren al movimiento de parte del lote en proceso, en lugar de esperar a que todo el lote este terminado, el trabajo que haya sido completado por esa operación puede moverse a la siguiente estación de trabajo de manera tal que pueda comenzar a trabajar en ese lote. Un lote de transferencia puede ser igual al lote en proceso, pero no puede ser más grande.

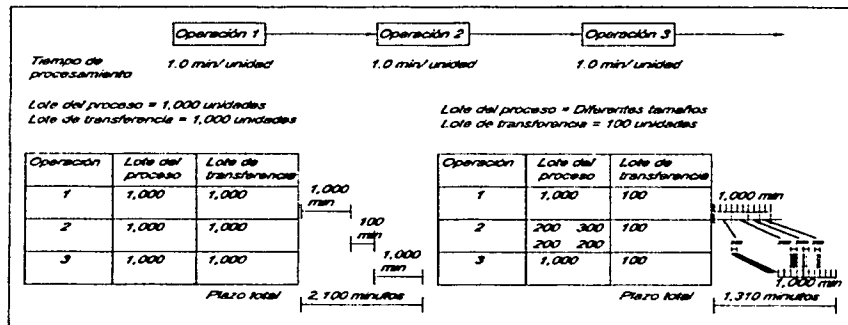
Ahora bien, el tamaño del lote en proceso suele ser igual al tamaño del pedido, además la transición a un lote de transferencia menor se puede hacer sin cambios en el plan general, siempre que se reconozca que los trabajadores sin restricciones pueden mover materiales, en este punto, el método TOC presenta dos preguntas interesantes:

En primer lugar, el método JIT afirma que se puede reducir el tiempo de preparación hasta que el taller pueda trabajar con un lote de transferencia de uno; si se ha disminuido el lote de transferencia a una unidad para acelerar el pedido dentro del taller, ¿qué beneficios adicionales se pueden obtener al reducir a una unidad el lote en proceso?; en segundo lugar, dado que el pedido debe embarcarse para el cliente como lote, ¿tiene sentido que el lote de proceso tenga un tamaño menor al pedido?. A menos que se obtenga un claro beneficio continuando la reducción del tiempo de preparación más allá de lo necesario para apoyar al lote en proceso que sea igual al tamaño del pedido para todas las ordenes; JIT hace un esfuerzo que se desperdicia al forzar que el lote de transferencia sea igual al lote en proceso.

Los tamaños de lote en proceso más grandes necesitan menos preparaciones y en consecuencia pueden generar más tiempo de procesamiento y más producción; por lo tanto, para los recursos cuello de botella los tamaños de los lotes más grandes son aconsejables y para los recursos de no cuello de botella son aconsejables los tamaños de los lotes en proceso más pequeños (utilizando el tiempo de inactividad existente), reduciendo así el inventario de trabajo en proceso.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

La ventaja de utilizar lotes de transferencia más pequeños que la cantidad de lotes de proceso es que el tiempo de producción total es más corto, de manera que la cantidad de trabajo en proceso es más pequeña. El cuadro 3.2 muestra una situación en la cual el plazo de producción total fue reducido de 2,100 a 1,300 minutos mediante la utilización de un tamaño de lote de transferencia de 100 en lugar de 1,000 y la reducción de los tamaños de los lotes del proceso de la operación 2.



Cuadro 3.2 Flujo de productos a través de los cuellos de botella y de los no cuellos de botella.

“Los lotes de transferencia más pequeños dan inventarios menores de trabajo en proceso, pero un flujo más rápido del producto y por ende un plazo más corto. No obstante, se requiere más manejo de material. Los lotes de transferencia más grandes producen plazos más prolongados e inventarios más grandes, pero hay menos manejo de material. Por consiguiente, el tamaño del lote de transferencia

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

queda determinado por una transacción de plazos de producción, beneficios de reducción de inventarios y costos de movimiento de material.<sup>19</sup>

Al tratar de controlar el flujo en un CCR y en un cuello de botella, hay cuatro situaciones posibles:

1. Un cuello de botella (sin tiempo de inactividad) sin que se requiera preparación al cambiar de un producto a otro.
2. Un cuello de botella con necesidad de tiempos de preparación para cambiar de un producto a otro.
3. Un recurso con capacidad limitada (CCR con una pequeña cantidad de tiempo de inactividad) sin que se requiera preparación para cambiar de un producto a otro.
4. Un CCR en el que se requiere tiempo de preparación al cambiar de un producto a otro.

En el primer caso (un cuello de botella sin tiempo de preparación para cambiar productos), las tareas deben procesarse en el orden del programa de modo que la entrega sea oportuna. Sin preparaciones sólo la secuencia es importante.

En el segundo caso, cuando se requieren preparaciones; tamaños mayores de lotes combinan tareas similares separadas en la secuencia, esto significa alcanzar periodos de tiempo futuros; por ello, algunas tareas se harán tempranamente. Puesto que se trata de un recurso cuello de botella, los lotes más grandes ahorran preparaciones y así se aumenta el Throughput (el tiempo de preparación ahorrado se usa en procesamiento), los lotes de proceso más grandes pueden hacer que resulten tardías las tareas programadas tempranamente. Por ello, los lotes frecuentes de transferencia de tamaño pequeño son necesarios para tratar de acortar el plazo.

<sup>19</sup> CHASE, Richard B. AQUILANO, Nicholas J., Administración de Producción y Operaciones. Editorial Mc Graw Hill, Bogotá 2000, p. 809.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Los casos 3 y 4 incluyen un CCR sin requisitos de preparación y un CCR con requisitos de tiempo de preparación, manejar el CCR sería semejante a manejar un no cuello de botella, aunque más cuidadosamente; es decir, un CCR tiene algún tiempo de inactividad, sería apropiado aquí cortar el tamaño de algunos de los lotes de proceso de modo que pueda haber cambios de productos más frecuentes, esto disminuiría el plazo y sería más probable que las tareas se realizarán a tiempo. En una situación de "hacer para almacenar" (make-to-stock), recortar los tamaños de los lotes de proceso tiene un efecto mucho más profundo que aumentar los lotes de transferencia, lo cual se debe a que la mezcla de productos resultante es mucho mayor, lo que conduce a una reducción de trabajo en proceso y del plazo de producción.

### 3.2.1 Componentes de tiempo.

- **Tiempo de preparación:** se le llama tiempo de preparación al tiempo que una pieza espera para que se prepare un recurso para trabajar sobre ella.
- **Tiempo de proceso:** es el tiempo en el que se procesa la pieza.
- **Tiempo de cola:** es el tiempo que una pieza espera a un recurso mientras éste se encuentra ocupado con alguna otra actividad.
- **Tiempo de espera:** es el tiempo que espera una pieza, no a un recurso, sino a otra pieza para que puedan ensamblarse juntas.
- **Tiempo de inactividad:** es el tiempo que no se usa; es decir, el tiempo de ciclo menos la suma de los tiempos de preparación, procesamiento, de cola y de espera.

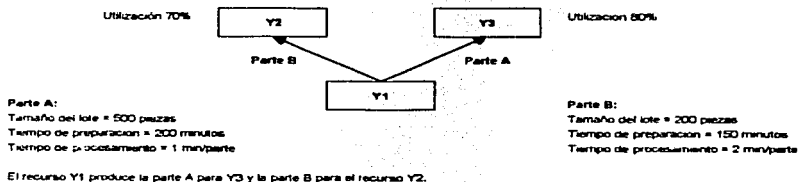
Estas definiciones sirven para analizar lo siguiente: cuando una pieza que espera para ser procesada en un cuello de botella, el tiempo de cola es el mayor, esto se debe a que el cuello de botella tiene bastante trabajo por hacer (para asegurar que siempre trabaje). En el caso de un recurso que no es cuello de botella, el tiempo de espera es el mayor, la pieza está allí esperando la llegada de otras piezas para que pueda realizarse el montaje.

TESIS CON  
FALTA DE ORIGEN

Lo anterior, lleva a pensar en la tentación de los programadores por ahorrar tiempo de preparación, suponga que se duplican los tamaños de lotes para ahorrar la mitad de los tiempos de preparación, entonces con un tamaño de lote duplicado todos los demás tiempos (de proceso, cola y espera) se incrementan al doble. Dado que estos tiempos se duplican mientras sólo se ahorra la mitad del tiempo de preparación, el resultado neto es que el trabajo en proceso casi se duplica, al igual que la inversión en inventario; lo cual no tiene ningún beneficio.

Cuando se programan los recursos que no son cuellos de botella con tamaños de lotes más grandes, esta acción puede crear un cuello de botella y esto es algo que definitivamente se quiere evitar; ejemplo:

En el cuadro 3.2.1 se tiene que "Y1", "Y2" y "Y3" son recursos que no son cuellos de botella, "Y1" produce la pieza "A" que se dirige a "Y3", y la pieza "B" que se dirige a "Y2"; para producir la pieza "A", "Y1" tiene un tiempo de preparación de 200 minutos y tiempo de procesamiento de un minuto por cada pieza. La pieza "A" se produce en lotes de 500 unidades y la utilización es de 70%. Para producir la pieza "B", "Y1" tiene un tiempo de preparación de 150 minutos y un tiempo de procesamiento de dos minutos por pieza, la utilización es de 80 % y ésta se produce en lotes de 200 unidades.



Cuadro 3.2.1 Recursos no cuellos de botella.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Como el tiempo de preparación de "Y1" para la pieza "A" es de 200 minutos, los trabajadores y el supervisor creen erróneamente que se puede obtener más producción si hacen menos preparaciones, entonces suponga que se aumenta el tamaño de lote a 1500 unidades y con esta medida que pasa, el espejismo dice que se han ahorrado 400 minutos de preparaciones (en vez de tres preparaciones que requieren 600 minutos, para producir tres lotes de 500 unidades, solamente hay una preparación con un lote de 1500 unidades).

El problema es que los 400 minutos que se ahorran no sirven para nada, pero este retraso sí interfiere en la producción de la pieza "B"; recordando que "Y1" también produce la pieza "B" para "Y2". La secuencia antes de los cambios, era pieza "A" (700 minutos), pieza "B" (550 minutos), etc., sin embargo, cuando se aumenta el tamaño de lote de la pieza "A", a 1500 unidades (1700 minutos), "Y2" y "Y3" pueden estar sin trabajo y tendrán que esperar más tiempo del que tienen disponible (30% de tiempo de inactividad para "Y2" y 20% para "Y3").

La nueva secuencia sería pieza "A" (1700 minutos), pieza "B" (1350 minutos), etc. La espera tan larga de "Y2" y "Y3" puede causar problemas, y es muy probable que "Y2" y "Y3" se conviertan en cuellos de botella temporales y se pierda la capacidad global del sistema.

Es por eso que a continuación se explicará como programar correctamente nuestros recursos, a través de la Técnica del Tambor-Amortiguador-Cuerda o DBR, por sus siglas en inglés Drum-Buffer-Rope.

### 3.3 La Técnica Tambor-Amortiguador-Cuerda.

En su innovadora novela La Meta, Goldratt utiliza el concepto de un grupo de boy scouts en una salida al bosque, para ilustrar el concepto de la sincronización. Se considera el caso de un grupo de boy scouts que marcha en fila india como algo análogo al flujo del proceso, durante la marcha algunos irán más lentos que otros

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

y si se permite que cada uno fije su propio paso (produzca a su propia velocidad), la fila se alargará (igual que se incrementará el inventario de producción en proceso) como se muestra en la figura 3.3a.

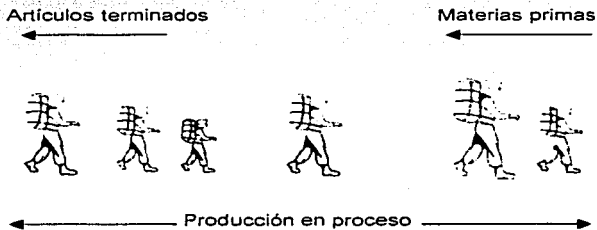


Figura 3.3a.

La meta es que toda la tropa permanezca agrupada, porque la persona más lenta es la que determina cuando llegarán todos a su destino, de manera que el cuello de botella (la persona más lenta) es el recurso que determina la producción total.

La pregunta es: ¿cómo mantener reunido al grupo (reducir el trabajo en proceso) y alcanzar el destino en el menor tiempo posible (menor tiempo de entrega, maximización de la producción total)? Una posibilidad es poner adelante a los más lentos y atrás a los más rápidos, como se muestra en la figura 3.3b, en esta situación el proceso asumirá la velocidad del primer boy scout (el más lento); esto está bien si se tiene la capacidad de un flujo de proceso con el cuello de botella en el nivel de la materia prima y los recursos con la mayor capacidad en el nivel de los artículos terminados; sin embargo, lo anterior es improbable si no hay compras significativas de capacidad.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

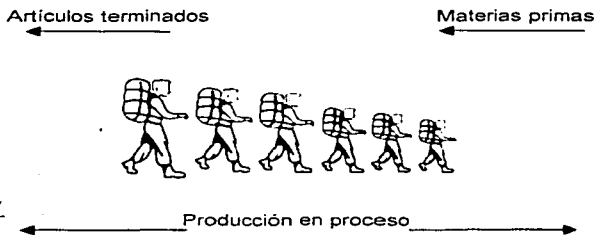


Figura 3.3b.

Una segunda posibilidad, se ve en la figura 3.3c, en esta se trata de dejar a todos en el orden original y atarlos con una cuerda para tener la seguridad de que no se separen (la línea de montaje a su propio paso), esta estrategia funcionará en sistemas con productos que pueden producirse de manera económica en las líneas a su propio paso, pero es inútil en un taller de trabajos.

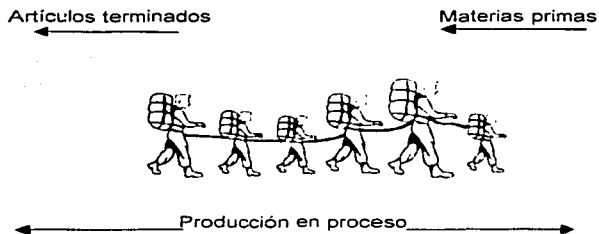


Figura 3.3c.

Una tercera posibilidad es tener un tambor que fije el paso en la operación inicial (materias primas), véase la figura 3.3d; los que siguen en la fila tienen que

escuchar el tambor y seguir su ritmo o se abrirán espacios conforme se rezaguen; si el muchacho más lento no mantiene el paso con el tambor, entonces éste y todos los que vienen detrás quedarán separados de la tropa que va al frente.

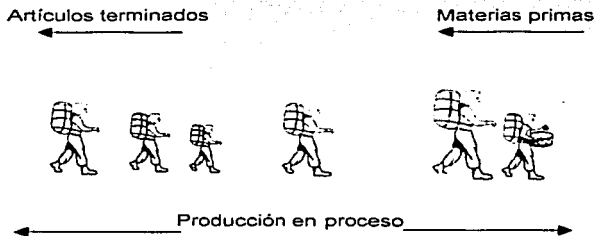


Figura 3.3d.

La forma de hacer que todos los boy scouts se sincronicen es combinar el tambor con la cuerda, si el muchacho más lento está atado por la cuerda al frente y el tambor fija su paso, entonces todos se verán forzados a marchar a la misma velocidad, figura 3.3e. El muchacho que va al frente se verá obligado a marchar a la velocidad del más lento por efecto de la cuerda. Los que van detrás del primero de la fila se verán obligados a marchar al mismo paso, como el que fija el paso es el muchacho más lento, los que van detrás de él se verán forzados a marchar igual, todos estarán marchando a la misma velocidad y si existe la posibilidad de que haya alguna variación en el paso de la sección del frente, entonces se dejará alguna holgura en la cuerda para que los muchachos puedan acelerar y desacelerar sin interferir con el más lento; esto es lo que se conoce como **Técnica de Tambor-Amortiguador-Cuerda**.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

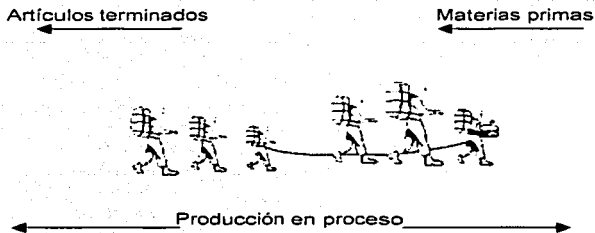


Figura 3.3e.

También se sabe que todo sistema de producción requiere de uno o varios puntos de control para el flujo del producto por el sistema, si este contiene un cuello de botella, entonces ahí será el mejor lugar para el punto de control; a este tipo de punto de control se le llama tambor, pues marca el ritmo que dirige la operación del resto del sistema (o las partes que afecta). Recordando que se definió un cuello de botella como un recurso que no tiene la capacidad para satisfacer la demanda; entonces, un cuello de botella trabaja todo el tiempo y una razón para usarlo como punto de control es asegurar que las operaciones anteriores no produzcan de más y acumulen excesos en el inventario de trabajo en proceso que no pueda manejar el cuello de botella.

Si no hay un cuello de botella, el mejor lugar para colocar el tambor sería un recurso restringido de capacidad (CCR), recordando que este es un recurso que opera cerca de su capacidad, pero que en promedio tiene la capacidad adecuada siempre y cuando no se programe de manera incorrecta (por ejemplo, con demasiadas operaciones, con lo que faltaría capacidad, o con los lotes muy grandes, que no alimentarían lo suficiente a las operaciones subsiguientes).

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Si no existen cuellos de botella o CCR, el punto de control puede asignarse en cualquier parte, la mejor posición sería en algún punto divergente en donde la producción del recurso se utilice en varias operaciones de abajo.

"El concepto de tambor-amortiguador-cuerda es así: desde el punto de vista ideal, todas las estaciones sin restricciones que preceden la restricción en la ruta de las partes deben iniciar la producción de la parte tan pronto como la parte se expide en la primera estación en su ruta."<sup>20</sup> De esta manera, las partes se mueven rápidamente de la expedición de materiales hasta el amortiguador de la restricción. Entonces, las partes esperan durante un tiempo indeterminado en el amortiguador de la restricción hasta que ésta empieza a procesar la parte. Una vez que esto sucede, lo ideal sería que todas las no restricciones sobre la ruta que se encuentra entre la restricción y el muelle de embarque también deben prepararse para fabricar la parte, de modo que la parte se mueve una unidad cada vez hacia el punto de embarque. Así, el desarrollo del programa de tambor-amortiguador-cuerda consta de dos etapas:

La primera es desarrollar un programa detallado para la restricción misma, a este programa se le denomina **tambor**.

La segunda, es determinar cuánto tiempo se debe dejar para que el material se mueva desde la expedición del material a la restricción; y, para cada artículo terminal, cuánto tiempo se debe permitir para que el material se mueva de la restricción al punto de embarque. Este tiempo de compensación se denomina la **cuerda**, porque une el punto de expedición del material con la restricción, de modo que ésta pueda jalar material a medida que lo necesita. Asimismo, una cuerda jala material de la restricción hacia el punto de embarque (o en el caso de un artículo que no requiere procesamiento en la restricción, la cuerda jala material desde el punto de su expedición hacia el embarque). El material programado para

---

<sup>20</sup> FOGARTY, Donald W., BLACKSTONE, John, Administración de la Producción e Inventarios. Editorial CECSA, México 1994, p. 758.



que durante algún tiempo esté en la restricción se denomina **amortiguador de la restricción**. Y el material programado para que durante cierto tiempo esté en cualquier otro punto, se denomina **amortiguador de embarque**. Con esta descripción debe quedar claro el origen del nombre tambor-amortiguador-cuerda.

La unidad de medida para el amortiguador de la restricción es tiempo estándar; es decir, el tiempo estimado necesario para que la restricción procese todos los artículos en el amortiguador. El tiempo representado por el amortiguador de la restricción interna es igual al desfaseamiento del tiempo de obtención de la cuerda que une a la restricción con la expedición del material. Debido al supuesto de que el lote de transferencia es de uno, la TOC supone que en todas las estaciones sin restricción se iniciará el procesamiento del material tan pronto como éste se expida, de modo que sea mínimo el retraso para pasarlo al amortiguador de la restricción. La TOC reconoce que se precisa de cierto tiempo para mover el material de la expedición al amortiguador de la restricción, por lo que no se considera que el material está retrasado hasta que ha transcurrido un tiempo igual a la mitad de la magnitud del amortiguador. Si falta el material que debería estar en la primera mitad del amortiguador, se debe llevar a cabo una acción correctiva para acelerar el material y corregir la causa del retraso.

Existe una segunda cuerda que jala del material de la restricción al punto de embarque, la longitud de esta cuerda es igual a la longitud del amortiguador de embarque, que es un amortiguador destinado a proteger el programa de embarque. Aunque es posible que cada producto tenga un amortiguador de embarque de diferente magnitud, por lo general, sólo hay una restricción interna y, por consiguiente, una magnitud de amortiguador de la restricción interna. La unidad de medida para el amortiguador de embarque es en unidades de artículo terminado.

La programación de tambor-amortiguador-cuerda se reduce así a: (1) identificar la restricción; (2) establecer la secuencia de trabajos sobre la restricción; (3) decidir sobre el tamaño del amortiguador de la restricción (lo cual fija la magnitud de la

cuerda que va de la restricción a la expedición del material), y (4) decidir sobre la magnitud de los amortiguadores del embarque (los cuales, en efecto dirigen el programa de materiales de la restricción al embarque y establecen la fecha programada a los clientes). De esta manera, la programación del trabajo en el taller, que para la mayoría de los investigadores resulta extremadamente compleja, se reduce a un simple problema de programación de una única máquina. La simplicidad del problema está en relación directa con el taller que tiene o no restricciones internas.

"Una objeción común a la Teoría de Restricciones es la noción de que en un taller hay muchas restricciones que interactúan. Realmente esta noción no es verdadera. Aunque la mayoría de las empresas que han implantado inicialmente TOC pensaron que tenían muchas restricciones, después todas se percataron de que tenían pocas restricciones de recursos, que interactuaban en raras ocasiones, y que trasladar la restricción al mercado es mucho más sencillo de lo que se creían."<sup>21</sup>

Si se puede pronosticar con exactitud la demanda, sobre el horizonte de planeación (y todos los procedimientos de programación consideran este supuesto), entonces se puede proyectar la carga requerida de cada uno de los recursos, un recurso estará más cargado que los demás. Esta consideración se puede formular con confianza, dado que es demasiado improbable que dos o más recursos tengan exactamente la misma carga. El recurso de mayor carga se trata como la restricción; y el resto de los recursos se subordinan a él. Si un taller tiene demanda de varios artículos marcadamente estacional, como para que el recurso con más carga cambie de estación en estación; entonces, el horizonte de planeación debe ser de un año. Si el horizonte de planeación es de un año, se elimina el efecto de estacionalidad y se selecciona como restricción el recurso más cargado para todo el año. Por supuesto, un giro no anticipado en la mezcla de

---

<sup>21</sup> Ibidem p. 759.

productos puede provocar que se cambie la restricción, pero tal cambio puede causar una nueva planeación en cualquiera de los sistemas.

El programa hecho con tambor-amortiguador-cuerda es totalmente factible, siempre que no se permita que la restricción esté ociosa y la eficiencia y la utilización de la restricción se acerquen a las proyectadas. La administración del amortiguador, es porque se intenta asegurar que la restricción se utilice según lo planeado, asegurando el desempeño del programa.

### **3.3.1 Administración del Amortiguador.**

Existen tres tipos de amortiguadores en la TOC, dos de los cuales ya se mencionaron. El amortiguador de la restricción protege la restricción, el amortiguador de embarque protege el envío en la fecha programada; existe también el amortiguador de ensamble, que organiza las partes no restrictivas en los puntos de ensamble con las partes restrictivas, de modo que las partes de la restricción nunca se retrasen por falta de partes no restringidas. Si todos los amortiguadores en el taller cuentan con los materiales correctos en todo momento y nunca tienen materiales que se supone no deberían de estar allí, el taller estará operando dentro del programa, cualquier desviación del programa hará que falten los materiales esperados del amortiguador. La administración que utiliza la Teoría de Restricciones es un tipo de administración por excepción, que reacciona cuando faltan materiales del amortiguador.

Suponga que se ha programado la restricción para producir las siguientes partes en la próxima semana, ver tabla 3.3.1a.

Parte	Tiempo	Unidades
A	7.5 horas	150
B	8.5 horas	200
C	7 horas	100
D	17 horas	300

Tabla 3.3.1a.

Suponga además, que el amortiguador de la restricción se ajusta a 16 horas; entonces, en este momento las 150 unidades de "A" y las 200 unidades de "B" deben estar en el amortiguador. Con fines de manejo del amortiguador, éste se ha dividido lógicamente en tercios. Hasta el momento, una tercera parte del amortiguador es de alrededor de 5 horas. Se debe elegir dar a la región "I" 5 horas, a la región "II" 6 horas y a la región "III" 5 horas. Se puede representar este amortiguador en forma visual de acuerdo con la tabla 3.3.1b.

Minutos	60	AAAAA	AABBBB	BBBBB
	45	AAAAA	AABBBB	BBBBB
	30	AAAAA	AAABBB	BBBBB
	15	AAAAA	AAABBB	BBBBB
Horas	12345	678901	23456	
región	I	II	III	

Tabla 3.3.1b Amortiguador hipotético de la restricción.

En esta el eje vertical muestra los minutos, cada letra representa una distancia vertical de 15 minutos, el eje horizontal corresponde a las horas, los números de la siguiente a la última fila representan horas futuras, de 1 a 16. Cabe señalar, que de la hora 10 a la 16 sólo se identifican por el último dígito. En esta misma figura se indica que para las siguientes 7.5 horas la restricción será el proceso "A" y para las 8.5 horas posteriores será el proceso "B", congruente con el programa antes presentado. Suponga que la letra "A" o "B" tiene color verde si el material

requerido está presente en el amortiguador, y rojo si todavía no se informa que el material está presente en el amortiguador.

Es conveniente observar que esta visión puede estar actualizada en todo momento con sólo tener una PC o una terminal en el área de la restricción, y al tener una bitácora de manejo de materiales que entran y salen al transportarse; entonces, cualquiera que camine por el área de la restricción y dé un vistazo a la figura puede determinar, solamente con verla, si la restricción está protegida apropiadamente. Por ello, con la computadora conectada a una red o con una PC o una computadora central, cualquiera en la planta que tenga acceso a una PC o a una terminal podría comprobar en cualquier momento el estado del amortiguador de la restricción.

Una letra roja representada en la región "I" del amortiguador podría levantar una bandera roja que indica que de inmediato se requiere una aceleración. Una letra roja que se presente en la región II señala que el traslado del material hacia la restricción se está tardando demasiado; por lo tanto, se requiere de una investigación y una acción correctiva aunque aún no se indique una aceleración. En la Teoría de Restricciones, siempre que falta algún material que debería estar en el amortiguador se presenta un agujero.

Tanto el amortiguador del embarque como el amortiguador de ensamble se pueden crear y manejar en forma análoga al amortiguador de la restricción, la magnitud del amortiguador es una función del grado de variabilidad que existe dentro del taller y del grado en el que están cargadas las no restricciones. Si el taller tiene algunas máquinas con tiempos de preparación largos, otras que se averían con frecuencia y máquinas sin restricciones muy cargadas; entonces, se requiere un amortiguador grande para proteger la restricción y permitir un tiempo amplio para trabajos que se muevan del embarque a la restricción. Siempre que se presenta algún agujero en la región "I" o en la región "II" del amortiguador, se investiga y registra la causa del agujero; aquellos problemas que se presentan con

más frecuencia en la lista de causas, tales como preparaciones prolongadas en la máquina "X" o largas descomposturas de la máquina "Y", son variables que presentan una alta prioridad para ser corregidas.

Al igual que JIT, TOC requiere un mejoramiento continuo, pero este último enfoca el esfuerzo de mejoramiento en aquellos factores que ocasionan los agujeros más frecuentes y más graves en el amortiguador. Una vez que se han eliminado tales problemas, de modo que, durante algún tiempo, ya no se presente un agujero en la región "I" de la restricción; entonces, se puede reducir el tamaño del amortiguador, es conveniente notar la secuencia de los eventos. Primero JIT elimina el inventario y después ataca los problemas que surgen; por su parte, TOC utiliza la administración del amortiguador para identificar los problemas más graves, corrige el problema y después reduce el inventario. Por consiguiente, parece lógico que alcance una mejor producción al corregir los problemas en una planta que trabaja con TOC que en una planta idéntica que trabaja con JIT. Una planta que funciona con JIT provoca interrupciones en el flujo, en su tarea de identificar los problemas; en cambio, una planta cuyo método es TOC identifica las interrupciones potenciales en el flujo e intenta corregirlas antes de que realmente se interrumpa el flujo. Por ello, debido sencillamente al flujo continuo, con los demás aspectos iguales para ambos métodos, la planta TOC debe lograr más producción.

También es importante hacer notar que el manejo del amortiguador es un sistema completo de control del taller, si las estaciones sin restricciones se evalúan por su capacidad para seguir transportando los materiales dentro de los amortiguadores de acuerdo al programa.

### 3.3.2 Ejemplo.

Considere el flujo de proceso de la figura 3.3.2a, en el cual los números indican la capacidad en unidades por semana. 1) ¿Cuál es el cuello de botella en este

proceso? 2) ¿Cuál es la tasa de producción total para el proceso? 3) ¿Dónde deben colocarse los amortiguadores de tiempo? ¿Dónde van las cuerdas? y ¿Cuáles son las tasas de producción en cada centro de trabajo?

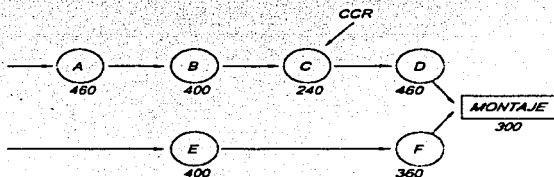


Figura 3.3.2a El flujo de producto con capacidades.

**Solución:** 1) La capacidad más baja está en el proceso "C", con una tasa de 240 unidades por semana. Este cuello de botella determinará la producción total de todo el proceso. Debe localizarse un amortiguador de tiempo antes de "C", con una cuerda que vaya de regreso hasta "A". 2) Los centros de trabajo "A" y "B" se programarán a una tasa de 240 unidades por semana y "A" será la operación inicial. 3) Debe haber suficiente inventario de amortiguador justo antes de "C", para asegurarse de que la variación que pueda haber en las operaciones "A" y "B" no entorpezca la máxima utilización del recurso "C". El recurso "D" también se programará a una tasa de 240 por semana. Como el recurso de cuello de botella alimenta al montaje final, debe haber un segundo amortiguador de tiempo en la línea inferior justo antes de la operación de montaje final, para asegurar que ésta no se interrumpa por las variaciones en los procesos "E" y "F". 4) Una cuerda irá de regreso al proceso "E" para asegurar que tanto "E" como "F" estén produciendo a una tasa de 240 unidades por semana. Ahora están balanceados todos los flujos, no las capacidades. Algunos de los centros de trabajo tendrán capacidad en exceso, pero ésta no debe utilizarse al máximo porque se puede incurrir en la

acumulación de inventarios. El enfoque Tambor-Amortiguador-Cuerda se ilustra en la siguiente figura 3.3.2b.

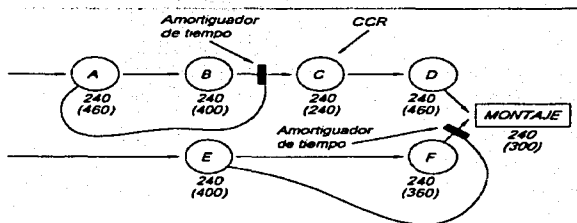


Figura 3.3.2b El flujo de producto en forma de Tambor-Amortiguador-Cuerda.

### 3.4 Opinión Personal del Contenido del Capítulo.

Básicamente los bloques de manufactura servirán para la simplificación de la administración de los recursos cuellos de botella y los recursos no cuellos de botella, ya que TOC sólo pretende hacer su programación basándose en éstos y no considera a todos los recursos de la planta.

Los ejemplos ilustrados en la primera parte de este capítulo (3.3.1) muestran de una manera sencilla como programar los recursos cuellos de botella y los no cuellos de botella, lo cual es muy sencillo siempre y cuando se conozcan aquellos recursos que realmente limitan la producción, y no solo ésta sino las ventas.

También como se ha mencionado, la forma que TOC programa el flujo de los materiales a través del sistema es muy sencillo, ya que sólo se programa al recurso más limitado, en comparación con otro tipo de programación es realmente más sencillo, porque solamente se programa efectivamente a un recurso y no a



todos los del sistema; además es importante que al realizar esta programación sea basándose en los 5 pasos de enfoque de TOC para que dé buenos resultados.

Considerar los conceptos de lote en proceso y de transferencia propuestos por la TOC, serviría de mucho para mejorar el flujo de materiales en las plantas industriales, además proporcionaría ventajas competitivas (mejoraría el tiempo de entrega de los productos), también reduciría la cantidad de productos en proceso.

Las mejoras citadas anteriormente no se han percibido en muchas empresas, por el hecho de estar inmersas en las acciones y conceptos tradicionales que en la actualidad siguen vigentes y que en su momento funcionaron, pero los cambios en el mundo exigen una mejora en los tiempos de entrega, menores costos de inventario de productos en proceso, entre otros aspectos y una manera de hacer realidad estas mejoras es adoptando los conceptos ofrecidos por la TOC.

Es muy importante tener presentes los conceptos de los tiempos empleados en los ciclos productivos, ya que muchas veces se ocupan para tomar decisiones con respecto a los tamaños de lote que se deben programar para los recursos de producción, en el caso de los recursos cuellos de botella muchas veces es mejor programar tamaños grandes de lotes de proceso, así este recurso trabajará más y sin interrupciones, además también se debe tomar en cuenta la variabilidad de los productos que necesiten ser procesados por este mismo recurso con el fin de evitar tiempos de cola largos.

Para los recursos que no son cuellos de botella es recomendable hacer un análisis del entorno de la planta para evitar inventarios innecesarios, lo ideal es programar tamaños de lote de proceso pequeños, tomando como base la capacidad del cuello de botella.

La Técnica Tambor-Amortiguador-Cuerda es una de las herramientas que ofrece la Teoría de Restricciones y además en ésta se resumen la mayoría de los

conceptos expuestos anteriormente. Además, se puede observar que es una herramienta totalmente distinta de las tradicionales y está basada en supuestos lógicos y de sentido común.

También es una gran aportación para las plantas industriales, ya que solamente el hecho de enfocarse únicamente en el recurso de cuello de botella, proporciona una mejor manera de administrar toda la planta, además permite una ventaja muy grande en comparación con otros sistemas para controlar la producción.

Asimismo, con esta técnica se evitan muchos problemas como: tiempos de cola demasiado grandes, inventario de productos en proceso excesivos, etc.

## CAPÍTULO 4. TOC ENFOCADO AL CONTROL DE LA PRODUCCIÓN Y A LA ADMINISTRACION DE PROYECTOS.

### 4.1 Como identificar un Cuello de Botella.

Para encontrar un cuello de botella en un sistema existen dos formas, uno es correr un perfil de recursos de capacidad, el otro es utilizar el conocimiento de la planta en estudio, observar el sistema en operación y conversar con los supervisores y trabajadores para obtener información acerca de los recursos en el área correspondiente.

Un perfil de recurso de capacidad se obtiene observando las cargas colocadas en cada recurso y los productos programados a través de las mismas, al correr un perfil de capacidad se supone que los datos son razonablemente exactos aunque no necesariamente perfectos.

A manera de ejemplo, se considera que los productos que se han dirigido a través de los recursos M1 a M5, suponga que el primer cálculo de las cargas de recurso causado por estos productos muestra lo siguiente:

- M1 130% de capacidad
- M2 120% de capacidad
- M3 105% de capacidad
- M4 90% de capacidad
- M5 85% de capacidad

Para este primer análisis se pueden ignorar los recursos que tengan menores porcentajes por cuanto se trata de no cuellos de botella y no deben constituir un problema, con esta lista es necesario visitar las instalaciones y verificar las cinco operaciones. Cabe señalar que M1, M2 y M3 están sobrecargadas, esto es, están programadas por encima de sus capacidades, podrían esperarse grandes

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

cantidades de inventario al frente de M1, si este no es el caso, debe haber errores en alguna parte (quizás en la cuenta de materiales o en las hojas de ruta).

Suponga que las observaciones y el análisis con el personal del taller mostraron que había errores en M1, M2, M3 y M4, por cual se vuelven a rastrear, se hacen las correcciones apropiadas y se corre nuevamente el perfil de capacidad obteniendo los siguientes resultados:

M2 115% de capacidad

M4 90% de capacidad

M1 110% de capacidad

M5 85% de capacidad

M3 105% de capacidad

M1, M2 y M3 siguen mostrando una falta de capacidad suficiente, pero M2 es la más seria, si ahora se tiene confianza en los números, se utiliza a M2 como el cuello de botella.

Si los datos contienen demasiados errores para realizar un análisis de datos confiable, no vale la pena gastar tiempo (podrían ser meses) haciendo todas las correcciones; en lugar de ello sería más rápido utilizar el conocimiento acerca del esquema de la clasificación VAT de las empresas para que oriente y ayude a encontrar el cuello de botella.

#### 4.1.1 Clasificación VAT de las empresas.

El hecho de definir la planta como "V", "A" o "T" ayuda a localizar el lugar en donde es más probable que estén los cuellos de botella, si es que existen en la empresa en análisis.

Para encontrar un cuello de botella, se utiliza el esquema VAT y luego se observa y se escucha, al hablar con los trabajadores y supervisores de la planta, es posible escuchar comentarios tales como "siempre estamos esperando a que lleguen las

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

partes de la máquina NC" o "me está llegando más trabajo del que puedo hacer y no logro mantener el ritmo", estos son los indicios que hay que seguir para encontrar el área o departamento en donde se encuentra el cuello de botella.

Una planta "A" se caracteriza porque de muchas materias primas, componentes y partes se convierten en unos pocos productos finales, en el sector aeroespacial, los ejemplos serían la fabricación de motores para jet, aviones y misiles. Las áreas gerenciales de preocupación son la baja utilización de los equipos, la gran cantidad de horas extras no planeadas, la escasez de partes y la falta de control sobre el proceso de producción. Cuando el flujo se controla correctamente, hay una mejor utilización de recursos, se reduce o se elimina el tiempo extra y se disminuyen mucho los niveles de inventario, a continuación se presentan las características de una planta tipo "A".

#### Características.

- La característica de ensamble dominante.
- Las máquinas tienden a ser propósitos generales en lugar de ser especializadas.
- El tiempo de ensamblaje tiende a ser largo.
- Los recursos comparten dentro y a través de las rutas.
- Las eficiencias en materia de recursos son de menos del 100%, pero sigue habiendo tiempo extra.
- Existe un gran inventario de partes terminadas pero hay gran escasez de otras partes.
- El tiempo de proceso es típicamente inferior al plazo de producción.
- Se presentan cuellos de botella erráticos.
- El departamento de fabricación se queja de que la demanda está cambiando, lo que lleva al caos en la planta y a un mal rendimiento de los vendedores.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

- Los gastos operativos (particularmente el tiempo extra no planeado) son un punto álgido.
- Lo más probable es que las partes problemáticas no sean comunes a muchos ensamblajes.
- Relativamente pocas partes cruzan el cuello de botella (restricción de la capacidad).
- La falta de control se considera el problema fundamental.
- El departamento de ensamblaje se queja de la escasez y de malos acoplamientos.
- La proporción se designa en los comienzos del proceso.
- Las personas perciben el problema como falta de partes.
- Los productos pueden variar mucho; una parte puede requerir cincuenta operaciones mientras que otra, para el mismo ensamblaje solamente unas pocas.
- La misma máquina puede usarse varias veces en la misma parte durante su ruta.
- Las partes son exclusivas para artículos finales específicos; las aspas de los motores a propulsión del chorro por ejemplo, son solamente para determinados motores.
- Hay poca posibilidad de una mala asignación de partes puesto que son peculiares de artículos finales.

#### **Táctica convencional para las medidas correctivas.**

Reducir el costo unitario mediante:

- Control estricto del tiempo extra (la gerencia percibe el abuso del tiempo extra, y la restricción del uso agrava el problema).
- Automatización de los procesos (esto empeora las cosas pues la flexibilidad se pierde con la automatización).

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

- Mejor planeación de las necesidades de mano de obra (la ilusión es que hay demasiados trabajadores).

Mejorar el control mediante:

- Sistema de producción integrada (el problema aquí estriba en que las diversas partes de la planta operan de manera diferente de modo que es improbable que un sólo sistema satisfaga todas las necesidades).

### Causas Reales.

Tamaños de lote demasiado grandes y liberación demasiado temprana del material lo que causa:

- Cuellos de botella móviles.
- Pocas utilizaciones.
- Uso frecuente de tiempo extra.
- Todas las partes que se necesitan para el ensamblaje y no están allí al mismo tiempo, las operaciones de ensamblaje constantemente se quedan cortas en las partes necesarias para ensamblar el producto.
- Apresuramientos frecuentes para acelerar las partes faltantes.

### Solución.

- Reducir el tamaño de lote.
- Utilizar la Técnica Tambor-Amortiguador-Cuerda para efectos de control.

En una **planta "V"** hay pocas materias primas, y éstas se transforman a través de un proceso relativamente uniforme en un número mucho mayor de productos finales, por ejemplo, una planta de acero: unas pocas materias primas se convierten en un gran número de productos como: láminas, placas, varillas,

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

cables, barras, etc. Los problemas que se presentan en estas plantas suelen ser por ejemplo: un pobre servicio al cliente, entregas tardías y altos inventarios de productos terminados; la razón básica de estos problemas es generalmente un esfuerzo enorme por lograr altos niveles de utilización, lo cual fomenta grandes tamaños de los lotes en proceso, a continuación se presentan las características de una planta tipo "V".

#### **Características.**

- Existe un gran número de artículos finales, comparado con el número de materias primas.
- Los productos utilizan esencialmente la misma secuencia y los mismos procesos.
- El equipo es generalmente de capital intensivo y especializado.
- Existe un número limitado de rutas.
- Por lo general, cada parte cruza un recurso sólo una vez.
- Tiende a producir un gran número de partes en muy poco tiempo.
- El tamaño total disponible del espacio en las instalaciones puede ser la única limitación para la acumulación de inventario.
- Los grandes cambios en los procesos requieren una gran inversión de recursos.

#### **Problemas percibidos.**

- Los inventarios de bienes terminados son demasiado grandes.
- La entrega-servicio a los clientes es pobre.
- Los gerentes de manufactura se quejan de que la demanda está cambiando constantemente.
- Los gerentes de marketing se quejan de que la fabricación es lenta para responder.
- Los conflictos interdepartamentales son comunes.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



- El plazo de producción se vuelve impredecible.

#### Niveles de servicio.

Si existe un cuello de botella:

- Gran inventario (usualmente de productos incorrectos) al frente del cuello de botella. El inventario es producido por la mala distribución y la sobreproducción antes del cuello de botella.
- Más allá del cuello de botella hay pequeñas filas debido a la capacidad excesiva.
- La gerencia tiende a culpar de este inventario incorrecto a la demanda cambiante.
- La empresa es incapaz de responder al mercado debido al gran inventario.
- Los inventarios de bienes terminados incorrectos se acumulan.

Si no existe cuello de botella:

- Hay grandes inventarios de bienes terminados incorrectos.

#### Causas.

- Los tamaños de los lotes son demasiado grandes porque la planta invierte mucho capital y los tiempos de preparación son largos.
- Por lograr altos niveles de utilización, el material se libera para la producción demasiado pronto.
- Los supervisores se miden por las utilidades de mano de obra y equipo.
- Las tareas se combinan para los lotes más grandes y las familias de productos se agrupan.
- Hay un apresuramiento considerable en el cuello de botella.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**Medidas correctas.**

- Reducir el tamaño de los lotes.
- Reducir los plazos de producción. Esto mejora la exactitud de las proyecciones y la capacidad de reacción ante los cambios en la demanda.
- Incrementar el servicio al cliente mediante: fechas prometidas confiables y plazos de producción reducidos.
- Reducir los costos de producción mediante: la venta de más productos, la reducción del inventario y el enfoque de una mejor calidad.

En una planta "T" el producto final se ensambla de muchas maneras con partes y componentes similares, existen en estas dos etapas en el proceso de producción: en la primera, las partes y los componentes básicos se fabrican de una manera relativamente directa (la porción inferior de la "T") y luego se almacenan. En la segunda, el ensamblaje se lleva a cabo combinando estas partes comunes de muchas maneras para crear el producto final, la característica principal es que las partes y los componentes son comunes para muchos artículos finales, el ensamble de éstos es un problema de combinación ya que: los clientes hacen pedidos de diferentes colores, tamaños o características; creando muchas posibilidades. El plazo en lo que tiene que ver con el cliente, es la altura del palo horizontal de la "T", esto significa que un pedido de un cliente se ensambla a partir de los componentes y las partes estándar que se encuentran almacenados.

En general, la gerencia considera de manera errónea que el problema es la necesidad de una mejor proyección, de mejor calidad de inventarios en las bodegas y de un menor costo unitario, controlando el tiempo extra y las preparaciones, e introduciendo la automatización y los diseños simplificados. El enfoque que utiliza la TOC es mejorar el comportamiento de la entrega en las fechas de vencimiento y reducir los gastos de operación de la siguiente manera:

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

- Controlando el flujo a través de la porción de fabricación del proceso.
- Reduciendo los tamaños de los lotes para eliminar el movimiento ondulatorio.
- Deteniendo el "robo" de partes y componentes en el ensamblaje.

La parte vertical de la "T" es el proceso de fabricación que debe ser controlado utilizando lotes más pequeños, el ensamble final se hace en el plano horizontal.

El robo de partes se debe a la presión ejercida por cada supervisor en el proceso de ensamble para obtener más altas utilizaciones, cuando los supervisores y trabajadores se ven alcanzados por los pedidos que están actualmente vencidos, o cuando no pueden ensamblar un producto porque faltan partes, se adelantan y ensamblan productos para pedidos futuros, el resultado de esto es que otros productos del área de ensamble se quedan cortos y por lo tanto se retrasan, a continuación se presentan las características de una planta tipo "T".

#### Características.

- Dos flujos y procesos distintos: fabricación y ensamble.
- El comportamiento de las fechas de vencimiento es muy pobre, hay una división entre muy temprano y muy tarde.
- El tiempo extra y el apresuramiento en la fabricación son aleatorios y frecuentes.
- Un altísimo grado de comunidad de partes es dominante.
- La asignación de partes (incluso subensambles) a los pedidos ocurre muy tarde en el proceso.
- La fabricación se hace en grandes lotes.
- Hay una gran cantidad de inventario a nivel de almacenamiento entre la fabricación y el ensamble.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### Causas de los problemas.

- Se intenta el mejoramiento del comportamiento de las fechas de vencimiento, confiando en el inventario de bienes tanto terminados como semiterminados, y en el volumen y la variedad.
- El esfuerzo por lograr eficiencia y dólares despachados: socava los objetivos de la actividad de ensamblaje de comportamiento de las fechas de vencimiento y de ensamblaje para pedidos, socava la actividad de fabricación de compra y de fabricar para proyectar y produce una mala distribución intencional de las partes y el desmantelamiento en las áreas de ensamble y subensamble.

### Problema fundamental.

- El comportamiento de las fechas de vencimiento es pobre y la gerencia parece no poder hacer nada al respecto.

### Solución.

- Reducir los tamaños de los lotes en la fabricación.
- Utilizar la Técnica Tambor-Amortiguador-Cuerda en la fabricación para controlar el flujo.
- Detener el "robo" de partes y componentes en el ensamble.

En resumen, la clasificación VAT puede llevar rápida y directamente a la fuente del problema, en una planta "V" se buscarían grandes inventarios, en una planta "A" se esperaría encontrar cuellos de botella móviles y en una planta "T" habría la sospecha de que se están robando partes para construir más adelante.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

#### 4.1.2 Relación Causa-Efecto.

La Teoría de Restricciones proporciona dos técnicas útiles para emplearlas en el desarrollo y la depuración de los planes de implementación, la primera es la Relación Causa-Efecto y la segunda es un Diagrama de Nube.

Con el fin de efectuar una buena implementación de un plan, es necesario identificar aquellos problemas que crean o contribuyen a las restricciones para así comprender sus causas fundamentales, por ejemplo, el mercado para un producto puede ser una restricción, cuando se analiza el desempeño en comparación con la competencia, se puede observar que, aunque son competitivos en cuanto al costo, se tiene una deficiente calidad y mayor tiempo de obtención que los competidores. Por lo tanto, se deben identificar las causas de la baja calidad y/o del largo tiempo de obtención; el tiempo de obtención largo puede ser ocasionado por la falta de algunos componentes en el ensamble, puede ser fácil comprobar que los trabajos de ensamble se suspenden con frecuencia debido a la falta del conjunto completo de componentes, existen muchas razones por las cuales faltan los componentes, una es que existe alguna restricción en el sistema, una segunda es que es posible que los trabajadores tomen componentes asignados a un ensamble a fin de completar otro ensamble.

Otra causa es que los registros de inventario son malos y que en primer lugar el componente nunca ha existido, a fin de encontrar la solución, es necesario comprender por qué están faltando las partes. Si los registros de inventario son el problema, es necesario hacer una diferente implementación del plan, lo que no sucede en caso de que el problema sea una restricción.

Hasta ahora, existen tres causas hipotéticas del problema, cuya detección podría causar algo de tiempo, ¿alguna de éstas causas hipotéticas merece ser detectada?; aquí es donde interviene la Relación Causa-Efecto, si alguna de las tres causas hipotéticas del problema es en realidad la causa, debe haber algún

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

efecto subsidiario que se pueda comprobar por ejemplo: si los registros de inventario son el problema, es posible encontrar que no están correctamente registradas las cantidades disponibles de muchos de los componentes. Se puede comprobar este efecto subsidiario al identificar varios de los componentes, contar su cantidad disponible y determinar si la cantidad en los registros es la correcta, si todas las partes analizadas tienen cuentas exactas, no hay posibilidad de que los malos registros del inventario estén causando un problema persistente por las partes faltantes.

Si hay alguna restricción en el sistema, es posible que un efecto subsidiario esté en varias partes que se supone deben estar en el área del ensamble y que están esperando su procesamiento en la restricción, esto se puede comprobar si se examinan las rutas de las partes faltantes en estaciones comunes y si se revisan las estaciones que aparecen en todas o en la mayoría de las rutas para ver si alguna de ellas tiene alguna cantidad de partes faltantes, si no hay concentración de las partes en ninguna de las estaciones, no será lo más conveniente seguir con la idea de que existe alguna restricción y que algunas de las estaciones tiene todas las partes.

La característica clave de la Relación Causa-Efecto es que antes de gastar tiempo en rastrear la causa y el efecto, se encuentra una forma para comprobar si alguna de las causas hipotéticas es o no factible. Si no se puede encontrar ningún efecto subsidiario, es posible que se esté desperdiciando tiempo al tratar de detectar esa causa hipotética, quizá la búsqueda sea más efectiva si se persiguen todas las posibles causas y se encuentra que una de ellas tiene los efectos subsidiarios que pueden verificarse.

Utilizar una hipótesis que se pueda comprobar es una técnica del método científico que, a su vez, forma parte del pensamiento científico, pero que, por alguna razón, no es parte estándar del equipo de instrumentos de los administradores, debido a que para un administrador es importante hacer uso efectivo del tiempo que dedica

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

a resolver el problema, se recomienda el uso de la Relación Causa-Efecto, para evitar el desperdicio de tiempo y no entrar en callejones sin salida.

#### 4.1.3 Diagramas de Nube.

Una vez que se ha comprendido la causa de un problema, es posible que su solución no sea obvia, el Diagrama de Nube es una técnica útil para identificar la solución a un problema insoluble, por ejemplo: el tema más común de los artículos que explican la administración de inventario es el tema del tamaño de los lotes, en la figura 4.1.3a, se presenta un Diagrama de Nube para la decisión sobre el tamaño de lote, la primera actividad consiste en identificar el objetivo de la decisión que se debe tomar; en este caso, se desea encontrar una manera de minimizar los costos de inventario. Como los costos del inventario están compuestos por los costos relacionados con el mantenimiento del inventario y los costos asociados con el procesamiento de los pedidos en proceso, dos requerimientos para minimizar los costos del inventario son minimizar los costos de mantenimiento y minimizar los costos de los pedidos en proceso.

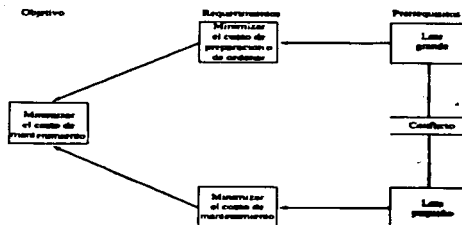


Figura 4.1.3a Diagrama de Nube.

Para completar el Diagrama de Nube es necesario identificar el (los) prerrequisito (s) de cada uno de los requerimientos, ahora bien, para minimizar los costos de mantenimiento, un prerrequisito es que se hagan los pedidos en los lotes pequeños y para minimizar los costos de pedidos de procesamiento, un prerrequisito es que se ordene en lotes grandes, en este punto, existe un conflicto porque no se pueden hacer ambas cosas: ordenar en lotes grandes y ordenar en lotes pequeños.

"La utilidad del Diagrama de Nube como técnica para resolver el problema es que obliga a comprender la naturaleza del problema. Comprender que no se puede ordenar al mismo tiempo tanto en pequeños como en grandes lotes, es tener una mejor comprensión del problema que si tan sólo se, entiende que se deben minimizar los costos del inventario, pero es preciso tener un inventario".<sup>22</sup>

Una vez que se ha aclarado la naturaleza del problema, se puede comprobar que las hipótesis o supuestos usados en la definición del problema son los apropiados. Determinar los supuestos fundamentales es lo más difícil, y la parte más compleja del proceso es que implica hacer un Diagrama de Nube.

Es fácil identificar un supuesto trivial que sólo repite un requerimiento, por ejemplo: se puede decir que es necesario minimizar los costos de mantenimiento de inventario porque cuesta dinero, esta no es una hipótesis fundamental, sólo repite un requerimiento. Si no se puede obtener un supuesto fundamental, la técnica no será útil para encontrar un supuesto fundamental, se puede preguntar ¿por qué este requerimiento es un requerimiento?, ¿por qué tiene necesariamente que ser?, en este caso, una buena definición del supuesto relativo a los costos de mantenimiento y los costos de inventario es que se supone que hay que pagar al proveedor por el material recibido antes de que el cliente pague. Hay que notar que esta manera de definir la suposición no sólo repite un requerimiento, sino que, en verdad, explica el requerimiento. Si se puede encontrar alguna forma de que el

---

<sup>22</sup> Ibid dem p. 769

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



cliente pague las materias primas, no debe preocupar el hecho de cuánto inventario se conserva. (Como lo demuestra ampliamente la cantidad de inventario que mantienen los contratistas que defienden este punto, pues se les paga por adelantado).

En la figura 4.1.3b, se proporciona un Diagrama de Nube con un supuesto fundamental para cada uno de los cinco arcos, debe existir al menos un supuesto por arco. Si se puede demostrar que es inválido alguno de los supuestos desaparece el conflicto, y el problema queda resuelto. Como se mencionó en el párrafo anterior, si un contratista puede lograr que el cliente esté de acuerdo en pagar al proveedor, el contratista puede estar satisfecho de trabajar con grandes lotes.

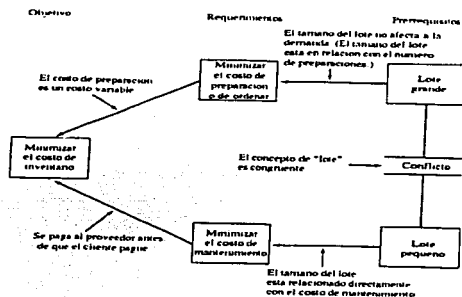


Figura 4.1.3b Evaporación de la Nube.

Ahora, se explican brevemente las otras consideraciones presentes en el modelo usual para fijar el tamaño de los lotes, el requerimiento para minimizar los costos de preparación o de ordenar considera que los costos de preparación son

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

NO SE PUEDE VENDER SIN LA BIBLIOTECA

variables; es decir, los costos varían directamente con el número de preparaciones o de pedidos, para una parte fabricada este supuesto puede o no ser válido, siempre existe un costo real de preparación en la restricción, aunque con frecuencia, no hay un costo de preparación en la restricción, si bien muchas veces hay un costo de aceleración si una preparación ocasiona un profundo agujero en el amortiguador de la restricción. Los costos por pedido también no pueden ser un costo variable, generalmente se incluye en el costo de ordenar el costo de llenar el papeleo para el pedido y el costo de descarga del camión y el almacenamiento de los artículos como una función del volumen anual o como una función del tamaño de los embarques, se puede argumentar que el costo es una función del volumen anual y es independiente del tamaño de un embarque individual. El proceso de llenar el papeleo se calcula, en gran parte, en la computadora y posiblemente se trata de un costo fijo, además muchas empresas negocian con ordenes de compra abiertas una vez al año, para una empresa que tiene costos de preparación o de ordenar que virtualmente son costos fijos queda claro el uso de lotes pequeños de acuerdo con el JIT.

El concepto de que un lote grande es un prerrequisito para un costo de preparación pequeño (aceptando el supuesto de que los costos de preparación son variables) supone que hay una relación inversa entre el tamaño del lote y el número de preparaciones, este supuesto se expresa explícitamente en la ecuación de costo total usada para derivar la cantidad de orden económico, esta ecuación tiene un término que establece que el costo total de preparación es igual al costo de preparación multiplicado por la demanda anual y dividido entre el tamaño de lote. Se puede argumentar que el tamaño del lote determina el tiempo de obtención; esto es, mientras más largo sea el tiempo de obtención menor será la demanda y, por consiguiente, se deberá escoger el tamaño del lote con base en consideraciones de volumen anual y no en cuanto a los costos de preparación. Prácticamente los japoneses han utilizado esta línea de pensamiento para llegar a la practica del JIT, pero han llevado su razonamiento un paso más adelante.

La idea de que un lote pequeño es un prerrequisito para minimizar el costo de mantenimiento comprende un proceso de pensamiento similar, que es el tamaño del lote que está relacionado directamente con el costo de mantenimiento. De nuevo, la fórmula de cantidad de orden económico hace explícita la consideración siguiente: los costos de mantenimiento son iguales a la mitad del tamaño del lote multiplicada por el porcentaje del costo de mantenimiento, en este caso, el supuesto parece imposible de alcanzar, por ello, un cambio en el volumen no afecta la cantidad promedio disponible en la producción a largo plazo. Si el tamaño del pedido es "Q", el número promedio disponible es "Q/2", independientemente del nivel de ventas.

El quinto arco, indica el conflicto entre el lote pequeño y el lote grande, comprende el supuesto de que el concepto de lote es el mismo en ambos prerrequisitos, el del lote grande y el pequeño. Este supuesto se puede invalidar debido a que el prerrequisito de lote grande se refiere al tamaño del lote en proceso, y el prerrequisito del lote pequeño se refiere al tamaño del lote de transferencia. Aunque tradicionalmente los ambientes de producción en lotes han tratado a ambos lotes como si fueran iguales, no existe alguna razón inherente para que no se prefiera utilizar un lote grande en proceso para minimizar los costos de preparación y un lote de transferencia pequeño para minimizar el costo de mantenimiento. Como se dijo anteriormente, la diferencia entre el concepto de lote en proceso y el concepto de lote de transferencia es una de las características que distingue a la Teoría de Restricciones del método tradicional de planeación de la producción.

Por otra parte, el acto de plasmar un problema en un Diagrama de Nube no es garantía de que se pueda romper el supuesto fundamental, en algunas ocasiones, lo mejor que se puede lograr es reconocer que existen algunos prerrequisitos en conflicto y aceptar el mejor acuerdo a nuestro alcance. (Acuerdo es el enfoque que fundamenta la formulación de la cantidad de orden económico, aceptando una negociación entre costo de mantenimiento y costo de preparación). Si un acuerdo

es la única solución, que así sea, no obstante, con frecuencia la técnica de Diagrama de Nube puede exponer un supuesto no establecido, basándose en que es erróneo. El proceso de exposición de los supuestos erróneos elimina el problema; por lo que se evapora la nube. Como la exposición de un supuesto erróneo oculto lleva, generalmente, un marcado incremento en el desempeño, el tiempo empleado en la formulación de un problema como un Diagrama de Nube antes de aceptar un acuerdo es un tiempo bien empleado.

Resumiendo brevemente esta sección, el proceso de implantación de la Teoría de Restricciones reside en que los administradores de cada nivel deben integrar un plan de implantación. Se utiliza este método porque se cree que la sensación de ser propietario del plan es más importante que las proyecciones cortas específicas del plan, a fin de implantarlo, un administrador necesita comprender las cinco etapas y captar dónde están las restricciones de la empresa y dónde pueden estar en un futuro predecible. Para que los administradores preparen un plan de implementación resultan útiles dos técnicas para resolver los problemas, conocidas como Relación Causa-Efecto y Diagrama de Nube.

#### **4.2 La TOC aplicada al Control de la Producción.**

La analogía que se presentó en el Capítulo 3 para describir y explicar la Técnica del Tambor—Amortiguador—Cuerda, parece extraña pero es notablemente similar a una planta manufacturera, ya que la primera fila de soldados que marchan sobre el camino son la recepción de la materia prima (el camino virgen) en la planta, este material es procesado en secuencia (es decir pisado) por las filas siguientes de soldados (recursos de producción), la última fila libera (embarca) el producto terminado; es decir, el camino por el cual toda la tropa ha pisado, por lo tanto es factible decir que ésta utiliza los recursos de producción para recibir la materia prima, procesarla y producir un producto terminado (al igual que en una planta de verdad).

En esta analogía el inventario de trabajo en proceso es simplemente la distancia entre la primera fila de soldados (aquellos que convierten la materia prima en inventario de productos en proceso) y la última fila es la que transforma los productos en proceso en terminados.

Cuando la tropa inicia su marcha forzada, los soldados están muy juntos, después de unos cuantos kilómetros empieza hacerse evidente la dispersión y esta continua creciendo conforme sigue la marcha forzada, esta dispersión es un fenómeno natural, que no solamente se encuentra en la analogía de la tropa, sino también en actividades tan diversas como en la procesión de un funeral o como en una planta manufacturera, y esta es causada por la combinación de eventos dependientes (actividades que se tienen que realizar en secuencia) y las (fluctuaciones estadísticas).

El problema de reducir el inventario de productos en proceso sin menoscabar el Throughput puede establecerse en esta analogía como la reducción de la dispersión de la planta sin reducir su velocidad global.

Usar un tambor y un amortiguador en la planta puede parecer extraño al principio, pero, ¿no es ésto en realidad una practica común?, el tambor es el gerente de control de materiales o de producción auxiliado por un sistema computarizado y los sargentos son los expeditadores. El tambor desarrolla planes y programas de cuándo debe abastecerse el material y procesarse por los diversos recursos de producción para poder cumplir los requerimientos del cliente, el ritmo del tambor es el programa de producción que dicta cuándo y qué material debe ser procesado por cada recurso de producción.

Los expeditadores son necesarios porque los pedidos continuamente se demoran (inventario de productos en proceso de fabricación no planeado, dispersión) y ellos empujan ese material para que se cumplan las fechas de entrega, los

expeditadores no son sólo las personas que tienen esta tarea, sino con frecuencia, toda la gerencia.

Es muy cierto que en las plantas industriales el uso de los indicadores de eficiencia, los incentivos por pieza trabajada y los indicadores de varianza son muy comunes. "Si un trabajador no tiene nada que hacer, se le encuentra algo que hacer"; parece que la totalidad de la ética laboral se basa en la anterior premisa, en las plantas este lema normalmente se traduce a darle al obrero más materiales que trabajar, para que pueda producir más productos.

En su planta, ¿bate el tambor de acuerdo con las restricciones de la planta o más bien toca en base a algunos supuestos no realistas?, por ejemplo, utiliza un procedimiento de logística que supone que cada recurso tiene capacidad infinita (es decir, que cada soldado puede marchar tan rápido como uno quiera), y ni siquiera existe un sólo soldado que sea más lento, si es así, aunque los soldados lo intenten con todas las ganas no siempre podrán seguir el ritmo del tambor.

¿Asume el ritmo de su tambor que existen tiempos de producción predeterminados para la fabricación de los productos?, aún cuando el tiempo de producción sea de tres meses; cuando es necesario, se sabe que se puede expeditar la terminación de cualquier pedido en sólo unos cuantos días asignándole una alta prioridad en cada operación, entonces ¿cuál es el tiempo de producción correcto que se debe utilizar al batir el tambor tres meses o tres días?, quizás el tiempo que tarda en pasar el producto por la planta depende de cómo se decida programar la planta.

"Si un pedido sigue su curso normal se tarda tres meses. Si se le dá una alta prioridad en todas partes, entonces podrá completarse en una fracción de ese tiempo. Tal parece que se está obligado a concluir que los tiempos de fabricación

no pueden predeterminarse con precisión, sino que están en función de cómo se decida programar la planta."<sup>23</sup>

Es importante analizar de qué manera se está actuando en las plantas industriales para programar la producción y si se encuentra que se está actuando en base a suposiciones irreales como: capacidad infinita, tiempos de entrega preestablecidos y lotes constantes de tamaño fijo; es tiempo de cambiar esas acciones que dañan mucho a la empresa.

En todas las plantas hay solamente unos cuantos recursos con restricción de capacidad (CCR), también llamados soldados débiles, la técnica DBR reconoce que dicha restricción dictara la velocidad de producción de toda la planta, entonces el principal recurso con restricción de capacidad será tratado como el tambor.

El propósito de un amortiguador de tiempo es proteger el programa de ensamble contra las perturbaciones que puedan ocurrir en abastecimientos, manufactura y las partes que no pasan a través de un CCR.

### **Amortiguadores de Tiempo.**

Los amortiguadores de tiempo, no se requieren antes de cada operación de ensamble, se requieren únicamente antes de las operaciones de ensamble que sean alimentadas tanto por partes que provengan de CCR's, como partes que provengan de recursos que no tengan capacidad limitada y también precisamente enfrente del CCR mismo, de esta manera, cada parte en su viaje desde la materia prima hasta el producto terminado no cruzará más que un sólo amortiguador.

En cualquier planta, sin importar que tan grande o compleja sea, solamente existe un número limitado de CCR's, los cuales serán protegidos por un amortiguador de

---

<sup>23</sup> GOLDRATT, Eliyahu M y FOX, Robert E. La Carrera. Editorial Castillo. México 1999 p 90

tiempo así como también lo estarán los ensambles alimentados por los CCR's como lo señala la técnica DBR, esto se puede lograr mediante cuerdas partiendo de cada amortiguador a las operaciones de entrada y a los puntos de divergencia.

Una restricción de capacidad se manifiesta en todos los aspectos importantes de la empresa, por lo tanto se puede utilizar un análisis de los aspectos importantes de la misma para identificar los recursos con restricción de capacidad (CCR's).

Se debe asegurar el Throughput máximo mediante una programación adelantada de los CCR's; las fechas de entrega dan en forma burda la primera secuencia, pero esta debe modificarse ante cualquiera de las siguientes condiciones:

1. Incongruencia entre tiempos de entrega de los recursos con restricción de capacidad y las fechas de promesa de entrega.
2. Cuando un recurso con restricción de capacidad alimenta a otra.
3. La preparación de los recursos con restricción de capacidad.
4. Cuando un recurso con restricción de capacidad aporta más de una parte al mismo producto.

El primer caso se presenta cuando el tiempo de procesado de la operación del CCR hasta la terminación del producto es muy diferente para los diferentes productos, por ejemplo, se podría tener un producto "A", que después de haber sido trabajado por el CCR, requiera sólo un día adicional de trabajo antes de poder ser embarcado. El producto "B" puede necesitar una semana entera en las operaciones que siguen al CCR antes de poder embarcarse. Cuando existen estas circunstancias tiene sentido modificar la secuencia de las fechas de entrega al cliente del CCR, en el mismo para poder trabajar el producto "B" cuyo embarque vence la semana que entra, antes de trabajar el producto "A" aunque éste tenga una fecha de embarque para esta semana.



En el segundo caso, si se obedece la secuencia de fechas de entrega al mercado en el primer CCR, el segundo CCR se podría quedar sin material para trabajar. No se tiene que perder tiempo en ningún CCR, ya que el tiempo de éstos es muy valioso.

El tercer caso, es una situación muy común que se presenta cuando los procesos de un CCR incluyen tiempos de preparación, es decir tiempo y esfuerzo requerido para que el recurso cambie de la producción de un producto a otro. En tales casos, algunas veces se prefiere hacer una sola corrida de producción que satisfaga la demanda del mercado de un producto en particular durante varios días, ahorrando así varias operaciones de preparación, en lugar de seguir la secuencia exacta de fechas de entrega al cliente. De esta forma se puede utilizar más de la limitada capacidad del CCR para producción, y menos de esta capacidad escasa para preparaciones.

El último caso, es una situación común menos reconocida pero no por ello menos importante, sucede siempre que un CCR produce más de una parte para el mismo producto, entonces la fecha de entrega al cliente no servirá en lo absoluto para elegir la secuencia, puesto que todas las partes tienen la misma fecha de entrega. Sin embargo, el desempeño resultante de la planta puede verse influenciado grandemente por la secuencia que se elija.

#### **Ubicación de los Amortiguadores de Tiempo.**

- Concentrar la protección no en el origen de un trastorno sino antes de las operaciones críticas.
- Un inventario de las partes adecuadas, en las cantidades adecuadas, en los momentos adecuados y frente a las operaciones correctas, brinda una gran protección.

- Los inventarios en cualquier otro sitio resultan destructivos.

Los amortiguadores se pueden utilizar como una especie de bola de cristal para localizar y cuantificar la importancia de las perturbaciones de una planta, la corrección de dichas perturbaciones que hayan sido puestas de relieve, el uso continuo del método DBR para sincronizar el flujo y la administración de los amortiguadores permitirán establecer un proceso de mejoramiento continuo y focalizado (un volante de productividad). Es importante saber que el contenido del amortiguador cambia día a día de acuerdo al programa del CCR.

"En el amortiguador de tiempo se encuentran contenidos la mayor parte de los inventarios los cuales deben proteger a la planta contra las perturbaciones. El amortiguador real deberá ser más pequeño que lo planeado si existen perturbaciones, de lo contrario no hay necesidad alguna de tener el amortiguador."<sup>24</sup>

Una comparación entre los amortiguadores planeados y reales, revelará que partes faltan que deberían estar en el amortiguador, estas partes faltantes o huecos del amortiguador son resultado de las perturbaciones en el flujo de materiales por las operaciones precedentes o la de nuestros proveedores. Estos factores de perturbación de los centros de trabajo o proveedores se convierten en nuestra lista de prioridades para detectar donde se deben concentrar los esfuerzos para mejorar la productividad.

En el centro de trabajo al que corresponde el más alto factor de perturbación debe ser analizado para determinar las causas: mantenimiento, calidad, preparaciones largas y no confiables, entre otras. Una vez que tenga lugar el mejoramiento, los principales huecos desaparecerán y podrán reducirse los amortiguadores de tiempo.

---

<sup>24</sup> Ibid dem p 127

La eliminación de las fuentes más importantes de perturbaciones y el incremento en volumen cambiará a la planta, cambiará los sitios hacia donde se deben enfocar los esfuerzos y cambiará la forma en que se debe hacer.

La idea principal es que se reduzca el amortiguador, se reduzca el inventario de trabajo en proceso, aumente la ventaja competitiva y por lo tanto aumente el Throughput. lo anterior se puede lograr aplicando las siguientes acciones:

- Suministrar material y procesarlo de acuerdo al programa que las restricciones de la planta determinen.
- No suministrar material con el fin de darles que hacer a los trabajadores.
- No se debe buscar sólo una mejora en el desempeño de una empresa, independientemente de que tan significativa sea, se debe encontrar alguna manera de establecer un proceso continuo e interminable de mejoramiento.
- Una cuidadosa observación en los amortiguadores puede revelar muchísimo con respecto a las inevitables fluctuaciones de las plantas y sus mercados.
- Comprender como administrar correctamente los amortiguadores de inventario, servirá para mejorar la postura competitiva inmediata (puesto que la mayoría del inventario se encuentra ahora en los amortiguadores) y además para localizar con toda precisión las mejoras más necesarias y aumentar la competitividad aún más.

#### **Volante de productividad.**

El primer paso para establecer un volante de productividad , es implementando la Teoría de Restricciones, utilizando la Técnica Tambor-Amortiguador-Cuerda o DBR, luego se tienen que administrar correctamente los amortiguadores de inventario y focalizar los esfuerzos de mejoramiento de los procesos. Finalmente se deberán utilizar las técnicas y tecnologías necesarias, así como una buena práctica gerencial.

La carrera por la ventaja competitiva es pariente del progreso del hombre: debe ser continua e interminable.

#### **4.3 La TOC aplicada a la Administración de Proyectos.**

Para la Teoría de Restricciones existe un nuevo modo de administrar los proyectos, el cual se verá a continuación, pero antes que nada se dará una definición de lo que es un proyecto.

**Proyecto:** es una serie de pasos que deben realizarse en forma consecutiva o en paralelo.

En los proyectos suceden a menudo muchos problemas, como los siguientes:

- La alta probabilidad de rebasar el presupuesto.
- La alta probabilidad de modificar el diseño original de un producto.
- La alta probabilidad de exceder el tiempo.

Es decir, la mayoría de los proyectos no terminan dentro de tiempo ni de presupuesto, por ejemplo: en ingeniería la mayoría de los proyectos se terminan tarde y fuera de presupuesto y al final de cuentas, se reducen las especificaciones originales del proyecto, cuando llega a suceder lo contrario es porque se comprometió el contenido original y por supuesto siempre existen excepciones donde todo salió bien y a tiempo.

Los problemas anteriormente descritos se deben a:

- Calendarios no realistas.
- Proveedores más baratos, aunque se sabe que son menos confiables.
- Apoyo en reportes de avance de los proveedores, que al efectuar visitas subsiguientes, resultaron no ser tan precisos, o bien en un caso extremo,

un proveedor recibió un pedido voluminoso y muy redituable de otra compañía y prácticamente hizo a un lado la orden durante casi tres meses.

- Una supervisión demasiada holgada a los contratistas.
- Personal del proyecto sobrecargado de trabajo que fue transferido con demasiada frecuencia de una urgencia a otra.
- Demasiadas juntas inútiles de sincronización y que interrumpen al trabajo.
- Ignorar las explicaciones de los mandos inferiores.
- Factor de protección muy grande.
- Y por último, las incertidumbres incrustadas en todos los proyectos que son las principales causas de lo que se llama "mala administración".

Por lo tanto, es acertado decir que la incertidumbre existente en todo proyecto es la principal causa subyacente de la mayoría de los problemas y por supuesto la gente no lo ignora y agrega mucha protección a sus planes y da estimaciones realistas de acuerdo a su peor experiencia pasada; entonces, se puede apreciar que las compañías están muy sumergidas en la mentalidad de ahorrar dinero y se les olvida que el propósito del proyecto no era ahorrar dinero, sino ganar dinero.

Ahora se definirá lo que es la ruta crítica en los proyectos, es importante aclarar que existen muchas definiciones de este término, pero se tratará de ser lo más específico posible.

**Ruta Crítica:** Es la cadena más larga de pasos dependientes, en la cual cualquier demora también demorará la terminación del proyecto, es por eso que todo gerente de proyecto debe enfocarse bien en ella.

No se definirán los conceptos de lo que es un diagrama PERT y uno GANT, ya que esto es muy común en todos los proyectos, sólo es importante comentar que las gráficas GANT a diferencia de las PERT implican decisiones que se tienen que tomar.

Existen muchos artículos que hablan de las ventajas y desventajas de iniciar temprano una actividad o iniciarla tarde, bueno si se comienza una actividad en su inicio más temprano el líder del proyecto tendrá demasiadas cosas en las manos, por experiencia se dice que si se comienzan demasiadas cosas por fuerza se pierde el enfoque y es algo que un líder de proyecto no puede darse el lujo de hacer y entonces si pierde el enfoque, el proyecto por fuerza tendrá que salir tarde, la pena económica por esta acción es que se demora el ingreso proveniente del proyecto terminado y esto casi siempre hace que todo lo demás se vea pequeñito. Además muchas veces se recompensa iniciar una actividad lo más temprano posible, dicha acción no es buena ya que se alienta al líder del proyecto para comenzar desenfocado.

Cuando se comienza una actividad en su inicio posterior; entonces, ésta no tiene holgura de tiempo, lo que significa que cualquier demora en esa actividad causará la demora del proyecto, así que si se comienza todo en su inicio posterior, todo se vuelve importante y entonces se tendrá que concentrar en todo y de esta manera tampoco hay enfoque y de lo que se trata en los proyectos es que el líder del proyecto se mantenga enfocado y de esta manera tener todos los problemas controlados, de lo contrario se dejan de esperar los beneficios y la gente se pone a rezar para que las pérdidas no sean demasiado grandes.

Para la Teoría de Restricciones enfocarse es muy importante, ya que durante el proyecto MURPHY va a atacar y más de una vez.

### **Mecanismo de Control.**

Se le llama mecanismo de control a lo que mide el avance del proyecto y frecuentemente cuando éste indica que algo anda mal, ya es demasiado tarde. "Un reporte de avance dice que se ha terminado el noventa por ciento del proyecto en un año y luego el otro diez por ciento se tarda otro año."<sup>25</sup>

---

<sup>25</sup> GOLDRATT, Eliyahu M., Cadena Crítica, Editorial Castillo, México 2000, p. 76.

El avance tradicional se mide de acuerdo con la cantidad de trabajo o de inversión que ya se hizo con relación a la cantidad que queda por hacer, en los casos que se usan etapas y pago por avance, este indicador de medición no diferencia entre el trabajo realizado sobre la ruta crítica y el trabajo efectuado en otras rutas.

De acuerdo a la medición el avance en una ruta compensa la demora en otra, así que se fomenta que se avance a prisa en una ruta aunque se retrase en otra y que al final todas se unen, o sea que todo lo que se haya ganado de avance en las rutas abiertas no sirve, porque se tendrá que esperar a la ruta demorada, asimismo, se habrá hecho la inversión de las rutas abiertas demasiado pronto y lo peor de todo es que se habrá permitido concentrarse en lo que no se debía, en lugar de la ruta demorada la cual necesitaba mucha atención.

Por lo regular, un gerente común hace caso omiso de las rutas que están rezagándose por problemas, en tanto que la medición seguirá indicando que el proyecto está avanzando, con esto el gerente o líder del proyecto se verá bien por un tiempo, pero al terminarse el trabajo en todas las rutas abiertas, cuando sólo quede la ruta problemática; entonces, empezará a revelarse la falacia.

Por lo tanto se puede deducir que los proyectos tardan mucho tiempo en terminar su último diez por ciento, debido a que al medir el avance se ha pasado por alto la importancia de la ruta crítica.

Para TOC, las mediciones deben inducir a todos los involucrados en el proyecto a hacer lo que sea bueno para el sistema entero, así como dirigirlos hacia los puntos que necesiten su atención y para lograrlo necesitan construir procedimientos lógicos, hacer análisis basados en relaciones causa-efecto, etc. El modo tradicional de medir los proyectos hace lo contrario. Una manera de medir mejor el avance, es midiendo únicamente el avance contra la ruta crítica.

## Protección en los proyectos.

Otro problema frecuente es que nadie admite haber incluido protección en sus estimaciones de tiempo. Se dice que también a mayor incertidumbre, mayor la protección resultante.

Los supervisores afirman que sí todo está listo, y eso es un gran "sí condicional", entonces no tendrán mayores dificultades para terminar a tiempo, no hablan en términos de probabilidades, pero se refieren a más del noventa por ciento, además hay varios niveles gerenciales involucrados y cada uno agrega un nivel de seguridad. Asimismo, la Dirección con frecuencia no está satisfecha con el estimado final de cuando se espera quede terminado el proyecto, la Dirección desea los resultados lo más pronto posible, así que en la mitad de los casos, cuando ya se han hecho todas las estimaciones, exigen que el tiempo se reduzca, por decir un 20%. Este recorte global generalmente se traduce en que cada área involucrada en el proyecto, tenga que reducir sus tiempos un 20%. Pero, todo mundo está acostumbrado a eso, así que inflan la estimación final un 20% para comenzar.

Hay tres diferentes mecanismos que se usan para insertar protección en las estimaciones de tiempo de casi todos los pasos de un proyecto:

1. Basar las estimaciones de tiempo en una experiencia pesimista.
2. Cada nivel va agregando su propio factor de protección.
3. Quienes hacen las estimaciones también tratan de protegerse de los recortes globales.

A todo esto la pregunta obligada es ¿entonces a qué se debe, que muchos proyectos no se terminen a tiempo?, es muy probable que no se reporten las terminaciones anticipadas, y aún en el caso de que si fueran reportadas, con frecuencia el tiempo ganado no es aprovechado por el siguiente paso, sólo se



desperdicia, pero las demoras si se reportan y también se acumulan, esto puede explicar cómo desaparece tanta protección. La mayoría de las protecciones que se incluyen en los proyectos no sirve de nada.

Lo único que cuenta es el cumplimiento del proyecto entero, al final de cuentas, no importa cuantos pasos no se hayan terminado a tiempo, siempre y cuando el proyecto haya sido entregado según lo prometido, lo que se hace comúnmente es proteger el cumplimiento de cada paso (esta protección se desperdicia), así aunque se haya incluido mucha protección el proyecto entero corre riesgo.

"Tratamos de proteger el funcionamiento de cada paso. Eso me suena a la mentalidad del mundo de los costos. Lo único que cuenta es el cumplimiento del proyecto entero. Eso me suena mucho más a la mentalidad del mundo del Throughput."<sup>26</sup>

#### **El Síndrome del Estudiante.**

En los proyectos, primero se lucha por tiempo de protección y cuando se consigue, se tiene todo el tiempo suficiente para hacer la tarea, pero ¿para qué tanta prisa?, ¿cuándo se comienza?, la respuesta es frecuente, en el último minuto, a última hora, bueno así es nuestra naturaleza. Por lo anterior, no se puede saber si hay o no hay problema en las tareas, hasta el momento en que se inicia la tarea, y si hubo dificultades se trabaja frenéticamente, pero para ese momento la protección ya no existe, se ha desperdiciado totalmente, por lo cual se termina tarde la tarea y por consiguiente el proyecto.

Por lo tanto, así como existen mecanismos para incluir protección en los proyectos también hay acciones para desperdiciarla:

<sup>26</sup> Ibid dem p 127.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

1. El síndrome del estudiante.
2. Las tareas múltiples en una misma área o persona.
3. La dependencia entre los pasos o tareas, estas dependencias causan que las demoras se acumulen y los adelantos se desperdicien.

Para evitar el punto número uno, se deben recortar los tiempos al grado que la gente ya no esté segura de que puede terminar el paso a tiempo, así no se atreverán a postergarlo.

Del punto número dos es importante mencionar, que la asignación de tareas múltiples es mala, ver figura 4.3a, ya que el tiempo de entrega de cada paso aumenta al doble, además de que el sistema de prioridades no es muy bueno, ya que se trabaja según el líder del proyecto que exija más y grite más fuerte.

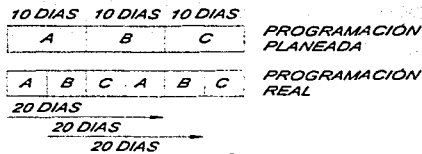


Figura 4.3a.

"La asignación de tareas múltiples probablemente sea el asesino más grande de los tiempos de entrega y todos los padecemos. Llámenlo juntas, llámenlo emergencias, llámenlo otros trabajos, etc., el impacto es el mismo."<sup>27</sup>

Con la eliminación de las falsas alarmas y la reducción del tiempo que se necesita para realizar un paso, se deben reducir las tareas múltiples, con esto también la

<sup>27</sup> Ibid dem P.131.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

gente ya no debe saltarse tan frecuentemente a otros pasos o actividades. Además otro aspecto que debe dominar para determinar qué proyecto atender primero son las fechas de entrega de los mismos.

Algunas similitudes que existen en producción y en la administración de proyectos, son por ejemplo: la protección para producción, es el inventario y para la administración de proyectos, es el tiempo de protección. Sólo que en los proyectos la situación es peor porque cuando hay un retraso el tiempo desaparece y se va para siempre; sin embargo, en producción el inventario no desaparece.

Hasta este momento se han tratado varios aspectos comunes en todos los proyectos, pero lo hasta ahora aplicado se nota que no es muy benéfico para el cumplimiento de las fechas de entrega de los proyectos.

A continuación se hará una observación clave para iniciar con la solución a todos los problemas descritos anteriormente según la Teoría de Restricciones, ¿qué determina el tiempo de entrega desde el principio hasta el final de los proyectos?, la respuesta a esta pregunta es: **la ruta crítica**, por lo tanto la ruta crítica en un proyecto es semejante a un cuello de botella en producción.

Es vital que se entienda que no se debe desperdiciar el tiempo asignado a la ruta crítica, porque cualquier desperdicio aquí demorará el proyecto, lo anterior no es un conocimiento nuevo, pero para TOC este es el comienzo de un nuevo y robusto enfoque para mejorar la administración de los proyectos.

La primer acción que se debe de empezar a realizar es, poner protección donde sea más útil; es decir, colocarla de tal manera que proteja a la ruta crítica, con esta se protegerá la fecha de terminación del proyecto y no cada paso del mismo. Al poner toda la protección al final de la ruta crítica, se pretende eliminar la estimación de cada paso y de esta manera se libera el tiempo suficiente para crear el Amortiguador del Proyecto, ver figura 4.3b.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



**Figura 4.3b.** Amortiguador del proyecto.

Este amortiguador, absorberá todos los efectos acumulados de todas las incertidumbres.

Lo que se está pretendiendo es aplicar los 5 pasos de enfoque de la TOC, y con lo anterior se explota la restricción (paso 2), sin embargo no se puede decir que se explota bien la restricción (ruta crítica) hasta no realizar el paso siguiente, subordinar (paso 3).

Sin subordinación no se puede proteger a la restricción (ruta crítica) ni evitar que pierda tiempo por problemas que ocurran en otros lados. Ha sucedido muchas veces que en los proyectos se han sufrido demoras en la ruta crítica debido a problemas ocurridos fuera de ella; es decir, en alguna de las rutas alimentadoras.

"Es importante que se percaten de que la mayoría de los problemas cuyo impacto incide en la ruta crítica no ocurren en la ruta crítica misma. Ese es el único modo en que se percatan de que la subordinación no está de adorno, sino que es un elemento imperativo."<sup>28</sup>

Por lo tanto, se debe de hacer algo al respecto y de alguna manera se debe de proteger la restricción (ruta crítica) contra los problemas que no ocurren en ésta, y

<sup>28</sup> Ibid dem p 161.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

una manera de lograrlo es creando un **Amortiguador de Tiempo**, el cual debe ser insertado en los puntos donde una ruta alimentadora se une a la ruta crítica.

El tiempo que se necesita para los amortiguadores de tiempo se obtendrá de la siguiente manera: por cada ruta de alimentación se decide recortar las estimaciones de tiempo originales de los pasos a la mitad, y usar la mitad del tiempo de entrega recortado como **Amortiguador de Alimentación**.

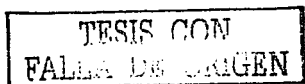
El Amortiguador de Alimentación protege a la ruta crítica de las demoras que ocurren en las rutas que no son críticas, pero cuando el problema causa una demora más grande que el amortiguador de alimentación, la fecha de terminación del proyecto sigue protegida por el Amortiguador del proyecto.

#### **Amortiguador de Recursos.**

También muchas veces sucede que todo esta listo para ejecutar un paso de la ruta crítica, excepto el recurso correspondiente, el cual está ocupado todavía en otro paso o actividad; por lo tanto, es importante que esto no debe seguir sucediendo en los pasos de la ruta crítica y cuando todo este listo para realizar un paso, se debe asegurar con anticipación de que los recursos estén listos.

Por decir algo, una semana antes del momento esperado simplemente se le debe recordar a la gente que su trabajo en la ruta crítica está por llegar; luego, tres días antes se les puede hacer otro recordatorio, y finalmente un día antes se les recuerda nuevamente cuando se sabe con certeza de que todo va a estar listo. Lo importante es que la gente sepa que al llegar el momento, debe de dejar todo y trabajar en la ruta crítica.

Si un paso de la ruta crítica se termina; por ejemplo, dos días antes de lo estimado, se incrementa el amortiguador del proyecto dos días, si se demora se debe reducir el amortiguador también dos días.



Por lo tanto, se deben monitorear todos los amortiguadores y no sólo el amortiguador del proyecto, este monitoreo debe ser en base a su importancia y la mayor importancia la tienen los pasos que están reduciendo el amortiguador del proyecto, ya sea porque están un poco demorados y se encuentran en la ruta crítica, o porque aún no se hallan en la ruta crítica, pueden estar tan demorados que ya han absorbido el amortiguador de alimentación correspondiente y otro poco. Para los proyectos en donde la mayoría de los recursos son proveedores o contratistas, la pregunta obligada es, ¿cómo se le debe hacer?.

Todo mundo sabe que los tiempos de entrega de los proveedores y contratistas son de vital importancia para cumplir la fecha de entrega de todo proyecto. Para escoger un proveedor o contratista se pueden apreciar varios aspectos: confiabilidad, calidad, pero a la hora de firmar o de ordenar lo que cuenta es el precio, y en menor grado también el tiempo de entrega.

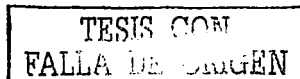
"Debemos entender que una demora de tres meses a veces nos cuesta más que darle un diez por ciento adicional a todos nuestros proveedores."<sup>29</sup>

Se invierte en un proyecto para poder obtener ciertos beneficios (ganar dinero), así que cuando se demora un proyecto también se demora la obtención de los beneficios esperados. La mayoría de las personas involucradas en un proyecto no reconocen explícitamente las penas relacionadas con cada mes que se demora un proyecto.

Anteriormente se hizo la observación de que cuando se negocia con proveedores o contratistas no se le pone suficiente atención a los tiempos de entrega y a lo que se le pone más atención es al precio, para TOC es tiempo de cambiar esto y lo que se debe hacer es negociar con el proveedor a mejorar sus tiempos de entrega a cambio de un poco más de dinero y por consecuencia de más calidad, etc.

---

<sup>29</sup> Ibid dem. p. 176.



### Cadena Crítica.

Cuando en una de las rutas no críticas se está muy demorado hasta el punto que ya se ha agotado el amortiguador de alimentación y se ha comenzado a penetrar en el amortiguador del proyecto; como ya se había mencionado anteriormente, se puede llegar a pensar que se ha cambiado la ruta crítica, con lo cual todo el proyecto se puede venir abajo; no el objetivo en todo proyecto es perfectamente claro y una cosa también es clara, no se puede cambiar todo (la ruta crítica) formalmente, pero tampoco se puede dar el lujo de dejar a la ruta crítica original expuesta, lo cual implica que se debe cambiar la ruta crítica formalmente. A continuación se presenta el Diagrama de Nube de lo expuesto anteriormente, figura 4.3c:

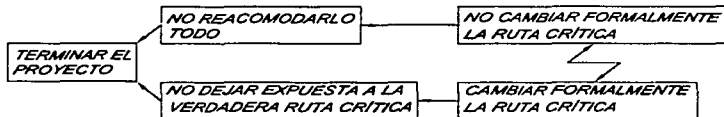


Figura 4.3c.

Muchos líderes de proyectos dicen que la ruta crítica cambia durante el proyecto; puede suceder que las rutas no críticas donde todo andaba muy bien, donde los amortiguadores de alimentación no habían sido tocados siquiera, y repentinamente estas se empiezan a convertir en problemas; cuando sucede lo anterior se dice que la Ley de Murphy se hace presente.

Se ha mencionado anteriormente que se debe comenzar un paso determinado en una ruta no crítica, pero sucede que el recurso no está disponible porque se encuentra trabajando en otra ruta no crítica y esta última sucede que también está retrasada. A continuación se presenta el siguiente diagrama de lo descrito, donde la "X" representa los pasos realizados por el mismo especialista que muchas veces se tiene sólo uno, figura 4.3d.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

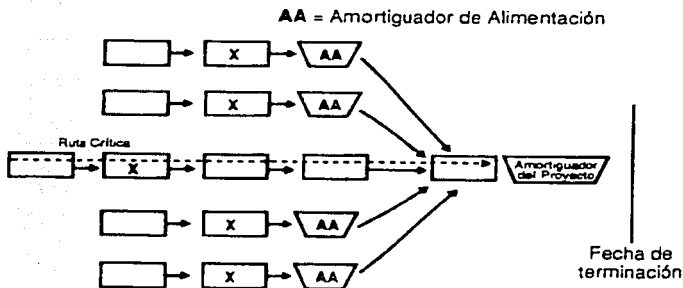


Figura 4.3d.

Sucede que muchas veces existe demasiada competencia por el recurso o especialista "X", durante cierto período "T" está sobrecargado por lo cual se va retrasando el trabajo, y esto es lo que ocasiona las demoras; que se pasan de una ruta no crítica a otra. "Los amortiguadores de alimentación son insuficientes para absorber estas demoras. Con razón su ruta crítica brinca de una ruta a otra."<sup>30</sup>

Cuando se presenta lo anterior, no se sabe con precisión cual es la ruta crítica, por lo que se puede decir que esta es la cadena más larga de pasos dependientes, la más larga en tiempo, no ignorando la capacidad limitada de "X", así como también el hecho de que las dependencias entre dos pasos pueden darse debido a que se realizan con el mismo recurso que tiene capacidad limitada, de tal suerte que no se pueden hacer ambos pasos al mismo tiempo, por lo cual sería mejor hacerlos en secuencia, en lugar de hacerlos paralelos; es decir, dependientes.

En general la cadena más larga va a estar compuesta de secciones que son dependientes de la ruta y secciones que son dependientes de los recursos.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Es importante, que se tenga presente que la ruta crítica siempre será la ruta más larga, pero de lo descrito anteriormente se sabe que lo que cuenta es la restricción, y ésta es la cadena más larga de pasos dependientes, puesto que se debe reconocer que la dependencia puede ser resultado de un recurso; por lo tanto, es mejor que se defina la cadena de pasos que constituye la restricción, TOC a esto le da el nombre de **Cadena Crítica**.

La cuestión es saber como programar al recurso "X", es importante mencionar que es un error esforzarse por obtener respuestas precisas cuando los datos no son exactos, las respuestas que pretenden ser más precisas que la incertidumbre incrustada en un problema no son las mejores respuestas; consiguientemente, algunas veces la secuencia en que se programe a "X", no significa ninguna diferencia, pero en algunos casos sí hay diferencia, pero la pregunta sigue vigente ¿habrá una verdadera diferencia?, es decir, existirá una diferencia que sea mayor que la incertidumbre del proyecto. Otra pregunta sería ¿qué se puede tomar como medición razonable de la incertidumbre del proyecto?, y la respuesta es: el amortiguador del proyecto, porque es en donde se absorben los efectos acumulados de todas las incertidumbres. En cada proyecto el impacto sobre el tiempo total de entrega del proyecto es menor que la mitad del amortiguador del proyecto, usando una regla básica para hacer una aproximación, se supone que el tiempo estimado de cada paso contiene protección, entonces el amortiguador del proyecto es cómo una cuarta parte del tiempo de entrega.

Existen proyectos donde la competencia por los recursos es demasiado grande como para que la absorban los amortiguadores, pero existe una diferencia entre considerar la competencia por los recursos y jugar con tratar de optimizar el programa de estos recursos. Por lo tanto, existe una mejor forma de evitar estos problemas que es eliminando la competencia por los recursos y esta se presenta a continuación, figura 4.3e.

<sup>30</sup> Ibid dem. p. 215.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

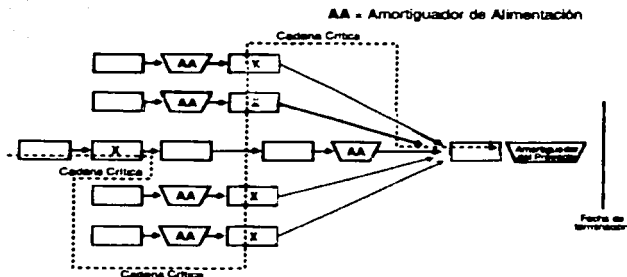


Figura 4.3e.

El recurso "X" no está cargado durante todo el tiempo del proyecto, si se examinan los detalles de su trabajo se podría averiguar cuales de sus actividades se podrían hacer mucho antes o mucho después. Existen muchos proyectos en los que no importa la competencia por los recursos, pero para otros que no son pocos si importa esta competencia de recursos, por lo tanto, la cadena crítica puede ser muy diferente de la ruta crítica, lo cual es un gran problema porque la ruta crítica empieza a saltar por todos lados, con lo cual se pierde el control y el enfoque.

La cadena crítica elimina la competencia por los recursos en un proyecto, pero no resuelve la competencia por los recursos entre los proyectos existentes. La competencia por los recursos significa que el mismo recurso debe realizar dos diferentes pasos al mismo tiempo, la eliminación de esta competencia entre recursos requiere muchas veces que se posponga uno de esos pasos, el problema es que no hay modo claro de decidir que paso postergar, es casi una decisión arbitraria. Este problema es mayor cuando los pasos pertenecen a dos proyectos diferentes, porque están involucrados dos líderes de proyecto y naturalmente cada líder luchará porque el paso pospuesto no sea el suyo.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Una manera de solucionar lo anterior es aplicando los cinco pasos de la TOC; es decir, identificar el cuello de botella, etc. El impacto de no reconocer el cuello de botella es que se causa un caos en la sincronización entre los proyectos, asimismo al no proteger a éste con amortiguadores, inevitablemente se desperdiciará tiempo en el cuello de botella, lo cual causa una reducción en el Throughput de la organización entera (se concluyen en total menos proyectos de los que se tiene capacidad).

Por lo tanto es vital que se identifique el cuello de botella, y las prioridades se determinarán principalmente por las fechas de vencimiento de los pedidos o en el caso de proyectos por las fechas de terminación previstas de éstos.

Todos los amortiguadores de los que se ha hablado hasta ahora (el amortiguador del proyecto, los amortiguadores de alimentación y los amortiguadores de recursos) están protegiendo a un proyecto específico, y por lo tanto se debe recordar que el cuello de botella también se tiene que proteger para mejorar el desempeño general de toda la organización, llamando a esta protección amortiguador del cuello de botella.

Cuando, por ejemplo, el cuello de botella es de 2 semanas, entonces cada ruta que pasa por el cuello de botella se iniciará con dos semanas de anticipación. Por último también se tiene la posibilidad de que exista algún otro recurso con capacidad restringida, o dos tal vez, pero estos se pueden identificar si un recurso comienza a agotar el amortiguador de alimentación y luego otro, sólo con estos síntomas se declarará como recurso de capacidad restringida.

## **CAPÍTULO 5. COMPARACIÓN DE LA TOC CON OTROS SISTEMAS DE PLANEACIÓN Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN.**

### **5.1 Conceptos del MRP (Manufacturing Resources Materials) (Planeación de Recursos de Materiales).**

Antes que nada es muy importante definir y explicar que es MRP; los sistemas de planeación de requerimientos de materiales (MRP) se han instalado casi universalmente en las empresas del sector manufacturero, incluso en aquellas que se consideran pequeñas. La razón es que la MRP es un enfoque lógico y de fácil comprensión del problema para determinar el número de partes, componentes y materiales necesarios para producir cada artículo, esta también provee el programa de tiempo que especifica cuándo debe ordenarse o producirse cada uno de los materiales, partes y componentes. Originalmente la MRP sólo planeaba los materiales; sin embargo, en la medida en que el poder de las computadoras creció y las aplicaciones se expandieron, también lo hizo la envergadura de la MRP, la evolución del MRP se explicará más adelante.

Los elementos más importantes de un sistema MRP son los siguientes:

**Programa maestro de producción:** se diseña un programa maestro de producción (MPS) ya sea para reabastecer los inventarios de productos terminados o para cubrir los pedidos de los clientes. Un MPS empieza como un programa tentativo, en función de su factibilidad, a través de MRP y CRP (planeación de requerimientos de capacidad, es la parte de la planeación de las necesidades de recursos que somete a prueba el MPS en lo que se refiere a su factibilidad de capacidad). Conforme se comprueba que estos programas son factibles, se convierten en el MPS que se pone en acción; MRP no puede distinguir entre programas maestros de producción factibles y no factibles, esto

quiere decir que MRP supone que el MPS puede producirse dentro de las restricciones de capacidad de producción.

"Para determinar un programa aceptable y factible que se extienda al taller, se corren programas maestros de producción de prueba a través de un programa de MRP. Las piezas de pedidos planeados resultantes se verifican para tener la seguridad de que los recursos están disponibles y que los tiempos de terminación son razonables. Lo que parece ser un programa maestro factible puede requerir recursos excesivos una vez que la explosión del producto haya tenido lugar y los materiales, partes y componentes de los niveles inferiores se hayan determinado, si esto ocurre, el programa maestro de producción se modifica con estas limitaciones y se corre nuevamente el programa MRP."<sup>31</sup>

**Archivo de lista de materiales:** (Bill of materials, BOM) contiene la descripción completa del producto, enumerando no sólo los materiales, las partes y los componentes, sino también la secuencia según la cual se crea el producto. Este archivo BOM es una de las tres principales informaciones del programa MRP (las otras dos son el ya mencionado MPS y el archivo de registros del inventario).

El archivo BOM se denomina con frecuencia archivo estructural del producto o árbol del producto porque muestra la forma como éste se arma y frecuentemente debe ser revisado conforme se rediseñan los productos; un obstáculo de importancia que debe superarse en la mayoría de las aplicaciones MRP es la precisión de la lista de materiales. Con la confianza de que este archivo está actualizado, una vez preparado el MPS sus elementos se pueden explotar en los ensambles, sub-ensambles, componentes y materias primas requeridos. Estos artículos deben adquirirse de proveedores exteriores o producirse en los departamentos de producción de la empresa.

---

<sup>31</sup> CHASE, Richard B., AQUILANO, Nicholas J., Administración de Producción y Operaciones, Editorial Mc Graw Hill, Bogotá 2000, p. 629

**Archivo del estado de inventarios:** Es un archivo computarizado con un registro completo de cada material que se tiene en inventario, independientemente de en cuantos niveles se utilice en un producto o en muchos productos, tiene uno y sólo un registro de materiales; este incluye el código de nivel bajo, el inventario a la mano, los materiales en pedido y los pedidos de los clientes para un artículo. Estos registros se actualizan mediante transacciones de inventarios como recepciones, desembolsos, materiales desechados, pedidos planeados y otras liberaciones de pedidos.

Otra parte del archivo incluye factores de planeación que utilizará el sistema MRP, estos incluyen información sobre el tamaño de los lotes, los plazos de entrega, los niveles de existencia de seguridad y las tasas de desperdicio. "El archivo del estado de inventario no solamente proporciona al sistema MRP un registro completo del estado de cada uno de los materiales del inventario; también, se utilizan los factores de planeación en el programa de cómputo de MRP para la proyección de las fechas de entrega del pedido, las cantidades de cada material a pedir y cuándo colocar los pedidos."<sup>32</sup>

En su forma más básica, la MRP es un programa de computadora que determina la cantidad de cada artículo que se necesita y cuándo se necesita para completar un número específico de unidades en un período de tiempo determinado. La MRP logra esto extendiéndose hasta el archivo de la lista de materiales y el archivo del estado de inventarios para crear una programación del tiempo y el número de unidades necesarias en cada etapa del proceso.

La MRP está basada en la demanda dependiente (aquella causada por la demanda de un artículo de más alto nivel), por ejemplo: las llantas, los rines y los motores son artículos de demanda dependiente que dependen de la demanda de

---

<sup>32</sup> GAITHER Norman y FRAZIER Greg. Administración de Producción y Operaciones. Editorial Internacional Thomson, México 2000, p. 405

automóviles. El hecho de determinar el número de artículos de demanda dependiente necesarios es esencialmente un proceso de multiplicación directa.

### 5.1.1 Objetivos del MRP.

Las razones más destacadas para implantar un sistema MRP son las siguientes:

- Mejorar el servicio al cliente.
- Reducir la inversión en inventarios.
- Mejorar la eficiencia de operación de la planta.

La mejora en el servicio al cliente significa algo más que simplemente tener a la mano productos cuando se reciben los pedidos de los clientes, tener clientes satisfechos significa cumplir con las promesas de entrega y reducir los plazos de entrega.

Los sistemas MRP se basan en la filosofía de que cada materia prima, componente y ensamble requeridos en la producción, deberá llegar simultáneamente, en el momento correcto, para producir los elementos finales incluidos en el MPS y además consiste en acelerar a los materiales que van a llegar tarde y retrasar la entrega de materiales que van a llegar demasiado temprano.

"Los principales propósitos de un sistema básico de MRP son controlar los niveles de inventario, asignar prioridades operativas para los artículos y planear la capacidad para cargar el sistema de producción."<sup>33</sup> En resumen lo que se pretende hacer es: inventario (ordenar la parte correcta, la cantidad correcta y en el momento correcto), prioridades (ordenar con la fecha de vencimiento correcto y

---

<sup>33</sup> CHASE, Richard B., AQUILANO, Nicholas J., Administración de Producción y Operaciones, Editorial Mc Graw Hill, Bogotá 2000, p. 631-632.

mantener válida la fecha de vencimiento) y capacidad (planear una carga completa, exacta y en el momento adecuado para mirar la carga futura).

### **5.1.2 Evolución del MRP.**

Los sistemas de planeación de requerimientos de recursos están en continuo estado de evolución; los primeros sistemas eran bastante sencillos, y el valor de la información que se generaba para la operación era limitado. En su forma más primitiva, MRP simplemente explotaba el MPS para obtener los materiales requeridos.

#### **MRP de lazo o ciclo cerrado.**

A finales de los años setenta, se empezó a hablar de cerrar el lazo con los sistemas MRP, este término significa: un sistema elaborado alrededor de una planeación de requerimientos de materiales, que incluye las funciones de planeación adicionales de la planeación de producción (planeación agregada), el programa maestro de producción y la planeación de requerimientos de capacidad. Una vez completa esta fase de planeación y una vez aceptados los planes como realistas y obtenibles, las funciones de ejecución entran en juego. Esto incluye las funciones de control de manufactura, la medición de entradas-salidas (capacidad), programación y despacho detallado, además de informes de los retrasos previstos, tanto de la planta como de los proveedores, etc. El término "lazo cerrado" implica que no sólo están estos elementos incluidos en el sistema general, sino que también hay retroalimentación desde las funciones de ejecución, de forma que la planeación pueda mantener su validez en todo momento.



## **MRP II (Manufacturing Resources Planning) (Planeación de Recursos de Manufactura).**

Una expansión del sistema de planeación de requerimientos de materiales para incluir otras porciones del sistema productivo era natural y se preveía; uno de los primeros elementos en incluirse era la función de compras. Al mismo tiempo, había una inclusión más detallada del sistema productivo mismo: en la planta del taller, en el despacho y en el control detallado de la programación. La MRP había ya incluido las limitaciones de capacidad del centro de trabajo, así que era obvio que el término planeación de requerimientos de materiales ya no era adecuado para describir el sistema expandido. Alguien introdujo el término Planeación de recursos de manufactura (MRP II) para reflejar la idea de que una mayor parte de la firma se estaba involucrando en el programa.

En el intento inicial la MRP II fue planear y monitorear todos los recursos de una empresa (manufactura, compras, mercadeo, finanzas e ingeniería) a través de un sistema de ciclo cerrado que generaba cifras financieras. El segundo intento importante del concepto de MRP II fue que éste simulara el sistema de fabricación.

## **ERP (Enterprise Resources Planning) (Planeación de Recursos de la Empresa).**

La evolución de los sistemas de planeación de requerimientos de recursos todavía sigue; lo último en esta evolución se conoce como planeación de recursos de la empresa (ERP), que es más completo que el MRP II. El término planeación de recursos de la empresa significa: un sistema de información orientado a la contabilidad para identificar y planear los recursos de la empresa necesarios para recibir, fabricar, embarcar y llevar control de los pedidos de los clientes. Un sistema ERP difiere del sistema típico MRP II en cuanto a requerimientos de tipo técnico, como una interfase gráfica de usuario, una base de datos relacional, el uso de lenguajes de cuarta generación y las herramientas de ingeniería de

software asistidas por computadora, arquitectura cliente/servidor y transportabilidad de sistemas abiertos.

Los sistemas ERP están formados de diversos módulos de software, que se pueden adquirir por separado, para ayudar a administrar muchas actividades en diferentes áreas funcionales de una empresa. El software R/3 de SAP, que es el software ERP de mayor venta, ofrece módulos para ventas y distribución, contabilidad financiera, control financiero, administración de los activos fijos, recursos humanos, flujo de trabajo, soluciones industriales, administración de materiales, planeación de la producción (incluyendo MRP y CRP), administración de la calidad, mantenimiento de planta y sistemas de proyectos. Los sistemas ERP exigen un compromiso y una inversión importantes, y a menudo las empresas deben modificar algunos de sus procesos para aceptar el software y su puesta en operación puede tomar muchos años. Tres de los sistemas de software de ERP de mayor venta son R/3 de SAP, Baan y People Soft.

### **5.1.3 Evaluación del MRP.**

MRP se ha convertido en una valiosa herramienta de planeación para miles de fábricas en el mundo, después de implantar MRP, se obtienen beneficios de tipo general, con una mayor rotación del inventario, mejor cumplimiento de los compromisos de entrega, menos pedidos que se deben fraccionar debido a faltantes de material, menos aceleramiento de los materiales requeridos y plazos de entrega más cortos desde el pedido del cliente hasta la entrega del producto terminado.

Todo lo anterior suena muy bien, pero cuál es la razón por la que no todo mundo ha cambiado a MRP; en primer lugar existen diversas características que apoyan una implantación exitosa de MRP:

- Un sistema de cómputo efectivo.
- Listas computarizadas precisas de materiales y archivos del estado de inventarios para todos los productos terminados y todos los materiales.
- Un sistema de producción que manufactura productos discretos formados por materias primas, componentes, sub-ensambles y ensambles procesados a través de muchos pasos productivos.
- Procesos de producción que requieren tiempos largos de fabricación.
- Plazos de entrega relativamente confiables.
- El programa maestro fijo durante un período suficiente para la procuración de materiales, sin excesivo seguimiento ni confusión.
- Apoyo y compromiso por parte de la gerencia general.

La ausencia de algunas de estas características, principalmente la de archivos precisos y exactos de listas de materiales y estado de inventarios, así como un sistema inefectivo de cómputo, a menudo son los que en la práctica plantean los dolores de cabeza más grandes para la implantación del MRP y la corrección de deficiencias de este tipo puede tomar la mayor parte de tiempo de implantación.

"MRP es de mayor beneficio en sistemas enfocados a los procesos que tienen tiempos de procesamiento largos y pasos complejos multi-etapa de producción, porque allí es donde la planeación de la producción y de los inventarios es más compleja."<sup>34</sup>

Tal vez, una de las mayores quejas por parte de los usuarios es que la MRP es demasiado rígida, porque cuando desarrolla un programa, es bastante difícil desviarse de éste si se presenta la necesidad.

Por último, la implantación de un sistema MRP no es un proceso indoloro; dado que MRP es un sistema de información impulsado por información, la simple

---

<sup>34</sup> GAITHER Norman y FRAZIER Greg. Administración de Producción y Operaciones. Editorial Internacional Thomson, México 2000. p 420

adquisición de software y quizás de algo de hardware no garantiza un sistema MRP de éxito; y en esta hay algunos costos de arranque significativos y ciertos costos continuos, muchos de estos están asociados con la corrección de información mala o inadecuada, así como con la institución de una disciplina de sistema para asegurarse que la información correcta seguirá fluyendo hacia el sistema MRP; estos, por lo general, son costos ocultos que a menudo no se reconocen formalmente al presentar una propuesta para un sistema MRP.

## **5.2 Conceptos del JIT (Just in Time) (Justo a Tiempo).**

### **5.2.1 Antecedentes.**

El Justo a Tiempo (JIT) ganó importancia mundial en los años setenta, pero algo de su filosofía data de comienzos de 1900 en los Estados Unidos. Henry Ford utilizó conceptos JIT al racionalizar sus líneas de ensamble para fabricar automóviles; por ejemplo, para eliminar el desperdicio, utilizó la parte inferior de los cajones de empaque de los asientos como el tablero del piso de carro. Aunque los elementos del JIT estaban siendo utilizados por la industria japonesa desde inicios de 1930, no se pullieron del todo sino en los años setenta, cuando Tai-ichi Ohno, de Toyota Motors, utilizó el JIT para colocar los vehículos de Toyota en la vanguardia en términos de tiempo de entrega y calidad.

"Aproximadamente al mismo tiempo, los expertos en calidad Deming y Juran dictaron una conferencia sobre la necesidad de que los productores norteamericanos adoptaran muchos principios JIT."<sup>35</sup>

Independientemente del origen del JIT, este procedimiento para la producción consiste en un conjunto de ideas útiles que pueden ayudar a las empresas a convertirse en más competitivas; hoy en día las empresas líderes proporcionan

---

<sup>35</sup> CHASE, Richard B., AQUILANO, Nicholas J., Administración de Producción y Operaciones, Editorial Mc Graw Hill, Bogotá 2000, p. 332.

productos con el mayor valor al costo más bajo con el tiempo de respuesta más rápido a las demandas del mercado lo cual representa una ventaja competitiva poderosa y sostenible.

### **5.2.2 Objetivo y Requisitos.**

La idea fundamental del Justo a Tiempo es bastante sencilla: reducir drásticamente los inventarios de productos en proceso a todo lo largo del sistema de producción. De esta manera, los productos fluyen de los proveedores a la producción y a los clientes sin retraso, o con muy poco retraso o muy pocas interrupciones, a excepción del tiempo utilizado para producirse en los centros de trabajo de manufactura. O sea, que sólo se debe de producir lo que es necesario cuando es necesario y en la cantidad necesaria, todo lo que sobrepase la cantidad mínima necesaria se considera desperdicio.

El objetivo principal de la manufactura JIT es reducir los plazos de entrega de los productos y esto se logra principalmente mediante reducciones drásticas en los productos en proceso; el resultado de lo anterior es un flujo suave ininterrumpido de pequeños lotes de productos a todo lo largo del proceso productivo.

La mayoría de las aplicaciones JIT han ocurrido dentro de la manufactura repetitiva, en operaciones donde se producen lotes de productos estándar a elevada velocidad y un gran volumen, moviéndose los materiales en flujo continuo; las fábricas de automóviles son quizás el mejor ejemplo de su uso en la manufactura repetitiva, en estas fábricas, el flujo continuo del producto hace bastante simple la planeación y control de la producción, es por eso que JIT funciona mejor en estas situaciones de piso de taller. Por lo tanto, es raro el uso exitoso de JIT en talleres artesanales grandes, de trabajos muy complejos, donde la planeación y el control de la producción es extremadamente complicada, algunos talleres artesanales más pequeños y menos complejos han utilizado JIT, pero estas empresas han efectuado muchas modificaciones para cambiar las

operaciones, de manera que su comportamiento sea similar a la manufactura repetitiva.

Justo a Tiempo, no es gratis, es por eso que deben ocurrir algunos cambios dentro de las empresas para poder adoptar esta filosofía, de manera que puedan percibir los beneficios de la misma, entre estos cambios están:

- Estabilizar los programas de producción.
- Hacer las fábricas más enfocadas.
- Incrementar la capacidad de producción de los centros de trabajo de manufactura.
- Mejorar la calidad del producto.
- Hacer una capacitación cruzada de los trabajadores, de manera que adquieran múltiples habilidades y sean competentes en varios puestos.
- Reducir las rupturas de las máquinas mediante mantenimiento preventivo.
- Desarrollar relaciones a largo plazo con los proveedores para evitar interrupciones en los flujos de material.
- Disminuir los tiempos de preparación de las máquinas al mínimo.

### **5.2.3 Principales elementos del JIT.**

La eliminación del desperdicio a través de las siguientes acciones: fabricar únicamente lo que se necesita, coordinar los flujos entre operaciones y balancear los desequilibrios de la carga mediante trabajadores y equipos flexibles, diseñar disposiciones físicas de instalaciones que reduzcan o eliminen el manejo de materiales, eliminar cualquier paso de producción no necesario, eliminar el inventario de trabajo en proceso reduciendo los tiempos de preparación y puesta en marcha de la maquinaria, incrementando ritmos de producción, mejorar la productividad y por último eliminar defectos e inspecciones fabricando productos perfectos.

El **factor humano** es muy importante dentro de JIT, ya que muchas veces tarde o temprano los negocios tienen éxito o fallan debido a su gente y JIT no es excepción a esta regla; dado que JIT es un sistema de resolución obligada de problemas, es esencial tener una fuerza de trabajo dedicada, comprometida a trabajar unida para resolver los problemas de la producción, es por eso que JIT, tiene un fuerte elemento de capacitación y participación de los trabajadores en todas las fases de la manufactura.

En una organización JIT y de hecho en todas debe desarrollarse una cultura de confianza mutua y de equipo de trabajo, los gerentes y trabajadores deben considerarse colaboradores comprometidos en el éxito de la empresa y por lo tanto se alienta a los equipos de trabajo a que se reúnan en busca de soluciones a largo plazo de las causas de los problemas de producción.

Otro factor importante y vital para el éxito de JIT, es la **delegación de autoridad a los trabajadores**, esto significa que se les da autoridad para tomar la iniciativa en la solución de los problemas que se presentan en la planta, en vez de esperar la bendición de arriba, los trabajadores tienen autoridad para parar la producción en cualquier momento para asuntos como problemas de calidad, mal funcionamiento de las máquinas, condiciones inseguras y riesgos de accidentes.

**Kanban**, en japonés, significa tarjeta o etiqueta; en el contexto de JIT, Kanban es una manera de señalarle a la estación de trabajo corriente arriba, que la estación de trabajo corriente abajo está lista para que la primera produzca otro lote de componentes. En un entorno simple de taller, con uno o solamente unos cuantos productos, indicaciones como una caja vacía, una localización designada en el piso (encintada o pintada) vacía o una pelota de golf de colores, que rueda por un tubo de plástico, se han empleado por varias empresas. Sin embargo la señal más común es la tarjeta Kanban, ya que mediante esta puede comunicarse mucho más información, en vez de una señal que no sea papel. Existen dos tipos de tarjetas

una de acarreo y una de producción. Básicamente, éstas reemplazan la mayoría de los formularios de control de la producción en el piso de la fábrica.

Los sistemas basados en Kanban no permiten que ningún componente se produzca, ni se mueva sin su tarjeta y este sistema se fundamenta en la simple idea de reemplazar contenedores de componentes uno a la vez. Un contenedor no se mueve a una operación de producción corriente abajo sino hasta que sea necesario y un contenedor con componentes no se producirá en tanto no sea necesario; estos contenedores se reservan para componentes específicos, a propósito se hacen pequeños y siempre contienen la misma cantidad estándar de componentes de cada número de parte.

"En Toyota, los contenedores no deben contener más del 10% aproximadamente de los requerimientos diarios. Hay un mínimo de dos contenedores por cada número de parte, uno en el centro de trabajo productor corriente arriba y uno en el centro de trabajo usuario corriente abajo."<sup>36</sup>

Existen métodos para calcular cuántas tarjetas Kanban son necesarias en un sistema de producción; independientemente de las variantes y la aplicación de los sistemas Kanban, los trabajadores deben de tener una actitud de cooperación para que funcionen. Similarmente, son obligatorios los programas para lograr la excelencia en el mantenimiento preventivo, en la calidad del producto y en la confianza mutua con los proveedores.

Existen algunos otros elementos que contribuyen al desarrollo de JIT, como son: las compras Justo a Tiempo, una cultura de calidad y compromiso bastante arraigada dentro de la empresa que decida adoptar JIT.

---

<sup>36</sup> GAITHER Norman y FRAZIER Greg, Administración de Producción y Operaciones. Editorial Internacional Thomson, México 2000, p. 528



#### 5.2.4 Evaluación del JIT.

El Justo a Tiempo representa una herramienta poderosa para reducir el inventario y mejorar la producción y las operaciones de servicio; la aplicación de sus principios puede redundar en muchas mejoras, pero a sus usuarios se les debe advertir que dicha aplicación no es universal, ya que la implantación del JIT enfrenta muchos problemas producidos por la resistencia al cambio que oponen muchos empleados; es por eso que la educación y compromiso de la alta gerencia es muy importante. Un buen comienzo para la implantación del JIT son los programas piloto iniciales, en lugar de una implantación en toda la planta de una sola vez.

Algunos de los beneficios que se le atribuyen a los sistemas JIT son:

- Reducción drástica de niveles de inventario.
- El tiempo que tardan los productos a pasar por la fábrica se reducen mucho, permitiendo a éstas entrar en una competencia basada en el tiempo.
- Se mejora la calidad del producto y se reduce el costo por desperdicios.
- Se reduce el inventario en proceso, así como el espacio para inventario y el equipo de manejo de materiales.
- Se localizan y se corrigen las causas de los problemas de la producción.

Una pregunta todavía sin respuesta es: ¿si todos los fabricantes deben adoptar la manufactura JIT?. Para algunas firmas, el medio principal de competir no es mediante plazos de entrega cortos y por lo tanto el costo y el esfuerzo de implantar JIT quizás no se justifique. La implantación de JIT, puede tomar muchos meses, incluso años, cambiar la cultura fundamental de una empresa a una cultura equipada para entrar en la competencia basada en el tiempo.

El compromiso de cualquier organización, de abajo hasta arriba, es enorme, y estos programas no se pueden iniciar a la ligera, con la pretensión de probar otra nueva moda proveniente de la prensa empresarial. Justo a Tiempo no funcionará hasta que se consiga una producción en pequeños lotes mediante programas, en toda la fábrica, con la finalidad de reducir tiempos de preparación y puesta en marcha de la maquinaria.

Por último, es muy importante señalar, que por obtener los beneficios del JIT ningún fabricante debe abandonar las características positivas de su sistema de producción, sin tener la seguridad de que los nuevos métodos aportarán mejores resultados.

### **5.3 Comparación de MRP y JIT con la Teoría de Restricciones.**

Hasta ahora se han expuesto los principales sistemas de planeación y control de la producción en la industria mundial, es por eso que es imprescindible hacer una comparación de dichos sistemas con la Teoría de Restricciones. Se llamarán a los sistemas tradicionales (MRP y JIT), sistemas no sincrónicos, para generalizar la comparación con TOC (sistema sincrónico).

Una comparación que no se puede pasar por alto, acerca del MRP, es que este es un sistema de planeación y control de la producción que tiene una base matemática muy fuerte y cuando los datos alimentados a este sistema no son correctos, por consiguiente todo lo demás no es correcto. Respecto a JIT, se puede comentar que no es un sistema o filosofía que se pueda aplicar en cualquier ámbito industrial; ya que JIT es más funcional en industrias que trabajan un ciclo productivo continuo (líneas de producción). De esta manera se pueden seguir mencionando algunas ventajas o desventajas de cada sistema; pero para hacer una comparación más sustentable, esta se hará en base a los principales elementos competitivos de las empresas que manejan un sistema no sincrónico (MRP o JIT) y las que manejan un sistema sincrónico (TOC):

**Tiempo de entrega:**

- En plantas no sincronas, la producción frecuentemente se atasca, por lo cual resulta muy difícil una reacción rápida ante el mercado.
- En plantas sincronas, la producción se realiza cuando es necesaria, lo cual permite ante los clientes una mejor respuesta en tiempos de entrega y fechas próximas.

**Inventario:**

- En plantas no sincronas, es muy usual encontrar altos niveles de inventario de todos tipos (materia prima, en proceso y productos finales).
- En plantas sincronas, existe inventario en zonas o recursos que realmente lo necesiten.

**Confiability en fechas:**

- En plantas no sincronas, es imperante un ambiente desordenado, por lo cual es necesario expedir material continuamente para cumplir con las fechas de entrega.
- En plantas sincronas, el flujo continuo de materiales facilita el cumplimiento de fechas de entrega.

**Precio:**

- En plantas no sincronas, son muy comunes, los altos costos por problemas de calidad, la mala utilización de recursos y el desorden en el taller.
- En plantas sincronas, existe una mejor utilización de los recursos, que junto con una mejor calidad reducen el costo.

**Calidad:**

- En plantas no sincronas, las causas de los problemas se esconden en el alto inventario en proceso y la expedición acelerada de materiales; por lo cual es muy difícil detectar y corregir un problema.
- En plantas sincronas, las causas de los problemas se encuentran con facilidad, permitiendo corregir más errores.

**5.4 Resultados Reportados.**

Como la Teoría de Restricciones es demasiado nueva, sólo unas cuantas empresas utilizan en forma activa los conceptos, y solamente una parte ha informado, de sus resultados; algunas de estas son por ejemplo: General Motors, DuPont y AT&T.

"La razón por la que se elige informar una técnica que aún es muy joven y no suficientemente probada, es que parece ofrecer un método para cambiar la filosofía de Justo a Tiempo, conservando el movimiento de los materiales para que nunca estén ociosos del ambiente de flujo secuencial al ambiente de producción en lotes."<sup>37</sup>

Si se tiene un pequeño lote de transferencia, se puede mover rápidamente un gran lote en proceso dentro del taller; una consecuencia necesaria de ello es que algunas máquinas tienen tiempo ocioso. Se acepta que se puede equilibrar perfectamente una línea de ensamble, asimismo, quizá se deba aceptar un taller desequilibrado y aprender a explotar la restricción, más que tratar de crear restricciones interactuantes.

---

<sup>37</sup> FOGARTY, Donald W., BLACKSTONE, John, Administración de la Producción e Inventarios, Editorial CECSA, México 1994, p. 772

La planta que ha reportado el conjunto más completo de estadísticas referentes a la implantación de la Teoría de Restricciones es la General Motors de Windsor, Ontario, magnífica planta; sus resultados se informan en un artículo publicado en Automotive Industries (Callahan, 1989). Windsor denomina a su método de producción: *producción sincronizada*, que ellos describen como una amalgama de la Teoría de Restricciones y de los conceptos de Justo a Tiempo. La implementación de la producción sincronizada se inició en 1986, año en el cual la compañía lograba 17.3 rotaciones en el inventario por año, su meta era lograr 35 rotaciones. Hacia diciembre de 1988, la planta había alcanzado 50.4 rotaciones; asimismo logró también, una reducción del 94% en el tiempo de obtención y una reducción de \$23 millones de dólares en los costos actuales, mientras incrementaba la producción 16.8%.

Un aspecto interesante de estas cantidades es que el tiempo de obtención se redujo un 94% mientras el inventario se reducía un 68%; para la mayoría de las compañías que emplean JIT, la reducción del tiempo de obtención es, generalmente, diferente en un punto de porcentaje, cuando mucho, de la reducción del inventario. La razón de la diferencia es que JIT utiliza lotes de transferencia iguales a los lotes en proceso, mientras que el método TOC no.

La división de la microelectrónica de AT&T informa resultados logrados con lo que ellos llaman *manufactura con sentido común* (CSM) en su planta de Reading (Cannon y Kapusta, 1989). Se describe la producción con sentido común, que incluye un sistema de jalón de extremo a extremo, amortiguadores estratégicos, administración de las restricciones, programación de Tambor-Amortiguador-Cuerda y compromiso total de los empleados. Al igual que General Motors, aparentemente el método de AT&T es combinar los conceptos de la Teoría de Restricciones y los de Justo a Tiempo. La planta de Reading reporta resultados que incluyen una reducción del 50% en inventario, una reducción del 70% en el tiempo de obtención, un decremento del 60% en re-proceso, y un incremento de cinco veces las vueltas del inventario. No informan sobre ningún cambio en la

producción; sin embargo, como las rotaciones se definen como las ventas anuales divididas entre el inventario, y como el inventario disminuyó en 50%, para rotaciones que aumentaron cinco veces, las ventas anuales deben haberse incrementado en 250%. Esta empresa reporta los siguientes: "Los resultados no dejan duda de que las técnicas CSM realmente funcionan y funcionan demasiado bien, de acuerdo con nuestras expectativas".

DuPont informa algunos resultados a corto plazo logrados oportunamente en la implementación de una Teoría de Restricciones (Davis y Fox, 1989). El equipo de implementación identificó la restricción y procedieron a realizar los cinco pasos de enfoque de la TOC. Primero, notaron que el operador contaba manualmente las partes, lo cual retrasaba la máquina; se cambió un contador de una máquina sin usar, con lo que se ahorró una hora por turno de ocho horas. Posteriormente se observó que parte del tiempo la restricción realizaba un re-proceso para una máquina sin restricción, probablemente esta actividad tenía sentido al usar la tradicional contabilidad de costos, pero no lo tenía desde el punto de vista de la Teoría de Restricciones; la actividad de re-proceso se cambió hacia la no restrictiva, este cambio liberó otra hora por turno de ocho horas. Asimismo, el equipo de trabajo para implantar la TOC, notó que tres operadores (uno por turno) tenían métodos muy diferentes, se realizó una conferencia y se llegó al acuerdo de realizar un método estándar. Dentro de las cinco semanas, el resultado en la restricción se había movido de 3000 unidades por turno (en promedio variando de 2000 a 4000) a 8000 unidades por turno. El nivel de producción se volvió a disminuir a 5000 unidades por turno, con pequeña variación, para satisfacer las necesidades del mercado. La restricción original se rompió y el mercado determina el ritmo de la producción, con una máquina diferente de la restricción original identificada como la siguiente restricción.

## CONCLUSIONES

Es importante resaltar que la Teoría de Restricciones no es una filosofía nueva, ya que tiene sus inicios en la década de los ochentas. La meta que la TOC define para toda empresa es "ganar dinero hoy y en el futuro", condición que para cualquier miembro de una empresa debe ser vital. Otro punto importante que la TOC trata de evitar es el llamado "Fenómeno del Palo de Hockey", el cual seguramente esta presente en cualquier empresa; una manera de evitarlo es administrando las empresas desde el inicio de un proyecto basados en el "mundo del Throughput" y de esta manera evitar utilizar conceptos como: Eficiencia y Utilización, y en lugar de estos, usar los propuestos por la TOC: Dólares Días y Dólares Días Invertidos, con los cuales se evitará tener demasiados productos en proceso y terminados y de esta manera obtener un mejor flujo de materiales en planta y tiempos de entrega más cortos, entre otras mejoras.

Por otro lado los indicadores financieros y operativos que emplea la TOC para tomar mejores decisiones en las empresas son muy útiles, además sencillos y lógicos.

Otros elementos de la empresa que se deben tener bien presentes e identificados son: Recursos Cuellos de Botella, Recursos Cuellos de No de Botella, Recursos de Capacidad Restringida y cualquier tipo de restricción ya sea de mercado, de recursos internos o políticas, con el fin de mejorar las áreas de oportunidad y mantener una mejora continua vertical, a través de soluciones duraderas y de sentido común.

Al conocer de una manera formal la restricción más representativa para la empresa, entonces si se podrán aplicar los cinco pasos de enfoque de la TOC y posteriormente la Técnica Tambor-Amortiguador-Cuerda y de esta forma controlando únicamente a la restricción, los datos para tomar decisiones serán

menos y las soluciones más precisas, entonces se estará administrando la empresa bajo el "mundo del Throughput" y a la vez se estarán palpando sus beneficios.

Las empresas de hoy y del futuro deben estar bien enfocadas tanto financiera como operativamente, y como se ha observado, un proceso de mejora continua que toma en cuenta estos dos aspectos es la Teoría de Restricciones, que es económica y bastante competitiva. Lo anterior para muchas empresas es muy atractivo, por que no tienen ni el tiempo, ni la paciencia, ni mucho menos los recursos económicos, para implantar un sistema ERP o un JIT adecuadamente.

Asimismo es vital comprender que el éxito de una empresa radica fundamentalmente en la actitud y capacidad de respuesta hacia los clientes y hacia la misma competencia. Por otro lado se ha comprobado a través de la historia y la experiencia que los cambios son difíciles de aceptar, y ahora se tiene una muy buena opción de cambiar hacia la dirección correcta, con una herramienta excelente: **La Teoría de Restricciones.**

Los beneficios presentados en el desenlace del capítulo cinco muestran perfectamente que el cambio es bastante positivo y sobretodo rentable, con lo cual se comprueba que JIT y todas las derivaciones del MRP no son verdades absolutas; ya que cuando se aplica la Teoría de Restricciones se puede: aumentar las ventas en aproximadamente un 35%, reducir el inventario en un 40% y disminuir al menos en un 45% los tiempos de entrega; por lo tanto es correcto concluir que estas estadísticas son bastante aceptables, además de ser globales y no solamente locales dentro una empresa.

En lo que se refiere de este trabajo como material didáctico, se ha redactado en lo posible en forma clara y sencilla, para que realmente sirva de apoyo tanto a los docentes como a los estudiantes de las asignaturas relacionadas con los tópicos que en él se estudian y analizan.



## BIBLIOGRAFÍA

1. **BUFFA**, Elwood S. y **TAUBERT** William H., Sistemas de Producción e Inventario, 1ª, edición. Ed. Limusa, México, 1992.
2. **CHASE**, Richard B., **AQUILANO**, Nicholas J., Administración de Producción y Operaciones, 8ª, ed. Ed. Mc Graw Hill, Santa Fe de Bogotá, Colombia, 2000.
3. **FOGARTY**, Donald W., **BLACKSTONE**, John, Administración de la Producción e Inventarios, 2ª, ed. Ed. CECSA, México, 1994.
4. **GAITHER**, Norman y **FRAIZER**, Greg, Administración de Producción y Operaciones, 8ª, ed. Ed. Internacional Thomson, México, 2000.
5. **GOLDRATT**, Eliyahu M. y **FOX**, Robert E., La Meta, 5ª, ed. Editorial Castillo, México, 1996.
6. **GOLDRATT**, Eliyahu M. y **FOX**, Robert E., La Carrera, 6ª, ed. Editorial Castillo, México, 1999.
7. **GOLDRATT**, Eliyahu M., El Síndrome del Pajar, 4ª, ed. Editorial Castillo, México, 1999.
8. **GOLDRATT**, Eliyahu M., Cadena Crítica, 1ª, ed. Editorial Castillo, México, 2000.
9. **HICKS**, Philip E., Ingeniería Industrial y Administración, 2ª, ed. Ed. CECSA, México, 2000.

10. **MEREDITH**, Jack R., Administración de Operaciones, 2ª, ed. Ed. Limusa, México, 1999.
11. **NARASIMHAM**, Sim, **Mc LEAVEY**, Dennis W., Planeación de la Producción y Control de Inventarios, 2ª, ed. Ed. Prentice Hall, México, 1996.
12. **RENDER**, Barry y **HEIZER** Jay, Principios de Administración de Operaciones, 1ª, ed. Ed. Prentice Hall, México, 1996.