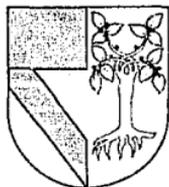


UNIVERSIDAD PANAMERICANA  
ESCUELA DE INGENIERIA

CON ESTUDIOS INCORPORADOS A LA  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

308917  
10  
Zej.



**TEORIA DE RESTRICCIONES Y MEJORA CONTINUA  
COMO UNA OPCION PARA INCREMENTAR  
LA COMPETITIVIDAD DE LA INDUSTRIA EN MEXICO**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**T E S I S   P R O F E S I O N A L  
Q U E   P A R A   O B T E N E R   E L   T I T U L O   D E  
I N G E N I E R O   M E C A N I C O   E L E C T R I C I S T A  
A R E A   I N G E N I E R I A   I N D U S T R I A L  
P R E S E N T A  
A N D R E S   M A U R I C I O   D I A Z   G O N Z A L E Z   C A R R E R A**

**REVISOR: ING. FCO. JAVIER CERVANTES C.**



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 está 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.

## INDICE

	PAGINA
<b>DEDICATORIA</b>	1
<b>PROLOGO</b>	2
<b>INTRODUCCION</b>	
¿EL ADMINISTRAR UNA EMPRESA ES UNA CIENCIA O UN ARTE?	6
<b>CAPITULO I</b>	15
<b>ANALISIS DE LA MANUFACTURA ACTUAL</b>	
I.1 ANALISIS DE LA INDUSTRIA NORTEAMERICANA	16
I.1.1 CALIDAD	17
I.1.2 CICLO DE VIDA DE UN PRODUCTO	19
I.1.3 TECNOLOGIA	20
I.1.4 ROTACION DE INVENTARIOS	21
I.2 LOGISTICA DE OPERACION	22
I.2.1 EOQ	23
I.2.2 PUNTO DE REORDEN Y MRP	27
I.2.3 MANUFACTURA SINCRONIZADA -EL SISTEMA JAPONES Y TEORIA DE RESTRICCIONES-	31
I.3 SITUACION ACTUAL EN MEXICO	32
I.3.1 CALIDAD	32
I.3.2 CICLO DE VIDA Y TECNOLOGIA	33
I.3.3 ROTACION DE INVENTARIOS Y LOGISTICA DE OPERACION	34
I.4 ¿POR DONDE EMPEZAR?	34

<b>CAPITULO II</b>	
<b>OBJETIVO DE UNA EMPRESA Y COMO MEDIRLO</b>	<b>37</b>
II.1 OBJETIVO DE UNA EMPRESA	37
II.2 EL CONFLICTO INHERENTE EN LA ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL	46
II.2.1 EL EJERCITO	52
II.2.2 LA RELIGION	53
II.2.3 INDUSTRIAS Y ORGANIZACIONES	54
II.3 MEDIDAS BASICAS	60
II.3.1 MEDIDAS Y ESTADOS FINANCIEROS	62
II.3.2 EL ESTADO DE RESULTADOS	63
II.3.3 FLUJO DE EFECTIVO	64
II.3.4 RETORNO SOBRE INVERSION	67
II.4 MAS SOBRE LAS MEDIDAS BASICAS	68
II.5 CONCEPTO DE COSTO	69
II.6 METODOS CONTABLES	75
<b>CAPITULO III</b>	
<b>OBJETIVOS LOCALES Y GLOBALES</b>	<b>80</b>
III.1 MEDIDAS OPERACIONALES	80
III.2 FACTURACION	83
III.3 INVENTARIO	85
III.4 GASTOS DE OPERACION	91
III.5 EJEMPLOS DE CONTABILIDAD CON LAS MEDIDAS OPERACIONALES	92
III.6 EXPRESION DE LA META	93

<b>CAPITULO IV</b>	
<b>INVENTARIOS Y ELEMENTOS DE LA COMPETITIVIDAD</b>	<b>96</b>
IV.1 MEJORES PRODUCTOS	96
IV.2 MEJORES PRECIOS	97
IV.3 TIEMPO DE RESPUESTA	97
IV.4 INVENTARIOS ALTOS CONTRA INVENTARIOS BAJOS	98
IV.5 NIVEL DE INVENTARIOS Y CALIDAD	101
IV.6 NIVEL DE INVENTARIOS E INGENIERIA	104
IV.7 NIVEL DE INVENTARIOS Y PRECIO	106
IV.8 NIVEL DE INVENTARIOS E INVERSION POR UNIDAD	109
IV.9 NIVEL DE INVENTARIOS Y EL TIEMPO DE ENTREGA	111
IV.10 INVENTARIO Y LAS VENTAJAS COMPETITIVAS	114
IV.11 LAS MEDIDAS OPERATIVAS Y LA META	116
IV.12 MEDIDAS DE CONTROL	117
IV.12.1 GASTOS DE OPERACION LOCALES (GOL)	117
IV.12.2 FACTURACION EN PESOS POR DIA (FPD)	119
IV.12.3 INVENTARIO EN PESOS POR DIA (IPD)	120
IV.13 EVALUACION DE ACCIONES DE ACUERDO A LAS MEDIDAS OPERACIONALES	123

<b>CAPITULO V</b>	
<b>MANUFACTURA SINCRONIZADA</b>	<b>124</b>
V.1 MANUFACTURA SINCRONIZADA	124
V.2 SOLDADOS EN MARCHA FORZADA Y NUESTRAS EMPRESAS	125
V.3 SOLUCIONES	134
V.3.1 SOLDADO MAS LENTO AL PRINCIPIO	135
V.3.2 TAMBORES Y SARGENTOS	136
V.3.3 ATAR A LOS SOLDADOS	140
V.3.4 TAMBOR-BUFFER-CUERDA (TBC) O TEORIA DE RESTRICCIONES	143
<b>CAPITULO VI</b>	
<b>TAMBOR-BUFFER-CUERDA Y RESTRICCIONES</b>	<b>146</b>
VI.1 DISEÑO DEL TBC	146
VI.2 RESTRICCIONES Y COMPLEJIDAD DE LOS SISTEMAS	149
VI.2.1 RESTRICCIONES DE MERCADO	150
VI.2.2 RESTRICCIONES EN LOS PROVEEDORES	151
VI.2.3 RESTRICCIONES EN LOS RECURSOS	152
VI.3 PROCESO DE DETECCION DE RESTRICCIONES	161
VI.4 RESTRICCION EN LAS POLITICAS DE LA EMPRESA	165
VI.5 ENTENDIENDO LOS BUFFERS DE TIEMPO	166
<b>CAPITULO VIII</b>	
<b>CAMBIOS ORGANIZACIONALES</b>	<b>173</b>
VII.1 IMPACTO CULTURAL EN LAS ORGANIZACIONES	173
VII.2 MEJORA CONTINUA	176

<b>CONCLUSIONES</b>	189
<b>ANEXO I SIMULACION DE LOS CERILLOS</b>	196
<b>ANEXO II GRAFICAS</b>	205
<b>REFERENCIAS</b>	239
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	241

## DEDICATORIA

Este trabajo quiero dedicarlo en primer lugar a Dios. A través de mi vida me ha iluminado y bendecido enormemente -aunque muchas veces no le he correspondido en la misma manera-.

En segundo lugar quiero agradecer a mis padres ya que ellos han contribuido principalmente a ser lo que soy. Hay infinidad de cosas que he aprendido de ellos como amar a Dios, formar un hogar, fomentar las virtudes humanas y un fuerte sentido de responsabilidad entre otras. Además, en la vida cotidiana me han demostrado que se puede vivir con alegría y buen humor.

A ellos les doy las gracias por su apoyo económico y moral, por su comprensión y cariño y porque nos han dado lo mejor de sí.

A mis hermanas que siempre han sido una agradable compañía y aunque tal vez no lo saben también han sido una parte importante de mi formación.

A la Universidad y a mis profesores por el sello que nos dieron a cada uno de nosotros: "La carrera no está hecha de materias sino de trozos de vida".

A todos los amigos y miembros de mi familia que son una parte muy especial para mí como todos ellos saben.

Pero principalmente quiero agradecer a Marcela. No sólo me ha apoyado en todo lo que he emprendido desde que la conozco, sino que se ha convertido en el principal motor de mis acciones. Es mi compañera y mi mejor amiga.

## PROLOGO

El tema de ésta tesis es sobre nuestro estándar de vida y como la podemos incrementar. Para lograr esto debemos de reconocer que nos enfrentamos a una competencia muy fuerte en nuestro país y a nivel mundial.

Para enfrentar esta competencia tenemos que encontrar no sólo el problema de las empresas, como ha sido el objetivo de muchos empresarios mexicanos, sino también la solución a éstos. Desde un punto de vista ingenieril, y sin entrar en una discusión filosófica, el problema y la solución se encuentran en el mismo lugar: La Manufactura. La manufactura, entendida como un proceso industrial de transformación, ha sido el mayor generador de riquezas en los países industrializados desde sus inicios formales en Inglaterra en el siglo XVIII. Esta habilidad de crear riqueza ha hecho el estándar de vida de muchos países industrializados, como es el caso de Estados Unidos o Japón, la envidia del resto del mundo.

En el caso de México no podemos seguir perdiendo competitividad en manufactura frente al resto del mundo y la estamos perdiendo rápidamente, mucho antes de haber firmado el Tratado de Libre Comercio (TLC) con los Estados Unidos y Canadá.

Las empresas Mexicanas deben de formar parte de la competencia a nivel internacional desde el punto de vista de los consumidores y no sola por la firma de un tratado internacional. Debemos prepararnos y sacudirnos la creencia de que en México no se tienen los recursos o la capacidad para hacerlo. Sólo hace falta analizar el caso de Japón y de muchos otros países que son actualmente potencias económicas sin poseer a mediados de este siglo con una planta manufacturera como la nuestra. También debemos quitar la

apartía en los empresarios los cuales creen que quejarse es la mejor forma de enfrentar los cambios o tratando de "negociar" ventajas en sus diferentes ramas productivas.

Es el caso del alumno que sabe que no tiene la información para el examen final de historia y, para tranquilidad de su conciencia, la consigue pero no la estudia. Conoce el problema, tranquiliza su conciencia pero no hace nada para remediar su situación.

Debemos eliminar el "ahí se va" y el "haber que pasa" y prepararnos a conciencia. Los consumidores nos hacemos cada vez más exigentes y queremos productos de calidad y altamente tecnológicos y si esos productos no se encuentran en el mercado doméstico se tiene la posibilidad de adquirir substitutos provenientes de otros países del orbe.

Es responsabilidad de toda la gente involucrada en manufactura de levantar el estándar de vida de los Mexicanos y del país. La manufactura no sólo crea riquezas personales sino a su vez debe engrandecer a las personas que en ella laboran, mejorando los estándares de vida y por consecuencia el estándar de vida del país. En manufactura uno de los objetivos *secundarios* debe ser mejorar el estándar de vida de nuestro país y cimentar las bases para su futuro. Y recalco que es un objetivo secundario ya que como veremos en los primeros capítulos de este trabajo la principal meta de un empresario es otra.

Esta tesis no intenta descubrir nada nuevo y esta basada en conceptos ya existentes que a su vez han sido agrupados por Eliyahu M. Goldratt y Jeff Cox en su libro "La Meta". También está fundamentada en las inquietudes y problemáticas derivadas de las aulas universitarias en el tiempo que le he dedicado a este tema en mi docencia en la facultad de Ingeniería de la Universidad Panamericana. Pretendo profundizar en estos conceptos y tratar de adaptarlos a la problemática Empresarial Mexicana, específicamente a los problemas actuales por los que atraviesa la manufactura de nuestro país (aunque estos conceptos son aplicables a otro tipo de organizaciones como las de servicio).

El libro de "La Meta" ha causado un gran movimiento principalmente en los Estados Unidos. En la mayoría de la empresas Norteamericanas, como es el caso de Procter y Gamble -empresa transnacional en la que actualmente laboro-, existen acciones específicas a nivel gerencial y de supervisión para detectar los "Cuellos de Botella",

reducir el tamaño de lotes, abandonar la práctica de medición de desempeño a través de eficiencias y ligar las acciones de mercadotecnia de manera más eficiente a las capacidades de manufactura.

Mi objetivo es analizar una de las diferentes propuestas que existen actualmente para incrementar la productividad y competitividad en las organizaciones y que a mi manera de pensar es funcional y muy fácil de implementar. No requiere de tecnología especializada ni sistemas de computo avanzados y el cambio necesario en la filosofía de la empresa es menor y más rápido que en el Justo a Tiempo (Just in Time).

Sin embargo, como toda nueva modalidad, los conceptos y la teoría deben de ser analizados a profundidad. Un problema de nuestro sistema educativo es el hacernos pensar que "el profesor tiene todas las soluciones", que lo que él diga o exponga es una verdad irrefutable y la mejor forma de hacer las cosas.

Esta tesis antes de dar soluciones pretende analizar problemas y redefinir los objetivos de una empresa, pretende hacer un análisis de la competitividad a nivel mundial y como operan nuestras empresas. Necesitamos a todos los niveles, desde el aula universitaria hasta la gerencia empresarial, desarrollar el sentido crítico y encontrar "nuestras" soluciones a los problemas. Debemos tomar tiempo para pensar y reflexionar, redefinir objetivos y no esperar que alguien nos de la respuesta, "a ver que sucede". Yo creo firmemente que un análisis profundo en una empresa resuelve, por el sólo hecho de hacerlo, la mayor parte de sus problemas.

El sistema que será discutido de Teoría de Restricciones espero que permita generar mejoras continuas de manera lógica en las empresas. También espero que ilustre como enfocar el proceso de mejora continua para tener el mayor impacto en nuestro nivel competitivo y nivel de vida. Cada paso que demos en este proceso requiere de una mejor comprensión de nuestro negocio y de herramientas de control más efectivas.

"Es necesario ver hacia afuera para encontrar las soluciones internas". Sin embargo, la revolución necesaria en las empresas Mexicanas debe ser dirigida desde adentro ya que ningun programa nacional -como es el caso del Plan Nacional de

Desarrollo-, por mejores intenciones que tenga, logrará el nivel de competitividad deseado (y necesario).

El futuro de nuestra planta manufacturera es importante para los inversionistas, los trabajadores y para nuestro país, espero que este futuro sea con el que todos soñamos...

## INTRODUCCION

### ¿EL ADMINISTRAR UNA EMPRESA ES UNA CIENCIA O UN ARTE?

Cualquiera que haya trabajado en una organización se ha preguntado si el dirigirla o administrarla es una ciencia o realmente es un arte. Entre más tiempo pasa una persona en la empresa y va escalando en la pirámide, más se inclina por pensar que dirigir una organización es más un arte que una ciencia. "El arte de dirigir gente", el arte de llegar a decisiones intuitivas cuando no se cuenta con evidencia o los datos suficientes.

Actualmente es casi un consenso general que una organización maneja tantos inciertos que el administrarla nunca será una ciencia. Las reacciones impredecibles del mercado, las acciones para nosotros desconocidas de la competencia, la pérdida de confiabilidad de nuestros vendedores, sin mencionar la fuente interminable de "sorpresas" hacen cualquier esfuerzo "científico" imposible. Algunos empresarios inclusive afirman que el hecho de tener personas, cuyas reacciones no se pueden predecir científicamente, hacen el hecho de que la administración sea una ciencia materialmente imposible.

Antes de intentar discutir esto hay que especificar lo que entendemos por ciencia. ¿La palabra ciencia quiere decir que debe de existir una respuesta específica para cada situación? ¿Es una colección de procedimientos bien establecidos? o ¿Es una misteriosa noción de encontrar los secretos de la naturaleza?. Sin sorprendernos para la mayoría de las personas es una mezcla de todos los anteriores. Cada ciencia para su desarrollo ha pasado por tres diferentes etapas que son: Clasificación, Correlación y Efecto-Causa-Efecto. En cada etapa la ciencia ha cambiado totalmente su perspectiva, nomenclatura y su premisa intrínseca. Vamos a clarificar estas etapas a través de algunos ejemplos. Tomemos primeramente a una de las primeras ciencias conocidas por el hombre: la astronomía.

La primera etapa -la clasificación- comienza en la prehistoria. Se desarrollaron varias clasificaciones de las estrellas de acuerdo a su localización en los cielos. La más popular de éstas fue la desarrollada por los Griegos. Dividieron el cielo en 12 sectores que llamaron "Signos del Zodiaco" y clasificaron las estrellas de acuerdo a estos sectores (Ya que las constelaciones representan animales, los Griegos las llamaron *Zodiakos Kyklos* o círculo de animales. Dentro de esta clasificación inventaron una subclasificación coloreando la noche con imágenes que dieron luz a toda la mitología. Sin embargo, algunas de estas estrellas se rehusaban a permanecer en un sector determinado por lo que las denominaron "estrellas errantes" en una clasificación aparte: los planetas. Este esfuerzo tan grande tenía sus usos prácticos pero además creó una terminología común que se usa inclusive en la actualidad en algunas actividades del hombre como la navegación.

La segunda etapa comenzó con Ptolomeo en Alejandría hace dos mil años (Ptolomeo escribió un trabajo enciclopédico de 13 libros sobre los movimientos del Sol, la Luna y los planetas). Este hombre fue el que hizo o postuló la primera correlación. "Los planetas se mueven en círculos cuyo centro gira en torno a otro círculo en cuyo centro está la tierra".

Esta correlación fue mejorada por otros que trataron de establecer el radio del círculo y le agregaron más círculos y correlaciones a un sistema de por sí complicado. Todos estos esfuerzos mostraron sin embargo sus frutos, permitieron predecir eclipses y pronosticar la posición de los planetas.

Pero esta etapa de correlación no es estática. Tiene sus turbulencias y debates. Nicolás Copérnico (1473-1543) conmovió a los científicos cuando sugirió que una correlación tan poderosa sólo podría ser lograda si se pone al Sol como centro del sistema. Kepler (1571-1630) creó otra turbulencia al sugerir una correlación basada en órbitas elípticas en lugar de redondas. Debe notarse que en la etapa de correlación el por qué no se formula, el punto central de interés es el cómo.

El hombre, que bajo todas estas bases, llevó a la astronomía a la etapa de efecto- causa-efecto fue Isaac Newton (1642-1727). Él fue el primero que se formuló la pregunta...¿por qué?.

Tuvo la curiosidad de preguntarse el por qué no sólo de cosas lejanas como son los planetas sino de las cosas que lo rodeaban, eventos del día a día. ¿Por qué las manzanas caen al suelo y no en todas direcciones? ¿Por qué los planetas siguen esos patrones de comportamiento? y aunque muchos opinaban que "así es como son las cosas" Newton no se conformó. En vez de esto asumió la causa de estos fenómenos y asumió así, la Ley de la Gravitación Universal. Sugirió que si dos cuerpos se atraen entre sí en proporción directa a sus masas y en relación inversa al cuadrado de la distancia que los separa podemos explicar de manera lógica muchos fenómenos naturales.

A partir de esta suposición tres de las correlaciones de Kepler pudieron ser explicadas por primera vez. Con esta suposición de la causa del fenómeno, aparece en escena la palabra "explicación" que es ajena a las etapas de clasificación y correlación.

Esta nueva etapa de efecto-causa-efecto nos abre a una dimensión totalmente nueva. Ya no nos limitamos a ser observadores y rastrear lo que sucede en la naturaleza. Ahora podemos predecir las órbitas de los satélites artificiales que ponemos en el espacio. La experiencia pasada no es la única herramienta para lograr esto, las derivaciones lógicas, basadas en causas existentes, pueden ahora predecir el resultado de nuevas situaciones.

Vale la pena hacer notar que antes de Newton la astronomía no era considerada una ciencia. De hecho una muestra clara de esto era el nombre que se utilizaba anteriormente para definirla, la astrología. Inclusive Kepler, que fue un gran matemático, tenía que entregarle al Rey sus horóscopos semanales. La tercera etapa se logra solamente cuando se establece el efecto-causa-efecto y las explicaciones lógicas se convierten en un mandato. Es en este momento en donde reconocemos la materia como una ciencia.

Tomemos otro ejemplo como lo son las enfermedades. La primera etapa, la de clasificación, se menciona inclusive en el Antiguo Testamento con la Lepra. Cuando ciertos síntomas se presentaban aislaban a las personas (ponerlas en cuarentena) y ya no había que preocuparse pues al no haber contacto con otras personas la enfermedad no se esparcía. En aquel entonces las enfermedades no se clasifican solamente por sus síntomas sino también por su habilidad de infectar a otros. Esta etapa de clasificación sin lugar a dudas fue muy útil, sirvió para localizar enfermedades y prevenir que se esparcieran.

La segunda etapa, la de correlación, se logró gracias a Edward Jenner (1749-1823). Descubrió que si el suero de una vaca infectada se transfirió a un humano este no contrae la viruela. Con esto se descubrió la inmunización, ya no estábamos limitados a prevenir que las enfermedades se diseminaran, las podíamos eliminar. Pero, nuevamente el por qué no fue formulado. La única forma de llevar a cabo esto era mediante la prueba y error "hazlo y a ver que sucede". Considerando esto no es de sorprenderse que el método Jenner tardara 70 años en ser aceptado.

El hombre que nos llevó a la etapa de efecto-causa-efecto fue Luis Pasteur (1822-1895) Supuso que las pequeñas cosas que había visto Leeuwenhoek en su microscopio (100 años antes) eran la causa de las enfermedades. Y... ¡Lotería! surge la microbiología y es posible crear una serie de vacunas contra diversas enfermedades. Ya no sólo se descubrían las vacunas, como en el caso de Jenner, ahora se podían crear incluso aquellas que no existieran de manera natural.

Podemos continuar con muchos otros ejemplos extraídos de la Química, Genética o Biología y encontraremos siempre el mismo patrón. La primera etapa es la clasificación. Existen aplicaciones prácticas en esta etapa pero su mayor contribución es la terminología básica. La segunda etapa, la de correlación es de mayor recompensa. Nos da procedimientos que son lo suficientemente poderosos para hacer predicciones sobre el futuro y modificar el presente. Pero, la etapa más importante, la que nos permite crear cosas es la de efecto-causa-efecto. Sólo en esta etapa la pregunta del por qué demanda una explicación lógica.

En la actualidad son pocas las ciencias maduras que están en la tercera etapa. El debate sobre que es una ciencia está quedando atrás. Los científicos saben que las ciencias no buscan la verdad o los secretos de la naturaleza, somos mucho más pragmáticos que esto. La ciencia es entendida como el mínimo número de supuestos que nos permitan explicar, por deducción lógica y directa, el máximo número de fenómenos naturales.

Los supuestos como la Ley de la Gravitación Universal muchas veces no pueden ser probados, el hecho de que pueden explicar un número infinito de fenómenos no los hacen verdaderos, solamente válidos. Aun pueden ser desaprobados, algún fenómeno que no pueda ser explicado hace a la suposición falsa pero no le quita su validez, simplemente

establece las fronteras sobre las cuales la suposición no es válida y expone la oportunidad de encontrar otro supuesto que tenga más validez.

Ya que tenemos una visión más general de lo que se entiende por ciencia regresemos nuestra atención al campo de las organizaciones. Ciertamente vemos muchos fenómenos en ellas. Sería ridículo el considerar estos fenómenos, que vemos todos los días en las empresas, como ficción. Sin lugar a dudas son parte de la naturaleza y si todos estos fenómenos son parte de la naturaleza, ¿Cuál de todas las ciencias deberíamos de aplicar en su administración?. Ciertamente no es la Física, la Biología o la Química. Parece ser que existe una área de la ciencia esperando a ser desarrollada.

Si reducimos nuestra atención al subconjunto de la logística dentro del área de Administración de la Producción podemos tratar de identificar estas tres etapas. La primera se cristalizó en los últimos treinta años, la conocemos como MRP. Nos hemos dado cuenta que la verdadera fuerza de MRP es su contribución a nuestras bases de datos y terminología y en menor grado a su objetivo principal: la planeación y control de la producción. Explosión de materiales, rutas de trabajo, inventarios de materia prima y en proceso, ordenes de piso, plan maestro de producción, tiempos de gafa, etc. Todas estas nomenclaturas fueron introducidas por MRP. Bajo esta perspectiva, es claro que MRP fue la primera etapa, la de clasificación.

Ya que hemos clasificado nuestros datos, creado un lenguaje común y básico sobre la materia y mejorado tremendamente las comunicaciones en manufactura cual ha sido el siguiente paso. En México como en los Estados Unidos se han invertido sumas considerables de dinero, tiempo y esfuerzo en esta etapa de clasificación. Pero, en el otro lado del mundo, los Japoneses ya están en la segunda etapa de correlación. El hombre detrás de esto es el Dr. Taichi Ohno. El comenzó su carrera como capataz y recientemente se retiró como vicepresidente ejecutivo de producción de la Toyota. El es el inventor del sistema de producción de la Toyota y el famoso Kanban. Es el inventor de las poderosas correlaciones que llamamos Justo a Tiempo ("Just in Time"); correlaciones como: "si el producto no se requiere en operaciones posteriores -como lo indican la escases de tarjetas o kanbans- es mejor para la empresa que sus trabajadores esten ociosos o reducir los lotes de producción aunque el costo de preparación de las máquinas se vaya por los cielos". Tenemos además la prueba, característica de esta etapa de correlación, de que el Dr. Ohno

nunca se preguntó el por qué, él mismo la dió en uno de sus discursos, en donde afirmó: "El sistema no tiene sentido, pero funciona".

La pregunta interesante es lógicamente la siguiente: ¿Estamos en la tercera etapa?, yo creo que sí. Si analizamos la teoría de Goldratt, ésta en su mayoría, es de sentido común. El sentido común (que como dice un refrán, es el menos común de los sentidos) es el más alto elogio a la derivación lógica que se hace para dar una explicación clara sobre cualquier asunto. La explicación y derivación lógicas de la terminología es precisamente la etapa de efecto-causa-efecto.

Esta teoría, como veremos, sólo tiene un supuesto: que podemos medir la meta de una organización en base a tres medidas operativas. Pero, como veremos todo lo demás son simples deducciones lógicas. A través de su desarrollo intentaremos extender esta etapa de efecto-causa-efecto a otras áreas de la organización como mercadotecnia, diseño o ingeniería, distribución, etc.

Vale la pena aclarar que que la etapa de efecto-causa-efecto trae consigo ramificaciones a las que nos tenemos que ajustar. Sugiere una manera diferente de desmembrar un tema. Nos permite cambiar un sistema, pero al lograr esto hace obsoleta la intuición y cómo operamos en este nuevo ambiente. Primero tenemos el cómo nos acercamos a los problemas actualmente.

El primer paso es típicamente el de familiarizarnos con el tema. Tratamos de recolectar la mayoría de datos relevantes, inclusive muchas veces nos toma mucho tiempo identificar que es relevante, otras nos frustramos por no tener los datos deseados. De la forma que sea, una vez que se tiene una colección significativa de pedazos de información nuestra tendencia es a ordenar las cosas, poner orden en una pila de información en la que se ha trabajado tanto. Esta tarea, aunque es trivial, lleva más tiempo, esfuerzos y recursos. En muchos casos hay más de una alternativa de sistemáticamente ordenar los datos. Pero, ¿qué sucede cuando al final estos datos no siguen la tendencia esperada?. Como vimos al analizar la pirámide jerárquica los "masajeamos", inventamos algunas excepciones y reglas y al final queda todo organizado. Pero después de todo lo único que hemos logrado es la clasificación.

En muchas empresas llamamos a éste proceso una recopilación o encuesta de datos. Pero, estas terminan casi siempre con "descubrimientos" que no son más que estadísticas que verbalizamos o presentamos en una gráfica y nuevamente no es más que el resultado directo de nuestros esfuerzos de clasificación. En mi caso personal, como es el de muchas otras personas, nos sentimos incómodos en terminar un trabajo tan laborioso en meras estadísticas. Estamos dispuestos a obtener cosas concretas de éste trabajo y para lograr esto revisamos las estadísticas tratando de encontrar tendencias o patrones entre las gráficas y tablas (realmente estamos buscando las correlaciones). Usualmente encontramos alguna correlación. Pero, cualquiera que haya participado en este esfuerzo sabe que hay dos problemas con este tipo de correlaciones, la primera es que aún cuando se encuentra una clara correlación nos llega a la mente la pregunta de si no es mera coincidencia. La única forma de verificar esto es mediante la experimentación. La estadística nos dice que deliberadamente cambiemos una variable y monitoriemos de cerca la otra para ver si cambia de acuerdo a las predicciones derivadas de la correlación. Desafortunadamente, aunque se logre validar la correlación, la inversión en esfuerzos, tiempo y recursos es inmensa.

El segundo y más serio problema es que en la mayoría de los casos no entendemos porque existe esa correlación y tenemos la preocupación de que exista una correlación entre más variables que no se están considerando. Lo más grave de esto es que si hay una variable correlacionada que no consideramos no tardará en surgir y declaramos la correlación inválida. El clásico ejemplo, que desarrollaremos a profundidad posteriormente, es la correlación entre el nivel de inventario de una empresa y su desempeño. El milagro japonés nos ha demostrado que con inventario substancialmente menor que el de otros países industrializados, entre ellos los Estados Unidos y México, tienen un desempeño muy superior.

Como podemos ver, actualmente al ensamblar la información, como primer paso al estudiar un tema, nos lleva al camino de la clasificación que eventualmente nos llevará al de las correlaciones. Desgraciadamente este camino no logra disparar la etapa de efecto- causa-efecto. Para lograr esto examinemos como un investigador en una ciencia establecida opera.

Cuando el investigador detecta un nuevo efecto, la última etapa que el desea es la de más información, un efecto es suficiente. La tarea ahora es pensar, no de buscar más datos. Pensar, especular aunque sean "ideas al aire". Esto permitirá hacer una hipótesis plausible para este efecto. Cuando se especula la causa el verdadero trabajo comienza.

El científico se encuentra frente a una pregunta mucho más retante. Supongamos que la hipótesis de la causa de válida, ¿Cual es el otro efecto que en la realidad debe explicar esta causa. Este otro efecto debe ser diferente en naturaleza del original, de otra forma la causa no es más que una frase vacía. El investigador tiene que buscar para ver si ese segundo efecto existe. Una vez que el efecto se encuentra (y en la ciencia esto puede llevar años de experimentación) la causa especulada adquiere el nombre de teoría. Si el efecto predicho no se encuentra es una indicación de que la causa estipulada es errónea y el científico debe encontrar otra causa plausible.

Kepler tenía en su posesión las voluminosas y sorprendentes medidas de Tycho Brahe (1546-1601). Analizando esta información Kepler logró, después de un intenso esfuerzo matemático de más de 30 años, producir algunas correlaciones. Newton, por otro lado, comenzó examinando un efecto, ¿Por qué las manzanas caen?. Especuló que la Ley de la Gravitación Universal era una causa plausible y derivó de su existencia un efecto totalmente diferente, las órbitas de los planetas alrededor del Sol. Las correlaciones no disparan la etapa de efecto causa efecto, a lo más reducen el tiempo requerido para checar la existencia de algunos efectos predichos.

Este proceso de especular una causa para un efecto determinado y luego predecir otro efecto de la misma causa se denomina efecto-causa-efecto. Muchas veces el proceso no termina aquí se hace un esfuerzo para tratar de predecir más tipos de efectos de la causa asumida. Entre más tipos de efectos predichos -y por supuesto verificados- la teoría es más poderosa ya que cada efecto predicho que sea verificado arroja luz adicional a la causa.

Para poder moverse de la etapa de clasificación-correlación a la de efecto-causa-efecto se necesitan cambiar los supuestos básicos en que se basan nuestros sistemas. Cambiando un supuesto básico se puede cambiar al sistema en sí. Estamos tan acostumbrados a cambiar dentro del sistema que muchos de nosotros no sabemos como actuar cuando éste cambia.

No hay que engañarse, muchas de las acciones correctivas no están guiadas por deducciones lógicas sino por mera intuición. Nadie sabe exactamente como adquirimos la intuición pero es claro que la intuición no crece en el aire, surge de la experiencia. Cuando un sistema cambia, nuestra intuición se hace temporalmente obsoleta hasta que se recupera gracias a nuestra "nueva" experiencia. Nos damos cuenta de que este fenómeno existe no mediante la aceptación de que nuestra intuición ya no es válida -sólo una persona extremadamente honesta llegaría a esta conclusión- el mejor signo es que hemos experimentado una mejora drástica en el desempeño del sistema que fue resultado del cambio en un supuesto fundamental. En estas situaciones debemos ser muy cuidadosos y reevaluar todos los aspectos del nuevo sistema, pensar lógicamente en todas las ramificaciones. Si no se hace esto, emplear la lógica, la experiencia no nos ayudará en nada. Hay que recordar que la etapa de efecto-causa-efecto nos da la habilidad de cambiar nuestra realidad actual, pero debemos estar listos para ajustar nuestras acciones de acuerdo a esta nueva realidad.

En la etapa de efecto-causa-efecto el concepto de "así es como siempre se ha hecho" es la antítesis de la etapa. En esta etapa todo debe estar bajo cambio constante, el cambio debe de ser visto como una norma y no como la excepción. Este es la etapa en que se encuentra cualquier ciencia madura, y es el que se debe perseguir en la administración de la producción. Debemos estar conscientes de que siempre hay mejores soluciones y no seguir con la tendencia de "así es como siempre se ha hecho".

Intentaré pues, a lo largo de este trabajo, encontrar las correlaciones entre las medidas definidas y el entorno de las empresas ya que la etapa de clasificación está hecha en las empresas. Sin embargo, en cada organización se debe de tratar de llegar a la etapa de efecto-causa-efecto y poder hacer de la administración una ciencia.

## CAPITULO I

### ANALISIS DE LA MANUFACTURA ACTUAL

La Revolución Industrial que se originó en Inglaterra en el siglo XVIII, se extendió rápidamente en Europa y América. Desde sus inicios, los países occidentales han tenido una posición predominante en casi todos los tipos de manufactura. Como ejemplo tenemos la fuerza de la industria manufacturera Norteamericana (próximamente nuestros principales rivales) que ha sido la envidia de casi todo el mundo.

En el caso de nuestro país los pobladores del México antiguo no conocían otra fuerza de trabajo que la humana (y actualmente muchas personas ven a nuestro país como solo eso), sus necesidades eran limitadas y producían por sí mismos los bienes principales. Sin entrar en un análisis detallado, sabemos de sobra que nuestra planta industrial no cambiado mucho desde sus orígenes. Si quisiera hacer una breve descripción diría que en nuestro país la mayoría de las empresas cuenta con tecnología obsoleta y una alta mano de obra. Por otro lado, nuestra planta productiva ha copiado mucho de la Norteamericana, no sólo su tecnología, sino también la forma de administrarla. Partiendo de este hecho, quisiera hacer una análisis de la Industria Norteamericana. En ella nos hemos basado y con ella vamos a competir ahora con la firma del Tratado de Libre Comercio. Además, creó firmemente que hay que analizar la historia para no cometer los mismos errores. Sale de sobra señalar que los Norteamericanos han perdido su posición de liderazgo a nivel internacional, principalmente frente a los Japoneses, y así como hemos copiado muchos de sus sistemas es necesario hacer un alto y reflexionar si son los más adecuados para la situación actual.

Para nuestra fortuna (o desgracia), como mencioné anteriormente, nuestra planta productiva es una replica de la Norteamericana. Hemos jugado en todo este tiempo al

"hermano menor que imita al mayor", y que ahora quiere competir con él". Con esta mentalidad queremos ahora "ser como él" sin importar los vicios en los que este haya incurrido. Hay un refrán, de mucha validez, que le he oído tantas veces a mi padre: "hay que aprender de nuestros errores", pero yo no creo que esta expresión se limite a los propios solamente. Hay mucho que podemos aprender de los errores de los demás (aunque por ahí dice otro refrán que "el hombre es el único animal capaz de tropezar dos veces con la misma piedra"). No hay fortaleza más grande que conocer las debilidades de nuestro oponente para usarlas en ventaja nuestra. Es momento de que el hermano menor aprenda por sí sólo y trate de ser el mejor. Si desconocemos la problemática de nuestros competidores es muy fácil que los Norteamericanos nos "hereden" su tecnología actual con un afán de "ayuda" (como se ha hecho muchas otras veces) y seamos nosotros lo que vivamos con las consecuencias y ellos los que realmente mejoren.

Fundamentándome en esto, quisiera analizar las transformaciones de la Industria Norteamericana (aprender de sus errores) y de la industria a nivel mundial en las últimas décadas.

## I.1 ANALISIS DE LA INDUSTRIA NORTEAMERICANA

En los últimos quince años ha existido un cambio dramático en la Industria Norteamericana. En 1970 se hizo aparente que los Norteamericanos empezaron a perder su posición dominante en sectores estratégicos como es el caso del acero, bronce y textiles. La competencia de los países del Este se hizo más latente y en sus inicios el desarrollo de países como Taiwan, Japón y Corea se pensó que eran debido a la mano de obra barata y el equipo moderno con el que contaban (este esquema se puede repetir en nuestro país con la firma del Tratado, sólo estriba en que México haga el cambio).

Cinco años después, su dominio en aparatos eléctricos como estereos, televisores y hornos de microondas también se perdió. En todo el mundo, incluyendo nuestro país, se cambió de General Electric a Sony y Hitachi. En esta ocasión se culparon a los Japoneses

de prácticas desleales como es el "dumping" y copiar de una manera "barata" los productos norteamericanos. (El "dumping" consiste prácticamente en vender los excedentes de producción de un país o empresa más baratos que en el mercado nacional. Esto lleva a la venta de productos casi al costo de producción en el extranjero de manera que las utilidades de las empresas se generan de la venta de los productos en el mercado doméstico (a precios altos). Esto constituye una práctica desleal para un mercado y más si el país exportador está cerrado a las importaciones -como es el caso de Japón-).

Hacia la década de los ochentas la industria automotriz, el orgullo de los Norteamericanos y su industria manufacturera más fuerte, se vió claramente en peligro. Fue hasta entonces que se cayó en cuenta que el problema era más serio. Mientras los Norteamericanos buscaban razones para explicar estos problemas los Japoneses se hacían cada vez más competitivos y ganaban mercado rápidamente.

En la actualidad ni siquiera en la industria de alta tecnología y del espacio están a salvo. En 1985 perdieron su liderazgo en la producción de *microchips* para usos electrónicos, principalmente en computadoras. En la actualidad, junto a la IBM encontramos nombres como Hitachi.

Pero, ¿Qué es lo que está sucediendo con los Estados Unidos y en general a nivel mundial?. Para contestar esta pregunta es necesario que entendamos los cambios que se están dando. Estos no son resultado de causas triviales e injusticias del destino. Necesitamos encontrar la piedra angular de la problemática Norteamericana y el secreto del "milagro" Japonés.

### 1.1.1 CALIDAD

La calidad es uno de los elementos competitivos mas significativos usados actualmente. Hasta la década de los setentas se usaba la palabra rendimiento como un sinónimo de calidad. Se oían expresiones como: este coche me da un buen rendimiento o

como rinde este producto. En las industrias se concentraban en cuantas partes buenas resultaban de la materia prima que se usaba en el proceso. Con esta terminología, teníamos que el diez por ciento de la producción eran desperdicios. Actualmente, se usa la palabra rendimiento cuando nos referimos al arranque de un nuevo proceso donde sabemos que nuestras pérdidas iniciales van a ser grandes.

Durante los ochentas la terminología cambió. Ahora se usa la palabra desperdicio para denotar el cambio en nuestro enfoque de lo que son partes buenas de las defectuosas. Se mejoraron los niveles y éstos cayeron por debajo del diez por ciento. Pero se empezó a notar mundialmente que este nivel mejorado de calidad era insuficiente. Las empresas que daban productos de mejor calidad se estaban apoderando rápidamente de los mercados (la penetración de la industria automovilística Japonesa en los Estados Unidos es el ejemplo clásico). Los consumidores eran atraídos en un principio por el bajo costo y una vez que se acostumbraron a la calidad de los automóviles Japoneses, se establecieron nuevos estándares de calidad para esa industria. Los Norteamericanos empezaron a perder participación en el mercado, debido a su menor calidad, y se dieron cuenta que debían mejorar si querían mantenerse en el negocio. Salieron en aquel entonces lemas como "La Calidad es Numero Uno" (Quality is number one - Ford Motor Company) que lo único que reflejaban era la necesidad de niveles competitivos de calidad, niveles de desperdicio por debajo del uno por ciento.

Actualmente la terminología a nivel mundial ha cambiado nuevamente. Se habla ahora en términos de "cero defectos". La magnitud de este cambio se ve en la nueva unidad de medida introducida por lo Japoneses, partes de desperdicio por millon (1/1,000,000). ¡La calidad ha incrementado su orden de magnitud cuatro veces durante ésta década!.

Inclusive, desde mi punto de vista, actualmente la calidad no es ya una ventaja competitiva como lo intenta hacer creer el gobierno con su campaña "Al Tratado hay que entrarle con Calidad". El solo hecho de hacer productos de calidad no nos va a procurar más y mejores mercados, la calidad ya es un requerimiento universal. No hay sector manufacturero en donde, a nivel internacional, no se hagan productos de calidad y en las empresas se manejen conceptos de calidad.

Regresaremos a este punto más adelante al analizar de manera detallada los factores de la competitividad.

### 1.1.2 CICLO DE VIDA DE UN PRODUCTO

La calidad no es el único aspecto relevante como piensan muchos empresarios y nuestro partido político actual. Los consumidores no sólo insisten en una mayor calidad sino también son voraces en el consumo de nuevos productos.

Antes de la década de los setentas la sociedad estaba acostumbrada a comprar productos que cambiaban ligeramente a través de los años. Nos ha tocado experimentar el cambio revolucionario que ha sucedido en el consumo de productos. Tomemos como ejemplo a la industria de la electrónica; cambiamos de una era en donde un reloj duraba toda una vida, e inclusive pasaba de generación en generación, a donde los relojes son prácticamente desechables. Actualmente se puede adquirir un nuevo modelo cada vez que cambia la tecnología o cambia la moda.

Lo mismo sucede con las calculadoras y las computadoras, cada vez se hacen más pequeñas y son más poderosas. Ya existen en la actualidad calculadoras de bolsillo con capacidad de almacenaje de 64K bytes similares a las primeras computadoras personales. Además, las calculadoras se encuentran actualmente no sólo en las oficinas sino en las escuelas, consultorios médicos, mercados, etc.. Se puede incluso adquirir una calculadora por el precio de un paquete de cigarrillos. Además, la tecnología avanza tan rápido, que en unos pocos meses ya existe en el mercado una "versión mejorada" del original.

Esta reducción en los ciclos de vida de los productos no está restringida solamente a los productos de consumo, también se presenta en las organizaciones de servicio. La presión por nuevos productos y servicios no estaba soportada por los métodos convencionales de diseño por lo que se desarrollaron métodos auxiliados por computadoras para mantenerse en la competencia (por ejemplo "EL BANCO EN SU CASA").

En los ochentas la demanda del mercado y el incremento en la capacidad de diseño redujeron el ciclo de vida de los productos a sólo unos cuantos años. Ahora estamos en un período en donde si una empresa sale al mercado con un nuevo producto en seis o nueve meses corre el riesgo de perder ese nicho debido a la capacidad de respuesta de la competencia.

### I.1.3 TECNOLOGIA

Existen también otros factores competitivos que se han manifestado en formas menos aparentes a los consumidores comunes y corrientes como es el caso de la tecnología. Antes de la década de los setentas en el mundo se utilizaban equipos electromecánicos en los procesos de fabricación (que en México son actualmente los de mayor uso). Para principios de la década de los ochentas se introdujo la computación en los procesos productivos mediante equipos de control numérico, un computador controlaba la maquinaria y los procesos de transformación. En esta misma década se logró unir en celdas a un grupo de máquinas para que fueran controladas por una sola computadora.

Sale sobrando mencionar los estados de automatización actuales. Se han invertido cantidades estratosféricas para crear sistemas de manufactura por medio de equipo de fabricación flexible, que es controlado por una sola computadora, y que es capaz de manejar un lote pequeño de producción y soportar los cambios repentinos en el diseño de los productos. Esto ha originado que se tengan plantas totalmente robotizadas y que la presión para adquirir la ventaja competitiva a través de tecnología sea muy grande.

#### I.1.4 ROTACION DE INVENTARIOS

En ninguna área se han manifestado con tanto impacto los cambios actuales de manera independiente como es el caso de la rotación de inventarios. La rotación de inventario es una medida del desempeño y tiene un significado real. La fórmula común con que se determina es la siguiente:

Rotación de Inventario = Costo de ventas en el período/Costo del inventario promedio

A menudo las cifras de la rotación de inventario se obtienen de datos del estado de pérdidas y ganancias y del balance general. Los datos más frecuentes son el inventario a final del año (al costo) y las ventas anuales (el precio neto de venta). Esto nos permite conocer cuántas veces le damos vuelta al inventario en un período de ventas determinado. Entre menor sea nuestra inversión en inventarios o nuestras ventas sean mayores tendremos mejores rotaciones de inventario y estaremos recuperando más rápidamente nuestra inversión.

Durante la década de los setentas el estándar aceptable de rotación de inventarios estaba entre dos y cinco al año. Un estudio realizado por la firma consultora de Booz, Allen & Hamilton mostró que las empresas Norteamericanas promediaban 3.7 contra 5.5 de los Japoneses. En esta década pensar en rotaciones de dos dígitos era considerado imposible.

En la década actual, de dos a cinco rotaciones anuales en el inventario es considerado totalmente inadecuado. En sólo algunos años el estándar aceptable está entre cinco y veinte rotaciones (lo que era considerado imposible en la década anterior ahora es prácticamente una necesidad). Inclusive ya hay un numeroso grupo de empresas que están entre el rango de treinta y ochenta rotaciones al año y algunas empresas Japonesas han demostrado que se pueden lograr rotaciones de tres dígitos.

Inclusive en la actualidad está surgiendo un nuevo concepto que es tener rotaciones negativas de inventarios. Es decir, que se rota el inventario tan rápidamente que los consumidores pagan por el producto terminado antes de que los fabricantes paguen por la materia prima utilizada. El ejemplo más clásico es cuando "se paga por los tacos antes de que los establecimientos paguen la carne". En México actualmente sucede este fenómeno en las grandes tiendas de autoservicio, en donde las políticas de pago a proveedores es, en algunos casos, hasta de 30 días y ellos tienen el producto en el anaquel no más de dos semanas. Esto es posible en la industria y no es más que un cambio en la mentalidad de analizar al inventario, se tiene que ver como un recurso en vez de un "consumidor de dinero".

Podríamos continuar con más ejemplos acerca de los cambios que se han dado a nivel mundial en la manufactura y sus conceptos; pero lo importante es que los empresarios Mexicanos están tomando riesgos financieros enormes para participar de este cambio y no quedarse atrás. Lo que a mi manera de ver se tiene que hacer es un sistema lógico para controlar y operar nuestras plantas que considere éstos y otros factores. Es aquí donde esta tesis trata de concentrar su atención sin darle mayor o menor importancia a estos asuntos.

## 1.2 LOGISTICA DE OPERACION

En cuanto a la logística de operación y el flujo de materiales también han existido cambios en su administración. Durante la década de los sesentas se usaban en las empresas las técnicas de punto de reorden para controlar los órdenes y flujo de materiales en las plantas. Esta teoría está fundamentada en lo que se conoce en ingeniería como Lote Económico de Pedido (EOQ -Economic Order Quantity).

A principios de los 70's se usó el poder de las computadoras en la administración de los inventarios. Ya no era solamente necesario determinar cuanto ordenar o producir sino

también cuando hacerlo. Para realizar esta labor se desarrolló lo que se conoce como Planeación de Requerimientos de Materiales o MRP (Materials Requirement Planning). Posteriormente se desarrolló MRPII en donde se hizo un esfuerzo para que la organización entera -Mercadotecnia, Ingeniería, Finanzas. etc.- tuvieran "los mismos objetivos" en mente. Cada nueva fase de MRP llevaba implícitas grandes inversiones en computadoras (*Hardware*) , paquetería (*Software*) y entrenamientos extensivos en como manejar los sistemas.

Antes de continuar con nuestro análisis, y considerando que nuestro objetivo principal es la administración de la producción, analizaremos estos dos métodos a detalle.

### 1.2.1 EOQ

En este tipo de control de la producción se estudian juntos aquellos artículos que caen dentro de los mismos grupos naturales. Estos grupos pueden estar formados de partes que son procesadas por un equipo común, de artículos manejados por el mismo comprador o de material pedido al mismo proveedor. El objetivo de ésta teoría es la de equilibrar los costos de la inversión en inventarios con los de la colocación de pedidos de reposición de estos (en el caso de los lotes de producción el costo de preparación).

La pregunta principal que intenta responder EOQ es ¿cuánto debe pedirse, o cuanto debe producirse en una máquina determinada?. La cantidad correcta a pedir (o a producir) es aquella que mejor equilibra los costos relacionados con el número de pedidos colocados (número de cambios en un proceso y costo de preparación) y los costos relacionados con el tamaño de los pedidos colocados.

Los costos de pedido pueden ser los de colocar pedidos de compra para adquirir material de un proveedor o los asociados con la orden de fabricación de un lote procedente de la planta. Cuando se compra material, se deben escribir requisiciones de materiales y pedidos de compra, se deben procesar facturas para pagar al proveedor, inspeccionar los

lotes recibidos y entregar a las áreas de almacenamiento o de proceso. A su vez, cuando la planta ordena un lote manufacturado, se incurre en costos por papeleo, arreglo de la maquinaria (costo de preparación), desperdicio normal de arranque que resulta de la primera producción del nuevo arreglo y otros costos de una sola ocasión que son función del número de lotes ordenados o producidos. La suma de todos estos forma el costo de pedido de un lote. Intuitivamente, y sin ninguna demostración formal, sabemos que el costo de colocar una orden por 100 aviones DC-10 es mucho menor que colocar 100 ordenes por los mismos aviones.

Por su parte el costo relativo al tamaño del pedido colocado, o costo de tenencia de los inventarios, incluye todos los gastos en que incurre una empresa por el volumen de inventario que se lleva. Se incluyen usualmente los siguientes costos:

a) Por obsolescencia. Se incurre en estos costos porque el inventario ya no es vendible debido a cambios en los deseos del cliente (ciclo de vida de un producto).

b) Por deterioro. El material que se tiene en inventario puede secarse, caducar o ser maltratado al manipularlo en las bodegas de modo que ya no se puede vender o usar.

c) De garantía. Los inventarios, como la mayoría de los activos de una empresa, son protegidos por un seguro.

d) De almacenamiento. El almacenamiento de los inventarios requiere de una o varias bodegas con personal de supervisión y operativo, de equipo de manejo de material, de registros, etc. Son aquellos costos en los que no se incurriría si no existieran los inventarios.

e) De capital o de oportunidad. El dinero invertido en inventarios no está disponible para ser usado en otras actividades de la compañía y, de hecho, puede ser pedido prestado a los bancos. El costo de pedir prestado el dinero a los bancos (intereses) o el costo de oportunidad de inversión perdida por no usar este capital en otras áreas de la compañía (cuánto estoy dejando de ganar en intereses bancarios por tener el dinero en inventarios) debe cargarse a la inversión en inventario como el costo de capital.

Lo que intenta EOQ es equilibrar estos dos tipos de costos -el de pedir y de almacenar- de manera que se minimize el costo total. La cantidad que resulte de esta formulación matemática será el tamaño de lote económico o cantidad económica de pedido.

Antes de continuar con la descripción vale la pena recalcar que este concepto, como se ha hecho implícito a través de éste desarrollo, se utiliza también para control de la producción y no sólo en inventarios de materia prima como se cree generalmente. Hay que recordar que el inventario de materia prima pasa a ser inventario en proceso y este lleva también implícitos costos de ordenar y de procesamiento. Si llamamos al inventario en proceso inventario en movimiento, ya que eso es lo que está haciendo físicamente en la planta, vale la pena aclarar también que bajo esta teoría no necesariamente el lote económico de compra de inventario de materia prima y el lote económico de inventario en movimiento tienen que coincidir. El tamaño de lote en movimiento se determina normalmente por los tamaños de los recipientes o de las tarimas que puede manejar la operación subsiguiente y no por el tamaño del lote de materia prima al momento de la compra. En una empresa es esencial administrar tanto los tamaños de lote fabricados como los comprados.

Si nosotros graficamos la cantidad de los pedidos contra los costos referidos anteriormente tendremos una gráfica parecida a la gráfica 1.

(VER GRAFICA 1)

Intuitivamente reconocemos que el costo de tener el inventario aumenta de forma directa respecto a la cantidad del pedido. Es más costoso manejar un lote de 100 aviones DC-10 que uno de 50. Por su parte, y como mencioné anteriormente, el costo de pedir disminuye conforme aumenta la cantidad de unidades en el pedido.

Si ahora graficamos los costos totales tendremos la curva que se muestra en la gráfica 2:

(VER GRAFICA 2)

El óptimo se encuentra en el punto más bajo de la gráfica de costos totales (punto marcado en la gráfica como EOQ).

En la actualidad se disponen de una infinidad de fórmulas para determinar la EOQ. La forma más antigua, conocida como la EOQ de la raíz cuadrada, es:

$$EOQ = \sqrt{2AS/I}$$

A: Consumo anual en pesos.

S: Costo de pedido o del arreglo en pesos

I: Costo de tener los inventarios como fracción decimal por peso del inventario promedio.

El uso de esta teoría esta basado en los siguientes beneficios prácticos:

1.- Las cantidades de pedido establecidas por un método consistente y ordenado produce resultados superiores a los pedidos determinados por una regla empírica o por conjeturas. Siempre se pueden lograr mejoras en comparación con los tamaños de lote intuitivos.

2.- La curva de costo total es plana en un rango bastante amplio de cada lado del óptimo. Esto significa que se pueden encontrar cantidades de pedido razonablemente económicas utilizando datos que distan mucho de ser perfectos. También significa que se pueden hacer ajustes a la cantidad de pedido a la que se llegó por medio de la fórmula sin sacrificar ahorros significativos.

Limitaciones:

El primer inconveniente que salta a la vista es que solamente se aplica en aquellos procesos en donde un artículo se repone o produce en lotes y no de manera contínua, (aunque en la realidad la mayoría de los procesos no siguen una forma contínua de producción).

En las aplicaciones reales existen muchas limitaciones en este método, aunque no es necesario conocer los costos específicos de pedido y tenencia de inventario para aplicarlo, debe hacerse el supuesto básico de que éstos son los mismos para todos los artículos de la familia. Esto ocasiona que los resultados no sean los más económicos cuando se consideran los costos reales y se hacen mejoras posteriores al obtener mejores cifras de costos.

Otras limitaciones que pueden hacer impráctico alcanzar el objetivo de EOQ son las debidas a la falta de capital para invertir en una cantidad determinada de inventario, espacio restringido para almacenamiento de inventario, muy poca gente preparada para realizar los arreglos y capacidad limitada de maquinaria disponible para organizar estos últimos. También muchas veces sucede que EOQ nos pide ordenar y producir en cantidades que están muy por encima de la demanda del mercado.

Todo esto ocasiona que en la realidad se tenga que usar la intuición (o cualquier otro método) en la toma de decisiones lo cual hace del método una simple herramienta para determinar el tamaño de lote. Si EOQ nos dice que hay que producir en lotes de 3.5 surge el primer problema, ¿es 3 o 4?. Si hablamos de zapatos tal vez no exista diferencia alguna pero si son aviones la inversión y recursos necesarios son totalmente diferentes y puede ser que sólo se demanden dos aviones. En este caso, aunque la teoría nos diga que es más costeable hacer "3.5", terminaremos haciendo los dos que requiere el mercado.

### **1.2.2 PUNTO DE REORDEN Y MRP**

El concepto de EOQ dá las respuestas a la pregunta de cuánto debe pedirse cada vez que se coloca un pedido de reposición. Pero, en el control de inventarios, la otra pregunta básica que debe ser respondida es en qué momento debe colocarse el pedido de reposición. Para responder esta pregunta los costos de inversión en inventario deben equilibrarse con un nivel de servicio al cliente deseado (por servicio al cliente se entiende dar el producto que quiere el cliente en la cantidad y momento deseados por él) o los costos resultantes de

la escasez de inventarios. Es obvio que si los pedidos no son colocados en el tiempo adecuado, no llegará el material a tiempo y el que queda será consumido antes de recibir el nuevo lote. Por el contrario, si los pedidos se colocan demasiado rápido, los inventarios serán extremadamente grandes.

Puesto que la selección de la técnica de reorden determina en última instancia el nivel de servicio proporcionado al cliente en estas teorías esta decisión es, por lo general, de mucha mayor importancia para los gerente que la decisión del tamaño de lote. En la práctica este hecho genera decisiones que con frecuencia están muy sesgadas hacia el servicio al cliente a costa de una elevada inversión en inventarios.

Pero, como veremos posteriormente el exceso de inventarios solamente garantiza el servicio a clientes a corto plazo y no a largo plazo. De hecho el tener un alto nivel de inventarios o lotes muy grandes de producción (alto nivel de inventario en proceso) hace que nuestros tiempos de entrega sean mucho mayores que los de las empresas que se manejan con bajos inventarios.

Todo sistema de control de inventarios necesita normas de desición. El ama de casa que compra la despensa elabora una lista de necesidades en base a reglas intuitivas que le dicen cuando comprar las cosas. El ama de casa puede predecir con exactitud la cantidad de carne para el consumo semanal en el momento de hacer sus compras. Pero, en el caso de otros productos de consumo eventual como es el caso de los pañuelos faciales, las decisiones estan basadas en una demanda muy errática. En este ejemplo dependerá si alguien de la familia tiene gripa o no. El ama de casa puede establecer la norma de que siempre exista una caja extra de pañuelos en el closet de blancos y de que si se usa se compre una de repuesto en esa misma semana. El extracto de vainilla probablemente se use en ocasiones esporádicas por lo que puede decidirse no comprar hasta que se necesite. O, en el caso de las ofertas, que la compra del ama de casa está determinada por lo fondos disponibles y el espacio de almacenamiento con el que se cuenta.

Para una ama de casa quedarse sin inventarios significa ir a la tienda o pedirle prestado al vecino. En el caso de una planta hay inventarios que conllevan una inversión muy grande que repercute en un castigo muy grande por quedarse sin existencias. Con el

objeto de controlar estos inventarios en forma adecuada se han desarrollado diferentes formas de ordenamiento.

1.- De dos recipientes: En este sistema se pone por separado una cantidad predeterminada de las existencias para un artículo en particular (con frecuencia en un segundo recipiente o area de almacen) y no se toca hasta que todas las existencias principales de este artículo se hayan consumido. Cuando se empieza a utilizar el inventario de reserva o de seguridad se coloca un pedido de reposición.

2.- Revisión visual: Se revisa visualmente y en forma periódica el nivel de inventarios y se colocan pedidos de reposición después de cada revisión y cuando se necesitan reestablecer los niveles a un máximo predeterminado.

3.- Punto de reorden: Cuando los retiros bajan el inventario de un artículo, a un nivel predeterminado llamado punto de reorden se coloca un pedido. El punto de reorden consiste en una estimación de la demanda durante el tiempo de entrega, más un inventario de seguridad para protegerse contra el hecho de que ni la demanda ni el tiempo de entrega pueden ser predichos con certeza. Conforme pasa el tiempo se va consumiendo el inventario, esto se supone a una velocidad constante y uniforme como se puede ver en la gráfica 3:

(VER GRAFICA 3)

hasta que se alcanza el nivel predeterminado del punto de reorden se coloca un EOQ lo que incrementa nuevamente el inventario para que se repita el ciclo.

4.- Revisión periódica: En la revisión periódica, los registros de inventario se revisan en forma periódica y se pide suficiente material para reponer el total en existencia más un pedido hasta un nivel predeterminado .

5.- Planeación de requerimiento de materiales (MRP): En el MRP, el material se pide de acuerdo a programas de cantidades y tiempos para cumplir un programa preplaneado de producción del artículo en el que se consume el material. La lógica fundamental se basa en la demanda dependiente. La producción de los artículos en una

planta depende de la demanda de los consumidores y a su vez la materia prima está en función de las unidades a producir. MRP aplica matemáticamente el siguiente análisis lógico:

- 1.- ¿Cuándo y cuánto queremos fabricar de un producto específico?
- 2.- ¿Que componentes se requieren?
- 3.- ¿Con cuántos de éstos ya se cuenta?
- 4.- ¿Cuántos se han pedido ya y cuando llegarán?
- 5.- ¿Cuándo se necesitan más y cuantos?
- 6.- ¿Cuándo deben pedirse?

Antes de la existencia de las computadoras había pocas aplicaciones de MRP. las limitaciones del manejo manual de tanta información imposibilitaba su aplicación y aun cuando los usuarios la encontraban superior al punto de reorden su uso resultó en excesos de inventario. Actualmente los procesadores han hecho esta tarea significativamente más fácil, pero ¿es la mejor opción?.

#### Limitaciones:

Por desgracia, en la mayor parte de las situaciones reales de inventario el punto de reorden es un método muy impreciso. Primeramente se supone que el inventario se consume de manera constante, es decir, que la planta elaborará 100 piezas por día. ¿Qué sucede en el momento en que hace 90 o 120?. Los tiempos de reorden se hacen totalmente inservibles. También tenemos que se requiere establecer el punto en el que se van a reordenar los inventarios (en la práctica son fijos y se revisan esporádicamente) y un inventario de seguridad. Aunque existen muchos métodos, por lo general se determinan estos números en base a análisis históricos del comportamiento de los proveedores lo cual es errático y no considera la demanda real. Esto puede ocasionar que una empresa se sobreinventarie o tenga faltantes significativas de producto. Tenemos también que la cantidad de EOQ es por lo general fija y recalculada sólo cuando se esperan cambios significativos en la demanda ocasionando el mismo problema de exceso o falta de inventario.

MRP, aunque es más general que el punto de reorden, presenta también inconvenientes significativos.

1.- Debe desarrollarse un plan maestro válido que establezca lo que se va a elaborar, qué cantidad se necesita y cuándo se requieren los artículos para cada producto. Todos estos planes son invalidados al momento en que alguna de las partes no funciona, se retrasa o adelanta. Como veremos más adelante todos los procesos tienen un ritmo promedio de producción y una fluctuación estadística sobre esa media (desviación estándar) lo que ocasiona que este método tenga problemas ya que requiere de números exactos para una correcta programación de algoritmos y calendarización.

2.- Es esencial una información exacta sobre los inventarios con que se cuentan, incluyendo un número de parte único, la cantidad en stock y los datos necesarios para describir el artículo en una forma completa para fines de planeación. Este método, a diferencia de Teoría de Restricciones, requiere de un estricto control en todas las áreas y procesos de la empresa y un sólo material (un mal registro, planeación o una falla de nuestro proveedor) puede detener toda la producción.

### **1.2.3 MANUFACTURA SINCRONIZADA -EL SISTEMA JAPONES Y TEORÍA DE RESTRICCIONES-**

En la década actual el logro Japonés en su logística de piso y de materiales, el famoso "Justo a Tiempo" (*Just in Time*), ha probado ser mejor que cualquiera de los esfuerzos anteriores. Hoy varias empresas a nivel mundial están intentando implementar estos esfuerzos para seguir siendo competitivos y mientras tanto, los Japoneses, siguen su búsqueda frenética por un mejor sistema de Manufactura Sincronizada, término que hasta la fecha no se ha definido exactamente y del cual hablaremos posteriormente al desarrollar la Teoría de Restricciones.

### I.3 SITUACION ACTUAL EN MEXICO

Si nos regresamos a analizar estos puntos en la realidad de nuestro país nos encontraremos con muchos problemas. Primeramente tenemos el de la calidad.

#### I.3.1 CALIDAD

La calidad en nuestro país ha estado determinada por un factor muy importante y es el sobreproteccionismo de la manufactura en muchos años. Con un malinchismo mal entendido ("Lo hecho en México está bien hecho") lo único que logro el gobierno fue hacer más conciencia de calidad en los Mexicanos. No se necesita ser ingeniero o tener un título universitario para entender lo que es calidad, podemos encontrar definiciones variadas desde un niño (que el juguete soporte para lo que fue diseñado) hasta una ama de casa (que un limpiador realmente "limpie las ventanas" y no todo lo contrario). El problema en nuestro país fue que los empresarios sólo se preocuparon durante muchos años por las utilidades de la empresa y no por las necesidades de los clientes. Las consecuencias se están viviendo y las van a sufrir aquellas empresas que no entiendan que la calidad es un requerimiento y no un lujo en sus productos. Mundialmente estamos fuera de competencia si no se entiende a nuestros clientes, la calidad es resultado de las exigencias de nuestros clientes y no de un eslogan gubernamental, la calidad debe ser establecida por un sondeo de nuestro mercado (debe surgir desde abajo de la pirámide) y no por lo que el director crea que es calidad (desde arriba). Pero . . . ¿Cuál es el significado de calidad según los expertos?.

Utilicemos algunos minutos para repasar lo que dicen aquellos que han indicado el camino hacia la Calidad Total. Esto nos ayudará a tener una mejor perspectiva, al definir las oportunidades y beneficios que vemos surgir de la calidad .

Ishicawa: "Los medios de proporcionar productos de calidad a bajo costo, compartiendo el beneficio entre consumidores, empleados y accionistas, al tiempo que se mejora la calidad de vida de la gente".

Norma Industrial Japonesa: "Un sistema de medios para producir económicamente bienes y servicios que satisfagan los requisitos del consumidor".

"Para la implantación efectiva del control de la calidad es necesaria la cooperación de todos los miembros de la organización, incluyendo a la alta gerencia, gerentes, supervisores y trabajadores en todas las áreas de actividades corporativas como: investigación de mercados, investigación y desarrollo, planeación de la producción, compras, distribución, ventas, finanzas, personal, etc."

Sociedad Americana Para el Control de Calidad: "La búsqueda de excelencia mediante la promoción de una cultura de mejoras contínuas, sin fin, en todos los aspectos del negocio y entre toda la gente de la compañía".

Demming: "Hacer las cosas bien desde la primera vez".

Crosby: "Cero defectos".

Jurán: "Aptitud para el uso".

Procter y Gamble: "El esfuerzo de cada uno en la organización para entender, cumplir y exceder las expectativas de nuestros clientes".

### **I.3.2 CICLO DE VIDA Y TECNOLOGÍA**

En cuanto a estos factores sucede lo mismo que con la calidad. La inversión de nuestros empresarios en investigación y desarrollo ha sido prácticamente nula. La

tecnología que se usa es de importación y no se le dá un auge ni siquiera a la investigación universitaria en este ramo como en otros países. Necesitamos enlazar a las universidades con las empresas para que ambas obtengan beneficios y mejore nuestra posición tecnológica. Debemos de entender el impacto de la tecnología en las empresas, el porque han surgido los robots y se ha substituido a la mano de obra. Como veremos posteriormente la tecnología en la planta está encaminada a reducir las variaciones de los procesos. ¿El hecho de que los Norteamericanos y los Canadienses piensen en ingles los hace mejores que nosotros?. Yo creo firmemente que no. Se necesita muchos camino que recorrer en nuestras universidades y en la mentalidad de nuestro pueblo pero nunca es tarde para empezar.

### **I.3.3 ROTACION DE INVENTARIOS Y LOGÍSTICA DE OPERACION.**

Son pocas las empresas que realmente usan estos métodos, inclusive son casi nulas aquellas que han reconocido la importancia de los inventarios dentro de la posición competitiva de una empresa. Como veremos durante el trabajo, en los inventarios se encuentra el verdadero milagro Japonés, (no en los robots ni en la calidad de sus productos). El tener altas rotaciones de inventarios es importante así como la manera en que llevemos a cabo la logística de nuestras plantas. Como mencioné antes, aquí es donde se centra el desarrollo de este trabajo.

### **I.4 ¿ POR DONDE EMPEZAR ?**

Todos estos ejemplos ilustran como la carrera de la industria, a nivel mundial, por la ventaja competitiva se está intensificando. El mayor reto que tiene la industria en México es como ser más competitivos casi de "la noche a la mañana".

Estamos en un período de cambios tan drásticos en los mercados mundiales y los hábitos de consumo, como lo fue en su época la revolución industrial. Sus implicaciones para las empresas, los países y nuestro estándar de vida son tan profundos como cuando empezaron a surgir las primeras industrias en Inglaterra. Podríamos bautizar a ésta como la era de la "Revolución en la Administración de la Manufactura".

Ya no es simplemente una pregunta de ciclos buenos o malos en las empresas. No podemos seguir buscando excusas o pretextos para explicar el mal desempeño de nuestras empresas como lo hicieron en su tiempo los Norteamericanos. Si la industria mexicana quiere sobrevivir a la competencia que se avecina no podemos permanecer al margen esperando a ver si la firma del Tratado de Libre Comercio es solo una tormenta pasajera o se nos va a hundir el barco.

Tampoco podemos seguir usando los métodos convencionales de cortar costos y desemplear gente en los tiempos malos. Las empresas que eligen reducirse para pasar los malos tiempos simplemente tienden a desaparecer al largo plazo. Las que sobrevivan serán aquellas compañías que encuentren la forma de participar y competir en la carrera a nivel mundial y no las que se queden como simples espectadores de los cambios. Tenemos que encontrar la forma de mejorar continuamente en los tiempos buenos y en los malos.

El problema en México es que no se entenderán la magnitud de los problemas hasta que no se acepte que estamos atrasados y reconozcamos que tenemos muy poco tiempo para empezar a competir. Estamos en el inicio de nuestra incorporación al mercado mas grande del mundo y vamos a competir contra uno de los más fuertes.

Solamente en los últimos cinco años han surgido una cantidad innumerable de nuevas técnicas como posibles soluciones para la problemática administración de la producción. Así han surgido el Justo a Tiempo (JIT-Just in time), Control Estadístico de Procesos (SPC- Statistical Process Control), la Tecnología de Grupo (GT-Group Technology), Las Fábricas del Futuro (FOF-Factories of the Future) y una serie más de nuevas tecnologías. Entender cada una de éstas, por sí solas, es un reto agotante y muy lento, decidir de entre todas ellas cual es la mejor es una tarea casi imposible; y encontrar la forma de adaptarlas e implementarlas parece fuera del alcance de una organización.

Ya que en muchas empresas en México no contamos con los recursos, el tiempo y los fondos para hacerlo todo estamos mucho más conscientes de que debemos de dar pasos agigantados que nos hagan competitivos. No hay tiempo para experimentos o errores costosos. ¿Qué pasos hay que dar primero? ¿Qué metodología de administración nos conviene?

Para responder a estas preguntas, como cualquier otra interrogante en nuestras vidas, tenemos que hacer un análisis sencillo, no matemático, que nos permita encauzar los esfuerzos hacia el mismo objetivo. Entonces, ¿por qué no partir precisamente de ese punto?. Debemos reexaminar el objetivo principal de nuestras industrias (y digo reexaminar porque en todas las empresas alguna vez fue nuestro objetivo principal pero en muchas otras ha dejado de serlo).

Llegando al objetivo básico y la naturaleza de las organizaciones de manufactura podemos encontrar el camino a éstas y muchas otras interrogantes; y por el sólo hecho de hacerlo, encontraremos la mayor parte de nuestros problemas.

## CAPITULO II

### OBJETIVO DE UNA EMPRESA Y COMO MEDIRLO

#### II.1 OBJETIVO DE UNA EMPRESA.

Cuando Thomas Watson Sr. aceptó la gerencia general de IBM (International Business Machines) la empresa era un caos. Corría el año de 1914 y eran tales los apuros financieros de la empresa que había adoptado pagar únicamente aquellas obligaciones que hubieran vencido cuando menos hacía seis meses. Recordemos que IBM es el resultado de la fusión de tres empresas pequeñas poco productivas, desorganizadas e independientes. Sus directores buscaban a alguien que pudiera conjuntar una empresa partiendo de esas entidades, era la oportunidad de Watson de convertirse en empresario sin aportar capital.

Por una casualidad, William Procter, fabricante de velas, y James Gamble, fabricante de jabones se casaron con dos hermanas. Alexander Norris consideró que sus dos yernos se beneficiarían uniendo sus esfuerzos porque sus respectivos negocios utilizaban las mismas materias primas. En 1837 decidieron ensayar su nueva empresa comercial: Procter & Gamble.

En palabras de Donald Trump: "Apunto muy alto, y a partir de ahí todo es tirar y tirar hasta que consigo lo que quiero. A veces me conformo con menos, pero en muchos casos, al final y pese a todo, logro lo que me había propuesto".

Lawrence Miller en su libro "El Nuevo Espíritu Empresario" nos dice que la mayor parte de las empresas cumplen un propósito valioso, y los individuos buscan identificarse

con él. Que vivimos en una era de unidad, de integración, en donde las distinciones que desunen y limitan a la gente son inherentemente contraproductivas.

Así podríamos seguir citando a muchas empresas y empresarios, pero lo que intentamos descubrir es el objetivo principal de todos ellos. ¿Qué es lo que realmente se trata de alcanzar en una empresa?.

Aunque se habla muchas veces que las empresas con éxito han definido sus metas en términos de producto o servicio y beneficios al cliente estoy seguro que los señores Procter y Gamble no pusieron su dinero y esfuerzo con el intento altruista de dar el mejor servicio a los clientes a través de productos de calidad. Aunque en el primer párrafo de su declaración de principios P&G establece "Suministraremos productos de calidad y de valor superiores que satisfagan mejor las necesidades de los consumidores del mundo" este no era el objetivo principal de la empresa al momento de su creación. Tampoco el objetivo era tener la mayor participación de mercado, tener los costos de fabricación más bajos o que sus empleados fueran los mejores pagados y más satisfechos.

Ninguna de las razones anteriormente expuestas son el objetivo principal por las que un empresario invierte su dinero en la creación de una empresa. Todos los anteriores pueden ser objetivos secundarios o como veremos medios para lograr el objetivo principal, pero no pueden por sí solos constituir la meta.

Tomemos textualmente el capítulo 4 del libro de Goldratt y Cox "La Meta" en donde Alex Rogo, gerente de una planta, se encuentra en el aeropuerto con Jonah su profesor de física de la universidad. Alex va en camino a una conferencia sobre robótica en su empresa y el impacto que han tenido los robots en las empresas norteamericanas. Jonah intrigado por el tema de la conferencia cuestiona a Alex sobre el incremento de la productividad en la empresa debida a los robots.

"J- ¿Así que su compañía ha aumentado beneficios en un treinta y seis por ciento con la instalación de algunos robots?. ¡Increíble!

A- Bueno no exactamente. Ojalá fuese así de fácil, pero es algo más complicado que eso; en realidad sólo fue una sección donde conseguimos el incremento de treinta y seis por ciento.

J- ¿Entonces ustedes no aumentaron en realidad su productividad?. Permitame que le pregunte algo: ¿Ha sido su fábrica capaz de terminar un sólo producto más al día, es decir, que el surtido de sus pedidos haya incrementado por el mero hecho de los cambios producidos con la instalación de los robots?

A- Bueno... tendrfa que revisar las cifras.

J-¿Despidieron a alguien?.

A-¿Quiere usted decir que a cuántas personas despedimos por instalar los robots?. Si es eso lo que desea saber, le diré que a nadie; tenemos un acuerdo con el sindicato de no despedir a ningún trabajador por razones de aumento de la productividad, así que lo único que hacemos es que los relocalizamos. Por supuesto que, cuando se produce una caída en las ventas, ponemos a la gente en la calle.

J-¿O sea que los robots no redujeron los costos de personal?.

A- No, tengo que admitirlo.

J- Entonces dígame, ¿se redujeron sus inventarios?.

A- Sinceramente, creo que no, pero tendrfa que confirmar los datos.

J- Compruebe sus datos si quiere... pero si sus inventarios no se han reducido, ni han bajado los gastos de personal... y si su empresa tampoco a logrado vender más, lo que es obvio porque no ha conseguido surtir más pedidos, entonces no puede decirme que los robots han aumentado la productividad en la planta.

A- Entiendo lo que me dice, pero mis eficiencias incrementaron, mis costos se vieron reducidos...

J- ¿Seguro?

A- De hecho esas eficiencias andan alrededor del noventa y cinco por ciento y el costo por unidad ha reducido considerablemente.. Permitame decirle que para mantenerse competitivo en estos días se tiene que hacer lo posible para ser más eficiente y reducir a su vez los costos.

J- Con esas cifras de rendimiento, tendrán que mantener constantemente en operación sus robots.

A- Desde luego, de otra manera perderíamos nuestros ahorros por unidad. La eficiencia también bajaría, pero eso no ocurre solo con los robots, sino con cualquier otro recurso de producción. Tenemos que producir todo el tiempo posible para seguir siendo eficientes y mantener la ventaja en costos.

J- Sea sincero, sus inventarios se encuentran por las nubes ¿verdad?.

A- Si se refiere a nuestro inventario en proceso...

J- ¡Todos sus inventarios!

A- Bueno, depende. En algunas partes, sí, he de admitir que son altos.

J- Y siempre hay retrasos. Son incapaces de surtir los pedidos a tiempo.

A- Reconozco que ese es uno de nuestros mayores problemas con los clientes, pero ¿cómo sabe usted esto?.

J- Sólo un presentimiento. Además, he observado los mismos problemas en muchas empresas, no son los únicos.

A- Estoy intrigado, acaba de mencionar uno de mis mayores problemas...

J- Bueno, si pensará usted un poco en lo que hemos estado discutiendo puede sacar a la planta del atolladero.

A- Probablemente le dé una mala impresión. Tenemos algunos problemas, pero no puedo decir que mi planta está en el atolladero. ¿Qué le hace pensar que mi planta está en problemas?.

J- Usted mismo me lo dijo. Deduje claramente de sus propias palabras que usted no está dirigiendo una fábrica tan eficiente como cree. Creo que lo que ocurre es justamente lo contrario. Está usted dirigiendo una planta muy poco eficiente.

A- No de acuerdo a mis parámetros y mediciones.

J- Pero sus parámetros le están mintiendo.

A- Estoy de acuerdo que de vez en cuando maquillamos los números, pero... ¡todos lo hacen!.

J- Está usted perdiendo el punto. Piensa que está operando una planta eficiente, pero su manera de pensar está equivocada.

A- Pero, si mi forma de pensar no es diferente a la de cualquier otro gerente de planta.

J- ¡Exactamente!.

A- ¿Qué quiere decir eso?

J- Alex, usted es como el resto de los empresarios, ya ha aceptado muchas cosas sin cuestionarlas, sin realmente pensar en ellas.

A- Pero si mi trabajo es pensar, lo hago todo el tiempo.

J- Alex, ¿Usted cree realmente que los robots son una verdadera mejora?

A- Pues, simplemente porque han aumentado la productividad...

J- ¿Qué es la productividad?

A- De acuerdo a como lo define la compañía; hay una fórmula que usamos, algo sobre el valor agregado por empleado es igual a...

J- Independientemente de cómo lo defina su empresa eso no es la productividad. Olvídense por un momento de las fórmulas y todo eso y dígame en sus propias palabras ¿qué es ser productivo?.

A- Yo creo que significa lograr algo.

J- ¡Exacto! pero, ¿lograr algo en términos de que?.

A- De acuerdo a una meta.

J- ¡Correcto!. Cuando se es productivo se logra algo en términos de una meta. Llegamos a la conclusión de que la productividad no es otra cosa que el acto de llevar a una empresa lo más cerca posible de su meta. Toda acción encaminada a lograr esto es productiva toda aquella que no lo es es inproductiva.

A- Si, pero... en realidad eso es sentido común.

J- Es simple lógica, eso es lo que es.

A- Pero es demasiado simple, no me dice nada. Si me muevo hacia la meta soy productivo y si no, no lo soy ¿y qué?.

J- Lo que le estoy tratando de dar a entender es que la productividad no tiene sentido si no se conoce la meta.

A- Bien, digamos que uno de los objetivos de la empresa es el aumentar las eficiencias. Por lo tanto, cada vez que incrementamos las eficiencias somos productivos ¿o no?.

J- ¿Sabe cuál es el problema?

A- Seguro, necesito aumentar mis eficiencias.

J- No, ese no es su problema. Su problema es que no sabe cual es la meta de su empresa y no importa que tipo de empresa sea sólo existe una meta.

A- Espere, si se cual es la meta... producir bienes de la manera más eficiente posible.

J- No

A- ¿El poder?

J- No esta mal, pero no se consigue el poder por el sólo hecho de manufacturar algo. Alex, no puede entender el significado de productividad si no sabe cual es la meta, hasta entonces esta usted jugando con palabras y números en su empresa.

A-¿Cuál es el objetivo de una empresa?" (1)

Sólo existe una meta global en las organizaciones y es:

### ¡HACER DINERO!

Aunque es un respuesta aparentemente trivial. Para muchos de nosotros, y principalmente los que trabajamos en empresas grandes, es muy fácil perderse en los objetivos de los diferentes departamentos o en los objetivos personales.

Para el departamento de compras un objetivo es comprar materiales al menor costo posible. ¿Qué sucede cuando un comprador nos llena con veinte meses de inventario en un material que adquirió porque era una "ganga"? El comprador no se detiene a pensar en los

costos de almacenamiento y manejo que esto implica ni tampoco en el costo de oportunidad del dinero invertido en el material.

Lo mismo sucede en el departamento de personal. Se contrata mucha gente ya que "las personas son nuestro principal activo". Dar trabajo a la gente no es la razón de existencia de una planta. Después de todo en épocas de vacas flacas se convierten en el "primer activo circulante" (aquel que tiene mayor liquidez o movimiento) y las empresas hacen recortes de personal para reducir costos.

De la calidad y servicio a clientes podemos decir que son factores indispensables para ser competitivos (como veremos posteriormente). Pero, si este es el objetivo, ¿Por qué una de las empresas fabricantes de los mejores automóviles del mundo, la Rolls Royce, está al borde de la quiebra?.

No comparto la opinión de Alex Rogo. Si el objetivo de una empresa es hacer productos de calidad eficientemente ¿Por qué se ha dejado de producir, en prácticamente todo el mundo, el Volkswagen sedán? Un producto de calidad y bajo costo. Hay mucha gente que en la actualidad piensa como Alex: a través de la tecnología es la forma de ser productivos. Reconozco que la tecnología es importante pero el sólo hecho de tenerla no significa que estamos cumpliendo con nuestro objetivo principal.

Tampoco se debe de pensar que las ventas por sí solas son el objetivo de una empresa. Estoy de acuerdo que las ventas son el generador de riquezas de una empresa pero hay muchas veces que una compañía vende por debajo de costo (El famoso "dumping") o ligeramente por encima sólo para deshacerse de inventarios o ganar participación de mercado. Si con estas medidas no se hace dinero...¿A quién le importa?. No ganamos nada con decir: "soy el que más vendo" o "yo vendo más que la competencia". Si nuestros competidores ganan dinero y nosotros no ¿Quién es el que realmente está ganando?.

¿Qué otra razón pudo tener J. Bartolomeo Granby al empezar en 1881 su compañía que manufacturaba estufas de carbón?¿Su amor por los artículos electrodomésticos?. Por supuesto que lo hizo para hacer dinero y mucho.

Si una empresa no hace dinero al producir y vender productos, mediante los contratos de mantenimiento, vendiendo algunos de sus activos o por cualquier otro medio la empresa está terminada.

Por lo tanto, si la meta es hacer dinero, entonces cualquier acción encaminada a hacer dinero es productiva y aquella que nos aleje no es productiva. ¡Tenemos que hacer que nuestras empresas hagan dinero!.

Pero, el hacer dinero una sola vez y el hacer dinero muchas veces es lo que diferencia a un empresario de un comerciante. El empresario busca invertir su dinero y espera obtener utilidades durante un período de tiempo largo (aunque al principio tenga que operar con pérdidas para lograr el objetivo). Por el otro lado tenemos al que compra un automóvil, de manera eventual, para venderlo. Esta persona está haciendo "un negocio" de manera esporádica (aquél que se dedica a la compra-venta de automóviles, o a cualquier otra forma de comercio, de forma constante es un empresario).

Por lo tanto para redondear más nuestro objetivo principal podemos agregar que en una empresa la meta es hacer dinero tanto a corto como a largo plazo, en el presente como en el futuro.

Una vez que se tiene definida la meta u objetivo principal es necesario que toda la empresa tenga este objetivo en mente. Si logramos que el departamento de ventas, mercadotecnia, compras y por supuesto manufactura tengan esto en mente y todas las decisiones estén encaminadas hacia este objetivo la mitad del camino ya está andado.

Para lograr esto necesitamos hacer un análisis a detalle de como se manejan las organizaciones en la actualidad y determinar como encaminar los diferentes niveles y áreas hacia el mismo objetivo: hacer dinero en el presente y futuro.

## II.2 EL CONFLICTO INHERENTE EN LA ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL

Si nos preguntamos que tienen en común Margaret Thatcher, el Ghengis Khan, el Papa o el legendario Moisés no nos lleva mucho encontrar la respuesta, todos se encuentran en la cumbre de una pirámide jerárquica. Puede parecer extraño que organizaciones con objetivos totalmente diferentes y separados por tremendas distancias y tiempo están todos estructurados básicamente de la misma manera.

Una descripción precisa de la estructura básica de este tipo de organizaciones está documentada en el viejo testamento. Cuando los Israelitas escapaban de la esclavitud, no le tomó mucho a su líder encontrar que la única manera efectiva para manejar su nueva organización era creando una pirámide jerárquica. "Escogió, pues, Moisés hombres capaces de entre todo Israel, y los constituyó jefes del pueblo, jefes de mil, jefes de cien, jefes de cincuenta y jefes de diez. Estos juzgaban al pueblo en todo tiempo; los asuntos graves los llevaban a Moisés; mas en todos los asuntos menores decidían ellos mismos." (Exodo 18:25-26).

En este siglo es de particular interés el manejo de las organizaciones. En el pasado, éstas estaban restringidas a tres tipos básicamente: los gobiernos, los ejércitos y las religiones. Por su naturaleza, sólo un número limitado de esas organizaciones podían existir. Esto ya no ocurre en la actualidad, desde los inicios de la Revolución Industrial hemos visto el nacimiento de nuevos tipos de organizaciones, empresas industriales y de servicios. Si elegimos como medida el número de empleados, el número de industrias que exceden de diez mil empleados representaría probablemente el doble de las que existían en el siglo pasado. Esta explosión es mucho más sorprendente cuando se analiza el crecimiento de las empresas de servicios. Las únicas organizaciones de este tipo que existían en el siglo pasado eran los bancos. Actualmente, no solamente hay más bancos, sino que también hemos visto el nacimiento de muchas otras como son las compañías de seguros. Los pequeños comerciantes y las pequeñas tiendas se han convertido en grandes

organizaciones de distribución de productos. Actualmente Aurrerá o Comercial Mexicana cuentan con los empleados suficientes para crear un ejército.

Es interesante observar que este crecimiento de las empresas en grandes organizaciones no rompió las fronteras de las estructuras de organización antiguas, aún cuando este crecimiento estuvo acompañado de nueva tecnología y técnicas de administración. Todas las organizaciones en la actualidad están basadas en la pirámide jerárquica, pueden tener diferentes niveles jerárquicos, autonomía en la toma de decisiones a ciertos niveles, "líneas punteadas" de reporte hacia niveles superiores, pero la estructura piramidal básica es el pilar de todas ellas.

El número básico en la estructura que desarrolló Moisés era de 10 personas reportando a una. Este mismo número fue usado en los ejércitos del Imperio Romano y el mongólico del Genghis Khan. Si examinamos otras organizaciones vemos que las pirámides se construyen en repeticiones de poca gente, en la mayoría de los casos de entre 5 y 15 personas que reportan a una sola. Este fenómeno, que es común en cualquier cultura o tiempo, nos hace pensar en la capacidad de las personas.

Un individuo sólo puede dirigir efectivamente entre 5 y 15 personas. Cualquier intento de dirigir directamente a un número sustancial de personas prueba, en un tiempo muy breve, ser totalmente inefectivo. Si este es el caso, es obvio que la solución al problema de administrar una organización con más de una docena de empleados se encuentra en la pirámide jerárquica de mando.

Las organizaciones no se edifican exactamente en una pirámide pura. Mientras más nos acercamos a la cúspide encontramos gente reportando directamente a niveles superiores de dirección y encontramos muy poca gente reportándole a éstos. Este fenómeno es resultado inevitable de que la mayoría de las organizaciones necesita tener una serie de actividades de soporte que requieren de poca gente comparado con las actividades principales. A este tipo de personas o áreas, responsables de las actividades de soporte, suele llamárseles "Áreas de Staff (Sostén)". A los niveles similares, pero que se encargan de las actividades principales de la empresa se les conoce como "Gerentes de Línea". En este sentido no existe diferencia básica entre una industria, un gobierno o un ejército.

Podemos concluir que la uniformidad del método de la pirámide jerárquica de mando, utilizada en todas las organizaciones a través del tiempo se deriva de la habilidad básica de los individuos de dirigir directamente a un grupo pequeño de personas en la organización. Esto es, que las organizaciones están usando el modelo de la pirámide no porque sea el mejor método sino porque probablemente es el único método funcional.

Pero, la pregunta que surge muchas veces dentro de las empresas es siempre la misma: ¿Es bueno este método?. No podemos concluir nada de la efectividad de la pirámide sólo por el hecho de que se usa en muchas empresas y tampoco quiere decir que no existan mejoras posibles al sistema. Lo que necesitamos es buscar mejoras dentro del esquema de la pirámide y no fuera de ella. El primer lugar para encontrar una posible mejora es su principal falla. Solamente encontrando las fallas nos será posible diseñar mejoras. Mientras la falla sea mas grande y fundamental mayor será la posibilidad de encontrar una mejora substancial.

Para encontrar la falla principal o fundamental, si existe alguna, necesitamos definir como funciona la pirámide jerárquica. La información debe circular en ella de arriba a abajo y viceversa de manera constante para asegurar que la organización funcione correctamente (Y quiero hacer hincapié que es en los dos sentidos y no solamente de arriba hacia abajo como muchos empresarios Mexicanos piensan). La información debe subir y las instrucciones deben bajar.

Cada enlace (gerente) en la pirámide (la punta -director general- y la base - operadores- no son enlaces) pregunta información a sus subordinados y la "masajea" antes de pasarla a su jefe. Los gerentes no piden la información y pasan directamente una serie de datos a su jefe, si éste fuera el caso, la cantidad de datos que llegaría a la punta de la pirámide sería tan voluminosa que sería imposible digerirla. Por lo tanto, el gerente pide la información , básicamente una evaluación, en lugar de datos (los reportes de una hoja son un requerimiento de información y no de datos).

Después de recolectar información de todos los subordinados, un gerente emplea su intuición, algunas reglas y sus propios datos para formular una evaluación que a su vez pasará a su jefe. Este proceso se repite a través de la pirámide para dar los ingredientes necesarios en la toma de decisiones. Hay que recordar que todos los gerentes sin excepción

son tomadores de decisiones, lo que los distingue entre ellos son las cosas sobre las que deciden y la magnitud de estas decisiones.

Aquí podemos detectar claramente varias fallas. ¿Cómo hace un gerente su evaluación? ¿Examina la información desde un punto de vista global para toda la organización o en función del objetivo principal del negocio o sólo considera los objetivos y funciones de su departamento? ¿Están capacitados los gerentes para tomar decisiones y evaluarlas en función de lo que busca toda la organización? ¿Si el presidente de una organización, con su conocimiento y perspectiva, fuera substituído por un gerente de nivel medio se tomaría la misma decisión sobre un asunto en particular? ¿Podemos dar por hecho que las decisiones en una organización no están influenciadas por lo que las personas creen que es lo mejor para su "reinado" o departamento?

Con estas preguntas podemos deducir claramente que en la mayoría de las evaluaciones se introduce un grado de distorsión respecto al objetivo principal debido a los puntos de vista locales de cada gerente. Ya que estamos trabajando con cadenas de mando debemos esperar que entre más larga sea la cadena, entre más eslabones estén involucrados, mayor será la distorsión.

Vale la pena aclarar que siempre hay la posibilidad que el gerente llegue a una evaluación correcta aun cuando las evaluaciones que recibe de sus subordinados estén distorsionadas por sus puntos de vista. Pero, ¿cuál es la probabilidad de que en todas las ocasiones le sea posible navegar entre todas las distorsiones y elegir la correcta?. Estoy seguro que esta probabilidad no es del cien por ciento aun para gerentes inteligentes e intuitivos. Inclusive, si se pudiera lograr, tendríamos la posibilidad de que los gerentes de niveles superiores introduzcan su propia distorsión. La habilidad de corregir las distorsiones que le son pasadas a un eslabón no garantiza que los siguientes no introducirán nuevas, y por lo general, lo que sucede es que recibimos las distorsiones, las aumentamos, y con esto reducimos la capacidad de los siguientes eslabones de llegar a una evaluación correcta. El efecto es que cada eslabón, en promedio, incrementa la oportunidad de distorsión en lugar de reducirla.

Por otro lado, una decisión hecha no implica que sea una decisión ejecutada. La decisión tiene que ser traducida en instrucciones y ser comunicadas a las personas

adecuadas para su ejecución. Si una decisión se hace en los niveles altos de la pirámide no puede ser partida a ese nivel en instrucciones específicas. Tomemos como ejemplo cualquier decisión hecha por el presidente de la empresa. El no puede traducir la decisión en instrucciones directas y detalladas a todos los empleados que estarán involucrados en la ejecución. En vez de esto, el presidente la formulará como una política de la empresa que a su vez será traducida por sus subordinados directos en guías más detalladas para cada área de responsabilidad. Los subordinados de estos últimos harán un mayor refinamiento y las detallarán más específicamente hasta que el último nivel gerencial eventualmente de instrucciones directas para ser ejecutadas por los empleados o base de la pirámide.

Esto es, de forma general, la forma en que la información fluye de arriba a abajo. Pero nuevamente ocurre el mismo problema. Cuando las guías son interpretadas por la gerencia media y se convierten en guías más refinadas o instrucciones, el gerente nuevamente interpreta estas guías de acuerdo con su entendimiento local. La perspectiva local, en lugar de una global, entra en juego nuevamente. La gerencia media es muy probable que desconozca la perspectiva global y pueda ser influenciado por lo que crea que es mejor para su reinado. Podemos esperar que exista distorsión en la interpretación, y nuevamente, entre mayor sea la cadena mayor será la distorsión en la política original del presidente de la empresa.

Es muy difícil saber que tan severas son estas distorsiones o que tanto afectan el desempeño de una organización y todavía más difícil tratar de cuantificarlas. Pero, tomemos un ejemplo como caso hipotético para clarificar el orden de magnitud. Imaginemos un juego de ajedrez en que las piezas son jugadas no por una sola persona sino por una pirámide jerárquica de mando. Tomemos al presidente encargado de las piezas blancas. El no ve el teclado, el tiene a dos vicepresidentes. Uno a cargo de la defensa y otro a cargo del ataque. Ellos tampoco ven el teclado ya que tienen a sus directores. Un director estará encargado de los alfiles al momento del ataque y otro estará encargado de ellos para la defensa, y así para el resto de las piezas. Estos directores reúnen información de su gente, que son los que eventualmente mueven el teclado e informan lo que ven. Formulan sus evaluaciones que pasan hacia arriba. Finalmente la información llegará al presidente que formulará la política global: "¡Ataquen por la derecha!". Esta guía se convierte por los diferentes niveles en guías más finas hasta que se ejecuta el movimiento en el teclado.

Aunque parezca una estructura perfectamente diseñada estoy seguro de que no se ganaría el juego ni contra un niño. Parece ser que la única forma de ganar es jugando contra otra pirámide jerárquica.

Si esta analogía no es del todo concluyente pensemos en aquel juego de la niñez llamado "Teléfono Descompuesto". En éste el presidente, o primer eslabón de la cadena, dice una frase a su subordinado que se va pasando de eslabón en eslabón hasta el último de ellos. ¿Cuál era el resultado de este juego?. En la mayoría de los casos una frase que no tenía relación alguna con la original. Y esto se volvía más crítico entre más larga era la cadena.

Con estos ejemplos podemos ver como las distorsiones impiden el correcto desempeño en una organización de acuerdo con el objetivo global. También podemos ver el conflicto inherente que tiene la estructura piramidal. Esta fue desarrollada para contrarrestar el problema de control limitado que ejercen las personas unas sobre otras. Usándola extendemos el alcance de control de una persona en la gerencia sobre algunos subordinados y no sobre cualquier número de ellos. Desafortunadamente este incremento en el alcance de la gerencia, a través de enlaces intermedios, introduce distorsiones en el panorama general. Entre mayor sea el alcance, mayor es el número de niveles intermedios y mayores las distorsiones.

Como podemos deducir las distorsiones son el resultado de las diferencias básicas entre las consideraciones desde un punto de vista local -un departamento, un producto, una función específica- y uno global -el sistema entero y su objetivo-. El efecto de la acumulación de distorsiones es directamente proporcional a la validez de la siguiente declaración:

**"El total de los óptimos locales no es igual al óptimo global"**

Cuando las organizaciones se construyen de una manera que la diferencia entre los óptimos locales y los globales son grandes entonces la distorsión debida a la pirámide es muy grande. El desempeño de esta empresa será mucho menor que aquella que logre minimizar esta diferencia.

El reconocer la existencia del conflicto inherente con la estructura piramidal es tan viejo como la pirámide misma. Todas las organizaciones han luchado intencionalmente, o de manera intuitiva, en encontrar una respuesta. Podemos revisar algunas de las soluciones usadas en diferentes organizaciones. Vale la pena antes de hacerlo el aclarar que ninguna organización utiliza solamente una solución sino varias de ellas. Actualmente las empresas a nivel mundial utilizan una mezcla de soluciones en donde domina una de ellas pero todavía hay rastros de las otras.

### II.2.1 EL EJERCITO

Probablemente la solución más conocida sea la del ejército: la disciplina. La disciplina es un intento de minimizar las distorsiones que se introducen al interpretar guías y detallar instrucciones. La pirámide es usada como un canal conveniente de distribución y no como una estructura gerencial en sí. El uso de la disciplina, como el principal patrón de comportamiento, es un intento de neutralizar a los niveles inferiores de hacer cualquier decisión significativa por sí solos, dejando la tarea de decidir en la punta de la pirámide. Este método no puede funcionar si no se acompaña de una traducción predeterminada de cada guía en instrucciones detalladas. La tarea de los niveles inferiores de gerencia es básicamente la de ejecutar las guías de acuerdo con el proceso adecuado y previamente determinado. No es una coincidencia que el ejército tenga tantos manuales y reglas de operación.

La disciplina no toma en cuenta el otro flujo de información, el de abajo hacia arriba. No es de sorprender que en los ejércitos de la antigüedad, donde la disciplina se ejercía más extensamente que en los actuales, el comandante superior siempre se localizaba durante las batallas en el punto más alto de visibilidad. Desde ahí podía ver la batalla, aunque arriesgara con esto su vida. La disciplina trata de evitar la necesidad de depender en óptimos locales y trabaja eficientemente cuando la situación con la que se encuentra ha sido predeterminada. Los manuales y normas tienen detallado que hacer exactamente en

cada circunstancia y los niveles inferiores han sido entrenados para llevar a cabo estas instrucciones.

En su forma más pura es un mecanismo muy rígido que no puede hacer frente con los cambios constantes en el medio ambiente al que se enfrentan la industria y las empresas de servicio.

## II.2.2 LA RELIGION

Por otro lado, la solución de las organizaciones religiosas es casi la antítesis del método del ejército. Las religiones también utilizan un "manual de operaciones", pero existe una diferencia enorme en ambos conceptos. Las organizaciones religiosas no tienen una traducción estricta y predeterminada a cada suceso. En vez de esto, han desarrollado un código específico de que es lo que está bien y que es lo que está mal. Este código es, para una situación determinada, la unión entre una guía apropiada y la instrucción específica.

El ejemplo más conocido es el que mencionamos anteriormente, el de Moisés y los Israelitas. La Biblia nos dice que Moisés primero instituyó la pirámide jerárquica. El siguiente capítulo es sobre el Monte Sinaí y los Diez Mandamientos. Los Mandamientos son entregados a todos los niveles de la nueva organización. Estas reglas no son como ejecutar una guía dada desde la punta de la pirámide, son las reglas mediante las cuales los niveles inferiores de la pirámide pueden deducir sus propias guías sin esperar una decisión de un nivel más alto.

Este método trata de dar máxima autonomía y poder de decisión al nivel inferior de la pirámide, preferiblemente desde la base. Esta forma de resolver el conflicto inherente entre los puntos de vista locales y globales es a través de la intuición de reglas predeterminadas que ocasionan que el óptimo local coincida con el óptimo global. Los Diez Mandamientos, por sí solos, no son simplemente una serie de reglas, son al mismo

tiempo una declaración precisa de la meta de toda la organización. El conflicto inherente entre el óptimo local y global simplemente se elimina.

Esta solución conceptual adoptada por las organizaciones religiosas es claramente superior a la del ejército. El hecho de que todos los ejércitos, sin excepción, usen básicamente el mismo método indica que hay una diferencia básica entre los ejércitos y las religiones. Esta diferencia hace que el ejército no tome la solución de la religión y viceversa. El hecho de esta diferencia radica en los medios que se tienen que utilizar para lograr la meta de la organización.

La meta de las organizaciones religiosas es alcanzada cuando cada individuo se comporta de una forma determinada. La meta del ejército puede ser lograda sólo a través de un esfuerzo sincronizado de muchos individuos. Para la religión es suficiente encontrar las reglas que guiarán al individuo y los altos niveles de la pirámide interpretan esas reglas en situaciones donde sus ramificaciones no están claras. El objetivo del ejército sólo se puede lograr a través de trabajo en equipo y reglas apropiadas para todos los niveles.

### **II.2.3 INDUSTRIAS Y ORGANIZACIONES**

Las industrias y las organizaciones de servicio sufren del problema básico de los ejércitos, aunque usualmente no al mismo grado. Para lograr el objetivo de este tipo de organizaciones, los esfuerzos sincronizados de los subgrupos son vitales. No es de sorprenderse que en las organizaciones de servicio y en la industria se establezcan reglas desde que éstas surgieron. Todos estamos conscientes de estos intentos, aunque generalmente nos referimos a estas reglas con un nombre diferente: medidas. Estas reglas deben definir que es lo que está bien o mal, y si es necesario cuantificarlas se les conoce como medidas. Los esfuerzos para formular medidas y juzgar a la empresa como un todo (de acuerdo con el objetivo principal) son más efectivas que cualquier esfuerzo de formular medidas para los niveles inferiores de la pirámide.

Una indicación clara de esto se puede observar en el constante cambio en las empresas de ser centralizadas a descentralizarse y viceversa. Parecería ser que cada vez que la organización se divide verticalmente de manera que cada subsistema interactúe con el mundo externo, la descentralización incrementa su desempeño. Las reglas para juzgar el negocio completo pueden ser usadas por los niveles inferiores de la pirámide. Pero, este no es el caso cuando la división se hace horizontalmente. En la división horizontal creamos subsistemas que no solo interactúan con el mundo exterior sino entre ellos. Los servicios o materiales están dados de un subsistema a otro subsistema dentro de la misma organización. En estos casos las medidas de un objetivo global han probado ser totalmente inefectivas. No sólo se distorsionan al transferirse, intensifican -en lugar de disminuir- la tendencia al óptimo local.

Hasta aquí parecería ser que sólo hay dos soluciones para tratar con el conflicto inherente de la pirámide jerárquica: disciplina y medidas. La primera no utiliza la iniciativa y la intuición de los niveles inferiores y por definición es rígida y difícil de acomodar a los cambios. La segunda está limitada por nuestra habilidad de encontrar e instituir las medidas apropiadas. Los esfuerzos para encontrar medidas apropiadas no han dado frutos desde sus inicios en la década de los treinta. No es de sorprenderse que cuando la computadora entró en escena, trayendo consigo una capacidad enorme de almacenar datos y un impresionante poder de cálculo, pensamos que al fin teníamos una posibilidad de usar el método del ejército sin sufrir de su rigidez.

Hace tres décadas parecía que la computadora podría usarse para desviar el conflicto inherente de la pirámide. La organización podría llenar la computadora de datos sin ninguna interpretación o evaluación hecha por los niveles inferiores. La alta gerencia podría entonces agregar sus deseos, dictar las políticas deseadas, y la computadora procesaría esto en órdenes específicas para los diferentes niveles. De esta manera ningún óptimo local entraría al sistema -la disciplina prevendría que hubiera malos reportes- y quedaba asegurado el flujo de información hacia arriba. La disciplina nuevamente permitiría generar las instrucciones adecuadas y aseguraría el flujo de información hacia abajo. La computadora generaría instantáneamente los "manuales de instrucciones" adecuados y removería el mayor obstáculo del método de la disciplina: la rigidez.

Las empresas en todo el mundo, sin excepción de México, han invertido cantidades extraordinarias de dinero para lograr esta solución. Ahora, después de veinte años de trabajo intenso en la computación, casi todas ellas han caído en la decepción. El objetivo básico no fue logrado. Las computadoras no son el arma gerencial de la punta de la pirámide. En lugar de esto, se han convertido en bancos de datos importantes y para la automatización de trabajo a los niveles inferiores de la pirámide y no de la gerencia.

Existe un supuesto en el sueño de usar la computadora para resolver este dilema, la de que en algún lugar físico de ésta habrá un mecanismo que permitirá traducir los datos y las políticas en instrucciones. Estos mecanismos son precisamente las "medidas adecuadas" o las "reglas correctas" y muchas empresas se han frustrado con el esfuerzo de encontrar esas reglas y embarcarse en usar las herramientas adecuadas para explotarla. Lo que muchas veces no se comprende es que una herramienta no reemplazará a un método, sólo permite llevarlo a cabo.

Es común ver que cuando se han encontrado las medidas adecuadas y se instituyen, la forma de usar la computadora no será para establecer el sistema de disciplina y saltarse a los niveles inferiores de la pirámide sino todo lo contrario. Una vez definidas las medidas no habrá necesidad de saltarse los niveles inferiores si los óptimos locales coinciden con los óptimos globales. En esta forma la computadora se convertirá en una herramienta para aumentar el método del óptimo global. Cada individuo, en cada nivel, puede expandir su habilidad para usar su iniciativa y acceder a las bases de datos y usar el poder de las computadoras para hacer cálculos simples y voluminosos. Las cantidades de dinero invertidas en computadoras serán benéficas en el momento en que se encuentren y se instituyan las reglas de la organización pensando siempre en el objetivo principal.

Mientras en México, como en los Estados Unidos, se ha buscado una solución con estos enfoques, en Japón han hecho un ataque no tan ambicioso pero mucho más efectivo. Si las evaluaciones se distorsionan debido a los óptimos locales en los niveles inferiores de la pirámide hay que expandir el punto de vista de éstos. Cada gerente, en las grandes empresas Japonesas, pasa a través de un período de entrenamiento que puede tomar años. Durante éstos, se mueven en la empresa a través de una diversidad de funciones y de áreas. Después de este entrenamiento la habilidad para evaluar una situación no está dictada por los óptimos locales deseados sino por su conocimiento del impacto de una

situación en otras áreas de la organización. El óptimo local de los gerentes se extiende a llegar a ser lo más parecido al punto de vista del presidente de la organización.

Pero esto no es suficiente, los Japoneses lo llevan un paso más, y tienen el cuidado de no tomar una decisión si no se ha logrado un "consenso". Este es un proceso largo que básicamente consiste en una comunicación extensiva e informal hacia abajo y hacia arriba en la organización. Este proceso casi garantiza que las decisiones finales hechas no estén basadas en óptimos locales sino que contribuyan a las necesidades de la empresa como un todo. Este proceso es lento y no muy efectivo para las decisiones del diario, pero, el hecho de que los métodos Japoneses dan mayores resultados que los métodos usados actualmente es un testimonio alarmante.

Parece ser que la mejor solución a este dilema es tratar de encontrar nuevamente las medidas apropiadas que eliminen la diferencia entre los óptimos globales y locales. Estas reglas deben de ser adecuadas a todos los niveles de la organización y no sólo para una función determinada, tienen que ser apropiadas para todos los niveles gerenciales.

Pero las dificultades no sólo se presentan en definir estas medidas; supongamos que se han encontrado las medidas adecuadas. Estas, por definición, requieren que la gerencia media lleve a cabo evaluaciones, decisiones y acciones dentro de una perspectiva global de la organización entera en vez de concentrarse, como se usa actualmente, en su reinado. Esto significa que las medidas requieren de un cambio drástico en la actitud de todos los niveles gerenciales. La magnitud de este cambio es claramente una "revolución cultural". No estamos tratando con un problema tecnológico, es un problema psicológico de las empresas y el cambio debe comenzar desde adentro, en los mismos gerentes.

Existe otro obstáculo, ¿Cuántos datos se necesitan para que cada nivel gerencial en todos los niveles tengan una perspectiva global de la organización en cualquier momento?. Si los datos son demasiado extensos o si los cambios son mucho más rápidos que el período de "digestión" las medidas no serán efectivas.

Analicemos más a fondo la afirmación hecha anteriormente:

"El total de los óptimos locales no es igual al óptimo global".

No hay que cuestionar su validez (la cual es claramente obvia), hay que cuestionarnos si es posible hacer cambios en las organizaciones de manera que esto sea falso. "El total de los óptimos locales", la palabra óptimo sólo tiene sentido cuando se utiliza con respecto a un objetivo que se intenta maximizar (o minimizar). En otras palabras, esta suposición sólo tiene sentido si asumimos la existencia de objetivos locales. "No es igual al óptimo global", este óptimo se refiere al de toda la organización. Considerando esto podemos reescribir nuestra afirmación usando diferentes palabras:

"El objetivo de las áreas locales está en conflicto con el objetivo global de la organización .

Si aceptamos esto, podemos ver que hay un conflicto inherente, si lo vemos como una precaución sugiere que reformulemos el objetivo de las áreas locales.

Para salir de esta discusión vamos a reemplazar nuestra afirmación por una guía que no especifique la situación actual sino la esencia de la solución que estamos buscando:

"Los objetivos de las áreas locales deben contribuir positivamente al logro del objetivo de la organización global".

Ahora resulta claro cual es el siguiente paso para una empresa. Primeramente determinamos el objetivo principal de toda la organización y segundo tenemos que establecer que significa "contribuir positivamente". Para lograr esto tenemos que definir las medidas y formular reglas para las áreas locales. Parecería ser que sólo podemos demandar que se "contribuya positivamente" si la gerencia del área local tiene un conocimiento extenso de todas las otras áreas. Vale la pena aclarar que el conocimiento de una área necesita de otras, es aquel necesario para llevar a cabo las acciones locales que lograrán que ésta "contribuya de manera positiva" a la meta global. Si esta información es limitada y fácil de obtener habremos resuelto el problema.

No deseamos en una empresa dedicar mucho tiempo y esfuerzo en construir medidas y reglas solo para encontrarnos con una solución que parece perfectamente construida pero que no puede ser puesta a la práctica debido al problema de información. Aceptamos el hecho de que una área no necesita conocer toda la información detallada de

otras áreas para dirigirla efectivamente. Sin embargo, para evitar los óptimos locales tradicionales se necesita conocer bastante de las otras áreas.

Por ejemplo, la información que se refiere a las limitaciones de la organización es crucial para los gerentes locales, de otra manera pueden violar una limitación global al ejecutar una decisión local. Una acción de este tipo nos lleva a lo contrario de "contribuir positivamente" con el objetivo principal de la organización.

De todo esto podemos concluir que es vital que la información sobre las limitaciones de la organización sea distribuida a todos los niveles gerenciales de la pirámide. Para generalizar esta conclusión, debemos incluir en las limitaciones de la organización todas las restricciones. Pero, muchos empresarios perciben en sus industrias que tienen muchas restricciones y que éstas están cambiando de manera continúa.

Si es verdad que debemos difundir información sobre las restricciones actuales en la empresa a todos los gerentes, y que la mayoría de las organizaciones tienen muchas de ellas y que además cambian con frecuencia, estamos en un serio problema.

Analicemos esto sistemáticamente; el primer paso es definir el término "restricción", de otro modo todo va a ser catalogado en esta categoría. Una restricción es todo aquello que limita al sistema en alcanzar un mayor desempeño con respecto a su meta (todo aquello que nos impide ser más productivos). Aunque parece una definición bastante general tiene el problema típico de las definiciones usadas en las empresas, la definición utiliza términos que no han sido plenamente definidos.

Parecería ser que "sistema" es la primera palabra que tendríamos que definir, pero este no es el caso. En este contexto se usa como sinónimo de organización. El término crítico es "meta" por lo tanto antes de usar la palabra "restricción" es necesario definir precisamente la meta del sistema. De hecho, el término "mayor desempeño" implica que las medidas han sido determinadas de otra forma no podríamos evaluar un mayor o menor desempeño.

Llegamos al punto en donde no se puede seguir el análisis de las empresas en México si no definimos la meta y las medidas apropiadas. Podemos ver que son el fundamento de cualquier análisis sistemático del problema.

Antes de definir las medidas regresemos nuevamente al asunto de la meta. En la realidad empresarial al determinar una meta la primera pregunta que nos debemos formular no es cual debe ser ésta sino quien está facultado para determinarla. Visto desde esta perspectiva es obvio que la gente que tiene el poder para determinar la meta de una organización son los dueños o los accionistas. También es claro que cualquiera que tiene el poder de determinarla lo tiene para arruinar o dañar la organización. Sin entrar en mayor discusión es importante sólo recordar que:

"La meta de las organizaciones industriales y de servicios es hacer dinero en el presente y en el futuro".

Sin embargo, otros tipos de organizaciones pueden tener diferentes metas. El objetivo de un gobierno o un ejército no es el hacer dinero (al menos eso espero). El mayor obstáculo al determinar la meta de éstas organizaciones es la realización de la meta y una unidad medible de ella, de otra manera la meta quedará en una simple frase o se interpretará intuitivamente de muchas formas distintas. Pero, en las empresas industriales y de servicios no tenemos este problema; la unidad de medida de la meta es el dinero.

### II.3 MEDIDAS BASICAS

Si nuestra meta es hacer dinero en el presente y en el futuro, ¿cómo lo podemos medir?.

La primera pregunta es: ¿Mi empresa está haciendo dinero o no? Esto es muy fácil de contestar si tenemos a la mano el Estado de Resultados o de Pérdidas y Ganancias y buscamos la Utilidad Neta. Al terminar el ejercicio o año fiscal, a todo comerciante no

sólo le interesa conocer la situación de la empresa, sino también el total de la utilidad o pérdida que arroje el ejercicio y la forma en que se ha obtenido dicho resultado. Aunque la utilidad o pérdida se puede conocer por medio del Balance General, (puesto que en dicho documento aparece el capital aumentado o disminuido por los resultados obtenidos durante el ejercicio) obtenerlo del Estado de Resultados nos permite conocer la forma en la que se obtuvieron.

Si nos detenemos a pensar si esta medida es suficiente para medir nuestra meta nos encontramos con un problema. Supongamos que una empresa reporta 100 millones de pesos en utilidades, ¿está logrando su meta?. En primera instancia parecen ser muy buenas utilidades. Si para lograr esas utilidades se hizo una inversión de 200 millones no quedaría la menor duda de que estamos logrando la meta. Pero, si para lograr esas utilidades se hizo una inversión de 1000 millones no podemos decir que las utilidades son buenas ni que se este cumpliendo con la meta.

Por lo tanto, necesitamos una medida que nos muestre una relación entre la cantidad de dinero que hemos invertido en la empresa y el dinero que ésta genera. Una medida de este tipo la encontramos en el Retorno sobre Inversión.

Aunque estas dos medidas parecen ser suficientes ¿cuantas veces hemos visto el caso de empresas que registran utilidades, tienen un buen retorno sobre inversión, pero han estado al punto de la quiebra?. Existe una tercer medida que es el Flujo de Efectivo. Cuando no se tiene el dinero suficiente para pagar los salarios, la renta, etc. ninguna otra cosa es importante para el empresario ni los accionistas.

La primera medida - la Utilidad Neta- es una medida absoluta. No depende de ningun otro estado en el tiempo de la empresa. Pero, como vimos una medida absoluta, aunque necesaria, no es suficiente. Se necesita una medida relativa como lo es el Retono Sobre Inversión que nos permite ver como es la Utilidad Neta en relación con nuestra inversión. El efectivo es además extremadamente importante como cualquier empresario sabe.

Vale la pena aclarar que el flujo de efectivo no es una medida sino una condición necesaria. Para ser más claro hay que recordar lo que sucede en todas las empresas sin

excepción (y en muchos otros eventos personales): "cuando hay suficiente efectivo, este no es importante. Pero si no se tiene, nada es más importante". El flujo de efectivo es una medida de supervivencia. Es una frontera que las empresas mexicanas, y las del resto del mundo, no deben de cruzar. Esto es precisamente por lo que es una condición necesaria.

Antes de continuar con nuestro análisis, y siguiendo uno de los objetivos de la tesis, vamos a profundizar más en estas tres medidas.

### II.3.1 MEDIDAS Y ESTADOS FINANCIEROS

Los estados financieros informan acerca de la realización histórica de una empresa y proporcionan claves para su futuro. El reporte anual es un documento que informa a los accionistas y se audita de acuerdo con los principios de la contabilidad generalmente aceptados (aún por los ingenieros). Una descripción completa de las actividades de una empresa durante un año consta de tres estados financieros: 1) un balance general al principio del año fiscal; 2) un estado de resultados que muestra los flujos de ingresos y gastos durante el año; 3) un balance general del fin de año, que proporciona una fotografía instantánea de los activos (todos los bienes y derechos que son propiedad de la empresa) y pasivos (todas las deudas y obligaciones a cargo de la empresa) finales. Son necesarios tanto un balance general al principio como al final del año para medir cualquier cambio en los saldos de las partidas o cuentas, por ejemplo, los cambios en el nivel de inventarios mantenidos.

### II.3.2 EL ESTADO DE RESULTADOS

El siguiente cuadro muestra una versión altamente estilizada del estado de resultados de una empresa, el cual mide los flujos de ingresos y de gastos durante un intervalo de tiempo, generalmente un año:

Ingresos	I
Costos Variables	-CV
Costos Fijos en Efectivo	-CFE
Costos Fijos que no son efectivo	<u>-CFN</u>
Utilidades antes de	
Intereses e Impuestos	UAII
Pagos de interes de tasa fija	<u>-PI</u>
Utilidades antes de impuestos	UAI
Impuestos	<u>-IMP</u>
<b>UTILIDAD NETA</b>	<b>UN</b>
Dividendos pagados a los accionistas	-DA
<b>UTILIDADES RETENIDAS</b>	<b>UR</b>

Ingresos de la empresa: Estos están dados por las ventas totales de la empresa. Entendemos por ventas totales el valor total de las mercancías entregadas a los clientes, vendidas al contado o a crédito.

**Costos Variables:** Los costos variables son los salarios, sueldos, materiales y servicios usados para la producción. Los costos variables en un año dependen de la cantidad de unidades que se produzcan, si no existe producción, entonces los costos variables son cero.

**Costos Fijos:** Los costos fijos son constantes y se deben de aplicar independientemente de la producción y las ventas de la empresa. Los costos fijos tienen dos componentes: los costos fijos en efectivo, tales como los impuestos sobre la propiedad, sueldos y salarios administrativos (aunque no produzca le tengo que pagar a mis secretarias), y los costos fijos que no son efectivo, cuyo principal componente es generalmente la depreciación. La depreciación no es un flujo de efectivo, más bien es una estimación de la disminución del valor de los activos físicos empleados para la producción.

**Pago de intereses:** corresponde a los gastos (o productos) que provienen de operaciones financieras de la empresa como los intereses sobre documentos, préstamos bancarios, hipotecarios, etc.

### **II.3.3 FLUJO DE EFECTIVO**

Una de las más importantes responsabilidades del tesorero corporativo es la administración de las fuentes y de las aplicaciones de fondos. El tesorero no solamente debe estar seguro de que hay efectivo disponible para satisfacer las necesidades a corto plazo, tales como los pagos de nómina y de facturas, sino que también debe programar la administración estratégica de los fondos para facilitar el crecimiento a largo plazo vía la expansión o la adquisición de capital. La herramienta para este análisis es el estado de origen y aplicación de recursos. Este se calcula a partir de un estado de resultados y de dos balances generales, uno al principio del período y otro al final. Aunque se puede estimar un estado de origen y aplicación de recursos para cualquier intervalo de tiempo (por ejemplo, una semana, un mes, un trimestre, etc.) nos concentraremos en un estado anual.

El cambio en la posición de efectivo de la empresa se definirá como la diferencia entre los orígenes y las aplicaciones de los fondos.

### FLUJO DE EFECTIVO = ORIGENES - APLICACIONES DE FONDOS

En el siguiente cuadro se resumen los orígenes y las aplicaciones de fondos:

ORIGENES	APLICACIONES
1.- Provenientes de las operaciones (UN + CFN)	1.- Dividendos
2.- Disminuciones de activos a corto plazo (excluyendo el efectivo)	2.- Aumento de activos a corto plazo (excluyendo el efectivo)
3.- Aumentos de pasivo a corto plazo	3.- Disminuciones de pasivo a corto plazo
4.- Disminución del saldo bruto de propiedad, planta y equipo	4.- Aumentos del saldo bruto de propiedad, planta y equipo
5.- Aumentos de la deuda a largo plazo	5.- Disminuciones de la deuda a largo plazo
6.- Venta de acciones preferentes o comunes	6.- Readquisición de acciones preferentes y comunes

La explicación para cada categoría de orígenes y aplicaciones es sencilla. Primero observemos que Utilidad Neta + Costos Fijos que no son Efectivo (UN+CFN) es una forma de resumir los orígenes (o las aplicaciones) de fondos provenientes de las operaciones.

Si vemos el estado de resultados el ingreso (I) es la principal fuente de fondos. Todos los términos negativos son aplicaciones de fondos excepto para la depreciación, que es un cargo que no representa movimiento de efectivo. En consecuencia hay que añadir la depreciación al ingreso neto (y demás costos fijos que no son efectivo) para obtener los orígenes de los fondos.

En la columna de aplicaciones las fuentes opuestas son los dividendos, los cuales son definitivamente un flujo de salida de efectivo y generalmente una aplicación fundamental de fondos. A partir del estado de resultados recordemos que el ingreso neto menos los dividendos es igual a las utilidades retenidas. Por tanto, la primera hilera en el cuadro anterior de orígenes y aplicaciones de fondos resume toda la información sobre los flujos de efectivo provenientes del estado de resultados. Todas las demás hileras son cambios en cuentas del balance general.

Los decrementos (incrementos) de los activos a corto plazo, excepto efectivo, son orígenes (aplicaciones) de fondos. Por ejemplo, una disminución en inventarios es un origen de fondos porque se vendió algún producto. Por otra parte, los incrementos (decrementos) de los pasivos a corto plazo son orígenes (aplicaciones) de fondos. Si aumentan las cuentas por pagar, la empresa ha pedido en efecto prestado a sus proveedores de crédito comercial. Este es un incremento en los fondos disponibles, un origen.

Podemos centrarnos en el saldo bruto de la propiedad, planta y equipo porque es fácil de usar. Un incremento en el saldo bruto de esta cuenta significa una aplicación de fondos y viceversa en el caso de un decremento. Desafortunadamente, algunas veces una empresa reporta sólo su saldo neto en propiedad, planta y equipo, y la depreciación acumulada. De ser así, podemos demostrar que el cambio en el saldo bruto de propiedad planta y equipo es igual al saldo neto de la propiedad planta y equipo en el balance general de fin de año, más la depreciación durante el período menos el saldo neto de la propiedad planta y equipo al inicio del período.

Para ver que esto es verdad, vamos a construir las cuentas iniciales y finales de propiedad, planta y equipo sobre la base de un ejemplo sencillo que se muestra a continuación:

	INICIAL	FINAL
Propiedad, planta y equipo bruto	1000	1100
menos depreciación acumulada	500	550
Propiedad, planta y equipo neto	500	550

El cambio en la propiedad, planta y equipo bruto es de 100. La depreciación acumulada durante el período es de 50, es decir, el cambio en la depreciación acumulada. Finalmente, el cambio en propiedad, planta y equipo neto es de 50. Por lo tanto, tenemos que:

$$\text{Cambio en el saldo bruto de propiedad planta y equipo} = 550 + 50 - 500 = 100$$

De este modo se puede usar cualquiera de los dos procedimientos para calcular el efecto de los cambios en los activos a largo plazo sobre los orígenes y aplicaciones de fondos.

Las partidas restantes de la tabla son sencillas. Un incremento (decremento) en la deuda a largo plazo es un origen (aplicación) de fondos porque representa un préstamo (un reembolso de un préstamo). La venta (readquisición) de instrumentos de capital contable también es un origen (aplicación) de fondos.

En resumen, el estado de orígenes y aplicaciones de fondos proporciona un panorama bastante completo de las operaciones recientes y una buena perspectiva sobre el flujo de fondos dentro de la compañía. Dado el balance general proyectado y los datos proyectados complementarios sobre las utilidades, dividendos y depreciación, el administrador financiero puede construir un estado proyectado o proforma de orígenes y aplicaciones de fondos para mostrar la manera como una empresa proyecta adquirir y emplear los fondos durante algún período futuro.

#### II.3.4 RETORNO SOBRE INVERSION

El rendimiento sobre los activos (ROA) al cual se le llama también rendimiento sobre inversión (ROI) es una técnica de tasa de rendimiento promedio. El rendimiento sobre los activos totales pretende medir la eficacia con la cual la empresa ha empleado sus recursos totales. Se puede obtener el resultado como un porcentaje para compararlo contra

la tasa de retorno mínima aceptable (TREMA), esto es obtener un porcentaje de eficacia y compararlo contra el estándar de la industria o contra un equivalente en tasas de interés bancarias, o como el tiempo en el cual recuperamos una inversión.

$$\text{ROI} = \text{Ingreso neto} / \text{activos totales (\%)}$$

$$\text{ROI} = \text{Inversión} / \text{Ahorros por año (Años)}$$

## II.4 MAS SOBRE LAS MEDIDAS BASICAS

Mientras que estas tres medidas son suficientes para determinar cuando una empresa está haciendo dinero, son totalmente inadecuadas para juzgar el impacto de una acción específica en nuestra meta. Por ejemplo, ¿De que tamaño deben de ser nuestros lotes de producción y cómo debemos procesar los materiales a través de nuestras plantas? ¿Cómo se verá impactada la utilidad neta por el tamaño de estos lotes? ¿Cuál sería el impacto de la compra de nueva tecnología en nuestras medidas financieras? ¿Debemos aceptar una orden de nuestros productos cuando el precio de venta es sustancialmente por debajo del precio estándar?.

Claramente necesitamos una especie de puente entre las decisiones operacionales que se tienen que hacer en una empresa y las medidas financieras de la empresa o nuestras medidas básicas.

Actualmente, nuestro puente o enlace de las decisiones en la planta con nuestras medidas básicas (o objetivo principal) está basado en el concepto del costo. Se han desarrollado una serie de procedimientos y sistemas basados en las ideas de costo. Empleamos las técnicas de lote económico (EOQ) para determinar nuestros lotes, analizamos las oportunidades de inversión basados en la reducción en costos para determinar inversiones de capital, calculamos el costo de los productos y los márgenes de utilidad para establecer que productos deben de ser promocionados en el mercado y cuales

descontinuados, para reducir costos e incrementar utilidades nos deshacemos de personal, etc.

## II.5 CONCEPTO DE COSTO

El concepto del costo y sus procedimientos son el puente existente entre nuestras acciones y las medidas financieras, pero ¿este puente no nos está llevando hacia la dirección correcta?. Las medidas que estamos buscando no son solamente aquellas que nos permitan juzgar la meta sino también aquellas que puedan juzgar el impacto de las restricciones en la meta. Profundizaremos en esta conclusión en la tesis más adelante.

Para una misma entidad podemos tener más de un grupo de medidas válidas, sin embargo, pueden diferir dramáticamente en su habilidad para exponer los diferentes parámetros de que son responsables en el desempeño final. En nuestra definición de restricción hemos aludido a la existencia de un grupo de medidas que puedan juzgar el impacto de las restricciones en el desempeño de un sistema. Una restricción, en muchos casos, es algo de naturaleza local -falta de mercado suficiente para un producto determinado, una tecnología que es restrictiva, falta de capacidad de un recurso en particular, etc-.

Aunque las medidas financieras, como vimos anteriormente, son un grupo válido para medir nuestra meta de hacer dinero, son impotentes para juzgar el impacto de algo de naturaleza local en el desempeño contra la meta. Si regresamos al problema de la teoría de costos como puente entre la meta y las decisiones en manufactura a pesar de que éstos están bien definidos los gerentes generalmente no hacen caso a los resultados calculados debido a su "experiencia o intuición" o los problemas inherentes del método.

Hablemos primero del concepto de lote económico. Cualquiera que lo haya utilizado (que en la práctica son muy pocos) sabemos que después de usar la fórmula -en cualquiera de diferentes versiones- el lote calculado, ya sea de materia prima o inventario

en proceso, nunca nos dá exacto. Tomemos como ejemplo que tenemos un lote de 46.5 piezas. Como vimos en el primer capítulo, intuitivamente podemos redondear y decir que son 50, si hablamos de suelas para hacer zapatos no hay problema, pero que sucede si estamos fabricando aviones. No es lo mismo tener empleados para trabajar en 46 que en 50 unidades. Sin duda, el problema más difícil a enfrentar en la aplicación del concepto de EOQ es el supuesto de que existe una relación proporcional entre la cantidad del inventario que se lleva y los costos reales en efectivo del inventario así como entre el número de pedidos colocados y el costo real de pedido. En la práctica, la reducción del número de pedidos de compra no da por resultado una reducción proporcional en el costo del pedido. La verdad es que la relación entre los costos y las cantidades de pedido no son directamente proporcionales pero se dan los pasos. Estos pasos son controlados por los efectos agregados (tal como el número total de pedidos que se va a colocar y el espacio total de almacenamiento que se necesita) no por el tamaño de los lotes para cada artículo; de ahí la necesidad de estudiar todo el inventario. Dentro de las reglas de EOQ tenemos que los costos deben ser costos en efectivo reales que surgirán de las cantidades de pedido elegidas y que los costos deben ser aquellos que se ven realmente afectados por los cambios en el tamaño de la cantidad de pedido.

Desafortunadamente, los costos que muestran los registros de contabilidad de la mayoría de las empresas son rara vez convenientes para su uso inmediato en los cálculos del tamaño de lote económico. Un buen ejemplo de este tipo de problemas es el costo unitario en la fórmula de la EOQ. En muchas compañías, el costo unitario de un artículo se encuentra más fácilmente disponible como "costo estándar" que consiste en mano de obra, materiales y elementos de gasto indirectos para las operaciones de fabricación. Si se utiliza el costo estándar completo, se violarán las reglas referentes a los costos (puesto que la porción de gastos indirectos del costo estándar no procede de los cambios de tamaño de lote y se verá poco afectada por ellos). Por ejemplo, un aumento en el inventario en proceso no requerirá totalmente un aumento sustancial en el gasto de efectivo para la mayoría de los factores de los gastos indirectos (como los gastos de oficina de la fábrica, los gastos de supervisión, depreciación del equipo, inspección, etc.). Se debe aplicar el costo del dinero que se gastará de más en mano y material directo y no en los gastos indirectos. Además, el costo estándar normalmente incluye el costo de preparación de una máquina que es un elemento de costo separado en las fórmulas y no debe incluirse en el costo unitario utilizado.

Por otro lado, los registros de contabilidad cargarán en el inventario los gastos indirectos de acuerdo a la tasa indicada en los costos estándar. El uso exclusivo de los costos de mano de obra, materiales y de la porción variable de los gastos indirectos en el costo unitario significará que las proyecciones de dinero totales en inventario basadas en los cálculos de EOQ no correspondan con las cifras de contabilidad. Por ejemplo, un aumento predicho en el inventario de \$100,000 basado en los costos utilizados en la fórmula de la EOQ puede dar al gerente involucrado algunas sorpresas, pues los registros de contabilidad probablemente cargarán ese material al costo estándar completo, incluyendo todos los gastos indirectos. Las cifras en libros podrían mostrar entonces un aumento de inventario de \$150,000 en lugar del predicho de \$100,000.

¿Cómo intentan solucionar estos problemas? Hablando dos lenguajes de costos. Uno es el verdadero costo en efectivo que realmente afecta las decisiones. La dirección de la empresa debe estar consciente del efecto que un cambio dado en el inventario tendrá en los registros contables, los cuales emplean otro lenguaje, puesto que su desempeño será evaluado en base a otros registros.

¿Se puede ver claramente el problema?. Las medidas están mal definidas. Ambos departamentos buscan sus óptimos locales (ya que son evaluados en base a dos desempeños diferentes) y en lugar de que en la empresa se utilice un sólo lenguaje para la misma meta se emplean varios.

Otro ejemplo de la problemática de los costos la tenemos en la Planeación Estratégica de una empresa. Se dice que los proyectos de inversión deben de tener un retorno sobre inversión (ROI) total en dos o tres años. Cuantas empresas conocemos que se hacen inversiones en donde el ROI es de 7 u 8 años porque se decide que estas inversiones son estratégicamente necesarias para ser competitivos. Además en muchas empresas se utiliza la ROI como un sistema de control divisional, es decir, que división de la empresa tiene un mayor retorno sobre inversión. Al usarse de esta manera se corre el riesgo de que los ejecutivos inventen métodos para "abatir el sistema". Puesto que los administradores de división son recompensados sobre la base de su desempeño por el ROI, es absolutamente esencial para su estado de ánimo que sientan que su ROI no proporciona

en realidad una medida exacta del desempeño. El ROI depende de otros factores que no son exclusivamente la competencia administrativa como:

1) Depreciación. El ROI es muy sensible a la política de depreciación. Si una división cancela todos sus activos a una tasa relativamente rápida, sus utilidades anuales (y por lo tanto su ROI) se verán reducidas.

2) Valor en libros de los activos. Si una división antigua usa activos que han sido muy reducidos, tanto sus cargos actuales de depreciación como su inversión serán bajos. Esto hará que su ROI se eleve en relación con las divisiones más nuevas.

3) Precio de transferencia. En muchas corporaciones, algunas divisiones venden a otras. En General Motors, por ejemplo, la división Fisher Body vende a la división Chevrolet. En tales casos, el precio al cual se transfieren los bienes entre las divisiones ejerce un efecto fundamental sobre las utilidades de las divisiones. Si el precio de transferencia de las carrocerías de automóviles se establece a un nivel bastante alto, Fisher Body tendrá un ROI alto y la Chevrolet lo tendrá bajo.

4) Períodos de tiempo. Muchos proyectos tienen largos períodos de gestación, durante los cuales deben hacerse gastos de investigación y desarrollo, construcción de la planta, aplicación del mercado, y otros aspectos similares. Tales gastos se añaden a la base de la inversión sin un incremento correspondiente en utilidades durante varios años. En este período, el ROI de una división puede verse seriamente reducido; sin restricciones adecuadas, su gerente puede verse penalizado. Dada la frecuencia de las transferencias de personal en las corporaciones más grandes, es fácil ver la forma en la que el problema de la oportunidad puede evitar que los administradores hagan inversiones a largo plazo de modo que estén en los mejores intereses de la empresa.

5) Condiciones de la industria. Si una división opera en una industria cuyas condiciones son favorables y las tasas de rendimiento altas, mientras que otra está en una industria que adolece de una competencia eficaz, estas diferencias pueden hacer que la división favorecida se vea bien y que la desfavorecida se vea mal, completamente aparte de las diferencias de sus administradores. Por ejemplo, difícilmente podría haberse esperado que la división aeroespacial de Signal Companies se desempeñara tan bien como lo hizo

su división de camiones en 1973, cuando la totalidad de la industria aeroespacial sufrió severos problemas y las ventas de camiones aumentaron en forma exagerada. Las condiciones externas deben tomarse en cuenta cuando se evalúe el desempeño mediante el ROI.

Debido a estos factores, el ROI debe complementarse con criterios para evaluar el desempeño. Por ejemplo, en tales evaluaciones se han empleado su tasa de crecimiento en ventas, utilidades y su participación en el mercado (así como su ROI), en comparación con otras empresas en su misma industria. Como sucede con las demás herramientas su uso incorrecto es muy peligroso.

Por lo tanto, nuevamente nos encontramos con el problema de que esta medida no es apropiada para las decisiones gerenciales en manufactura. Se requiere de la intuición para su correcta aplicación.

Para terminar de analizar el puente mediante los costos cuantas veces no hemos visto a empresas que aceptan ordenes en donde el precio está por debajo de sus costos de fabricación para hacerse de un cliente o vender otros productos. Tal es el caso de los supermercados en donde venden un producto por debajo del costo de adquisición para atraer a la gente y se compren otra serie de productos que generan mayor utilidad y compensarán por la pérdida.

A través de estos ejemplos vemos como se utilizan tanto las teorías de costeo como la intuición para determinar las acciones que se han de tomar en una empresa. El hecho de que no se tomen en cuenta los análisis de costos en la toma de decisiones nos dice que estos son inadecuados. Por otro lado, la intuición ayuda en muchos casos pero desafortunadamente la intuición no es una buena base para una comunicación empresarial y aunque esta combinación de costo e intuición nunca ha tenido resultados suficientes en el pasado podemos afirmar que actualmente se ha hecho totalmente obsoleta.

Analicemos un ejemplo práctico de calidad. No ha faltado en una empresa el gerente que afirma que se está perdiendo competitividad por la falta de calidad de los productos. Inmediatamente se hacen análisis y se mueve a toda la empresa hacia este objetivo. Supongamos que la empresa en cuestión ahorra 10 millones al año en trabajo y

materia prima cada vez que reduce sus niveles de desperdicio en un punto porcentual. Si esta empresa tiene un nivel de desperdicio del 5% y le fuera posible reducir este número al 2% (una mejora de tres puntos porcentuales) los ahorros al año serían de 30 millones. Supongamos también que para llevar a cabo este cambio se hizo una inversión en equipo, herramienta y educación de la gente involucrada de 20 Millones. El retorno sobre la inversión de este proyecto sería en términos muy sencillos de nueve meses:

$$\text{ROI} = \frac{\$20}{\$30/\text{año}} = 0.75 \text{ años}$$

si el promedio de la industria es de 2 a 3 años, la teoría de ROI no diría que el proyecto es viable.

Llevando esto al extremo de los Japoneses en donde para ser competitivo se necesitan "Cero Defectos" debemos seguir mejorando nuestra calidad. Si queremos doblar nuevamente nuestro nivel de desperdicio y llevarlo del 2 al 1% tendríamos ahora ahorros de \$ 10 Millones por año. Nuestra inversión sería indudablemente mayor a 20 Millones -ya que seguramente para la primera mejora se requirió la solución de uno o dos problemas mayores pero para llegar al 1% probablemente se requiera de inversiones mucho mayores en problemas específicos-. Sin embargo, consideremos que la inversión sigue siendo la misma. La decisión se vuelve ahora menos clara para la gerencia ya que el retorno sobre inversión es de dos años:

$$\text{ROI} = \frac{\$20}{\$10/\text{año}} = 2 \text{ años}$$

Nuevamente estamos en el promedio de la industria por lo que se acepta la inversión. Pero, como queremos seguir siendo competitivos frente a los Japoneses tenemos que mejorar el tercer año nuevamente la calidad. Si reducimos nuevamente a la mitad (de 1 a 0.5 %) y tomando nuestra inversión al mismo nivel vemos que el ROI es de cuatro años:

$$\text{ROI} = \frac{\$20}{\$5/\text{año}} = 4 \text{ años}$$

La teoría en este caso nos dice que no hay que hacer esta estrategia. ¿Cómo podemos esperar competir contra los Japoneses?. Sabemos, no porque hayamos leído un libro de calidad, sino por sentido común que al competir en un mercado el desperdicio no sólo se presenta en material y mano de obra, también estamos echando a perder nuestro mercado y nuestra participación. Con este tipo de competencia estamos a forzados a decir que "la calidad es primero" lo que significa que cualquier inversión en vías de mejorarla está permitida. Fácilmente se puede convertir la mejora de la calidad en el objetivo principal de una empresa.

Resulta bastante obvio el porque tenemos que encontrar un mejor puente para guiar nuestras acciones locales en manufactura y lograr al mismo tiempo nuestra meta global.

## II. 6 METODOS CONTABLES

Actualmente se ha hecho una moda atacar los metodos contables de costos, pero existen dos peligros en la forma en la que se hacen estas críticas: primero, la manera descuidada en que se conducen las evaluaciones. No se hace una diferencia suficiente entre criticar a los procedimientos erróneos y criticar el tema en sí. La contabilidad financiera está bajo ataque actualmente y es un movimiento que ha llevado a algunos a la conclusión de que el control de las finanzas internas es perjudicial. Hay que enfatizar que inclusive los procedimientos financieros inadecuados y distorsionados son mejores para una empresa que no tener ninguna medida. La anarquía que resulta de no contar con ninguna medida numérica haría más daño que procedimientos erróneos que son moderados, en la actualidad, por la intuición gerencial. Son muchas las empresas que sin ninguna tipo de medida adoptan la bandera de mejorar la calidad, la cantidad de desperdicios y la cantidad

de dinero. Frases como "La calidad es número uno" y "Al Tratado hay que entrarle con calidad" son "objetivos" en la actualidad. Pero, estas campañas sólo ocasionan que se escondan gastos e inversiones innecesarias en las empresas argumentando incrementos en calidad.

El segundo peligro es que estos ataques descansan en la manera de exponer la invalidez de los procedimientos financieros actuales. Estos ataques parciales no exponen el problema fundamental y no dirigen los esfuerzos necesarios para encontrar un sustituto válido. Los argumentos más comunes usados en la actualidad son:

- 1.- La invalidez de la mano de obra directa como base para el cálculo de costos.
- 2.- La inhabilidad de cuantificar muchos factores importantes.

En una organización tenemos muchos tipos de gastos. Muchos de ellos como la materia prima y la mano de obra directa, son fáciles de calcular, pero muchos otros son muy generales y no es fácil calcularlos para un producto determinado. Algunos ejemplos son: el salario de los supervisores a cargo de los departamentos en donde se producen varios artículos, los salarios de la alta gerencia y sus secretarías, los gastos del departamento de cómputo o incluso el interés del dinero que pedimos prestado y se usa en diferentes áreas. El grado al que nos confunden estos problemas se ve reflejado en los nombres con el que nos referimos a estos gastos: "Gastos fijos generales". Aunque parecen una carga hay que admitir que son tan necesarios como la mano de obra directa para dirigir una empresa de manera redituable.

Se usan muchas técnicas desarrolladas a principios de siglo para calcular todos estos gastos generales referidos a un producto (en la parte proporcional que le corresponde). El método más popular es el de asignar los gastos generales de acuerdo a la cantidad de mano de obra directa. Por lo general se utiliza esta técnica en varios pasos. Primero asignamos los gastos generales del departamento a los productos que se hacen en él, y se usa el tiempo que los trabajadores invierten en procesar cada producto para detallarlo. Luego se asignan los gastos generales de la planta usando los números por departamento en parte proporcional. Y finalmente los de la gerencia de toda la empresa se hacen de la misma manera.

A principios de siglo, cuando el método se hizo popular, muchas industrias tenían operaciones de mano de obra intensiva. El factor de gastos generales en aquel entonces estaba entre 1.1 y 1.4 - El factor que representa la relación entre los gastos generales y los de mano de obra directa-. La alta gerencia era pequeña respecto a los gastos directos de fabricación y materiales. Pero, los avances en la tecnología redujeron drásticamente la cantidad de mano de obra directa, mientras que los gastos generales se iban incrementando. El resultado neto fue un crecimiento dramático de estos factores. Por ejemplo, si en los setentas los gastos generales ya alcanzaban niveles de 2.5 a 4 en muchas industrias, en los ochentas han crecido al rango de 5 a 8.

Una consecuencia interesante de esta técnica de asignación de costos es que, mientras que parte de nuestros gastos de mano de obra directa están reduciendo (para la mayoría de las industrias los gastos de mano de obra representan en la actualidad menos del diez por ciento) cada vez la mano de obra directa se está haciendo más importante, aunque parezca contradictorio, entre más pierde importancia más adquiere importancia. Para aclarar esta paradoja supongamos que mejoramos la producción de una parte determinada y reducimos el tiempo de proceso por unidad en dos minutos. A principios de siglo, cuando nuestro factor de gastos generales era de 1.3 anotábamos en nuestros libros de control:  $2 \times 1.3 = 2.6$  minutos ahorrados por unidad debido a esta mejora. Ahora que nuestro factor es de 7 tenemos la impresión de que la misma mejora es mucha más benéfica ya que ahora anotamos 14 minutos ahorrados por unidad. Aunque parezca curioso hay que recordar que nos estamos engañando, de esta manera estamos dirigiendo nuestros esfuerzos lejos de nuestra meta. Para llevar este caso al extremo hay que recordar que en la actualidad la tendencia es a la automatización total. Que vamos a hacer entonces, ¿Multiplicar por infinito?.

Esta deficiencia en nuestra técnica de asignar costos debe ser definitivamente recalçada. Desafortunadamente este camino nos está llevando a buscar soluciones en una dirección que sólo nos mete más en el abismo. En la actualidad existen esfuerzos para cambiar la base de asignación de horas de labor directas a algo más significativo y menos desgastante como es el tiempo de máquina. Este esfuerzo complicado y superficial no se dirige a los problemas reales. El primero de estos es que se cree que existe un enlace directo uno a uno entre la asignación de costos y el costo general, un enlace en el sentido en que si uno crece en 10% el otro debe crecer en la misma proporción. El segundo

problema es: ¿Realmente necesitamos conocer el costo de nuestros productos para tomar decisiones? ¿No necesitamos conocer solamente la contribución de la venta de un producto determinado vendido a un precio específico determinado por el mercado?. Parece que estamos formulando la misma pregunta. Esto es debido a que la frase "costo del producto" se ha hecho parte de nuestro vocabulario y ya no reconocemos que es sólo una técnica que fue desarrollada para responder a una pregunta específica. Como veremos no existe ninguna relación entre el costo del producto y la contribución de los productos.

Otro problema del sistema contable, el cual muchos profesionistas están recalcando, es el hecho de que muchos parámetros en las empresas no pueden ser cuantificados por los sistemas de costos actuales. El impacto en el negocio de mejores tiempos de entrega, la velocidad a la que los nuevos diseños o las modificaciones en ingeniería se introducen en los mercados son parámetros bien definidos que determinan el éxito o fracaso de una empresa. Sin embargo, las mejoras en estos parámetros, cuando se mencionan en una apropiación para requerir equipo nuevo, se pondrán bajo el encabezado de "intangibles". El ejemplo más claro y que hemos mencionado varias veces es la calidad. Aunque por años hemos desarrollado procedimientos para cuantificar los costos de ahorro de materiales y mano de obra provocados por mejoras de calidad, se ha hecho más aparente que cuando dañamos un producto no sólo dañamos la pérdida de material y desperdicio de mano de obra sino también impactamos nuestro mercado. Existe una división abismal entre los ahorros en costo mostrados por los procedimientos contables actuales y el carácter intuitivo de la gerencia que percibe que para que la empresa sobreviva hay que mejorar la calidad a cualquier costo y no hemos logrado desarrollar un sistema de costeo que permita cuantificar estos impactos.

El problema es muy real pero la dirección de las soluciones propuestas está muy equivocado. Los contadores nos dicen que hay que desarrollar más sistemas de costeo que nos permitan explotar estos "huecos". Si examinamos detalladamente los "intangibles" nos damos cuenta de que tienen todos algo en común. Impactan significativamente nuestra habilidad para competir en un mercado, o en otras palabras en nuestras ventas futuras. El mundo de los costos, por definición, se enfoca en el lado de los gastos de operación de la ecuación en donde las ventas futuras o en el presente son palabras extrañas. No es de extrañarse el porque una entidad es declarada "intangible" cuando su impacto es sobre las ventas en vez de los gastos. Pero, aquellos empresarios que se preocupan por las utilidades

están conscientes que el objetivo principal esta afectado por las ventas más que por los gastos. La pregunta esencial debe descansar sobre el hecho de encontrar medidas que no sólo se enfoquen en los gastos sino también analicen el impacto sobre el objetivo de hacer dinero ( a largo plazo).

Yo creo que no podemos modificar la teoría de costos para servirnos mejor. Cualquier intento en esta dirección será una pérdida adicional de tiempo ya que la suposición básica del concepto de costo es errónea. El concepto de costo se basa en el hecho de que podemos medir el impacto de una área de la empresa en nuestra meta global al medir cuánto dinero absorbe o genera el área. Esta suposición es válida sólo si aceptamos que la importancia de todas las cosas en una organización están en proporción a los gastos de operación que tienen.

El sentido común nos enseña lo contrario. Tomemos como ejemplo una planta en donde nos quedamos sin un material determinado. El daño al sistema puede ser fuera de proporción al costo de este material. Hay que comparar la influencia en las medidas básicas al descomponerse una máquina que es cuello de botella contra una que no lo es. El impacto no tiene relación alguna a los salarios de la gente que opera las máquinas, el sólo hecho de aceptar que en una empresa existen cuellos de botella indica la invalidez de las suposiciones básicas del concepto de costo.

Debemos buscar la solución no modificando o extendiendo el concepto de costo sino en buscar un grupo de medidas que nos permitan registrar los impactos locales en la meta global.

## CAPITULO III OBJETIVOS LOCALES Y GLOBALES

### III.1 MEDIDAS OPERACIONALES

"Dime como me mides y te diré como me voy a comportar". Yo creo que cuando se ha llegado al punto en donde dudamos sobre los fundamentos de un tema -cuando no podemos seguir usando las medidas que han dirigido a las empresas por décadas- la única manera efectiva es regresar a la raíz del problema. Necesitamos comenzar con la misma inocencia con la que opera un niño, como si no conociéramos nada sobre el tema. Si no se hace de esta manera, corremos el riesgo de extrapolar del pasado y permitir supuestos erróneos en nuestras nuevas soluciones.

Por donde empezar resulta obvio. Ya acordamos que la entidad fundamental de nuestras organizaciones es la meta. La meta de una organización es hacer dinero en el presente como en el futuro, entonces ¿Por qué no pensamos en una organización como una máquina de hacer dinero?. Esta manera de ver la esencia de de nuestras empresas nos dá un punto de vista fresco que hace difícil que los procedimientos de costos actuales impacten en el análisis.

Si tuviéramos que elegir entre varias "máquinas de hacer dinero", ¿cuál escogeríamos? ¿cuáles son los factores que debemos considerar en esta elección?. Esta claro que uno de los elementos importantes que debemos de buscar es el ritmo al que la máquina genera dinero. Sin duda alguna vamos a elegir a la máquina que hace más dinero a un ritmo muy rápido sobre aquellas que tienen un ritmo inferior. Por lo tanto la calidad de la

máquina -ritmo al que se genera el dinero- es una medida importante, pero ¿qué otras cosas hay que considerar al elegir la máquina?. La pregunta parece trivial, hay otros dos factores importantes que debemos considerar. Primero, la cantidad de dinero que se encuentra en las entrañas de la máquina -dinero que no podemos utilizar, que por supuesto incluye el dinero que pagamos por la máquina- y la cantidad de dinero que debemos pagar de manera continua para hacerla funcionar. Si nos hemos hecho a la idea de que queremos la máquina X entonces estas tres medidas deben de estar en nuestra mente.

Pero, ¿qué hay sobre la confiabilidad de una máquina, que tan frecuentemente falla? ¿No es también una medida importante?. Estos paros van a influenciar el ritmo al que la máquina genera dinero -entre más paros, menor es el ritmo-. Además, entre más paros existan más será el dinero que tenemos que invertir en mantenimiento. En otras palabras, puede incrementar el dinero que gastamos continuamente para hacer funcionarla, pero la confiabilidad no es una medida adicional, sólo contribuye a las medidas que hemos establecido.

¿Qué hay de el ciclo de vida de una máquina?. Tampoco es una medida adicional. Hay que recordar que la meta principal incluye las palabras "tanto ahora como en el futuro". Las tres medidas que hemos encontrado no sólo miden nuestra situación actual sino también nuestra capacidad futura. Un ciclo de vida corto significa un ritmo bajo para generar dinero en el futuro. Por lo tanto, esta tampoco es una medida adicional también contribuye a las que hemos encontrado.

Tenemos una medida que se usa actualmente y que conocemos como intuición. Pero, es difícil concebir que al ver una situación desde un ángulo determinado, inmediatamente lleguemos a una respuesta de manera intuitiva y cuando se ve desde otro ángulo esta respuesta se decarta completamente. Por lo tanto, es razonable esperar que encontraremos alguna evidencia de que las medidas definidas se usen de alguna manera.

Estas tres medidas -ritmo al que generamos dinero, el dinero capturado, y el dinero que se gasta para hacerla funcionar- no son las medidas básicas tradicionales. No son el estado de pérdidas y ganancias de una empresa, tampoco son los sistemas de costos actuales. Vemos que no forman parte de nuestro sistema formal en una empresa pero ¿existen en la parte informal de él?.

En todas las organizaciones generadoras de utilidades una de las preocupaciones principales es el ritmo de las ventas. Se puede expresar como ventas al mes, al trimestre, o cualquier otro período de tiempo. Toda la alta gerencia lleva un registro de ellas. Por lo tanto, resulta claro que las ventas en un período determinado es una medida importante. Pero esto no es más que una variante de nuestra primer medida, el ritmo al que generamos dinero.

¿Que hay de las otras dos medidas? Encontramos que también existen en nuestras plantas. ¿Quién no lleva un control estricto sobre los inventarios que tiene la empresa? ¿Quién no lleva un registro detallado de los gastos totales de ésta?. El inventario no es mas que parte del dinero que la empresa tiene "capturdo" en el sistema mientras que los gastos de operación son el dinero que debemos poner en él para que la empresa funcione. Podemos ver que estas medidas se usan intuitivamente en gran escala. Sabemos que estas medidas pasan cualquier prueba de validez, entonces ¿por qué no utilizarlas de manera formal? ¿Por qué no construimos nuestro sistema formal de acuerdo con estas medidas?.

El primer paso en construir un sistema formal basado en estas tres medidas es definir las de manera precisa.

#### FACTURACION :

El ritmo al que un sistema genera dinero a través de las ventas.

#### INVENTARIO:

Todo el dinero que el sistema invierte en comprar cosas que intenta vender.

#### GASTOS DE OPERACION:

Todo el dinero que el sistema gasto en convertir el inventario en facturación.

### III.2 FACTURACION

En esta definición se han incluido las palabras "a través de ventas". En una definición precisa no se hubieran incluido ya que una empresa puede generar dinero a través de sus inversiones en bancos o casas de bolsa que para efectos prácticos es generar dinero. Se incluyeron estas palabras ya que es común que la gente de la planta, especialmente los de producción, crean que si se produce algo es facturación y esto no es cierto. Si producimos algo y no lo hemos vendido no es facturación sino inventario.

La necesidad de añadir estas dos palabras se hizo más necesaria no solamente por la gente de producción sino también por los del departamento de finanzas. Por ejemplo, si una compañía incrementa su inventario de producto terminado, los sistemas financieros actuales interpretan una porción de este incremento en utilidades adicionales. Y sin importar el evento, la facturación se debe interpretar como el dinero que entra al sistema desde afuera (a través de ventas) y no asociarlo con un reubicación del dinero dentro del sistema.

En muchas instancias, una venta se registra cuando los productos son enviados a los clientes (aun cuando el cliente tiene el derecho incondicional de regresar los bienes y obtener un reembolso de su dinero). Esta situación es común en las industrias de bienes de consumo; industrias como la de cosméticos, comida, detergentes y libros. Esta práctica lleva a la tendencia de usar técnicas como "promociones" para incrementar los resultados financieros trimestrales aun sacrificando el desempeño actual del sistema. En estos casos es recomendable registrar la facturación sólo en los casos en que el consumidor final los haya adquirido de esta forma tendremos una mejor fotografía.

¿Cómo le asignamos una medida numérica a la facturación? La forma más conveniente no es tratando de encontrar una expresión matemática de ritmo, sino medir el ritmo promedio en un período de tiempo determinado (una semana, un mes,

bimestralmente, etc.). La facturación en ese período serán las ventas hechas menos los materiales utilizados para la elaboración de los productos. Se debe enfatizar que la facturación no es lo mismo que ventas, es dinero generado por el sistema. Ya que el material adquirido no es dinero generado por el sistema debemos ver este dinero como que sólo fluye en el sistema. Por lo tanto, la facturación son las ventas menos los materiales adquiridos que se usaron en los productos que efectivamente se vendieron. Supongamos que vendemos un producto a 100 pesos, esto no significa que la facturación aumento en 100. Supongamos que la materia prima que compramos a nuestros vendedores para la elaboración del producto fue de 30 pesos. Estos 30 pesos no son dinero generado por nuestro sistema sino dinero que se genera en el sistema de nuestros proveedores. Por lo tanto, en este caso, la facturación incrementó en 70 pesos. Es necesario enfatizar que facturación no es lo mismo que ventas.

Adoptando esta interpretación de "dinero generado por el sistema" reconocemos que el dinero que se paga a los contratistas externos es lo mismo que el dinero que pagamos por materiales. En ambos casos es dinero que fluye a través del sistema y no dinero generado por él. En esta misma categoría también entran todos las comisiones que se le dan a la gente de ventas que no son parte de la organización (como son los agentes de ventas), los impuestos aduanales, el transporte, etc.

Por lo tanto, facturación es el equivalente de ventas menos el dinero pagado por unidad que son externos al sistema. Si este dinero no es pagado por unidad - como el salario de una persona de ventas- deben ser vistos como parte del sistema y por lo tanto tendrán un impacto sobre las otras medidas. En el caso del salario del agente de ventas será un gasto de operación. Si el dinero no se puede identificar con un artículo vendido determinado es la mejor indicación de que el sistema ha adquirido una capacidad que debe ser considerada como parte del sistema (Gastos de Operación).

### III.3 INVENTARIO

Como veremos ha comenzado una carrera frenética para reducir los inventarios y nuestros sistemas financieros no reconocen los impactos del inventario -inclusive algunos penalizan a corto plazo la reducción de inventarios-. Lo más sorprendente es que este esfuerzo ha ocurrido sin que la mayoría de los participantes tengan una idea clara del por qué es importante reducir los inventarios. Todavía escuchamos en muchas empresas las explicaciones usuales de la inversión en inventarios, los costos de llevarlos y los costos de oportunidad. No existen explicaciones válidas si consideramos que estos tres factores no han cambiado mucho en los últimos diez años (en donde se ha considerado al inventario como un activo).

Lo más perturbante del inventario es que no hemos reconocido que porción del inventario es realmente responsable de las mejoras en el desempeño, es decir la reducción del inventario en proceso y de producto terminado. Las reducciones en inventarios de materia prima han mostrado en la práctica el tener un impacto muy pequeño. Sin embargo, debido a la falta de comprensión muchas compañías están actualmente en una cruzada por apoyarse en sus proveedores para reducir los inventarios de materia prima.

Si analizamos nuestra definición de inventario vemos que difiere significativamente de la definición tradicional. Ciertamente no es el método de primeras entradas primeras salidas o últimas entradas primeras salidas. De hecho, esta definición elimina totalmente el valor agregado como parte del valor del inventario. De acuerdo con nuestra definición inclusive el producto terminado será valuado sólo conforme al precio que se pagó por los materiales que se usaron en él. Nuestra definición no considera ningún valor agregado por el sistema en sí, ni el de la mano de obra directa que se emplea en la producción.

Para entender la razón de esto es necesario regresarnos y examinar los conceptos con los que actualmente evaluamos los inventarios. Usando estos conceptos, si queremos

medir la utilidad neta que el sistema ha generado en un período determinado, medimos las ventas del período y le quitamos los gastos en los que incurrimos. La tendencia es la de tratar de hacer la utilidad neta lo mayor posible, por lo que nos atrae el "jugar" con los números para mejorar el resultado final.

Una forma lógica de este esfuerzo es el cuestionar si todos los gastos en los que se incurren en un período fueron para ese período de ventas en sí o si una parte de ellos eran para ventas futuras. Si logramos encontrar esos gastos de todas maneras estamos presionados a quitarlos de las ventas del período presente a menos que encontremos una forma de camuflajear estos gastos como inversiones. Una manera obvia es agregar o asignar, al menos algunos de los gastos, a los inventarios en proceso o los productos terminados. Mediante este mecanismo de colocación podemos decir que los gastos relacionados con manufactura son parte de la "inversión" de la planta en inventarios. Este procedimiento es muy incómodo, quita mucho tiempo y su propósito es mover los gastos de un período a otro. La justificación está dada por: "Se tiene que hacer de todas maneras para determinar el costo del producto" y "debemos tener una idea clara de las utilidades del período pasado para tener una mejor administración de nuestro negocio en el siguiente período". Es irónico ver que el resultado final de este método es exactamente opuesto.

El mecanismo de asignación de costos como base para determinar los precios en México se ha convertido en un intenso escrutinio. Existe actualmente un consenso sobre el hecho de que el mecanismo de asignación de costos es erróneo para determinar los precios de los productos. Todo el tiempo y esfuerzo de asignar los gastos al inventario es hecho enteramente con el propósito de valorar el inventario y el hecho de que se deben asignar los gastos a los inventarios para tener una mejor idea de las utilidades del período pasado.

Muchas organizaciones demandan que sus plantas reduzcan el inventario. Pero, ¿qué sucede con un gerente de planta que ha hecho un buen trabajo en reducirlos?. Supongamos que un gerente de planta triunfa en reducir sus niveles de inventario en producto terminado a la mitad de los niveles que tenían; sin arriesgar las ventas o el servicio a clientes y sin incurrir en gastos de operación adicionales. Toda la empresa pensará que tiene un buen desempeño excepto el área de finanzas.

El inventario final de producto terminado será de la mitad con respecto al inicial. La diferencia se interpretará como un gasto adicional por unidad en el que incurrimos en el período (un menor número de unidades "cargará" con un mayor número de gastos indirectos prorrateados). Este gasto tradicionalmente será compensado de manera parcial por la reducción en gastos de materia prima. Pero, la diferencia entre el valor de la reducción de la materia prima con la que cuentan y el valor agregado por unidad reducirá la utilidad del período. Esto da la impresión que la planta ha tenido un desempeño muy pobre, inclusive registrando una considerable pérdida (no hay que olvidar que la mayoría de los gerentes están evaluados por los resultados del Estado de Pérdidas y Ganancias).

La falacia de esta manera de usar los inventarios para asignar los gastos incurridos de un período a otro y calcular la utilidad neta de una manera más precisa. Se muestra cuando examinamos la utilidad neta de la empresa para diversos períodos de tiempo. Tomemos el estado de pérdidas y ganancias de cualquier empresa y grafiquemos las utilidades (pérdidas) como función del tiempo. Generalmente obtendremos una curva zigzagueante con montañas y valles. Ahora vamos a quitarle el valor agregado a estos números.

Para ver el fenómeno resultante no se necesita un cálculo detallado, podemos tener un buen estimado de que porcentaje del costo de los bienes vendidos es de materia comprada. Usualmente este porcentaje está entre 30 y 60%. El estado de pérdidas y ganancias probablemente nos da la distribución del inventario entre las categorías de materia prima (incluyendo las partes adquiridas), las de inventario en proceso (incluyendo las partes terminadas almacenadas) y el producto terminado. El valor agregado en la materia prima será de cero mientras que el de producto terminado llevarán toda la colocación. Si por ejemplo la materia prima constituye el 40% del costo de un producto, el 60% restante es valor agregado. Para el inventario en proceso vamos a asumir que el valor agregado representa el 30% de el valor de éste. Ahora reevaluemos los inventarios que aparecen en nuestro estado de pérdidas y ganancias sin el valor agregado.

Spongamos que la distribución de los inventarios en nuestra planta es de 30% para materia prima, 30% para inventario en proceso y de 40% de producto terminado y en total representa 10 millones. Bajo nuestro esquema de valuación de inventarios (sólo el contenido de materia prima) el valor total del inventario es de solamente 6.7 millones.

Podemos ver que 3.3. millones del inventario es valor agregado (el valor agregado al producto terminado es de 2.4 millones  $[10 \text{ millones}(\text{inventario total}) \times 0.4 \text{ (la parte de producto terminado)} \times 0.6 \text{ (el porcentaje de valor agregado al producto terminado)}]$ ) y el valor agregado en inventario en proceso es de 0.9 millones  $(10 \times 0.3 \times 0.3)$ .

Este tipo de cálculos, que para efecto de nuestra demostración no tienen que ser exactos, se pueden hacer fácilmente. Los inventarios iniciales y finales que aparecen en el estado de pérdidas y ganancias tienen que recalcularse usando esta aproximación. Entonces, la diferencia entre los nuevos números de inventario inicial y final deben de sustraerse del número de utilidad neta y podemos graficar los nuevos números de utilidades o pérdidas.

En casi todos los casos la nueva gráfica es similar a la anterior pero recorrida hacia la izquierda por dos o tres cuartos. En otras palabras, si un cuarto determinado muestra una caída en utilidades contra un incremento constante de los últimos tres cuartos esta caída se verá expuesta dos o tres cuartos con anterioridad en nuestra nueva gráfica. Las razones de este fenómeno son obvias. En una caída, donde las ventas están reduciendo, usamos la capacidad excedente para generar más inventario. En nuestro método actual de valuación de inventarios y utilidad neta esto compensará por una parte significativa de la pérdida en ventas y esto exagera la utilidad neta que realmente se obtuvo. Cuando el mercado vuelva a subir, vendemos de nuestro inventario (que esperamos no este obsoleto para ese entonces), pero registramos sólo la diferencia entre el costo (incluyendo el valor agregado) y el precio de venta y por lo tanto moderamos o reducimos nuestra utilidad neta.

Al hacer estos cálculos vemos cómo este mecanismo, el de convertir los gastos de operación en inventario, borra la imagen actual y muchas veces nos da información errónea de la tendencia real del negocio. Logramos exactamente lo opuesto de lo que queríamos, cualquier empresa que intente bajar los inventarios y utilice el valor agregado como parte de reporte de pérdidas y ganancias sólo envía señales confusas y mezcladas al resto de la organización.

La mejor manera de manejar este fenómeno de "utilidades debidas a los inventarios" es mediante la eliminación del valor agregado del inventario. De esta manera cualquier cambio en el inventario es compensado por el cambio en el dinero pagado por los

materiales y la diferencia realmente refleja el cambio en la inversión hecha por la organización. No hay ninguna pena en la planta por haber reducido su inventario en proceso o su producto terminado y esta planta disfrutará los ahorros en gastos de operación. También estará en una mejor posición de cosechar los beneficios que surgen del impacto positivo de reducir los inventarios en su posición competitiva en el mercado como se verá posteriormente.

Aunque en el futuro cercano no se vean cambios en la forma en la que se maneja el valor agregado esto no debe intimidarnos y podemos seguir reportando al mundo exterior de la misma manera. La mayoría de los empresarios recomiendan en la actualidad que se distinga entre los estados financieros que se deben generar para el exterior y los estados financieros que se generan para dar a la alta gerencia una fotografía más clara de la situación de la empresa. Para hacer estas modificaciones no hay que hacer cambios significativos a las bases de datos usadas en la actualidad. Todos los datos están ahí, sólo consiste en cambiar uno o dos pasos en el procedimiento para el cálculo de los números. Muchas empresas Japonesas ya hacen esto en la actualidad.

Pero, la materia prima y la parte adquirida de los inventarios son sólo una parte del dinero "capturado" en nuestra máquina de hacer dinero. Otra porción incluye todas las otras inversiones (máquinas y edificios por mencionar algunos).

Si analizamos nuestra definición, "todo el dinero que el sistema invierte en comprar cosas que intenta vender", nuestra primera reacción es el afirmar que no intentamos vender las máquinas del sistema y los edificios y que deben de ser excluidos de esta definición de inventarios. ¡Todo en nuestro sistema está en venta, eso es precisamente lo que hacen los accionistas cuando compran y venden acciones!. Un hecho de la veracidad de esta afirmación es que se incluyen las máquinas y los edificios como activo fijo dentro del balance general, Si no estuvieran a la venta no habría justificación para esta clasificación.

Esto hace que inmediatamente surga la pregunta sobre el valor que se le debe dar a cada pieza del equipo que se compró hace siete años para un uso determinado. ¿Debemos usar el valor original de compra o el valor corriente (que es el original menos la depreciación acumulada)?. Probablemente una forma fácil de llegar a una respuesta decisiva es analizar algunos de los artículos. ¿Cómo debemos tratar el aceite necesitado

para lubricar nuestras máquinas?. Cuando el aceite es utilizado debe transferirse a los Gastos de Operación (el dinero que el sistema invierte para convertir el inventario en facturación) y restárselo al inventario. ¿Los materiales que son de desperdicio? Cuando compramos un material se debe registrar como inventario; pero en el momento en que se convierte en desperdicio debe pasarse a la categoría de gastos de operación. Estos dos ejemplos muestran el valor que debemos dar a una máquina. Si queremos ser consistentes debemos ver que nuestras máquinas se van "desperdiciando o deteriorando" con el tiempo. Por lo tanto, la depreciación debe considerarse como un Gasto de Operación, tal y como se hace en la actualidad.

¿Cómo tratar entonces el valor agregado a los materiales por la Mano de Obra directa?. Es mejor no considerar el valor agregado para evitar el conflicto entre si un dolar utilizado es un dolar invertido o gastado. "Compramos" el tiempo de nuestros empleados pero no se lo estamos vendiendo a nuestros clientes a menos que el producto sea un servicio, por lo tanto es un Gasto de Operación. Lo mismo sucede con el tiempo muerto del empleado, sea éste directo o indirecto, es un Gasto de Operación.

Si no es recomendable usar la teoría de costos, ¿cómo determinamos el precio de nuestro producto terminado?. Hay que recordar que el mercado es el que determina el valor de un producto (La ley de la oferta y la demanda) y para que una empresa haga dinero el valor del producto tiene que ser mayor que la combinación de inversión en Inventario y los Gastos de Operación por unidad vendida

Otra pregunta que se hacen muchas personas al tratar de entender esta teoría es: ¿En que momento del tiempo se agrega el valor agregado a un producto?. El quitar el valor agregado no quiere decir que no se tienen estos desembolsos de dinero realmente, sino que la tarea de medirlos es la de la tercera medida operacional: los Gastos de Operación. Hay que hacer notar la diferencia en las palabras que se usan en las definiciones de Inventario y Gastos de Operación, en la primera usamos la palabra "inversión" y en la segunda usamos la palabra "gasto".

### III.4 GASTOS DE OPERACION

Los gastos de operación no son más que nuestros viejos amigos "los costos". Sin embargo, se recomienda que no se use la palabra costos, al menos por un tiempo. El costo en la actualidad es una palabra que se usa con demasiada informalidad. La palabra costo tiene tres significados completamente diferentes. El primero es sinónimo de precio, ya sea el de un material o una máquina. El segundo sinónimo es el de Gastos de Operación y, por lo tanto, el uso de la palabra costo contribuye a la confusión entre el dinero que se gasta (Gastos de Operación) y el dinero invertido (Precio de compra). Pero, la connotación más devastadora de la palabra costo, la de costo del producto, es un ente imaginario que existe mediante los mecanismos de asignación usados actualmente. Hasta que este fantasma sea eliminado de nuestra manera de pensar, el uso continuo de la palabra costo sólo alargará el período de confusión.

Nuestra definición de Gastos de Operación no distingue entre el salario de los trabajadores directos y el del jefe de ingenieros. Los dos están conceptualmente haciendo la misma tarea, ambos contribuyen a convertir el inventario en facturación. De la misma manera, el trabajo de un vendedor es el convertir el inventario en facturación. ¿Por qué insistimos en una distinción superficial entre estos pagos a los empleados si están haciendo la misma función?

Una definición opuesta de Gastos de Operación nos da una definición excelente de "desperdicio". Cualquier gasto que no contribuye a convertir el inventario en facturación es un desperdicio y debe ser eliminado. Sin embargo, no hay que ser demasiado corto de visión al usar esta definición, las acciones promocionales efectivas, por ejemplo, contribuyen a convertir el inventario en facturación.

### III.5 EJEMPLOS DE CONTABILIDAD CON LAS MEDIDAS OPERACIONALES

¿Cómo podemos contabilizar por todo lo que hay en el sistema con estas tres medidas operacionales?. Podemos hacer una lista interminable de ejemplos pero incluyo sólo algunos a manera de ejemplo:

- La compra de una nueva máquina no es un Gasto de Operación, ya que somos dueños de la máquina y la podemos vender, por lo tanto es Inventario. En una máquina la depreciación, como vimos anteriormente, es un Gasto de Operación; pero, la porción que queda (valor en libros) es Inventario ya que es el valor de recuperación al momento de venderla. Bajo estas definiciones inversión es equivalente a inventario. Por lo tanto, Inventario es todo lo que se encuentra en la planta y que en un momento determinado podamos vender a un cliente, no sólo los productos y partes componentes que fabricamos en ellas.

- El aceite lubricante de una máquina es un Gasto de Operación ya que éste se utiliza para convertir el inventario en facturación. Al momento de la compra no debemos considerar el dinero dado al proveedor como un Gasto de Operación, aun somos dueños del aceite y puede volver a venderse por lo que definitivamente es inventario. Al momento en que comenzamos a usar el inventario, esa parte que se uso pasa a ser un Gasto de Operación.

- El desperdicio se puede contabilizar de varias maneras. Lo que se pierde en el proceso y no se puede recuperar es un Gasto de Operación, pero lo que se pueda vender es Inventario.

- El costo de llevar inventarios es un Gasto de Operación.

- Los conocimientos en una empresa, por ejemplo el desarrollo de un sistema de computación único, si se utiliza en la producción es un Gasto de Operación pero al momento en que se intenta venderlo es Inventario.

- El chofer o una secretaria son Gastos de Operación siempre y cuando contribuyan a convertir el Inventario en Facturación de otra manera son simplemente un desperdicio. No se necesita tener las manos en el inventario para contribuir a convertirlo en Facturación. Probablemente el uso de un chofer de al usuario más tiempo para pensar y solucionar problemas o para aprovechar mejor el tiempo y atender más clientes.

- Consideremos la compra de materia prima. El dinero pagado a los proveedores no es un gasto de operación sino inventario, al procesarla la parte de desperdicio que no se puede vender pasa a ser un gasto de operación.

### III.6 EXPRESION DE LA META

Ahora tenemos que expresar la meta en término de éstas definiciones. Así como nuestro objetivo con las medidas básicas es simultáneamente incrementar la Utilidad Neta, el Flujo de Efectivo y el Retorno sobre Inversión; con las medidas operacionales lo que se busca es simultáneamente incrementar la Facturación y reducir los Gastos de Operación y los Inventarios.

Vale la pena hacer notar que nuestras definiciones de Facturación, Inventarios y Gastos de Operación tienen algo en común. Todas ellas incluyen la palabra dinero:

Facturación: Dinero que entra

Inventario: Dinero que se tiene en el sistema

**Gastos de Operación:** Dinero que tenemos que gastar para que suceda la facturación.

Sabemos que nuestra meta es hacer dinero y que medimos el progreso o nuestra productividad mediante las tres medidas financieras básicas. También sabemos que las acciones que simultáneamente incrementen éstas nos llevan por el camino adecuado, es decir, nos hacen más productivos.

Vamos a utilizar nuestras definiciones de las medidas operacionales para encontrar el puente deseado entre la meta de la organización y las acciones de manufactura (acciones locales).

Cuando incrementamos la facturación sin afectar adversamente el inventario y los gastos de operación se puede ver claramente que la utilidad neta, retorno sobre inversión y flujo de efectivo se incrementan simultáneamente, hay más dinero en el sistema. Logramos este mismo efecto cuando los gastos de operación se reducen sin afectar adversamente la facturación y el inventario. Pero, cuando analizamos el efecto de la reducción del inventario vemos que el resultado no es el mismo.

Al reducir el inventario aumenta nuestro retorno sobre inversión y nuestro flujo de efectivo, pero ¿Cómo se percibe el impacto directo en la Utilidad Neta?. Esto nos puede llevar a pensar que el inventario es menos importante que la facturación y los gastos de operación. La mayoría de los gerentes han visto históricamente la facturación y los gastos de operación como importantes y a los inventarios como un mal necesario. Si analizamos más a fondo podemos ver que el inventario tiene un impacto adicional en la utilidad neta, retorno sobre la inversión y el flujo de efectivo a través del costo de llevar los inventarios. Reconocemos que al reducir inventarios reducimos un número de gastos de operación como los intereses, espacio de almacén, desperdicios y obsoletos, manejo de materiales y retrabajo. En la actualidad la mayoría de las empresas han estimado sus costos de llevar inventarios en alrededor del 25% del valor del inventario. Por lo tanto, al reducir los inventarios a través de los Gastos de Operación impactamos las tres medidas básicas. Esto ocasiona además un doble impacto en el retorno sobre inversión y flujo de efectivo (los impactos directos y estos de manera indirecta).

Pero, sólo existe un impacto indirecto del inventario sobre la utilidad neta y es a través de los Gastos de Operación. Esta es la forma en la que la gerencia y nuestros sistemas financieros actuales han visto al inventario y existe un drástico contraste con la forma en que los Japoneses lo hacen.

¿Por qué los Japoneses ponen un gran énfasis en reducir el inventario si no tiene un impacto significativo en la utilidad neta?, de hecho los Japoneses llegan al extremo de caracterizar al inventario como al "demonio" de la empresa, están haciendo esfuerzos tremendos para reducir el inventario sin importar que tan pequeño llegue a ser. El término utilizado por la APICS para éste movimiento Japonés, el de "Cero Inventarios", no es más que una muestra de esta carrera para eliminar los inventarios.

Nuevamente, ¿por qué tanto énfasis en los inventarios?. Debe existir un impacto de los inventarios sobre las medidas básicas que nuestros sistemas financieros actuales no están reconociendo.

Hay una creciente preocupación de que existen beneficios intangibles en la reducción de inventarios que en la actualidad son mucho más importantes que cualquier otra cosa. Está claro para todos, y los Japoneses son el ejemplo, de que el inventario tiene un impacto significativo en la posición competitiva en el mercado de una empresa. Para clarificar este impacto vamos a clarificar los elementos que comprometen la competitividad.

## **CAPITULO IV**

### **INVENTARIOS Y ELEMENTOS DE LA COMPETITIVIDAD**

Podemos tener mayor competitividad teniendo mejores productos, precios menores y una mayor respuesta al mercado. Analicemos cada una de éstas dividiendo a cada categoría en dos ramas distintas.

#### **IV.1 MEJORES PRODUCTOS**

La ventaja competitiva a través de nuestros productos se puede lograr mediante una excelente calidad y una excelente ingeniería. Supongamos que hay dos compañías que ofrecen al mercado el mismo producto al mismo precio pero una de ellas produce con una mejor calidad. Ciertamente, la empresa con calidad superior capturará el mercado. Un ejemplo claro de esto lo mencionamos anteriormente con los automóviles Japoneses y como han desplazado a los Norteamericanos a través de calidad. En general, en todas las ramas industriales los Japoneses han penetrado los mercados occidentales debido a su calidad y no por otros factores.

Por otro lado, podemos adquirir una ventaja competitiva si nuestros productos están mejor diseñados que los de la competencia. Nuevamente si dos empresas ofrecen al mercado el mismo producto, al mismo precio y calidad, la empresa que ofrezca más características se quedará con el mercado. Este fenómeno se puede observar en las televisiones. Actualmente su precio es relativamente el mismo, y no podemos hablar de

mala calidad, pero los consumidores están atraídos por controles remotos que tengan más funciones.

#### **IV.2 MEJORES PRECIOS**

El mismo patrón se comprueba con el precio. La empresa con los mayores márgenes (menor costo) tendrá mayor flexibilidad al momento de fijar los precios y por lo tanto podrá capturar el mercado. Esto es claramente lo que sucede en una guerra de precios o con el "dumping". Si una organización goza de un mayor margen podrá bajar sus precios hasta que "saque" o elimine a la competencia del mercado. ¿Quién va a comprar un producto más caro si puede encontrar otro más barato que tenga las mismas funciones y calidad?

Tampoco debemos ignorar la tremenda ventaja del menor costo o inversión por unidad. Un costo unitario menor es una ventaja competitiva que puede dar a la empresa mayor flexibilidad pues tendrá un punto de equilibrio menor que el de sus competidores. Esto es, si nuestra competencia hace el producto con maquinaria más eficiente, con menos personal, en instalaciones más económicas, etc. tendrá una menor inversión por unidad y por lo tanto un menor costo por unidad. Vale la pena mencionar que en el caso de nuestro país, debido a la mano de obra barata con respecto a otros países, se tiene una ventaja competitiva en este punto de manera importante.

#### **IV.3 TIEMPO DE RESPUESTA**

También el tiempo de respuesta es importante y se compone de entregas confiables y menores tiempos de entrega. Por tiempos de entrega confiables me refiero a las empresas

que entregan en la fecha estipulada. Si tenemos el caso de dos empresas con el mismo producto, al mismo precio y calidad pero uno de ellos nos entrega siempre con demoras o faltantes y el otro entrega a tiempo y la orden completa, sale sobrando decir quien se quedará con el mercado. Inclusive hay muchas empresas que están dispuestas a comprar más caro siempre y cuando les garanticen cantidad y tiempo de entrega. Hay que recordar además que los clientes siempre están incrementando sus niveles de expectación y sus estándares, si en la actualidad estamos entregando a tiempo el 80% de las veces esperarán que lo hagamos al 90%; y si estamos al 90% querrán a alguien que lo haga al 95%, ¡es el cuento de nunca acabar!.

El segundo elemento, el de tiempos de entrega menores, se refiere a que si ya entregamos de manera confiable pero nuestro tiempo de entrega es de un mes y otra empresa entrega de manera confiable pero lo hace en dos semanas sin duda éstos últimos se quedarán con el mercado. Si los tiempos de entrega son menores, en lugar de que nuestros clientes compren el equivalente a un mes de inventario comprarán el equivalente a dos semanas lo que ocasiona una reducción en sus inventarios y por lo tanto una rotación más alta para ellos. ¿Qué empresa compra papel bond para su impresora equivalente a 3 meses de inventario si se puede adquirir cualquier cantidad prácticamente el mismo día? ¿Qué empresa se puede dar en la actualidad el lujo de tener su efectivo atado en inventarios de este tipo?. Cualquier vendedor conoce la ventaja significativa que representa ofrecer al cliente entregas más rápidas sobre la competencia.

#### IV.4 INVENTARIOS ALTOS CONTRA INVENTARIOS BAJOS

Vale la pena aclarar que en la actualidad la verdadera ventaja competitiva no está en sólo una de estos factores sino en una combinación o mezcla de todos. Aunque parezca extraño, la mayoría de estos elementos están considerados por nuestros sistemas financieros como intangibles pero, como veremos, se deben de considerar como una facturación futura de la empresa. Vamos a analizar cada una de ellas a través de varios ejemplos para tratar

de demostrar el verdadero impacto del inventario en el futuro de estas seis ventajas competitivas y de la facturación.

Para poder explorar el impacto del inventario sobre estos elementos vamos a contrastar una empresa con altos inventarios y a otra con bajos inventarios. Supongamos que una Empresa tiene una orden de 1000 unidades que se manufacturan en una planta que cuenta con cinco procesos productivos:

<u>PROCESO</u>	<u>TIEMPO DE PROCESO</u>
A	3/4 Hr/Unidad
B	1/10 Hr/Unidad
C	1 Hr/Unidad
D	1/10 Hr/Unidad
E	1/2 Hr/Unidad

Supongamos que nuestros lotes de producción son de 1000 unidades, es decir, que cada operación completa las 1000 piezas antes de que cualquier material pase a la siguiente operación.

La gráfica de Gantt del proceso sería la siguiente:

(VER GRAFICA 4)

Al ser la materia prima expedida a la planta, el inventario en proceso comienza a incrementar hasta que se procesan las 1000 unidades en A y se mantiene en ese punto o nivel hasta que las unidades pasan por el Proceso E y pueden ser facturadas. La gráfica de inventario en proceso sería la siguiente:

(VER GRAFICA 5)

Como se puede apreciar en las gráficas anteriores nos toma alrededor de cuatro meses (2450 horas) el completar esta orden (suponiendo una operación de 24 hr por día y 25 días hábiles al mes)

Ahora, supongamos que se reducen los lotes de producción en 100 unidades y que se pueden empalmar entre ellos. Esto es que no vamos a esperar a que cada operación complete la orden entera (que sigue siendo de 1000 unidades) antes de mover partes de una operación a otra. Los materiales se van a mover entre dos operaciones en lotes de 100 lo que ocasionará que las operaciones trabajen simultáneamente en la misma orden como podemos ver en la gráfica de Gantt:

(VER GRAFICA 6)

En esta gráfica podemos ver claramente que una parte de la operación está mucho más cargada de trabajo que las demás, es decir, le lleva más tiempo que las demás realizar su trabajo. Esta operación (Proceso C) es lo que conocemos como restricción o cuello de botella y será objeto de nuestro desarrollo posteriormente. Los espacios en blanco entre cada lote por proceso es lo que se considera como tiempo muerto de operación. En la gráfica anterior hemos decidido expedir la materia prima a la planta para mantener operando la restricción y no la primera operación. Si decidiéramos mantener el primer proceso operando todo el tiempo y expedimos la materia prima conforme a esto lo único que generaríamos sería una acumulación excesiva de materiales frente al cuello de botella que no afectan en nada nuestro tiempo de entrega ya que seguirá estando determinado por el tiempo que le toma al cuello de botella procesar todas las piezas. Puntualmente nuestro nivel de inventario en proceso se vería incrementado respecto a la expedición de materia prima respecto al cuello de botella.

Como resultado de estos dos cambios (el tamaño de lote y la forma en que expedimos el material a la planta respecto al cuello de botella) existen varias mejoras significativas en el nivel de inventarios. Si graficamos nuevamente el inventario en proceso para el diagrama de Gantt anterior tenemos que:

(VER GRAFICA 7)

El nivel de inventario en proceso y el tiempo de entrega son significativamente menores. Aunque estos beneficios son atractivos por sí solos recordemos que nuestra misión es explorar como el nivel de inventarios impacta en la competitividad y por ende en la meta de nuestro negocio a través de la facturación futura.

Antes de continuar es importante recalcar que estamos comparando ambientes relativos y no absolutos. Con esto me refiero a que un análisis de competitividad no es de naturaleza absoluta ya que no podemos cuantificar y decir cual es el mejor nivel de calidad, o el mejor costo o tiempo de entrega. Son factores relativos y sólo podemos hablar de una mejor calidad, costo o tiempo de entrega con respecto a algo o alguien. Por lo tanto, para hacer un análisis de este tipo es necesario comparar a una empresa con el estándar de la industria o la competencia y poder así cuantificar la calidad, tiempo de entrega o cualquier otro de los factores mencionados anteriormente. El punto que deseo aclarar es que no intento contestar a la pregunta de cual es el nivel de inventarios que debe tener una empresa o cual debe ser su tamaño de lote de producción ideal sino sentar las bases para que cada empresa determine su nivel de inventarios con respecto a su competencia en un ambiente estrictamente relativo.

#### IV.5 NIVEL DE INVENTARIOS Y CALIDAD

Como mencioné al inicio de este trabajo los Japoneses han logrado un movimiento histórico en la calidad de sus productos. En el período posterior a la Segunda Guerra Mundial se veía a los productos Japoneses, como se ve a muchos de los productos de nuestro país: de imitación, falso y baja calidad. Los Japoneses en sólo unas décadas han logrado transformar esta imagen, ahora son ellos los que ponen los estándares de calidad de los productos en muchos sectores. ¿Cómo lograron este cambio tan significativo en tan poco tiempo? Sin entrar en detalles sobre la cultura Japonesa y si hacemos un poco de indagación se dá el crédito total de esta transformación al Dr. W. Edward Deming.

Deming es un estadístico norteamericano que articuló una teoría poderosísima sobre la calidad que puede sumarse en la siguiente declaración: "La calidad se debe usar para checar el proceso y no el producto" o lo que es lo mismo, "Hacer las cosas bien desde la primera vez". El éxito de este "mensaje secreto" del Dr. Deming descansa no en las técnicas de la estadística que desarrolló para aplicarla (como se cree en muchas empresas)

sino en la forma de ver a la calidad, la actitud hacia los defectos. Cuando en una organización se detecta un error o un defecto la gerencia tiene dos opciones: la primera es expeditar un repuesto o puede tomar el tiempo para determinar la causa del problema. Con recursos de manufactura limitados, como es el caso de la mayoría de las empresas en México, es muy difícil lograr los dos objetivos. Los Japoneses han elegido la segunda opción a través de la Teoría del Dr. Deming y han enfocado todos sus esfuerzos en encontrar la causa de los problemas para que las puedan eliminar para siempre. En México la mayoría de la empresas en cambio siguen expeditando reemplazos.

Para adoptar las teorías de calidad se requiere también un cambio radical en las actitudes ante el desperdicio y el reproceso. La primera reacción de nuestros gerentes es la de tratar de encontrar al culpable o fijar la culpa en alguien. Se trata de encontrar al trabajador descuidado, el supervisor que no estaba poniendo mayor atención o el ingeniero que se equivocó en los cálculos. Mientras esta actitud exista en las empresas va a ser extremadamente difícil encontrar la causa de un problema ya que la gente tiende a cubrir sus errores, o aquellos que tengan que ver directamente con él. En lugar de exponerlo se tratará de librar de responsabilidad.

Adoptar las teorías de calidad requiere tratar a los defectos no como un problema por el cual alguien deba de pagar; los defectos deben ser vistos como "piedras preciosas" que pueden ayudarnos a encontrar problemas en los procesos o sistemas. Si podemos detectarlos tendremos la oportunidad de corregirlos para siempre y mejorar el proceso permanentemente.

A manera de auxiliar, y sin desviarnos del objetivo del trabajo, se enumeran a continuación los puntos principales de la teoría Deming:

- 1.- Proveer continuidad y consistencia de propósito. Dar continuidad a los planes de acción.
- 2.- Adoptar la nueva filosofía.
- 3.- Dejar de depender en la inspección.
- 4.- Terminar con la práctica de concesiones.
- 5.- Mejorar constantemente y para siempre.
- 6.- Entrenamiento dentro del trabajo.

- 7.- Supervisión de mejoramiento contínuo.
- 8.- Desterrar el temor de la gente (libertad de expresión sin consecuencias).
- 9.- Eliminar barreras entre departamentos (trabajo en equipo).
- 10.- Eliminar lemas, exhortos y metas locales para la fuerza de trabajo (Al Tratado hay que entrarle con calidad, el día de cero defectos, etc.)
- 11.- Eliminar estándares de trabajo que establezcan cuotas (trabajo a destajo o bonos por cantidad).
- 12.- Fomentar orgullo por el trabajo.
- 13.- Instituir programas de educación y reentrenamiento.
- 14.- Crear la estructura para el mejoramiento contínuo.

Como han demostrado los Japoneses el tener bajos inventarios es lo mismo que tener alta calidad, no es de sorprenderse que "cero defectos" vaya de la mano con "cero inventarios". Si regresamos a nuestro ejemplo en donde manejamos lotes de producción de 1000 unidades supongamos que tenemos un problema de calidad en el primer proceso. Este defecto será eventualmente detectado pero... ¿en donde? ¿En dónde se inspecciona la calidad de los productos generalmente?. Desafortunadamente en la mayoría de las empresas de nuestro país no existen los recursos para controlar la calidad a través de los diferentes procesos (que resulta altamente costoso y que ni siquiera es la mejor solución) o siquiera de llevar un control estadístico de la producción: ¿Cuántas piezas defectuosas por máquina?, ¿A que hora se presentan los defectos?, etc. ¡Por lo general el control de la calidad se hace al final de la última operación!

Al tener altos inventarios, y considerando que el defecto ocurrió en alguno de los primeros procesos, el defecto ocurrió probablemente dos meses antes de su detección en la última operación lo que ocasiona que sea muy difícil determinar la causa exacta del defecto ¿Quién recuerda con detalle los problemas de operación de hace dos meses en una organización?. Más importante aun, existe la presión de expeditar partes adicionales porque esto ya originó un retraso en la fecha de entrega de la orden y la gerencia enfoca todos sus recursos en expeditar esas piezas y no en encontrar la solución al problema lo que ocasiona que se pueda volver a presentar.

En el caso contrario, cuando se tienen bajos inventarios, y el defecto se detecta en la última operación aun se está expeditando materia prima al primer proceso. Esto nos

permite detectar fácilmente el problema, por otro lado, la presión de la gerencia de dedicar tiempo excesivo para expedir partes de reemplazo desaparece. El problema se detecta antes de que toda la orden se produzca incorrectamente. Menos partes de reemplazo son requeridas y podemos producirlas mucho más rápido que en el caso anterior por lo que el tiempo de retraso de la orden será mucho menor. En este esquema la gerencia tiene ahora el tiempo y la habilidad para encontrar y eliminar la causa del problema para siempre.

Los Japoneses han demostrado que es casi imposible el tener alta calidad si no se tienen bajos inventarios. Se puede ver claramente la correlación que existe entre la gente que tiene la más alta calidad, los Japoneses, y los que tienen el menor nivel de inventarios, también los Japoneses.

Otra ventaja importante es que en el primer caso, con altos inventarios, es necesario tener toda la materia prima en la planta para fabricar las 1000 unidades y si existe un defecto de calidad en ésta implica un paro de toda la planta. De otra manera la materia prima se puede adquirir por partes y si existe algún rechazo esto implica sólo un paro parcial.

#### IV.6 NIVEL DE INVENTARIOS E INGENIERIA

El propósito de la ingeniería de un producto y los cambios en ésta son para mejorar el producto en sí y hacerlo superior al de la competencia. Si podemos ofrecer productos que tengan lo último en funciones y características que buscan los consumidores podemos adquirir una clara ventaja competitiva. El poder de los nuevos productos y su ingeniería se manifiesta en la fascinación de las Casas de Bolsa por las empresas de alta tecnología. Pero la tecnología *per se* no es lo que atrae a los inversionistas, sino el potencial que tienen para ser las primeras en el mercado con un producto nuevo e innovador.

Casi ningún sector manufacturero escapa a esto. Sólo tenemos que analizar lo que ha sucedido recientemente con los productos más o menos estables como los teléfonos,

relojes, agua embotellada, etc. Ser el primero en el mercado con un producto innovador es claramente una ventaja competitiva. Desafortunadamente mucha gente en manufactura siente que los cambios en ingeniería son hechos simplemente para complicarles la existencia.

El impacto que tienen las mejoras de ingeniería en el mercado parecería que sólo dependen del esfuerzo del departamento de mercadotecnia para definir necesidades y la habilidad de nuestro departamento de ingeniería en desarrollar esas mejoras a los productos. Pero supongamos que un cambio de ingeniería de un producto tiene que ver con la primera máquina de nuestro proceso y que se autoriza un mes después de que nuestra orden de 1000 unidades se está procesando. Con altos inventarios la primera operación ya fue terminada y el gerente de planta se encuentra ante la decisión de mandar todo eso a desperdicio y volver a fabricar o postergar la implementación hasta que la siguiente orden de ese producto sea procesada. Si se elige la última opción nos llevará más de tres meses antes de que podamos poner el nuevo producto en el mercado. Además, ¿cuántos gerentes tienen las agallas de mandar una cantidad así de producto a desperdicio para reproceso o refabricación?

Sin embargo, con bajos inventarios una porción de la orden todavía no es procesada en la primera operación y no requerirá seguramente que lo que ya se hizo se mande a desperdicio o reprocesarlo pues todavía es factible encontrar mercado para estos productos. El producto innovador estará en el mercado en menos de dos semanas.

Por lo tanto, la empresa con bajos inventarios tendrá el producto disponible en el mercado por un período significativo sin competencia y podrá adquirir una gran participación de mercado y ventas adicionales. Al reducirse el ciclo de vida de un producto de manera constante, como es el caso de las computadoras, estos efectos se vuelven más y más importantes.

#### IV.7 NIVEL DE INVENTARIOS Y PRECIO

Como vimos anteriormente, la empresa que tiene mayores márgenes tiene la flexibilidad de selectivamente bajar los precios o usar estos márgenes para adquirir una ventaja competitiva de otras maneras como: incrementando su fuerza de ventas, su publicidad o invirtiendo en investigación y desarrollo del producto. Si simplemente llegáramos a ser el productor con el más bajo costo tendríamos una clara ventaja. Desafortunadamente, existe generalmente una gran diferencia entre los márgenes planeados y los reales.

La ley de Murphy ("Si algo puede fallar, fallará") es ampliamente conocida en todas las empresas. No importa que tan bien se programe la producción, aunque se levanten inventarios de seguridad, constantemente se expedita y se gastan cantidades inmensas de tiempo extra para embarcar una orden a tiempo. Este problema es tan común en todo el mundo que en el argot manufacturero se le conoce como "el síndrome de fin de mes" (hay que embarcar más para cumplir con los objetivos). En algunas empresas siempre se embarca más de la mitad de la producción en los últimos días del mes.

Siempre que nos encontramos en problemas con los tiempos de entrega, ya sea debido al síndrome de fin de mes o porque se tienen ordenes atrasadas, invariablemente se recurre al tiempo extra (gastos de flete excesivos para asegurar la entrega o cualquier otra medida no planeada). El resultado final es que, ya sea que se entreguen las órdenes a tiempo o no, incurrimos en gastos de operación adicionales que ocasionan que nuestros márgenes se vean reducidos. ¿Es Murphy el culpable de estas demoras y es inevitable el incremento en los gastos de operación o tiene que ver con el tamaño de los inventarios que estamos utilizando?

Como vimos anteriormente no existe una manera absoluta de medir los inventarios. Sólo podemos juzgar en comparación con la competencia. Si tenemos altos inventarios

tendremos tiempos de producción mayores (ya que como veremos posteriormente el inventario en proceso y el tiempo de producción son realmente lo mismo) y esto ocasiona que nuestros costos sean mayores que los de la competencia y por lo tanto la utilidad en el precio será mucho menor. Si la competencia tiene menor inventario, nuestra gente de ventas se verá forzada a prometer entregas en un período más corto que el normal de producción. Supongamos que ventas tuvo que prometer una orden para entrega en tres meses (un mes antes que nuestros cuatro meses de producción en el ejemplo de altos inventarios). Manufactura se verá forzada a un tiempo extra considerable y probablemente otros costos para cumplir con la fecha de entrega.

Por otro lado, cuando tenemos bajos inventarios, el tiempo de producción es sustancialmente más corto que la demanda del mercado (menor de tres meses) y no se requerirá de tiempo extra aun cuando Murphy nos haga una mala jugada. El problema de la industrias en México es que al inventario no se le reconoce como una causa del tiempo extra, pero posiblemente es la causa principal.

En este punto de nivel de inventarios y precio de los productos es importante profundizar ya que mucha gente en nuestro país (como en muchos otros) manipula los precios, principalmente el gobierno mediante el control de la canasta básica; también hay muchos empresarios que se aprovecharon de la falta de competencia en el país y determinaron los precios de sus productos estipulando de ante mano los márgenes de utilidad con los que querían operar. Como mencioné anteriormente con un nacionalismo mal entendido por parte de nuestros gobernantes ("Lo hecho en México está bien hecho"), por programas de sustitución de importaciones y un sobreproteccionismo de la industria se llevó a los empresarios a esto. Como no existía una verdadera competencia se determinaban precios de manera completamente aleatoria sin importar las fuerzas de la oferta y la demanda. Tomemos como ejemplo los televisores, hace un par de años sólo se podían adquirir en México televisores de escasa calidad, de poca tecnología (pues no contaban con control remoto o siquiera regulador integrado) y que costaban lo doble que sus similares en el resto de los países del mundo. Lo mismo ocurrió en muchos otros sectores tecnológicos como el caso de los refrigeradores, modulares, etc.

¿A que precio se debe vender?. Procter y Gamble hubo de contestar esta pregunta en la planeación destinada a introducir Liquid Tide y la pasta dental Crest. Esta misma

pregunta se formuló Murjani al introducir los modelos de ropa de Coca Cola, el gerente administrativo de las Águilas del América para determinar el precio de los boletos de temporada y cualquier persona que ofrezca un servicio (como es el caso de un médico). La fijación de precios, aunque se han tratado de desarrollar muchos modelos matemáticos, sigue siendo un arte no una ciencia y a veces se requiere mucha intuición. De otra manera no podríamos explicar el hecho de que algunas compañías incrementan sus ventas al incrementar sus precios. En el caso de algunos automóviles (Mercedez Benz) y perfumes (Giorgio) parece ser que, entre más cuesten, más demanda tienen. Quizá la pregunta adecuada es: ¿Cuánto piensa usted que la gente esté dispuesta a pagar por un artículo o servicio?

Esta pregunta concuerda con la generalización de que los precios siempre están sometidos a prueba. El precio no es más que una oferta o experimento para probar el pulso del mercado. Si los clientes aceptan la oferta, entonces el precio es adecuado. Si la rechazan, habrá que cambiarlo pronto pues de lo contrario quizá hasta haya que retirar el producto del mercado.

En la teoría económica, se nos dice que el precio, valor y utilidad, son nociones relacionadas entre sí. La utilidad es el atributo de un objeto que lo hace capaz de satisfacer necesidades o deseos humanos y el valor es la medida cuantitativa de la capacidad de un producto para atraer otros productos en un intercambio. Podemos decir que el valor de un sombrero equivale al de 50 litros de gasolina. Puesto que la economía moderna no está regida por un lento sistema de trueque, nos servimos del dinero como denominador común de valor. Por lo tanto, el precio es el valor expresado en términos monetarios como un medio de intercambio.

Siempre surgen problemas prácticos al intentar definir el precio, cuando tratamos de expresar simplemente el precio de un producto, digamos el de un escritorio de oficina. Supongamos que el precio que le cotizan a Marcela para un escritorio de oficina fue de 525,000 pesos, en tanto que Andrés pagó solamente 275,000 por él. A primera vista parece que Andrés hizo un mejor negocio. Sin embargo, cuando nos enteramos de los detalles cambiamos de opinión. A Marcela le entregaron el escritorio en su oficina, tuvo un año para pagarlo y el mueble tenía un buen acabado. Andrés compró un escritorio no totalmente armado, tuvo que montar los cajones y luego pulirlo y barnizarlo. Se encargó

personalmente del flete y liquidó el saldo en efectivo. Si ahora analizamos quién pagó un mayor precio la respuesta no es tan obvia.

Los gerentes al fijar el precio deben de fijar su objetivo:

**Orientado a las utilidades:** Al seleccionar la maximización de utilidades la gerencia centra su atención en la generación de utilidades y los objetivos pueden ser a corto plazo o para períodos más largos.

**Orientados a las ventas:** En algunas empresas, la atención de la fijación de precios por parte de la gerencia se centra en el volumen de ventas. En tales casos, la meta de la fijación de precios puede ser aumentar el volumen de ventas o mantener o incrementar la participación de mercado.

**Orientado a la situación actual:** Se hace con el objeto de estabilizar los precios (sucede en industrias donde el producto está muy estandarizado como es el caso del acero, cobre o productos químicos básicos) para evitar una guerra de precios y para hacer frente a la competencia.

Por lo tanto, es importante hacer notar que en una economía sana en donde existe una verdadera competencia los precios son determinados por el mercado y el nivel de inventarios influye en los márgenes de utilidad que se tienen en base a los costos. Si no podemos manipular el precio si se pueden manipular los inventarios para ser más competitivos.

#### **IV.8 NIVEL DE INVENTARIOS E INVERSION POR UNIDAD**

Lidiando con el "síndrome de fin de mes" es un problema considerable y constante en la mayoría de las plantas y procesos. En muchas empresas, por lo general cada mes, se encuentra uno con la urgencia de expedir productos en las operaciones finales que se

deben procesar en la última semana para cumplir con los objetivos de embarques. Primero se comienza con dosis liberales de tiempo extra pero con el tiempo encontramos que generalmente es insuficiente para manejar picos grandes de producción y por lo general nos encontramos comprando equipo adicional para éstas operaciones. Inclusive parece ser que en muchas empresas nunca se tendrá la capacidad necesaria en las últimas operaciones. Estudios realizados en los Estados Unidos muestran que en la mayoría de las empresas la capacidad de las últimas operaciones es varias veces más alta de lo que realmente se requiere.

En nuestro ejemplo de los inventarios altos, las últimas operaciones tienen una carga de producción muy grande y a través de un extenso período de tiempo. Cuando el material finalmente llega a la última operación tenemos una carga inmensa y estamos forzados a expedir el material rápidamente a través de estas operaciones. Aunque el tiempo extra ayuda, por lo general no es suficiente y generalmente se invierte en más maquinaria para agilizar estas cargas. Aunque estas máquinas estén paradas más de la mitad del tiempo estamos forzados a invertir para poder cumplir con nuestros objetivos y seguir siendo competitivos.

El exceso de capacidad requerida junto con los gastos inherentes de tener altos inventarios incrementan de manera notable la inversión requerida por unidad. De hecho, nuestra inversión en inventarios y capacidad productiva típicamente compromete más de dos terceras partes del total de inversión en instalaciones de manufactura.

En el caso de manejar bajos inventarios, la carga en las últimas operaciones está distribuida uniformemente y el tiempo ocioso está mejor distribuido incluso a final de mes. Por consecuencia somos capaces de manejar la expedición, si ésta llega a ocurrir, sin tener que comprar equipo adicional. En este tipo de empresas la inversión en equipo, facilidades e inventarios son mucho menores y consecuentemente el retorno sobre inversión es mayor. Más importante aún, nuestro punto de equilibrio es menor, lo que nos permite ser más flexibles al poner precio a nuestros productos.

#### IV.9 NIVEL DE INVENTARIOS Y EL TIEMPO DE ENTREGA

Casi cualquier planta siente una necesidad de mejorar su tiempos de entrega. También se sienten a menudo indefensas ya que se pierde el control sobre los factores que hicieron que no entregaran a tiempo. A simple vista parecería ser que las principales razones para no entregar a tiempo son externas a las plantas, ya sea que los vendedores son poco confiables o los clientes están cambiando constantemente su punto de vista: incrementando, cambiando o cancelado una orden. Una de las principales quejas de los gerentes en manufactura es: "Denme un pronóstico confiable y tendré el producto a tiempo".

Es cierto que estas condiciones existen e impactan fuertemente la habilidad de una planta de entregar a tiempo, pero no significa que la solución al problema esté fuera del alcance de la planta. Para entender el impacto del nivel de inventario en proceso en los tiempos de entrega tenemos que examinar algo que a primera vista parece no tener relación, la validez del pronóstico de demanda o producto con el nivel de inventarios.

Pronosticar la demanda de mercado significa estimar el volumen de ventas del mercado total de una empresa y el volumen de ventas que se prevé en cada segmento. Este paso requiere estimar el potencial total de la industria para el producto de la compañía en el mercado meta. El requisito principal de un pronóstico de demanda es preparar el pronóstico de ventas, generalmente para un período de un año. El pronóstico de ventas es el fundamento de todos los presupuestos y planes operacionales de todos los departamentos de una empresa: mercadotecnia, producción, distribución, finanzas, etc.

Existen muchos métodos estadísticos e intuitivos de establecer un pronóstico (y no es mi objetivo mencionarlos en este trabajo) pero si algo tienen todos en común es la validez de ellos a través del tiempo. Estos pronósticos son confiables durante un período de tiempo en el futuro, luego la validez se deteriora drásticamente.

## (VER GRAFICA 8)

Si todas las empresas en una industria están entregando un producto al mercado en un período de dos meses, los clientes no colocarán órdenes para comprometerse con tiempos de entrega específicos con un año de anticipación. Probablemente colocarán sus órdenes dos y medio meses antes de que necesiten el producto. Aunque se colocaran las órdenes por un año (lo que soluciona nuestro problema de pronosticar ya que sabríamos con exactitud lo que se va a vender) se sentirán en libertad de cambiar la cantidad y la fecha de embarques con dos meses de anticipación sin arriesgar las entregas o colocando a los vendedores en situaciones comprometedoras.

Esto ocasiona que el pronóstico del producto sea confiable en los primeros dos meses y muy poco confiable para un período mayor de tres meses. Regresando a nuestro ejemplo, si operamos con altos inventarios con respecto a la competencia, significa que nuestro tiempo de producción es mayor que el de ellos y que el horizonte de validez del pronóstico en la industria. La longitud del horizonte de validez del pronóstico será dictado por la empresa con menores inventarios. Como consecuencia de esto, la planeación de producción de la empresa con altos inventarios está basada en una mera adivinanza y no en un pronóstico confiable.

No es de sorprenderse que la ejecución en el tiempo de entrega es un problema donde existen altos inventarios. Cuando se opera con inventarios bajos, más que los de la competencia, disfrutamos de una posición envidiable que nos dá inherentemente más exactitud en los pronósticos. Cuando se inicia la producción tenemos órdenes en firme o una validez de pronóstico que es poco factible que cambie.

Por lo tanto nuestro desempeño en los tiempos de entrega ciertamente se verán mejorados, nuestros planes de producción son manejados por información más confiable y estamos en una mejor posición de dar requerimientos confiables a nuestros proveedores. Es importante hacer notar que una de las principales razones por las que nuestros proveedores no tienen entregas confiables es debido a que continuamente cambiamos nuestros requerimientos de la misma manera que nuestros clientes lo hacen con nosotros.

También vale la pena recalcar que con altos inventarios la planeación de la producción comienza basada en meras conjeturas y oscilamos entre el exceso de inventario en proceso y de producto terminado y no logramos nuestros tiempos de entrega. Por otro lado, con bajos inventarios, se planea con un buen conocimiento y se tiene una confiabilidad en los tiempos de entrega mayor del 90%.

(VER GRAFICAS 9 y 10)

Los tiempos de entrega, como se ha mencionado a lo largo del trabajo, están jugando un rol importante en la carrera competitiva. Un excelente ejemplo es la industria automotriz y su movimiento a tener proveedores que entreguen "justo a tiempo". Si un proveedor no puede suplir a las plantas ensambladoras justo a tiempo es seguro que no permanezcan como proveedores por mucho tiempo ya que es una razón muy poderosa para recortar los tiempos de producción.

También se ha visto el poder enorme que tienen los tiempos menores de entrega en una gran variedad de industrias. En muchos casos, organizaciones han incrementado drásticamente su participación de mercado cuando dan tiempos de entrega menores que la competencia. En algunos casos ha sido posible dar precios menores cuando el tiempo de entrega es sustancialmente menor que el de la competencia. Esto podría ser una gran ventaja competitiva para México en el TLC contra otros países, principalmente los Europeos, en donde forzosamente sus medios de transporte a los Estados Unidos y Canadá toman mayor tiempo que los nuestros. Bajo este esquema, no debería existir una razón por la que un competidor extranjero nos gane en nuestro propio territorio.

Sin embargo, podría parecer que para mejorar los tiempos de entrega se requiere de inventario en proceso y de producto terminado en exceso. Pero, como mencionamos anteriormente, el tiempo de producción y el inventario en proceso son realmente el mismo concepto. Si reducimos el inventario en proceso, los tiempos de producción se reducen proporcionalmente como hemos demostrado, lo que no se reconoce claramente en muchas industrias es que el producto terminado "debe ser" proporcional al inventario en proceso.

Si una planta tiene una semana de inventario en proceso, entonces en promedio su tiempo de producción debe ser de una semana. Supongamos que esta planta hace un

producto muy demandado por el mercado por lo que se requieren de entregas inmediatas. Ya que la planta puede proveer todo en una semana deberá tener en producto terminado entre una y una y media semanas de inventario para satisfacer la demanda de los clientes. Posiblemente alguna protección adicional se requerirá más allá de los tiempos normales de producción debidos a la incertidumbre de la demanda pero cualquier cantidad en exceso no nos ayuda en mucho. Si una planta tiene tres meses de inventario en proceso y está operando bajo las mismas condiciones se verá forzada a tener cerca de cinco meses de inventario de producto terminado lo cual resulta altamente costoso.

Algunas organizaciones -como es el caso de Procter y Gamble- han demostrado que es posible cambiar el negocio de producir para levantar inventarios a producir para órdenes específicas reduciendo de esta manera los tiempos y ciclos de producción.

Hemos estresado la palabra "deben ser" proporcionales los inventarios de producto terminado y los inventarios en proceso ya que una reducción en el inventario en proceso no causa automáticamente una reducción en inventarios de producto terminado. La gerencia debe establecer sus inventarios de producto terminado de acuerdo con los niveles de inventario en proceso para obtener beneficios significativos. Por lo tanto, la respuesta a la demanda del mercado es directamente proporcional al inventario en proceso.

#### **IV.10 INVENTARIO Y LAS VENTAJAS COMPETITIVAS**

Como hemos visto el inventario impacta los factores competitivos de manera significativa. Estamos forzados a concluir que sólo el canal de los costos no impacta a las medidas básicas. Existe otra relación indirecta del inventario con la meta principal y es la del nivel de inventarios y la facturación futura.

Nuestro análisis de la competitividad y sus elementos demuestran la relación tan estrecha que tienen los inventarios con la facturación. El inventario debe asociarse en nuestras mentes con facturación futura, con nuestra habilidad de sobrevivir e incursionar

en nuevos mercados. Mientras mayor sea el inventario que tenemos, el futuro de nuestras empresas será menos promisorio. Mientras menor inventario se tenga hoy mejor será el futuro de nuestras empresas.

También hemos podido ver los impactos del inventario en los gastos de operación como el hecho de que los inventarios son una de las principales causas de tiempo extra, costo de calidad, gastos de expeditación y exceso de capacidad.

Estas uniones indirectas de los inventarios tienen un fuerte impacto en la facturación a futuro y un inesperado impacto en los gastos de operación por lo que nos encontramos con que el inventario está impactando la utilidad neta doblemente y el retorno sobre inversión y el flujo de efectivo tres veces.

(VER GRAFICA 11)

Todos en México reconocemos, por sentido común, la importancia de la facturación y de los gastos de operación y ya es tiempo que reconozcamos la importancia del inventario al menos al grado que le han dado los Japoneses. Si hemos encontrado tantos aspectos obvios e importantes del inventario en relación con las ventajas competitivas de una organización debe de existir una razón suficientemente fuerte por la cual las empresas no están operando con niveles bajos de inventarios. ¿Qué es lo que ocasiona que muchas plantas se encuentren en situaciones totalmente opuestas?

La respuesta está en la visión a corto plazo de la importancia relativa entre facturación, inventario y gastos de operación con las técnicas disponibles para la administración de la logística de flujo de materiales en la planta. Todos los gerentes están conscientes de la importancia a corto plazo de la facturación y los gastos de operación, por lo general se esfuerzan al pensar que una reducción en los inventarios afectará adversamente la planeación. Si un gerente de planta no cumple sus objetivos de embarque un par de meses seguidos por un diez por ciento la planta probablemente perderá dinero. El gerente se enfrentará a un dilema y por consecuencia mantendrá altos los niveles de inventarios "por si acaso" ("Just in case"). Su otra preocupación será que si el inventario se reduce significativamente muchas operaciones y departamentos no tendrán que hacer y por lo tanto los trabajadores estarán ociosos y los gastos de operación se verán incrementados.

#### IV.11 LAS MEDIDAS OPERATIVAS Y LA META

De hecho, estas tres medidas, Facturación, Inventarios y Gastos de Operación, son perfectamente capaces de medir la meta de hacer dinero eliminando la necesidad de usar Utilidad Neta (UN) y Retorno sobre la Inversión (ROI). Pero ya que estamos acostumbrados a la Utilidad Neta y al Retorno sobre Inversión y hemos desarrollado la intuición por ellos (como tenemos la intuición por los centímetros en México y las pulgadas en Estados Unidos), sería contraproducente el intentar discontinuar su uso, y más cuando la conversión entre Facturación, Inventario, Gastos de Operación y Utilidad Neta y Retorno sobre Inversión es tan directa.

La Utilidad neta es simplemente la Facturación menos los Gastos de Operación:

$$UN = F - GO$$

El Retorno sobre Inversión es simplemente la facturación menos los gastos de operación divididos entre el inventario:

$$ROI = (F - GO) / I$$

Vale la pena notar que en muchas empresas se están usando como medidas otras combinaciones de Facturación, Inventario y Gastos de Operación. Por ejemplo una de las más usadas, como mencioné anteriormente, es la Rotación de Inventarios. La rotación se expresa por la relación entre facturación e inventario. De la misma manera la relación entre Facturación y Gastos de Operación no es otra cosa que "Productividad".

$$ROTACIÓN DE INVENTARIOS = F / I$$

$$PRODUCTIVIDAD = F / GO$$

## IV.12 MEDIDAS DE CONTROL

Adicionalmente a las medidas que juzgan el desempeño del sistema entero (Facturación, Inventarios, Gastos de operación, Utilidad Neta, Retorno sobre Inversión y Flujo de Efectivo) necesitamos medidas de control. Medidas que pueden ser usadas para monitorear sistemas enteros o subsistemas. Primero vamos a clarificar lo que se entiende por la palabra "control" ya que en la actualidad se emplea de manera errónea en muchas empresas. Por ejemplo, cuando nos referimos a "control de inventarios" nos referimos a juntar datos que nos digan donde está localizado el inventario y en que etapa del proceso está. El verdadero significado de control es tener el conocimiento de donde se encuentran los inventarios con respecto a donde deberían estar supuestamente y quien es responsable de las variaciones.

Si se usan las medidas apropiadas un buen control se puede lograr inclusive para subsistemas que interactúan, no sólo con el mundo exterior, sino con otros subsistemas dentro de la misma organización. Estas tres medidas de control son "Facturación en Pesos por Día" (FPD), "Inventarios en Pesos por Día" (IPD) y "Gastos de Operación Locales" (GOL).

### IV.12.1 GASTOS DE OPERACION LOCALES (GOL)

Los gastos de operación locales es el gasto de operación sobre el cual una área local tiene el control total. Esta definición no requeriría de mayor explicación si no fuera por el síndrome de asignación de costos. Uno de las cosas más importantes que hay que considerar cuando se desarrollan medidas de control es la de no asignar un gasto a un área

que no tiene la responsabilidad o el poder de cambiar los números. Un buen ejemplo es asignar el 6% del centro de cómputo divisional a los gastos de operación de la planta. La planta no tiene ninguna responsabilidad por el centro de cómputo divisional y por lo tanto, aunque use el sistema, no debe cargar con estos gastos cuando se trata de medidas de control. Mecánicamente debemos asignar al subsistema todos los gastos que son controlados solamente por él. Debemos asignar, por ejemplo, el salario de los empleados que trabajan en él. No hay ningún punto en diferenciar a los trabajadores directos, el supervisor, los ingenieros de tiempo completo y los de mantenimiento. De la misma manera debemos ser cuidadosos de no asignar a un departamento algún porcentaje de la gente de manejo de materiales que se comparte con otros departamentos y ciertamente ninguno de los administradores o otras áreas de staff de la planta. Este mecanismo requiere introducir el concepto de "Departamento-Planta" junto con los actuales departamentos. A este departamento-planta le vamos a asignar todos los gastos que no están bajo la responsabilidad de un solo departamento. Similarmente tenemos que crear el "Departamento-División", etc. Esta medida local es muy fácil de registrar ya que todos los datos relevantes existen y es lógica y justa. Además la experiencia nos muestra que no encuentra ningún tipo de resistencia por parte de los usuarios.

Aunque las otras dos medidas pueden ser explicadas con mayor detalle después de introducir el concepto y procedimiento de administración de Buffers o amortiguadores se dará una breve explicación del concepto. Estas dos medidas (FPD e IPD) deben medir la desviación del plan. Existen dos tipos de desviaciones, la primera de ellas son las cosas que se debían hacer y no se hicieron y la segunda son las cosas que no se debían hacer y se hicieron. El primer tipo de desviación ya ocupa la atención de la gerencia y una parte significativa de su tiempo, los gerentes en la planta tratan de minimizar el daño ocasionado por estas desviaciones ( las cosas que van atrasadas con respecto a la cédula). Sin embargo es raro encontrar medidas numéricas para este tipo de desviaciones. Este es exactamente el objetivo de la medida de "Facturación en Pesos por Día".

La situación es peor cuando nos ocupamos de la segunda desviación. No sólo nos encontramos con que no existen medidas al respecto sino que las medidas actuales, como la eficiencia de los trabajadores y la varianza de los procesos, estimulan en lugar de desanimar el hacer cosas que no se necesitan. Es común que en una planta, en donde los departamentos se miden a través de eficiencias, el supervisor ponga a su gente a trabajar

(solamente para incrementar la eficiencia) aunque el producto no se necesite lo que ocasiona un incremento en el inventario en proceso.

#### **IV.12.2 FACTURACION EN PESOS POR DÍAS (FPD)**

Primero vamos a definir el concepto a través de un ejemplo. El desempeño de los tiempos de entrega es actualmente una medida no financiera importante. Esta medida cuantifica la magnitud de la desviación que tiene una planta respecto a los compromisos con los clientes. Muchas empresas lo miden usando el número de órdenes perdidas o el número de unidades que no se embarcaron a tiempo. Es lógico que cuando este tipo de medidas se utiliza, la diferencia entre el tamaño de las órdenes es relativamente pequeño o la diferencia entre los precios de venta de las unidades vendidas es prácticamente insignificante, pero este no es el caso. En la mayoría de los casos, la extensión entre el tamaño de las órdenes es al menos de un orden de magnitud y los precios de venta de las unidades difieren por un cantidad similar. Además el retraso en los embarques generalmente no se computa y por lo tanto la orden que se retrasó un día carga el mismo peso que la que se retrasó dos días.

Los tiempos de entrega son ciertamente desviaciones del primer tipo, cosas que se debieron hacer y no se hicieron, y por lo tanto FPD debe medirla en cualquier punto del tiempo. Usando esta medida de control una unidad, ya sea una planta o una división, puede medir su desempeño en tiempos de entrega mediante la asignación a una orden perdida de un valor igual a su precio de venta multiplicado por el número de días que el embarque lleva de retraso. Una suma de todas estas órdenes dará a la unidad una medida objetiva de su nivel de desempeño en cualquier punto del tiempo. Esta medida forza a la planta a concentrarse en las órdenes atrasadas, no solamente por la quejas de los clientes, sino porque una orden que tiene diez días de atraso tiene un impacto sobre nuestra medida diez veces mayor que la que lleva un día de retraso (considerando que ambas tienen el mismo precio de venta).

Esta medida no está restringida a medir sólo la desviación de una planta también puede ser efectiva usada internamente para medir el desempeño en entregas de cada departamento productivo, centro de trabajo e inclusive el desempeño de funciones como ingeniería y contabilidad. Para llevar la medida hasta este grado debemos entender muy bien las "fechas de venta" que se requieren internamente que pueden ser logradas solamente mediante el mecanismo de administración de buffers o amortiguadores. En cada caso el efecto es el mismo y todos los departamentos tienen el incentivo de lograr una calificación perfecta de cero.

#### IV.12.3 INVENTARIO EN PESOS POR DIA (IPD)

Esta medida controla las desviaciones del segundo tipo, las cosas que no debíamos hacer y se hicieron. Nuevamente vamos a definir el concepto mediante un ejemplo. Revisemos el caso de los inventarios de producto terminado en una planta, cuando se le pregunta a un gerente cuanto inventario de producto terminado tiene una planta siempre responden de dos maneras. Pueden dar el valor en pesos o en tiempo, una respuesta de "diez millones" o otra de "cuatro semanas". Intuitivamente el sentimiento hacia ambas respuestas es muy fuerte.

Vamos a revisar cómo están constituidas ambas respuestas. Usualmente quiere decir que el producto que se necesita no se encuentra en el inventario y que probablemente 1 millón sea para los embarques de la próxima semana, 1.5 millones para la que sigue, etc. La siguiente tabla muestra esquemáticamente esta situación:

Pesos	2.5	1.5	1.5	1.5	1	1	1	10 millones
Días de venta	2	5	10	20	40	100	300	4 semanas

De hecho el último millón es probablemente producto obsoleto que debe ser eliminado del inventario pero que usualmente no se elimina. Vamos a asumir que algún día (en 300 días aproximadamente) se va a vender.

Si la planta intenta reducir inventarios, naturalmente se concentrará en reducir los niveles que lleva para las ventas a corto plazo. Aquí es donde la mayoría del dinero está concentrado siete de cada diez millones para los primeros 20 días. El dilema del gerente de la planta es que el o ella saben que una reducción significativa en estos inventarios lo más seguro es que arriesgue el servicio a clientes lo que ocasionaría que el infierno se haga más grande en lugar de reducirlo. De hecho estamos forzando al gerente de la planta con la cuestión equivocada. El énfasis corporativo de reducir los inventarios viene de una apreciación totalmente nueva del inventario, el considerarlo como desventaja. Si lo vemos como una desventaja en vez de un activo lo que significa realmente es que vemos al inventario como un préstamo hecho a la planta. Se prestó dinero a la planta y se compró producto con él. La empresa espera que se regrese ese dinero en forma de ventas pero, ¿Cuál es la medida de un préstamo? ¿En que medida pagamos a un banco por un préstamo? No sólo consideramos la cantidad prestada, también debemos tratar el tiempo que dura el dinero en manos del deudor. La unidad de medida no son pesos sino pesos por día.

Visto desde este punto de vista debemos añadir otro renglón a la descripción de inventario de producto terminado de la planta, la de pesos por día que realmente expresa donde el dinero invertido está capturado.

Pesos	2.5	1.5	1.5	1.5	1	1	1	10 millones
Días de venta	2	5	10	20	40	100	300	4 semanas
Pesos por día	5	7.5	15	30	40	100	300	4 semanas

Es ahora aparente que la planta se debe concentrar en reducir (y ciertamente no rehacer) los inventarios que están en posesión de una planta por un período de tiempo extendido. La reducción de éstos inventarios no está en conflicto con el servicio a clientes y estos inventarios generalmente son el resultado de cosas que se hicieron pero que no se deberían de haber hecho (probablemente con la finalidad de incrementar la eficiencia local, reducir variaciones o cubrir una baja de ventas en un período previo).

Para establecer un control con esta medida debemos definir un buffer o amortiguador apropiado a este caso específico y para hacer esto debemos definir el concepto de tolerancia de tiempo por parte del cliente. Este es el tiempo desde que un cliente coloca una orden hasta que espera que se le entregue. Este tiempo puede diferir dramáticamente de un producto a otro. Por ejemplo, cuando el producto es un Jet, las líneas aéreas tienen un tiempo de tolerancia que excede los tres años. Pero, cuando el producto es una barra de jabón la tolerancia del cliente no es mayor de dos minutos.

Definamos ahora el tiempo de entrega de un producto como el tiempo que empleamos en manufacturar un producto sin darle ninguna prioridad especial sobre otro y también considerando el hecho de que la persona más activa de nuestra planta se apellida Murphy.

Si el tiempo de tolerancia de nuestro cliente es mayor que el tiempo de entrega del producto no necesitamos tener inventarios de producto terminado. Si el tiempo de tolerancia del cliente es cero (es decir que debemos embarcar inmediatamente que se recibe la orden), debemos mantener inventarios para cubrir lo que se espera que va a ser ordenado para el siguiente intervalo de tiempo (un intervalo igual al de tiempo de entrega del producto más un tiempo adicional de paranoia si es apropiado). Para todos los productos debemos mantener inventarios de producto terminado para cubrir la demanda esperada en intervalos iguales al tiempo de entrega del producto menos la tolerancia de tiempo de nuestros clientes. Este intervalo es parte del plan y cualquier inventario en exceso sobre este plan es resultado de hacer cosas que no deberían de haber sido hechas.

En nuestro ejemplo, vamos a asumir que este intervalo es el mismo para todos los productos y es igual a 20 días. Esto quiere decir que la planta debe asignar un valor de 380 millones de inventario en pesos por día. Igual que la facturación en pesos por día la planta debe de llevar este número a cero.

También son similares las medidas en otro aspecto, una vez que se aplica la administración de buffers o amortiguadores se pueden aplicar estas medidas a cualquier nivel y función en la planta.

#### **IV.13 EVALUACION DE ACCIONES DE ACUERDO A LAS MEDIDAS OPERACIONALES**

Si tenemos tres medidas operacionales toda acción debe ser evaluada de acuerdo a su impacto en las tres y no sólo en una de ellas.

¿Cual es la mejor forma de reducir los gastos de operación?. Una solución muy usada en la actualidad es correr personal o vender maquinaria, pero ¿que sucede entonces con la facturación?. Si no se consideran las tres medidas se pueden tomar acciones que tengan consecuencias irreversibles en el sistema. Por lo tanto, esto significa que el juicio final no son las medidas en sí, sino la relación que guardan entre ellas.

## **CAPITULO V**

### **MANUFACTURA SINCRONIZADA**

#### **V.1 MANUFACTURA SINCRONIZADA**

Las medidas actuales de desempeño en las organizaciones concentran su atención al corto plazo y llevan a mantener inventarios altos alejándonos de su verdadera importancia a largo plazo. Nuestra falta de atención hacia los inventarios ha ocasionado que no se hayan desarrollado sistemas de logística para reducir los inventarios sin correr el riesgo de perder facturación o incrementar los gastos de operación. Esto ha ocasionado que tradicionalmente nos auxiliáramos del inventario como un manto protector de las complejidades y desórdenes de nuestras plantas y los caprichos de la demanda del mercado.

La carrera actual por una ventaja competitiva ha revolucionado todo esto (y para aquellos que no estén convencidos sólo hay que ver el caso de Japón). Actualmente existe una búsqueda frenética a nivel mundial por un sistema de logística mejorado que tome en cuenta una reducción significativa en los inventarios ("cero inventarios"). Una nueva palabra ha surgido ya en el medio industrial que se conoce como Manufactura Sincronizada que ha sido el compás de una mejor manera de administrar el flujo de materiales en una planta.

Goldratt define a la Manufactura Sincronizada como: "Un método sistemático que intenta mover el material de manera rápida y suave a través de los diferentes recursos de una planta de acuerdo a la demanda del mercado" (2). Los Japoneses han ejemplificado este concepto con un río sin interrupciones o disrupciones en su flujo.

Existe un número considerable de diferentes maneras y tipos de sistemas logísticos para planear y programar la producción y distribución de materiales. ¿Cómo podemos saber si los métodos Japoneses son buenos y cuál de todos es el mejor y en que manera puede ayudar a una planta en especial?.

Para entender todo esto con mayor claridad y desarrollar las teorías de Justo a Tiempo y la de Restricciones usaremos la analogía usada por Goldratt en su libro de la Meta. Esta analogía que consiste en un grupo de soldados o alpinistas es sencilla y nos permite expresar el dilema de reducir el inventario en proceso sin arriesgar la facturación y los gastos de operación. Una vez desarrollada buscaremos encontrar la solución en el mismo marco de la analogía. Cuando se encuentre la solución ésta se podrá traducir para cada empresa y su medio ambiente verificando la factibilidad de reducción de inventarios en proceso sin dañar otras variables.

## **V.2 SOLDADOS EN MARCHA FORZADA Y NUESTRAS EMPRESAS**

De primera impresión puede parecer extraño usar una analogía de este tipo pero una tropa en marcha forzada es muy similar a una planta de manufactura.

Cada soldado es un proceso. El primero de ellos, es decir el primero de la fila, es el que procesa la materia prima. En este caso consideramos que la materia prima es el suelo vírgen que va a ser modificado por él. La materia prima se va a ir procesando por los diferentes soldados que van a ir modificándola a su paso. Finalmente el último soldado, o la última hilera de ellos, libera el producto terminado que no es mas que el camino por el cual a pasado toda la tropa y que puede ser embarcado o facturado. Nuestra tropa utiliza recursos productivos para recibir la materia prima, procesarla y hacer el producto terminado al igual que en una planta real.

En nuestra analogía, el inventario en proceso no es mas que la distancia entre la primera hilera de soldados -aquellos que convierten la materia prima en inventario en proceso- y la última fila -que convierte el inventario en proceso en producto terminado-.

(VER GRAFICA 12)

Cuando una tropa comienza su marcha forzada, los soldados están perfectamente espaciados y juntos, pero al recorrer solamente unos cuantos kilómetros es evidente la separación entre ellos y continúa creciendo mientras la marcha forzada continúa. Este espaciamiento es un fenómeno natural que se encuentra no solamente en la analogía de la tropa pero también en actividades tan diversas como una procesión o una planta manufacturera. Esta separación es causada por la combinación de eventos dependientes (actividades que se deben realizar secuencialmente) y fluctuaciones estadísticas (desviación estándar sobre la media).

En nuestro marco analógico, el problema de reducir el inventario en proceso sin arriesgar la facturación, se puede traducir como la reducción en la separación de las tropas. La reducción entre la separación del primero y el último de los soldados, sin reducir la velocidad total de la tropa.

Esta separación (que no es otra cosa que un incremento en el inventario en proceso) que ocurre en estas condiciones se puede demostrar matemáticamente mediante un sencillo juego. Para esto tomemos referencia a los capítulos 13 y 14 de la Meta.

Nuestro personaje -Alex Rogo- lleva a su hijo y a un grupo de niños de campamento. Se detienen a almorzar después de un rato de caminar. Durante el camino Alex se ha dado cuenta de que la tropa va regularmente espaciada por un tiempo y después de un rato los niños comienzan a separarse y para volver a juntarlos hay que parar la tropa y esperar a que se reúnan nuevamente.

"Es obvio que en la industria se dan sucesos dependientes, lo que significa que una operación ha de preceder a otra para que esta segunda tenga lugar. Las piezas por ejemplo, se elaboran en una sucesión de fases. La máquina A ha de terminar la fase uno antes de que la máquina B pueda empezar con la fase dos. Hay que terminar toda las piezas antes de

poder montar los productos y estos tienen que ensamblarse antes de enviar el pedido y así sucesivamente.

Pero uno se encuentra con sucesos dependientes en cualquier proceso, no sólo en una fábrica. Conducir un coche, por ejemplo, requiere una secuencia de sucesos dependientes. La marcha que estamos haciendo también. Para llegar hasta "El Barranco del Diablo", primero hay que hacer la ruta. Adelante Ron (el niño que va a la cabeza de la tropa) tiene que avanzar antes de que lo haga Dave, antes que Herbie... y así. Este es un sencillo caso de sucesos dependientes.

¿Y las fluctuaciones estadísticas?. Al levantar la vista me doy cuenta de que el niño que me precede anda algo más aprisa que yo. Aumento mis zancadas para acercarme, pero me aproximo demasiado y vuelvo a reducir las. Así que, si hubiera estado midiendo mi paso, habría detectado fluctuaciones estadísticas. Bueno ¿pero es esto algo tan importante?.

Cuando digo que camino a unas dos millas por hora, no me refiero a que siga este ritmo constantemente. La velocidad fluctúa según la amplitud de mi zancada y de la velocidad de los pasos. Lo que sí es cierto es que, al cabo de un cierto tiempo y una cierta distancia, la media es esa.

Eso mismo es lo que ocurre en la fábrica. ¿Cuánto se tardan en soldar los cables de un transformador?. Si tomas un cronómetro y mides los tiempos que se invierten en la operación, sacas una media, digamos de 4.3 minutos. Pero los tiempos reales pueden variar, por ejemplo, entre 2.1 y 6.4 minutos y no se puede saber de antemano si en un caso determinado se tardará 3.2 o 5.7 minutos (Esto no es otra cosa que la desviación estándar sobre la media)."

"Si vamos todos aproximadamente a la misma velocidad ¿por qué aumenta la distancia entre Ron y yo?...¿Fluctuaciones estadísticas?. No puede ser, las fluctuaciones deben compensarse. Nos movemos a la misma velocidad, más o menos, lo que significa que la distancia entre algunos puede variar, pero al cabo de cierto tiempo tiene que terminar igualándose. Puede variar la distancia entre Ron y yo, en determinados momentos, pero la media debería mantenerse a lo largo de toda la excursión.

Pero no es así, a pesar de que mantenemos un paso moderado, igual al de Ron, la fila aumenta de longitud. Los huecos aumentan excepto entre Herbie y el niño delante de él.

¿Cómo lo hace?. Cada vez que Herbie se queda atrás, da pasos de más para recuperar el camino perdido. Está gastando más energía que Ron y que los que van adelante, para mantener la misma marcha. Me pregunto por cuánto tiempo podrá mantenerse de esa forma.

Pero...¿por qué no podemos andar a la misma marcha que Ron y permanecer unidos?.

Observo la fila. En la cabecera algo llama mi atención; Dave ha reducido el paso para abrocharse las agujetas. Delante de él, Ron continúa. Se abre un hueco de diez o veinte metros. O sea, que toda la fila ha crecido unos veinte metros.

En ese momento empiezo a comprender lo que sucede. Ron marca el paso. Cada vez que alguien camina más despacio que Ron, la fila crece. Y no hace falta ni siquiera que alguien pare; con que alguno de los chicos de los pasos más cortos, la fila se irá haciendo cada vez más larga.

¿Y que sucede si alguien camina más rápido que Ron? ¿No se eliminarán los huecos?.

Supongamos que ando más de prisa. ¿Puedo acortar la longitud de la fila?. Entre mí y el chico de adelante hay un hueco de unos tres metros. Si él sigue al mismo ritmo y yo acelero, puedo reducir este hueco, pero la longitud total de la fila ya depende de lo que sucede adelante de nosotros. Lo más que puedo hacer es pegarme al niño que va adelante. No podré ir más de prisa que él, quien a su vez, no podrá ir más aprisa que el siguiente, y así. Lo cual significa que, excepto Ron, las velocidades de cada uno de nosotros depende de los que nos siguen en la fila.

La cosa empieza a tener sentido. Nuestra excursión es un conjunto de sucesos dependientes en combinación con fluctuaciones estadísticas; cada uno de nosotros fluctúa

en su velocidad, unas veces por encima, otras por debajo. Pero la posibilidad de superar la velocidad media está limitada por todos y cada uno de nosotros.

Cada uno de nosotros está limitado por los demás para ir más aprisa. En cambio, no hay limitación en lo tocante a reducir el paso. Incluso podemos parar... Así que lo que ocurre, no es que se compensan las fluctuaciones, sino que se acumulan.

Y lo que fundamentalmente se acumula es la lentitud, porque la dependencia limita las oportunidades de que se produzcan fluctuaciones hacia arriba por encima de la media. Esa es la razón de que la fila se extienda. Sólo se podría reducir si todos los que van detrás de Ron anduvieran mucho más de prisa que la velocidad media de él, durante algún tiempo.

Delante de mí veo que la distancia que cada uno tiene que recuperar viene a depender del lugar que ocupa en la fila. Dave sólo tiene que recuperar sus propios retrasos respecto a Ron, esos tres o cuatro metros que le separan de él. Pero para que Herbie no haga aumentar la longitud de la fila tendrá que recuperar sus propias fluctuaciones, más las de todos los chicos que le preceden. Yo, me encuentro al final de la fila, tendré que recuperar los retrasos de todos los demás.

Entonces, empiezo a pensar en el trabajo. En la fábrica tenemos, desde luego, sucesos dependientes y también fluctuaciones estadísticas, como en esta excursión. La fila de muchachos podría ser como un modelo del sistema de producción. El camino andado podría ser la producción. Ron comienza la producción consumiendo ruta vírgen ante él, que es el equivalente a la materia prima. Ron elabora en primer lugar la ruta, caminando por ella, los demás vamos dando toques al proceso, como en una fábrica, hasta elaborar el producto. Cada uno de nosotros somos parte de un conjunto de sucesos dependientes. ¿Importa el orden en que estemos?. Bueno alguien debe ir en primer lugar y otro en el último. O sea, tenemos sucesos dependientes, sin importar el orden en que se coloquen los chicos.

Yo soy la última operación. Podríamos decir que hasta que yo no recorra el camino, el producto no se vende. Y esto sería nuestra facturación. No lo que Ron camino sino lo que yo ando.

¿Y el espacio entre Ron y yo?. Esa cantidad tiene que ser el inventario. Ron consume materia prima y la ruta que los demás consumimos es inventario hasta que yo determine procesarla.

¿Y los gastos de operación?. Son todos aquellos que nos permitan convertir el inventario en facturación. En nuestro caso, es la energía que necesitan los chicos para caminar. Aunque no puede ponerse a esto números específicos, si sé cuándo estoy cansado.

Si aumenta la distancia entre Ron y yo, significa que el inventario crece. La facturación es lo que yo ando, que se ve influenciada por las fluctuaciones en la marcha de los demás. Según se acumulan las fluctuaciones por debajo de la media, éstas terminan por reflejarse en mi marcha. O sea, me veo obligado a reducirla. Lo que significa que, debido al crecimiento de inventario, la facturación de todo el sistema disminuye.

¿Y los gastos de operación?. No estoy seguro. En mi empresa siempre que aumentan los inventarios, crecen los costos de los mismos en la misma medida. Los costos de los inventarios son parte de los gastos de operación, por lo tanto este parámetro también tiene que crecer. En nuestra excursión los gastos de operación aumentan cada vez que corremos para alcanzar al vecino, porque utilizamos más energía de la habitual.

El inventario sube, la facturación baja y probablemente los gastos de operación también suben."

"Sigo dándole vueltas a un par de ideas en la cabeza, mientras me como un bocadillo sentado en una de las mesas. Me preocupa el hecho de que no haya forma de dirigir una fábrica sin sucesos dependientes ni fluctuaciones estadísticas. No puedo escapar a esa combinación. Pero tiene que haber alguna forma de controlar sus efectos. Porque todos nosotros nos quedaríamos sin negocio si el inventario creciera y la facturación disminuyera permanentemente.

¿Qué sucedería si tuviese una fábrica equilibrada, del tipo de la que todos los directores tratan de conseguir?. Una fábrica en la que cada recurso tuviera la capacidad

exacta para la demanda del mercado. En realidad, ¿no sería esa la respuesta a mis problemas? ¿No desaparecería el inventario sobrante si equilibrase perfectamente capacidad de producción y demanda? ¿No desaparecerían los problemas de carencia de piezas?.

Estoy empezando a pensar que el modelo que me he construido con el ejemplo de la excursión me está despistando. De acuerdo que representa muy bien la combinación de fluctuaciones estadísticas y sucesos dependientes, pero ¿representa un sistema equilibrado?. Supongamos que la demanda sea caminar tres millas por hora, ni más ni menos. ¿Podría adaptar la capacidad de cada muchacho para andar a esa velocidad exactamente?. En ese caso obligaría, gritando, golpeando, con dinero, o como fuera, a mantener constantemente ese paso y el sistema estaría perfectamente equilibrado.

El problema está en la manera de ajustar, a la hora de la verdad, la capacidad de estos quince chicos. Por ejemplo, si ato una cuerda a sus tobillos para que cada paso tenga exactamente la misma longitud...bueno no sería muy edificante...Podría también sacar quince copias genéticas exactas de mí mismo, con lo que tendría la tropa de Alex Rogos, cuya capacidad de marcha sería exactamente la misma. Lo malo es que esto último no es factible hasta que no se avance más en la tecnología.

Estoy rompiéndome la cabeza con estos pensamientos cuando observo a uno de los niños como lanza un par de dados en una mesa cercana. El dado me dá una idea."

"Vuelvo a mi mesa y hago rodar los dados un par de veces. Fluctuaciones estadísticas, naturalmente. Cada vez que arrojo los dados, obtengo un número aleatorio predecible dentro de ciertos márgenes, concretamente del uno al seis para cada dado. Y ahora necesito una serie de sucesos dependientes."

"El sistema que he construido está pensado para procesar cerillos. Saco un número de cerillos de su caja y los muevo a través de varios platos. El dado decide cuántos cerillos paso de un plato a otro y decide la capacidad de cada plato, o sea, de cada recurso. El conjunto de platos forman los sucesos dependientes. Cada plato tiene exactamente la misma capacidad pero su producción real varía."

Utilizo uno solo de los dados para evitar las fluctuaciones al mínimo, así las fluctuaciones acabarán del uno al seis. Entonces puedo ir pasando cerillo, entre plato y plato, desde un mínimo de uno hasta un máximo de seis. En este sistema, la facturación vendrá representada por el número de cerillos que salgan por el último plato. El inventario será la cantidad total de cerillos que contienen todos los platos en cualquier momento y supondré que la demanda del mercado es igual a la media de cerillos que el sistema puede elaborar. De modo que la capacidad de producción de cada recurso está perfectamente equilibrada con la demanda del mercado. En definitiva, ahora tengo un modelo de una fábrica perfectamente equilibrada.

Cinco chicos deciden participar en el juego: Andy, Ben, Chuck, Evan y Dave. Cada uno se sienta detrás de un plato. Alcanzo papel y lápiz para anotar lo que pasa. Entonces les explico lo que tienen que hacer.

Se trata de ir pasando tantos cerillos como puedan desde su plato al situado a su izquierda. Cuando les toque, tiran el dado y ese será el número de cerillos que pueden mover.

Sólo pueden mover los cerillos que hay en su plato. Por ejemplo, si sacan un cinco y sólo tienen dos cerillos, entonces mueven esos dos. Y si no tienen ninguno no mueven.

¿Cuántos cerillos se pueden pasar por toda la fila al final de una vuelta?. Si es posible mover un máximo de seis y un mínimo de uno en cada turno ¿Cuál será la media?.

1      2      3      4      5      6

La media se encuentra en 3.5, por lo que después de una vuelta se esperan pasar 3.5 cerillos y después de diez vueltas 35 cerillos, y así. Cada uno de los chicos se espera que mueva 3.5 cerillos en cada tirada.

Mi intención es apuntar las cantidades que se desvían de la media. Todos empiezan con cero. Si el número de cerillo movidos es de 4, 5 o 6 entonces apunto una ganancia de 0.5, 1.5 y 2.5 respectivamente. Y si es de 1, 2 o 3, en ese caso, una pérdida de -2.5, -1.5 y -0.5 respectivamente. Las desviaciones, por supuesto, se acumularán. Si alguien termina

con 2.5 sobre la media, entonces la próxima vuelta empezará con esa cantidad y no desde cero. Eso es lo que ocurriría también en la fábrica.

Entrego el dado a Andy. Este saca un dos. Andy toma dos cerillos de la caja y los coloca en el plato de Ben. Al sacar un dos, Andy ha perdido -1.5 de su cuota y anoto la desviación.

Le toca a Ben que saca un cuatro pero como solo puede pasar los cerillos que tiene en su plato solo pasa dos. Le apunto también una desviación de -1.5 en su casilla.

Chuck tira un cinco y nuevamente sólo hay dos cerillos que mover al plato de Dave y yo apunto nuevamente una desviación de -1.5 para Chuck.

Dave tira el dado y saca un uno. Por lo tanto pasa un cerillo a Evan. Evan también saca un uno y toma el cerillo y lo pone al final de la mesa. Tanto para Dave, como para Evan apunto una desviación de -2.5.

Andy tira nuevamente y saca un seis. Toma seis cerillos de la caja y se los entrega a Ben. Apunto una ganancia de 2.5 que coloca su cuota en 1.

También tira Ben un 6. Pasa los seis cerillos a Chuk. Apunto el mismo resultado de Andy a Ben.

Pero Chuck saca sólo 3. Así que, después de pasar tres cerillos a Dave le quedan otras tres en su plato. Y yo anoto una pérdida de -0.5 en su casilla.

Tira Dave y saca otro seis. Pero sólo tiene cuatro cerillos para pasar (los tres de Chuck y otro que tenía de la vuelta anterior). Entrega las cuatro a Evan y yo apunto una ganancia de 0.5 en su casilla.

Evan obtiene un tres en su tirada. De esta forma otros tres cerillos van a sumarse al cerillo al final de la mesa. Evan conserva un cerillo en su plato y yo señalo una pérdida de -0.5 para él" (3).

Si duplicamos el experimento de Alex mediante una sencilla simulación después de 20 corridas obtenemos las gráficas de acumulación de inventarios y de desviaciones que se pueden ver en el Anexo 1.

"Miro la cuadrícula y apenas puedo leerlo. Era un sistema equilibrado y aun así, la facturación se ha reducido. El inventario ha subido. ¿Y los gastos de operación?. Bien, si hubieramos tenido costos derivados del almacenamiento de los cerillos, los gastos de operación habrían subido también.

¿Y si hubiese sido una fábrica de verdad, con clientes de verdad? ¿Cuántas unidades podríamos haber vendido?. Creíamos que 70 (en 20 simulaciones) pero la facturación fue solamente de 61. Y nadie se ha acercado a su capacidad potencial máxima. Si hubiese sido una fábrica de verdad, la mitad o más de nuestros pedidos se habrían retrasado. Seríamos incapaces de asegurar una fecha específica de entrega."

### V.3 SOLUCIONES

Como vimos a través de la demostración anterior. El tener una planta en donde todos los procesos tienen la misma capacidad nominal es muy ineficiente. Logramos todo lo contrario a nuestro objetivo respecto a las medidas operacionales. Disminuye la facturación y aumentan los inventarios y los gastos de operación. Es práctica común de los gerentes pensar que una planta con procesos equilibrados es el ideal a buscar pero vemos que en la realidad es lo más inestable.

Pero, para nuestra fortuna, esto es muy difícil de lograr en la realidad. En un proceso se utilizan diferentes máquinas, que hacen diferentes funciones y cada una tiene su capacidad de operación nominal y presenta sus propias fluctuaciones estadísticas.

Entonces, ¿Cuál es la solución óptima a nuestro dilema de reducir los inventarios en proceso sin poner en riesgo la facturación?

Antes de analizar las diferentes propuestas cabe la pena analizar un poco más la analogía. ¿Cuál de todos los soldados regula la facturación?. Es claro del ejemplo anterior que el último de los soldados es el que expedita el producto para poder ser facturado, pero si pensamos que debido a las fluctuaciones estadísticas los soldados pudieran marchar más rápido, ¿quién limitaría en este caso la cantidad de producto que se puede facturar?. Analizado de esta forma resulta claro que el soldado más pequeño, es decir el que da las zancadas más pequeñas o el más lento de todos, regula la cantidad de producto que puede llegar a los consumidores. Este proceso, el más lento de todos, es nuestra restricción, o como se conoce comúnmente, nuestro cuello de botella.

### V.3.1 SOLDADO MAS LENTO AL PRINCIPIO

La primera solución en la que se podría pensar, que es la comúnmente usada por el ejército, es poner el soldado más lento en la primera posición, seguido por el segundo soldado más lento, y así hasta que tuvieramos a los soldados más fuertes, aquellos que pueden correr para cerrar los espacios, en la última posición. De esta forma podemos reducir la separación entre los soldados. La facturación, el ritmo al cual toda la tropa se esta moviendo, es dictada, en cualquier evento, por el soldado más lento. Reacomodando los soldados en esta secuencia reducirá la separación sin impactar la velocidad total de la tropa.

Si transferimos esta solución a una planta significa reestructurarla de manera que los recursos más lentos (soldado más lento), los que apenas pueden con la carga, sean los que realizan las primeras operaciones. Cada operación subsecuente será realizada por un recurso que tiene la siguiente capacidad más lenta y así. Si reestructuramos nuestra planta de esta manera, las últimas operaciones tendrán la mayor cantidad de capacidad sobrada y cualquier acumulación de inventarios (o separación de los soldados) que se presenten en la planta pueden ser absorbidos por la capacidad en exceso de las operaciones subsecuentes (los soldados más fuertes que pueden correr para cerrar los espacios frente a ellos).

Parece ser una buena idea, pero examinemos el costo, esfuerzo, tiempo y el caos que resultaría de implementar un plan de este tipo. Primeramente es muy difícil cambiar la secuencia de operaciones en una planta, es decir, si el producto se elabora en cinco diferentes máquinas (A, B, C, D, E) en la secuencia A-B-C-D-E es muy probable que si C es el cuello de botella no podamos elaborar el producto poniendo el recurso C al principio pues es dependiente de A y B. Esto implica un cambio de maquinaria en la planta que en la mayoría de los casos es incosteable. Supongamos que se hace el reacomodo de la planta, ¿qué sucederá cuando cambia nuestra mezcla de productos y cambie el cuello de botella?

Esta idea resulta ser muy cara e inflexible por lo que tenemos que buscar una solución más viable. Vale la pena aclarar que esta parece ser una buena solución cuando se está diseñando una planta por primera vez y aunque es buena, inclusive en estos casos, hay mejores soluciones.

(VER GRAFICA 13)

### V.3.2 TAMBORES Y SARGENTOS

Existe otra forma en que un comandante puede prevenir que los soldados se separen. Podemos poner a un soldado con un tambor al frente de la fila para que dicte el ritmo de la tropa. Cada vez que se presente una separación, el comandante dará una orden a los sargentos para que éstos se dirijan al soldado apropiado y éste recupere el paso para cerrar el espacio. El ritmo del tambor ayuda a la tropa a marchar a un unísono y con ayuda de la supervisión del sargento se limita la separación.

El ritmo o la velocidad de toda la tropa es dictada nuevamente por el soldado más lento. Si este puede marchar al ritmo del tambor, entonces la separación de la tropa (construcción de inventario en proceso) se mantiene sin reducir la velocidad total de la ésta. Hay que notar que el ritmo del tambor contiene a los soldados más fuertes de marchar más rápido aunque tienen la capacidad para hacerlo.

Usar un tambor y sargentos en una planta inicialmente parece raro, pero ¿acaso no es la práctica común?. El tambor son los materiales o el gerente de control de la producción que se auxilia de un sistema computarizado (Actualmente en muchas empresas el departamento de Manejo de Materiales) y los sargentos son los supervisores de los procesos. El gerente de control desarrolla planes y cédulas de cuándo el material debe ser procurado y procesado a través de los diferentes recursos para satisfacer los requerimientos de los clientes (EOQ y MRP). El ritmo del tambor son las cédulas de producción que determinan cuando, cuanto y que material se debe procesar por cada recurso. Los supervisores se necesitan ya que las órdenes por lo general se encuentran atrasadas (inventario en proceso no planeado o separación de la tropa) y debe ser empujado el proceso para alcanzar las fechas objetivo (o cerrar la separación).

Parece ser que en la actualidad se usa esta solución en nuestras plantas en la misma manera en que se expone en nuestra analogía, pero ¿es esto cierto? ¿Qué pensaríamos de un comandante que le pone orejeras (o cualquier otra cosa para taponarle los oídos) a los soldados de manera que no escuchen el ritmo del tambor y se les diga que marchen a su máxima velocidad. Los soldados fuertes en las primeras líneas van a ser forzados a caminar lo más rápido posible y van a ocasionar una separación entre ellos y los soldados más débiles que le siguen. ¿Qué pensaríamos de este comandante?.

Aunque parece una locura es exactamente lo que hacemos en nuestras plantas. ¿Por qué hacemos esto que parece tan contradictorio?. La respuesta a esta pregunta está en las actitudes que predominan en nuestra cultura. En muchas empresas existe el siguiente lema:

### " HAY QUE MANTENER A LOS TRABAJADORES OCUPADOS"

"Si un trabajador no tiene nada que hacer hay que encontrarle algo que pueda hacer". Parece ser como si toda la ética del trabajo se basa sobre esta premisa. En las plantas este lema se traduce en dar más producción a un trabajador, darle más material para que elabore partes adicionales (la producción de "por si acaso" se necesitan). Pero, ¿no es esto lo mismo que poner orejeras a los soldados y hacer que cada uno marche lo más rápido que pueda aunque incremente el inventario en proceso y no incremente la facturación?. En nuestras plantas, el uso de eficiencias, incentivos salariales por pieza y las varianzas sirven de orejeras en nuestros trabajadores. Examinemos esto con mayor detalle.

Supongamos que el trabajador X es el soldado más lento y que este no se encuentra en la primera fila. Esto significa que X recibe material de un soldado mucho más fuerte que él. Si transferimos este concepto a nuestras plantas significa que el cuello de botella (X) no es la primera operación pero está alimentada por otro recurso que no es cuello de botella (Y) que tiene mayor capacidad. Nuestro soldado más fuerte, el proceso que no es cuello de botella, puede producir más partes que el más lento, el cuello de botella, en el mismo período de tiempo.

Hay que ponerse en los zapatos del supervisor a cargo de los recursos que no son cuellos de botella. Si nos miden por eficiencias (La forma más común es la relación entre lo que realmente salió de un proceso por lo que debía haber salido) ¿qué es lo que le pediremos a nuestros trabajadores?, trabajar todo el tiempo para que nuestras eficiencias sean las más altas posible. ¿Y que sucederá con estas partes en el cuello de botella? ¿No se acumularán frente a él?

Ciertamente es una mala decisión si se considera a la planta como un todo. Al intentar ser eficientes hacemos más inventario (ocasionamos que la tropa se separe) sin ganar ninguna facturación adicional ya que estamos haciendo más de lo demandado. Pero, no hay que preocuparse ya que la acumulación no va a ocurrir en nuestro departamento sino en algún otro lugar de la planta. Nosotros vamos a ser juzgados como que hacemos un buen trabajo, obtenemos una eficiencia muy alta de nuestros procesos y trabajadores.

Por otra parte, si tratamos de hacer lo que es bueno para toda la planta habría que restringir a los trabajadores para que operarán a un ritmo semejante al del cuello de botella, que es menor que su capacidad. ¿Que sucederá con nuestras eficiencias? ¿Cómo juzgará la gerencia el desempeño si el departamento tiene bajas eficiencias o pasa el gerente y ve a la gente sin operar? ¿Qué solución se elegirá si fuéramos el supervisor del departamento?

Lo mismo sucede con los supervisores que están a cargo de procesos que no son cuellos de botella pero que alimentan de partes a una operación de ensamble que depende de partes que vienen del cuello de botella. Tenemos la misma condición cuando el supervisor hace partes para las que no existe demanda. En estos tres casos existe un incremento en el inventario en proceso en algún lugar de la planta (separación de las tropas). Mientras el

desempeño del supervisor del departamento parece ser muy bueno, incrementa el inventario total de la planta pero no la facturación que es exactamente lo que no queremos.

Tenemos que considerar algunos cambios culturales para que los trabajadores tengan un incentivo de seguir el ritmo del tambor, alguna forma de remover las orejeras. Pero, aún si logramos esto ¿estaremos llevando el ritmo del tambor de manera que realmente lo puedan seguir?.

¿En nuestras plantas el ritmo del tambor va de acuerdo a las restricciones o cuellos de botella o están guiados por supuestos totalmente fuera de la realidad? Por ejemplo, ¿usamos un procedimiento lógico que asume que cada recurso tiene una capacidad ilimitada, es decir que cada soldado puede marchar tan rápido como sea, que no existe ningún soldado lento?. Si se hace esto, aunque los soldados lo intenten, no podrán siempre seguir el ritmo del tambor. ¿O nuestro ritmo asume que hay tiempos predeterminados para la manufactura de los productos? Aunque el tiempo promedio de producción sea de tres meses, cuando es necesario sabemos que podemos expedir una orden en algunos días si se le da la prioridad a través de todas las operaciones y se contrata tiempo extra.

¿Cuál es el tiempo real que debemos usar, tres meses o tres días?. Probablemente el tiempo de proceso a través de la planta depende de como decidimos planear la producción. Si una orden sigue su curso normal nos lleva tres meses. Si se le da prioridad en todos lados puede ser completada en una fracción de ese tiempo. Parece ser que estamos forzados a establecer que los tiempos no pueden ser determinados de manera precisa sino que son una función de como decidimos planear la planta.

¿Nuestro ritmo asume que nuestra producción será hecha en lotes fijos y constantes aunque estamos conscientes de que existen particiones y empalmes parciales de los lotes?. Si nuestros sistemas logísticos usan supuestos irrealistas como éstos, entonces el soldado que lleva el tambor no tiene ningún ritmo de tamborazos que nadie puede seguir.

Parecía ser que la solución del tambor y los sargentos era una buena solución. Al examinar de manera detallada tenemos que admitir que la solución no es satisfactoria por lo que debe existir otra solución que es mejor que nuestros métodos actuales. ¿Cuál es el secreto Japones?.

(VER GRAFICA 14)

### V.3.3 ATAR A LOS SOLDADOS

Vamos a amarrar a los soldados como si fueran alpinistas. De esta manera podemos limitar la separación de la tropa a la longitud de la cuerda. Esta extraña idea se usa actualmente en muchas plantas con mucho éxito. El primero en intentar este tipo de solución fue Henry Ford cuando desarrolló las líneas de ensamble. De manera más reciente, Taichi Ohno de la Toyota, el padre del "Justo a Tiempo" (Just in Time), empleo esta solución cuando desarrolló con éxito su sistema de programación llamado Kanban.

Ford unió los procesos productivos mediante transportadores o cuerdas físicas, Ohno usó tarjetas o cuerdas lógicas. Ambos sistemas de cuerdas han probado ser muy exitosos y han tenido implicaciones económicas importantes. El sistema Ford trabaja bien para productos de gran volumen que se elaboran en equipo dedicado es decir que hacen solamente una operación en el proceso. La instalación de las líneas de ensamble de Ford introdujeron una era de producción en masa que resultó en un incremento del estándar de vida en los Estados Unidos. El sistema de Kanbans de Ohno extendió la idea de Ford para productos de manufactura repetitiva que se elaboran en equipo que no es dedicado, es decir, que una máquina elabora dos partes diferentes del mismo producto, pasa por la máquina se procesa y después de pasar por otras regresa a la misma máquina. Su instalación y desarrollo llevó al Japón a convertirse en una potencia económica. Estamos viendo en la actualidad resultados claros como resultado de la solución de Ohno: un incremento sustancial del estándar de vida del Japón y una pérdida de la posición dominante de los Norteamericanos frente a ellos. ¿Cuál es el secreto de las cuerdas?.

(VER GRAFICA 15)

El secreto de los sistemas de Ford y Ohno no está en las bandas transportadoras o en las tarjetas Kanban sino en el hecho de que las transportadoras y las tarjetas son

mecanismos para establecer un inventario predeterminado o buffer (longitud de la cuerda) entre dos procesos.

En el sistema de Ford el buffer predeterminado es el espacio o longitud de la banda transportadora entre las dos operaciones. En el sistema de Ohno es el número de Kanbans o de tarjetas, una para cada parte, que está predeterminado para ser usado entre dos operaciones.

El buffer le dice al trabajador en el centro de trabajo precedente cuando trabajar y cuando no trabajar. Cuando el buffer está lleno, los trabajos precedentes paran y cuando el buffer está vacío trabajan para llenarlo (no para excederse). En estas dos soluciones el flujo del trabajo está sincronizado de manera que el inventario es muy bajo comparado a los métodos convencionales de operación.

Existe sin embargo un defecto en estos métodos de cuerdas. Cualquier problema en un centro de trabajo ocasionará que el flujo de materiales se detenga, es decir que pare toda la tropa, y se perderá la facturación. Estos paros son muy caros, paramos a toda la planta y partes adicionales podrían haber sido producidas a esencialmente el costo de la materia prima. Esta es la razón por la cual una atención especial se le dá a estos sistemas para reducir las fluctuaciones e interrupciones en el flujo de los materiales. Las máquinas deben de ser mucho más confiables (alta inversión en tecnología), los tiempos de preparación de la maquinaria deben ser reducidos a lo máximo y ser más predecibles, la sobre producción debe ser prevenida, etc.

Para lograr eliminar estos problemas los Japoneses han desarrollado maquinaria, prácticamente robots, que les permiten reaccinar rápidamente sin tener que ocasionar paros en toda la planta (una alta inversión en capital). Se ha hecho un profundo cambio cultural para implementar el sistema de Kanban y un control de la variabilidad de los procesos en todos los departamentos (un proceso que lleva varios años en implementarse, en algunas empresas ha tomado inclusive diez años ).

En resumen, la predeterminación de buffers (Ya sea limitado por espacio o por número de tarjetas) regula el ritmo de producción en las líneas de ensamble. La instrucción que se le dá al trabajador es:

### "Deja de trabajar cuando el buffer esté lleno"

El trabajo está sincronizado, el inventario es bajo pero cualquier problema en un proceso ocasiona que toda la tropa se detenga y nos deja sin facturación.

Tradicionalmente en México los sistemas se han caracterizado en lo que ya mencionamos como el "por si acaso" ("Just in Case"). El tabor que dicta cuando la materia prima debe ser liberada en la planta está determinado por la primera operación que por lo general no es el cuello de botella. Hay que recordar el lema usado en muchas empresas en la actualidad: "cuando un trabajador no tiene nada que hacer hay que darle algo en que trabajar". El resultado es un inventario considerablemente más alto que en el sistema de cuerdas con la única ventaja de que la facturación está protegida. Desafortunadamente como ya vimos protegemos la facturación presente a costa de sacrificar nuestra ventaja competitiva en el mercado, nuestra facturación futura. Lo opuesto sucede en el sistema de cuerdas.

En el Justo a Tiempo el ritmo del tambor lo lleva la demanda del mercado. La liberación de materia prima a la planta resulta de una reacción en cadena iniciada cuando la última operación dá productos al mercado. Cuando un producto se embarca a un cliente, la última operación reemplaza estos bienes retirando y procesando una cantidad equivalente de material del buffer entre él y el proceso precedente. El uso de este material da una señal a través de tarjetas o Kanbans a la operación precedente para reemplazar el material que ha sido tomado del buffer. Esta reacción en cadena, o el de "jalar" las cuerdas, eventualmente ocasiona que una cantidad equivalente de materia prima se libere a la planta.

Esta reacción en cadena se logra a través de algún tipo de señal que es el Kanban. El Kanban es por lo general una tarjeta con un número que se coloca en un contenedor y coincide con el número específico de partes que lleva el contenedor. Cuando el contenedor es tomado por la siguiente operación para que las partes sean utilizadas, la tarjeta se regresa a la operación precedente para que sean reemplazadas. El Kanban no es más que una señal para que la operación precedente produzca otro contenedor de partes para reemplazar las que ya han sido usadas.

Bajo este esquema, el inventario está limitado por la longitud de las cuerdas (buffers predeterminados) y es mucho menor que en el caso del "por si acaso" o "Just in Case". La facturación presente puede estar en riesgo cuando exista algún tipo de problema en un proceso, pero a la larga el bajo inventario asegura la facturación a futuro al incrementar la ventaja competitiva de una empresa.

Es momento de aclarar que el Just in Time o Justo a Tiempo no significa tener cero inventarios como comúnmente se piensa. Como vemos necesita de inventarios o buffers que están restringidos en tamaño. Si la longitud de nuestras cuerdas fuera infinitesimalmente pequeña, de manera que prácticamente lo que sale de un proceso se procesara en otro tendríamos un inventario de prácticamente cero. Por esta razón al Justo a Tiempo se le identifica como un sistema de cero inventarios sin embargo esto en la realidad difícilmente podría ocurrir, aunque compactemos a los soldados siempre existirá una distancia diferente de cero entre el primero y el último de ellos.

¿Que es lo que debemos hacer?. Copiar el sistema de los Japoneses y adpotar el Justo a Tiempo. Desafortunadamente, no tenemos el lujo de tomar el largo y desgastante período de tiempo que un sistema de este tipo necesita para ser implementado además de que no contamos con el capital para invertir en maquinaria que reduzca la variaciones. Pero, por otro lado si no hacemos nada la competencia de otros países nos va a dejar fuera de la carrera.

#### **V.3.4 TAMBOR-BUFFER-CUERDA (TBC) O TEORIA DE RESTRICCIONES**

Ya que el soldado más pequeño dicta el paso, si permitimos que el primer soldado vaya más rápido que éste ocasionaremos que la longitud de la fila se extienda. ¿Por qué no unimos una cuerda directamente del cuello de botella al primer proceso? Esta es una aproximación diferente para sincronizar nuestra tropa y Goldartt la ha bautizado como Tambor-Buffer- Cuerda (TBC).

## (VER GRAFICA 16)

Vamos a explorar el TBC para entender sus ramificaciones. Los soldados que siguen al más débil pueden marchar más aprisa que él, por consecuencia siempre le van a estar pisando los talones (no pueden procesar más aunque quieran ya que no reciben más material que el que expide el cuello de botella) por lo que no va a existir una separación significativa. La primera fila de soldados también puede marchar más rápido que el cuello de botella, pero están limitados por la cuerda que une al primer proceso con el cuello de botella y tendrán que marchar a la misma velocidad. Los soldados entre el primero de ellos y el cuello de botella son más rápidos que el cuello de botella y por lo tanto le estarán pisando los talones al primero de los soldados. La única separación significativa se presentará justo frente al soldado más débil y el tamaño de este espacio estará predeterminado por la longitud de la cuerda que hayamos elegido.

Vamos a analizar las ventajas de ésta solución. Supongamos que uno de los soldados que siguen al cuello de botella tira su pistola. Bajo la solución de cuerdas de Ford y Ohno, toda la tropa se detendrá en algún momento. Bajo el TBC el progreso del soldado más débil no se verá afectado. Alguna separación (inventario) ocurrirá debido a esta ruptura, pero ya que los soldados que siguen al más débil son más rápidos (tienen capacidad excedente), eventualmente lo alcanzarán. La separación será temporal y no habrá una reducción en la velocidad de toda la tropa (facturación). Vemos que el impacto de un problema en el TBC es totalmente diferente que en el Justo a Tiempo.

Parece ser que el TBC tiene algunas ventajas pero hay que indagar un poco más. Si un soldado que precede al cuello de botella tira su pistola, mientras la recoja antes de que el soldado más débil cierre el espacio no habrá ningún impacto en la velocidad y movimiento de la tropa. El espacio (inventario) frente al cuello de botella sirve de buffer contra cualquier ruptura de los soldados que le preceden. Si concentramos el inventario frente al soldado más débil y ocasionando que el primer soldado camine al mismo ritmo que el cuello de botella estamos ganando lo mejor de los dos mundos. El inventario es menor todavía que en el Just in Time y la facturación está más protegida que en el "por si caso" o "Just in Case".

Parece ser que podemos proteger la facturación presente, aumentar la facturación futura, no arriesgar los gastos de operación (no se necesitan más o mejores soldados) y reducir el inventario significativamente. Además no tenemos que controlar un buffer para cada proceso sino solamente se controla uno, el del cuello de botella. Veamos ahora si podemos aplicar el TBC en cualquier tipo de planta o de proceso.

En todas las plantas existen solamente algunos recursos que son cuellos de botella. El TBC reconoce que la restricción dictará el ritmo de producción de toda la planta. Entonces vamos a tratar a la restricción como el soldado del **Tambor**. Su ritmo de producción va servir como ritmo para toda la planta. Necesitamos también establecer el buffer o inventario frente a cada cuello de botella. Este **Buffer** va a contener solamente el inventario necesario para mantener al cuello de botella ocupado durante el tiempo predeterminado (de ahora en adelante me voy a referir al buffer como buffer de tiempo). Consecuentemente, este buffer de tiempo protegerá la facturación de la planta de cualquier rompimiento que pueda ser amortiguado mediante el intervalo de tiempo predeterminado.

Para asegurar que el inventario no va a crecer después de un nivel determinado por el buffer de tiempo una **Cuerda** debe ser atada del cuello de botella a la primera operación. En otras palabras, el ritmo al cual la primera operación debe expedir materia prima a la planta va a ser dictado por el ritmo al cual el cuello de botella está produciendo.

## CAPITULO VI TAMBOR-BUFFER-CUERDA Y RESTRICCIONES

### VI.1 DISEÑO DEL TBC

Vamos ahora a diseñar un procedimiento para implementar el TBC en una planta. Un buen sistema de logística debe tener los medios (planes y cédulas) de controlar el flujo de materiales hacia adentro y hacia afuera de la planta sin importar que tan complicado pueda ser el proceso.

Empecemos por examinar una pieza que pasa a través de diferentes operaciones en donde sólo una de ellas es cuello de botella. Este pieza eventualmente va a ser ensamblada con otras para tener el producto terminado para ser embarcado a los clientes.

Ya que las dos mayores restricciones que tiene una planta son la demanda del mercado (la cantidad de producto que podemos vender) y la capacidad de los cuellos de botella, tiene sentido basar nuestra programación (flujo logístico de materiales) en estas dos restricciones. Por lo tanto el primer paso está en determinar la programación de los cuellos de botella. Tomando en consideración su limitada capacidad, y la demanda del mercado que está tratando de satisfacer. Una vez que la cédula de producción del cuello de botella se establece necesitamos determinar como programar todos los demás recursos que no son cuello de botella, usando la cédula de la restricción, la cédula de los demás procesos puede ser determinada con facilidad. Una vez que una pieza se termina en el cuello de botella puede ser programada para comenzar en la siguiente operación. Cada operación subsecuente, incluyendo el ensamble final, comienza simplemente cuando la operación

previa termina. De esta manera podemos generar cédulas para todas las operaciones subsecuentes incluyendo el ensamble.

El reto ahora es programar las operaciones precedentes y proteger los cuellos de botellas de cualquier disturbio que pueda ocurrir en estas operaciones. Como mencioné anteriormente, debemos limitar el buffer a un intervalo de tiempo determinado. Supongamos que la mayoría de los problemas que ocasionan un paro en las operaciones precedentes pueden ser arreglados en dos días. Si este es el caso, una protección de tres días en nuestro buffer de tiempo (para considerar a Murphy) parece ser más que suficiente. Ahora lo único que tenemos que hacer es programar hacia atrás en el tiempo respecto a la programación del cuello de botella. Vamos a planear la operación que precede inmediatamente al cuello de botella para que termine las piezas que se necesitan tres días antes de que estén programadas en el cuello de botella. El resto de las operaciones precedentes debe ser programada hacia atrás de manera similar para que las piezas se tengan justo a tiempo para la operación que le sigue.

De esta manera podemos generar una cédula y un buffer de tiempo que satisfaga todos los requerimientos. Cualquier problema en las operaciones precedentes puede ser solucionado dentro del buffer de tiempo y no afectará la facturación de la planta.

La facturación está protegida, reducimos inventarios y los gastos de operación no están siendo incrementados ahora ¿cómo programamos otras piezas que se elaboran en otra línea y que se necesitan en el ensamble final?.

El procedimiento hasta ahora protege la facturación de la planta pero es importante cumplir con los tiempos de entrega de los clientes por lo que esto debe de protegerse también. En el TBC, la programación del ensamble está dictada por la disponibilidad de las partes escasas que provienen de los cuellos de botella. La disponibilidad de estas partes controla el ensamble y los embarques de producto. Consecuentemente, debemos de prevenir que cualquier otra parte o subensamble esté lista para el momento en que llegan todas las piezas al ensamble y no provocar problemas con la cédula.

Para asegurarnos que las otras partes estén listas cuando se necesitan hay que determinar nuevamente un buffer de tiempo, esta vez en la operación de ensamble que

requiere una parte proveniente del cuello de botella. El propósito de este buffer de tiempo es proteger la cédula de ensamble de cualquier problema que pueda ocurrir al procurar y manufacturar las partes que no pasan por el cuello de botella.

Siguiendo esto, la cédula de estas partes se debe desarrollar hacia atrás en el tiempo a partir del buffer de tiempo en el ensamble. Las partes que provienen de la operación precedente deben ser programada para completarse tres días antes de que se necesiten en el ensamble. Usando esta programación hacia atrás podemos establecer cuando los procesos antecedentes deben de comenzar y ser completados, y cuando el material debe ser recibido en nuestras plantas.

Ahora cualquier ruptura que exista en cualquiera de los centros de trabajo que alimenten piezas al ensamble no afectarán el desempeño en los tiempos de entrega de la planta, siempre y cuando estos problemas pueden ser superados dentro del intervalo establecido en el buffer de tiempo.

Hay que hacer notar que no se necesitan buffers antes de cada operación de ensamble, sólo se requieren antes de las operaciones de ensamble que están alimentadas por piezas que vienen de un cuello de botella y piezas que provienen de los procesos que no lo son y justo antes del cuello de botella. De esta manera, cada una de las partes va a cruzar en su trayectoria de materia prima a producto terminado no más de un buffer como se puede ver en la siguiente gráfica:

(VER GRAFICA 17).

En cualquier planta, no importa que tan grande o compleja, sólo hay un número limitado de cuellos de botella. Cada uno de estos puede ser protegido por un buffer de tiempo así como a los ensambles que alimentan. Cuerdas pueden ser unidas de cada buffer a las primeras operaciones de cada línea de piezas sin importar la complejidad de un sistema.

(VER GRAFICA 18).

El concepto del sistema lógico de TBC es muy claro, pero la complejidad del diagrama ilustra el porque se necesita de una computadora para su control. Aunque los cálculos no sean más que puras operaciones básicas y se pueden hacer a mano, en casi cualquier planta puede ser que se requiera de mucho tiempo y paciencia.

## VI.2 RESTRICCIONES Y COMPLEJIDAD DE LOS SISTEMAS

La complejidad de un sistema es una expresión del número de cosas que se deben de considerar simultáneamente. Las cosas que deben ser consideradas son, por supuesto, los factores que tienen el mayor impacto en el desempeño deseado de un sistema. Hemos definido esos factores como la restricción de un sistema (cualquier cosa que limita al sistema tener mejor desempeño respecto a su meta).

Debe hacerse notar que el número de restricciones no determina la complejidad de un sistema. La complejidad es el resultado de un número de restricciones que interactúan, restricciones que impactan unas a otras. Para entender esto hay que considerar un sistema que contenga muchas restricciones donde ninguna interactúe con otra. Este sistema puede dividirse en subsistema en donde cada uno contenga una restricción. Estos subsistemas son la forma más simple de un sistema. Ya que las restricciones de los subsistemas no interactúan, el desempeño de todo el sistema es simplemente la suma del desempeño de todos los subsistemas. Sin embargo, un sistema en donde las restricciones no interactúan es un sistema muy simple, aunque tenga un número grande de restricciones.

Cada vez que nos referimos a las restricciones y como interactúan, nuestra atención siempre es hacia las restricciones físicas. Estas son las restricciones del mercado, de nuestros proveedores y de nuestros recursos. Vamos a examinar cada una de ellas para clarificar los tipos de interacciones posibles.

## VI.2.1 RESTRICCIONES DE MERCADO

Una restricción de mercado existe cuando la demanda del mercado, para un producto determinado (o una línea de productos), es menor que la habilidad del sistema de satisfacer ese mercado. Esta es una situación muy común, especialmente en nuestro país y está tan extendida que muchas veces existe una restricción para cada producto que hace la empresa.

Las restricciones de mercado pueden interactuar unas con otras de dos distintas maneras, directa e indirectamente. Las interacciones directas ocurren cuando el incremento en la demanda de un producto directamente reduce la demanda de otro producto dentro del mismo sistema. Esta situación existe cuando ambos productos satisfacen la misma necesidad para el mismo tipo de cliente.

Una interacción indirecta existe cuando el incremento en la demanda para un producto reduce la habilidad del sistema para dar el producto y esto no erosiona o daña la demanda de otro producto.

El primer caso es muy común pero fácil de manejar. La necesidad de manejar una interacción directa existe cuando consideramos introducir un nuevo producto, lanzar una campaña promocional para un producto existente o cuando se hace una reducción temporal de precio en el producto. En todos estos casos surge la complejidad debido al error de usar las consideraciones de costo de los productos para tomar una decisión. Debemos considerar el uso del costo, o más precisamente considerar el impacto de la decisión en los gastos de operación, sólo cuando una restricción en un recurso está involucrada. Este es el caso de nuestra segunda situación, el de la interacción indirecta.

Actualmente la dificultad en el caso de la interacción directa no surge de la complejidad, sino de la falta de información confiable. El impacto en la demanda del

mercado por otros productos es vagamente conocida e involucra mucho el trabajo de estimar. Una vez que las consideraciones o supuestos se hacen, las decisiones deben ser directas, ya que involucran sólo una de las variables, la facturación.

En los casos donde las interacciones directas entre las restricciones de mercado se conocen y son significativas, pero difíciles de estimar, por definición la situación de conflicto surge cuando más de un producto que ofrece la misma organización compite por el mismo mercado y los mismos clientes. Esta es una clara indicación de que existe una restricción en las políticas de la empresa que bloques la oportunidad de una segmentación de mercado más efectiva. En este caso, la empresa debe volver a examinar sus políticas de segmentación de mercado en vez de estar buscando constantemente otros compromisos no satisfactorios.

En breve, cuando las interacciones directas entre restricciones de mercado dan la impresión de que el sistema es complejo, el problema de raíz es causado por cómo se segmenta el mercado, una clara restricción en las políticas de la empresa.

Por definición, cuando las interacciones indirectas entre las restricciones de mercado se presentan estamos tratando con un caso en donde la atención se debe dirigir a otro tipo de restricción, a un proveedor, a un recurso o nuevamente a una restricción en las políticas de la empresa. Sin importar cuáles son los detalles del caso, es claro que la restricción del mercado es secundaria a otros tipos de restricciones que interactúan con más de una restricción de mercado. Por lo tanto este caso debe ser analizado después de haber analizado las otras restricciones físicas.

## **VI.2.2 RESTRICCIONES EN LOS PROVEEDORES**

Este tipo de restricciones es de las que la mayoría de las plantas se quejan, pero que la mayoría de las empresas no tiene realmente. No debemos usar el término de restricción en los proveedores como una excusa cuando no se tiene la materia prima o la compra de

una pieza no se hizo. Los problemas son usualmente causados por políticas internas como políticas de compra, políticas erróneas de establecer niveles de inventarios deseados o mala planeación de pedidos y entregas.

Los proveedores son una restricción sólo cuando el material no esta en las cantidades adecuadas de manera constante en el mercado y el sistema no puede hacerse de la cantidad suficiente para dar su potencial de mercado. En este caso el sistema no es complejo, sino que está expuesto de manera peligrosa a la oferta de productos.

Cuando tenemos un sistema que tiene una restricción por parte de los proveedores se tienen que llevar a cabo todos los esfuerzos para romperla. Cambios en ingeniería, alternativas de importación, incluso el cambio de los productos o comprar las instalaciones de nuestros proveedores. Hay que recordar que, como ninguna otra restricción, es imposible crear un buffer contra este tipo de restricciones. El desempeño del sistema está en manos de una entidad externa a él. Este no es un caso complicado, es un caso peligroso e inclusive suicida.

### **VI.2.3 RESTRICCIONES EN LOS RECURSOS**

Hasta este punto hemos determinado que las restricciones de mercado y las de los proveedores no contribuyen a la complejidad del sistema. Parece ser que la complejidad radica básicamente en las restricciones de los recursos. Esta conclusión se basa en que en las organizaciones hay muchos recursos y la interacción entre ellos ocurren a través de los productos que generan y las tareas que realizan.

Aunque pueda parecer sorprendente puede demostrarse que no puede existir un sistema en la vida real si contiene recursos restrictivos interactuando. Esta conclusión, que de ninguna manera es intuitiva, una vez probada lleva a la realización de que cualquier sistema que exista en la realidad no es un sistema complejo. La impresión de la

complejidad se dá, probablemente, debido a un análisis inapropiado de la complejidad de nuestros sistemas.

La inhabilidad de los sistemas de tolerar recursos restrictivos interactivos proviene directamente de la coexistencia de dos diferentes fenómenos, las fluctuaciones estadísticas y los recursos dependientes. Un intento de mostrar que estos fenómenos hacen la existencia de los recursos restrictivos interactivos poco probables fue el que se mostró con el experimento de la planta balanceada (demostración matemática de los exploradores en el Capítulo V, ver gráfica 19). Sin embargo se necesita una prueba más rigurosa.

Las fluctuaciones estadísticas simplemente significan que algunos factores, que son inherentes a las actividades de las organizaciones, no pueden determinarse de manera precisa sino sólo a través de promedios. Ejemplos de los factores que están sujetos a fluctuaciones estadísticas pueden ser los tiempos de máquina, las ventas futuras o las pruebas de desempeño de un producto. Cuando decimos que nos lleva cinco minutos realizar una actividad, no queremos decir que nos lleva exactamente cinco minutos, sino que nos lleva en promedio unos cinco minutos. Estamos conscientes que pueden ser cuatro o incluso siete minutos. Similarmente, cuando predécimos la cantidad de cada producto que se espera vender durante el período siguiente esperamos que los números reales se aproximen a los estimados ¿quién cree en la exactitud de un pronóstico? Inclusive las órdenes en el sistema pueden ser postpuestas o canceladas. Todos estos factores, y muchos otros, están sujetos a fluctuaciones estadísticas.

Los recursos dependientes existen cuando algunas de las tareas que la organización lleva a cabo requieren de más de un recurso. En las empresas industriales alguien tiene que diseñar el producto, alguien tiene que convencer a los clientes de ordenarlo, alguien tiene que hablar con los proveedores, alguien tiene que aceptar el material y procesarlo, alguien lo tiene que embarcar a los clientes y alguien tiene que recolectar el dinero. Existe una larga cadena de eventos dependientes. Estos dos fenómenos existen, casi por definición, en todas las organizaciones. Mientras no inventen una bola de cristal que nos dé predicciones exactas, muchos factores están sujetos a fluctuaciones estadísticas; y mientras estemos operando con una organización y no con un conjunto de individuos la organización requerirá que las tareas sean dependientes.

Para poder analizar como la coexistencia de estos dos fenómenos impacta a los recursos restrictivos interactivos, vamos a comenzar con el ejemplo más sencillo en donde ambos existen. Luego reemplazaremos las condiciones simples con unas más cercanas a la realidad, al mismo tiempo que llevaremos un registro de las conclusiones resultantes.

El caso más simple de recursos dependientes es aquel en donde sólo dos recursos están involucrados y sólo uno de ellos alimenta al otro. En otras palabras, un recurso es necesario para empezar la tarea y el otro es necesario para completar esa misma tarea. Para que ambos recursos se conviertan en restricción, y tengamos restricciones que interactúan, vamos a asumir que el primer recurso es capaz de comenzar cuatro trabajos al día y el segundo es capaz de completar esos cuatro trabajos. No hay otros recursos disponibles, y los clientes externos al sistema demandan más de cuatro trabajos al día. En esta situación, es claro que ambos recursos son restricciones del sistema.

Cuando buscamos el sistema más simple de fluctuaciones estadísticas, la primera cosa en la que pensamos es la distribución normal. Debemos recordar que aunque una distribución normal es la más conocida definitivamente no es la más simple. Distribuciones uniformes o rectangulares son muchos más simples. Pero la distribución estadística más simple es la binomial donde tenemos iguales probabilidades o como se conoce normalmente: "águila o sol".

Para llevar nuestro sistema a este último caso de fluctuación estadística, digamos que cada uno de los recursos es capaz de hacer (comenzar o terminar) tres o cinco trabajos al día con la misma probabilidad. En otras palabras, en aproximadamente la mitad de los días cada uno puede hacer tres trabajos y en la otra mitad pueden hacer cinco. Esto nos lleva a que el promedio en cada recurso es de cuatro tareas al día. Para hacerlo todavía más simple, vamos a comenzar con el caso ideal (o lo que al menos se considera ideal en la actualidad) y vamos a asumir que no hay acumulación de inventarios en el sistema.

Ahora tenemos que averiguar cual es el desempeño promedio del sistema total para este escenario. Para hacer esto, tenemos que examinar todos los casos posibles. Una posibilidad es que, en un día particular, el primer recurso comience tres trabajos y el segundo complete tres trabajos. El resultado del sistema en este día será de tres. La segunda posibilidad es que el primer recurso empiece cinco pero el segundo sólo complete

tres. El resultado del sistema no se altera y sigue en tres. Ahora examinemos el caso en que el primer recurso comienza sólo tres trabajos y el segundo puede completar cinco al día. El resultado del sistema, apesar de la capacidad del segundo recurso es de cinco, sigue siendo tres trabajos. La última posibilidad cuando ambos realicen cinco trabajos resultará en cinco trabajos al día.

Estos son los cuatro casos que tienen la misma probabilidad de ocurrir. Por lo tanto, el promedio del sistema es simplemente el promedio de estos cuatro escenarios

PRIMER RECURSO	SEGUNDO RECURSO	RESULTADO
3	3	3
5	3	3
3	5	3
5	5	5
	TOTAL	14/4=3.5

El promedio resulta ser de 3.5 trabajos al día. Este resultado no es ninguna nueva revelación ya que era conocido por los Griegos, pero la industria moderna lo ha ignorado. La generalización que podemos hacer de este escenario es que:

"El promedio del sistema es menor que el promedio de sus componentes".

¿Que tan mala es esta situación?. No tan terrible, ya que si extendemos el experimento el resultado no será constante. Asumimos que no había acumulación de inventarios al inicio de la simulación, sin embargo, si el resultado fue de 3.5 y el promedio del primer recurso es de 4 la inevitable conclusión es que hay una acumulación de inventarios en el sistema. Este inventario se va a acumular entre los dos recursos y su impacto será el de desacoplar parcialmente la dependencia entre los dos, esto es, al acumularse inventario antes del segundo este deja de ser una restricción. Por ejemplo, si consideramos que una serie de trabajos se acumulan frente al segundo recurso, el resultado del tercer caso (3-5) no sería de tres sino de cinco. El inventario extra incrementa el desempeño en el promedio del sistema a cuatro. Por lo tanto tenemos aquí un ejemplo de

que realmente los dos no son restricción sino sólo lo es uno de ellos, no existe interacción restrictiva entre los procesos.

La pregunta ahora es ¿cuánto duraría este proceso? ¿Cuánto tiempo el inventario se ira acumulando y la facturación se perderá hasta que el resultado del sistema se estabilice en cuatro trabajos por día? La respuesta matemática será que nos tomará para siempre, llegaríamos a infinito. El promedio del sistema se acercara cada vez más a cuatro pero nunca lo alcanzará. Antes de desistir, hay que recordar que existe una diferencia enorme entre nuestro mundo real y el mundo de las matemáticas. En el mundo de las matemáticas, 3.999999... (y podemos añadir los nueves que se nos antoje) nunca será cuatro. En el mundo empresarial 3.99 es , para efectos prácticos, cuatro; o si se es como mis colegas en Procter y Gamble diremos que 3.999 es cuatro.

La pregunta sigue: ¿Cuánto tiempo el inventario se irá acumulando y la facturación se perderá hasta que el resultado del sistema se estabilice en "prácticamente" cuatro trabajos por día? Esto depende en nuestra elección de prácticamente cuatro, si simulamos esto en un computador veremos que no lleva mucho tiempo e inclusive la acumulación de inventarios entre los sistemas es razonable.

Antes de dejar el tema con una sensación de estar satisfechos con los resultados y afirmar que ambos procesos no pueden ser restrictivos a la vez, debemos recordar que estamos trabajando con un ejemplo muy simple y que debemos seguir investigando este extraño resultado de 3.5, de otro modo podremos tener algunos resultados no muy satisfactorios en la vida real. Siguiendo la tradición de la estadística vamos a variar las condiciones iniciales para investigar su impacto en el resultado final. Vamos a cambiar una cosa a la vez ya que si cambiamos todo al mismo tiempo el resultado final cambiará pero no sabremos exactamente que fue lo que lo ocasionó.

Primero vamos a cambiar la magnitud de las fluctuaciones mientras todo lo demás se mantiene constante. Nuestros recursos tendrán ahora la misma probabilidad de sacar dos o seis trabajos al día. El promedio de su desempeño individual seguirá siendo de cuatro. Si repetimos los cálculos para determinar el resultado promedio el sistema manteniendo cero inventarios en el sistema obtenemos los siguientes resultados:

PRIMER RECURSO	SEGUNDO RECURSO	RESULTADO
2	2	2
6	2	2
2	6	2
6	6	6
	TOTAL	12/4=3

Vemos que el promedio se reduce de 3.5 a 3 y podemos concluir:

"El promedio de un sistema depende de la magnitud de la fluctuación de sus componentes".

Entre más grandes sean las fluctuaciones de los componentes, más pequeña es la facturación del sistema. Si checamos encontraremos que en este caso el período en que el inventario promedio crece rápidamente es mucho más largo. El inventario se acumulará a niveles muy altos antes de que la pérdida de facturación pueda ser revertida y llevada a niveles tolerables (el promedio de prácticamente cuatro).

Podemos entender ahora, de una manera más tangible, la cruzada del Dr. Demming de reducir las variabilidades del sistema en el Justo a Tiempo. La variabilidad de los componentes del sistema y no solamente su desempeño promedio dicta el nivel de inventarios y el tiempo que se requiere para incrementar la facturación de nuestros sistemas.

Inclusive en este caso, las simulaciones muestran que mientras no insistamos en alcanzar un promedio de exactamente cuatro tareas al día la situación es manejable. Para exponer la magnitud del problema debemos cambiar alguno de nuestros supuestos y llevar el caso que estamos examinando mas cercano a un caso real. Hasta ahora hemos asumido que las fluctuaciones estadísticas en nuestro sistema están sujetas a una distribución simétrica. De alguna manera, cada vez que hablamos de estadística vemos frente a nosotros la curva de la distribución normal. Aparece en casi cualquier artículo o libro que trata de

los impactos estadísticos en las organizaciones. Casi damos por hecho que una distribución simétrica es una buena representación de la realidad, pero ¿es este el caso?

Examinemos, por ejemplo, cuanto tiempo nos lleva preparar una máquina. Supongamos que la preparación promedio es de tres horas. Estaríamos sorprendidos si la siguiente preparación nos tomara siete horas, cuatro horas sobre el promedio. Pero no creo que cualquiera que haya trabajado en una planta por algunos meses se sorprenda por este evento. Ahora tratemos de imaginar el caso opuesto, que la siguiente preparación tomará cuatro horas menos que el promedio (que significa que el tiempo de preparación tomará menos tres horas) ¡Ahora es el tiempo de estar sorprendidos!

Las distribuciones estadísticas que gobiernan nuestra realidad están lejos de ser simétricas. Son distribuciones que están sesgadas positivamente. ¿Cuánto tiempo nos llevará procesar la siguiente pieza cuando el promedio es de cinco minutos? Si el trabajador platica con su compañero probablemente le tomará ocho, si va al baño unos quince minutos, si se pelea con el supervisor media hora, si se rompe una herramienta probablemente dos horas. Aunque la probabilidad de que todo esto suceda es pequeña no es cero. En la vida real de las plantas, las distribuciones estadísticas se parecen más a una distribución exponencial, están sesgadas hasta el grado en que eventos remotos (que no pueden ser despreciados) tendrán unas veinte sigmas sobre el promedio. Si este tipo de distribuciones reflejan la realidad en las plantas, ¿cuál es su impacto en el desempeño de un sistema que tiene restricciones interactuando?

Para examinar esto hay que simularlo para nuestros recursos restrictivos que están interactuando. Vamos a suponer que cada recurso es capaz de hacer cinco trabajos al día en dos terceras partes de los días pero que en un tercio de estos son capaces de hacer sólo dos. El resultado promedio de cada recurso sigue siendo de cuatro ( $5[2/3] + 2[1/3] = 4$ ) tareas al día. Hemos cambiado simplemente la distribución estadística, no el promedio del desempeño del sistema. Aquí es un poco más complicado calcular el resultado promedio del sistema. Asumiendo el mismo punto de partida de no inventarios en el sistema vamos a examinar cada uno de los casos posibles. Para simplificar las cosas, y no tener que considerar probabilidades fraccionales, podemos asumir que cada recurso está sujeto a las siguientes tres probabilidades: cinco trabajos al día, cinco trabajos al día y tres trabajos al

día. Esto incrementa el número de combinaciones de cuatro a nueve donde cada combinación tiene la misma probabilidad. Los resultados son:

PRIMER RECURSO	SEGUNDO RECURSO	RESULTADO
2	2	2
2	5	2
2	5	2
5	2	2
5	5	5
5	5	5
5	2	2
5	5	5
5	5	5
TOTAL		30/9=3.33...

El promedio del sistema es de  $3 \frac{1}{3}$  trabajos por día. Este es un resultado alarmante, aunque la probabilidad de cada recurso tenga un buen desempeño (cinco trabajos al día) es dos veces más grande que la probabilidad de un mal desempeño (dos trabajos al día) el resultado sigue estando lejos de la media esperada. Esto nos fuerza a concluir que:

"El impacto de la cola de la distribución es más grande que su probabilidad".

Todos entendemos intuitivamente que la fuerza de una cadena es igual al eslabón más débil en cualquier punto del tiempo. El hecho de que otros eslabones son más fuertes no compensa la debilidad de uno sólo. En este último caso también hay acumulación de inventario y esta acumulación nos llevará nuevamente a un desacople en la dependencia de ambos recursos. Pero ahora, a diferencia de los casos anteriores, la cola de la distribución requiere de una enorme acumulación y por lo tanto un tiempo muy largo antes de que se elimine el desacople. Las simulaciones muestran que, si consideramos la distribución

sesgada el inventario incrementa constantemente y la facturación disminuye prácticamente para siempre.

Pero, ¿cuál es el significado de que el inventario siga creciendo mientras que la facturación se va perdiendo?. Esta situación, en la realidad, sólo nos lleva a un escenario... la bancarrota. Ya que estamos tratando con organizaciones que existen, debemos concluir que al menos uno de los supuestos en nuestro ejemplo no existe en la realidad. ¿Que queda por eliminar que no sea el hecho de que estamos tratando con recursos restrictivos que interactúan?.

Como podemos ver en los ejemplos anteriores existe un desacople importante entre los recursos debido a la acumulación de inventarios (por la fluctuación estadística) lo que nos lleva a concluir que aunque parecen ser restrictivos los dos procesos no interactúan. Por lo tanto, en una planta donde se tenga la misma capacidad en los procesos, no todos son restrictivos y existe una gran acumulación de inventarios (como ya se demostró también en el Capítulo V).

¿Que hay de la gente que se queja de las restricciones que cambian de un departamento a otro cada dos o tres semanas?. Hay que destacar que en este caso probablemente no existe una sola restricción en la planta y que en promedio todos los recursos tienen la capacidad suficiente. Este fenómeno del "cuello de botella móvil" es originado generalmente por una restricción en las políticas. Esta política puede ser la forma en la que se define el desempeño local (eficiencias), la política de trabajo (EOQ) o la programación de la preparación de las máquinas. Una (o dos) políticas son probablemente responsables de la situación tan caótica del cuello de botella móvil. La impresión de complejidad es el resultado no de detectar estas políticas sino el tratar de manejarse con ellas.

Aunque el sistema está limitado por restricciones físicas o directamente por políticas, el número de restricciones que interactúan es muy limitado e inclusive prácticamente nulo. Todos sabemos intuitivamente que la ley de Pareto existe. Si nos apoyamos en la ley de Pareto esta nos dice que lo más importante en un sistema sólo representa el 20% de él, la pregunta natural sería: ¿cómo detectar este 20%?.

## VI.3 PROCESO DE DETECCION DE RESTRICCIONES

La clave es reconocer la importancia de las restricciones del sistema. Para traducir esto en un procedimiento con el cual podamos trabajar necesitamos analizar la manera en la que se construye la realidad. En nuestra realidad cualquier sistema tiene muy pocas restricciones y al mismo tiempo cualquier sistema, sin importar de cual estemos hablando, tiene al menos una restricción.

El primer paso del proceso de vuelve muy obvio:

### 1. IDENTIFICAR LAS RESTRICCIONES DEL SISTEMA

A primera vista, localizar los cuellos de botella parecería ser una tarea formidable y posiblemente sin fin. En algunas plantas hay un buen entendimiento de que operaciones son cuellos de botella pero en otras tenemos cuellos de botella móviles, es decir que se mueven a través de los diferentes procesos de la planta. Inclusive en otro tipo de plantas, la localización de estos no esta clara y parecería ser que una tremenda cantidad de tiempo e investigación se necesita para localizarlas.

Existe una solución a este problema. La clave está en reconocer que una restricción de toda la planta se debe manifestar en todos los aspectos del negocio. Si tenemos esto en mente, podemos desarrollar una estrategia que nos lleve poco tiempo y mediante la cual, a través de los impactos de la restricción en la organización, poder detectarla.

Este método, aunque está muy bien definido, totalmente comprobado y enseñado rutinariamente está fuera del alcance de este trabajo. Este es el de efecto-causa-efecto que se mencionó en la Introducción.

Una vez que se logra detectar las restricciones es importante priorizarlas respecto a su impacto en la meta. Podría parecer que existen muchas pero es necesario compararlos contra la meta global. Debemos de concentrarnos en las pocas cosas que se tienen de manera limitada con respecto al sistema completo (Ley de Pareto).

## 2.- DECIDIR COMO EXPLOTAR LA RESTRICCIÓN DEL SISTEMA

La siguiente pregunta sería: ¿cómo programar los cuellos de botella de acuerdo con su capacidad limitada y las demandas del mercado que necesitan satisfacer?. Una restricción limita la facturación de la planta y controla el desempeño de los tiempos de entrega. Tenemos que asegurar, por un lado, que el cuello de botella no esté programado para producir por encima de su capacidad y por el otro que su capacidad no esté desperdiciada mediante tiempos muertos en su cédula. Finalmente tenemos que secuenciar la producción en él de manera que obtengamos un buen desempeño en los tiempos de entrega.

Podemos lograr estos objetivos si empleamos un método que es usado casi por cualquier capataz o supervisor en una planta. Primeramente, programar hacia adelante en el tiempo. Decidir qué producto programar primero, cuantos se necesitan y cuanto tiempo nos llevará producirlos. Luego repetir el procedimiento cuando ya se ha usado la capacidad del primer día, planeamos para el segundo y así hasta completar el período de planeación que en la mayoría de las empresas es de un mes. El único problema que queda por resolver es cómo elegir la secuencia en que los diferentes productos deben ser elaborados por el cuello de botella. Una buena aproximación esta dada por las fechas de entrega que tienen nuestras órdenes. Lo más seguro es que se programe el producto cuya orden vence en dos días a que se elabore la orden que se vence dentro de dos semanas.

Secuenciar la producción en los cuellos de botella basados en la fecha de entrega de las órdenes es una buena aproximación, pero existen cuatro casos que puedan causar que se modifique la secuencia de nuestras decisiones.

El primero ocurre cuando el tiempo entre la operación en el cuello de botella y el ensamble final del producto es muy diferente para los diversos productos que se elaboran. Podemos tener un producto "A" que, una vez que esta terminado por la restricción,

requiere de un día adicional de trabajo antes de poderse embarcar. El producto "B" puede requerir de una semana entera en las operaciones posteriores al cuello de botella antes de que se pueda embarcar. Cuando estas circunstancias existen, tiene sentido modificar la secuencia del cuello de botella respecto a los tiempos de entrega de manera que se pueda trabajar en el producto B que se tiene que entregar la semana entrante y no hacer el A que se tiene que entregar esta semana.

Una segunda condición que puede causar una desviación respecto a los tiempos de entrega surge cuando nuestro cuello de botella es alimentado por otro cuello de botella. En este caso, al obedecer la secuencia del mercado en el primer cuello de botella podemos ocasionar un faltante de producto en el segundo. No tenemos que perder tiempo en todos los cuellos de botella para perder facturación en la planta, con que se pierda en uno de ellos es suficiente. Hay que recordar siempre lo valioso del tiempo en la restricción, si no se hubiera perdido, podríamos haber embarcado productos adicionales prácticamente al costo de la materia prima.

Una tercera situación ocurre cuando el proceso de elaboración ocasione un esfuerzo de preparación en el cuello de botella (que no es más que tiempo requerido para que el recurso pueda cambiarse de elaborar un producto a la elaboración de otro). En este caso, algunas veces podemos preferir hacer sólo una corrida para satisfacer la demanda de un producto en particular durante varios días, ahorrando varias preparaciones, en vez de seguir con la secuencia exacta de los tiempos de entrega. De esta manera podemos usar más de nuestra capacidad del recurso limitado para producción y menos en preparación.

La cuarta situación, que no es tan reconocida pero que por eso no deja de ser importante, ocurre cuando un cuello de botella produce más de una parte para el mismo producto. En este caso, la fecha de entrega del producto no nos guiará al elegir la secuencia ya que todas las partes tienen la misma fecha de entrega. Sin embargo el desempeño de la planta puede ser influenciado por la secuencia que escogamos.

La tarea de elegir una buena secuencia, en cada uno de los cuatro casos, es más complicado que determinar la secuencia exclusivamente basado en los tiempos de entrega. Sin embargo, se pueden establecer buenas reglas e incorporarlas a un sistema computarizado. Pero, debemos estresar que la importancia real del método radica en la

aplicación general del TBC y no en el método específico en que se lleve el ritmo en el tambor.

Vale la pena aclarar que aunque se ha hecho énfasis en un sistema de computación para la implementación del TBC, las dificultades reales que pueden evitar que una empresa aplique este método no es de aspecto técnico sino que esta teoría está en conflicto con patrones de comportamiento muy arraigados en las plantas como mencionamos anteriormente (el hecho de que los trabajadores estén ociosos).

### 3.-SUBORDINAR TODO A LA DECISION DEL PASO ANTERIOR

Como vimos anteriormente hay que subordinar el resto de la planta al cuello de botella de manera que se reduzca su impacto limitante a través de los diferentes sistemas.

### 4.- ELEVAR LA RESTRICCIÓN DEL SISTEMA

Si la demanda lo requiere habrá que buscar la forma en la que la capacidad del cuello de botella se incremente para que nuestra facturación sea mayor. Pero, una vez hecho esto nuestra misión no está terminada ya que surgirá otra restricción. Si elevamos la capacidad de una restricción llegará el momento en que deje de serlo y esto no significa que el desempeño del sistema se hará infinito. Habrá otro proceso que limitará al sistema por lo que es necesario un paso más.

### 5.- SI SE ROMPE LA RESTRICCIÓN HAY QUE REGRESAR AL PASO UNO

Desafortunadamente no se puede establecer este proceso sin añadir al paso 5 la siguiente advertencia "Pero no hay que permitir que la inercia del cambio ocasione una restricción en el sistema". Lo que sucede usualmente dentro de las organizaciones es que surgen una serie de reglas de la existencia de un cuello de botella. Al romperse la restricción, no se molestan en regresar a revisar éstas. Como resultado nuestro sistema actuales se limitan por sus políticas.

## VI.4 RESTRICCIÓN EN LAS POLÍTICAS DE LA EMPRESA

Muy rara vez nos encontramos en México con una organización que tenga su limitante en el mercado sino que sus políticas de ventas son las causantes. Lo mismo sucede en muchas plantas, hay políticas que nos podrían hacer ver la necesidad de comprar otra máquina para eliminar un cuello de botella y tal vez nuestros horarios de comida y de operación. Son los que están limitando la restricción. Lo mismo sucede en ventas, rara vez encontramos una restricción en nuestra fuerza de ventas sino en nuestras políticas de ventas.

Si rastreamos todas estas políticas hasta sus orígenes encontraremos que fueron lógicas al momento de instituirse y aunque las razones originales ya no existen las viejas políticas se quedan.

"Cualquier política que restrinja el uso maximizado del cuello de botella debe de ser eliminada".

Por lo tanto podemos resumir el proceso que deseamos mejorar en:

- 1.- Identificar la restricción del sistema
- 2.- Decidir como explotar la restricción
- 3.- Subordinar todo lo demás a esta decisión
- 4.- Elevar la restricción del sistema
- 5.- Si se rompe la restricción en el paso anterior regresar al primero evitando que la inercia del cambio ocasione una restricción en el sistema

## VI.5 ENTENDIENDO LOS BUFFERS DE TIEMPO

Supongamos que la programación de un cuello de botella se ha realizado para una semana. Esta planeación requiere procesar varias partes en diferentes cantidades a través de la semana. La misma pieza puede aparecer más de una vez en esta cédula ya que la secuencia está determinada en base a los tiempos de entrega de los clientes y modificada cuando se presenta una de las cuatro complicaciones que se mencionaron anteriormente.

Si nos apegamos a nuestro ejemplo de elegir un buffer de tiempo de tres días, el lunes por la mañana esperamos encontrar frente al cuello de botella todas las partes que éste debe procesar el lunes, martes y miércoles. No queremos encontrar frente al cuello de botella ninguna otra pieza ya que acumular más piezas en el buffer no aumentará nuestra protección y si reducirá nuestra ventaja competitiva en el mercado.

Vamos a describir el buffer de tiempo como un rectángulo. El eje vertical representa el número de horas que una pieza en particular requiere de cuello de botella. El eje horizontal mide cuándo, es decir que día, estas partes están programadas para ser procesadas en el cuello de botella.

En cualquier punto en el tiempo tenemos un buffer de tiempo fijo y predeterminado, pero los contenidos del buffer de tiempo, como veremos, están cambiando continuamente.

Programación de un cuello de botella:

DIA	PARTE	CANTIDAD	HORAS
LUNES	A	25	5
	B	5	3
MARTES	B	5	3
	C	5	5
MIÉRCOLES	C	2	2
	D	2	6
JUEVES	D	1	3
	A	25	5
VIERNES	C	2	2
	B	10	6

El contenido de nuestro buffer el martes por la mañana debe ser diferente. Ahora esperamos encontrar sólo las piezas que están programadas para el martes, miércoles y jueves. Las partes programadas para el lunes deben haber sido procesadas completamente y las piezas programadas para ser procesadas el viernes no deben de haber llegado todavía. Este concepto de rotar el inventario en el buffer es diferente al concepto usual de inventario de seguridad que significa tener un inventario constante de cada parte.

DIA	PARTE	CANTIDAD	HORAS
MARTES	B	5	3
	C	5	5
MIERCOLES	C	2	2
	D	2	6
JUEVES	D	1	3
	A	25	5
VIERNES	C	2	2
	B	10	6

Al mostrar el contenido del buffer a manera de rectángulo podemos ver que cantidad de partes se necesitan, la secuencia en que se van a consumir y la cantidad de horas de trabajo del cuello de botella que están protegiendo. Esto nos permite analizar el contenido actual y planeado del buffer y determinar las acciones que mejoren nuestra ventaja competitiva tanto a corto como a largo plazo.

¿Cómo un análisis del buffer de tiempo puede detectar las acciones que mejoren inmediatamente nuestra ventaja competitiva?. Sabemos que uno de los propósitos del buffer de tiempo es proteger la facturación y el desempeño en los tiempos de entrega contra el impacto de los problemas. Si un problema ocurre, debemos esperar encontrar que el contenido del buffer es menor que el planeado. Si el buffer siempre está lleno, es una señal clara de que no existen problemas significativos para afectar el flujo planeado de materiales. Consecuentemente, un buffer no se necesita y este inventario puede ser eliminado sin dañar la facturación o los gastos de operación, de hecho el reducir el buffer reducirá nuestros gastos de operación.

Si el buffer frente a la operación crítica no es lo mismo respecto a lo que se tenía planeado, ¿a que debe de parecerse?. El comportamiento entre el buffer planeado y el real

se muestra en la siguiente gráfica El material planeado para estar en el primer tercio del buffer de tiempo es el material que va a ser consumido primero por el cuello de botella., siempre debe de estar presente. Por otro lado, debemos esperar encontrar que la mayoría del material planeado para el último tercio del buffer no este. Los contenidos reales contra los planeados del tercio medio del buffer deben estar entre estos dos extremos. El buffer debe proteger nuestras operaciones críticas de las fluctuaciones extremas.

(VER GRAFICA 20)

Si el comportamiento del buffer real se extiende más allá del buffer planeado como se muestra en el caso 1 de la gráfica 21 es una clara indicación de que el material se está procesado antes de lo que se necesita en las operaciones precedentes. Este comportamiento sugiere que el material se está expeditando prematuramente a la primera operación. La gerencia probablemente no ha implementado totalmente el cambio cultural necesario para un sistema TBC. Más educación y disciplina de require probablemente en las primeras operaciones.

Si el buffer está casi lleno como podemos ver en la segundo caso de la misma gráfica tenemos indicación de que el buffer planeado es muy grande. Estamos pagando una prima muy alta por el seguro. Debemos reducir el tamaño del buffer planeado al punto en que sólo la tercer parte del buffer esté totalmente llena.

En el último caso la parte que se tiene es menor al primer tercio del buffer, lo que indica que el buffer es demasiado pequeño y corremos el riesgo de que el cuello de botella necesite producto y en caso de no tenerlo perdamos facturación. El buffer planeado debe ser aumentado hasta que se llene el primer tercio.

(VER GRAFICA 21)

Podemos ver porque es importante el tener la cantidad apropiada de vacío en el buffer y donde debe estar localizada, pero también es importante eliminar los huecos en él. Si podemos prevenir que ocurran huecos podemos reducir el tamaño del buffer e incrementar nuestra ventaja competitiva.

Una comparación entre el buffer planeado y el real nos revelará las partes faltantes del buffer que debían de estar ahí. Estas partes, o huecos, son causados en el buffer por los problemas en el flujo de materiales en las operaciones precedentes o por falta de materiales de nuestros proveedores.

En este punto, no sabemos donde está este material o porque está llegando tarde al buffer, sabemos que probablemente esta en una de las operaciones precedentes.

(VER GRAFICA 22)

Nuestro diagrama muestra que cierta cantidad de A que fue planeada para estar en el buffer no ha llegado por lo que se crea un hueco en el buffer. Estas partes que faltan requieren Y horas de la capacidad del cuello de botella cuando llegen y sean procesadas. También sabemos de nuestro buffer que la programación de los cuellos de botella necesita estas piezas para procesarlas en W horas a partir de ahora.

Conocemos el tamaño en el hueco del buffer (su impacto en el cuello de botella) y cuánto tiempo tenemos todavía para llenarlo sin dañar nuestra programación. Esta información nos va a ayudar para cuantificar la importancia del problema pero todavía no sabemos donde están estas piezas, por qué se han retrasado y qué se necesita hacer para arreglar el problema. Podemos determinar la localización de las partes que faltan mediante un chequeo de nuestro sistema de control de inventarios o por una simple inspección visual. Una vez que hemos determinado la localización de estas piezas tenemos una buena indicación de que centro de trabajo o proveedor causó la ruptura en el flujo.

Ya que conocemos la localización del material, podemos diseñar un procedimiento para cuantificar la importancia de esta ruptura relativa a otras ruptura causando huecos en éste y otros buffers. Sólo se necesitan tres parámetros y ya conocemos dos. El primero es Y, el número de horas que el cuello de botella tardará en procesar estas piezas. Este parámetro refleja la magnitud del daño que será causado si el material no llega al buffer a tiempo. El segundo es la protección W que queda hasta que el cuello de botella se vea impactado por la ausencia de este material. El tercero es P, la cantidad de tiempo de proceso que se requiere para completar las piezas y puedan ser procesadas por el cuello de botella.

## (VER GRAFICA 23)

Usando esta información podemos calcular un sólo número, o factor de ruptura para cada hueco en el buffer y asignarlo al centro de trabajo que lo ocasionó. Entre mayor sea el factor de ruptura, más importante es eliminar la causa de la distorsión. Hay que tener en cuenta que en el caso de que el material no este en la planta, el factor de ruptura corresponde a los proveedores.

Podemos hacer estos cálculos para cada hueco en cada buffer de nuestra planta. Si sumamos estos factores de ruptura para cada fuente podemos tener un factor de ruptura para cada recurso y proveedor. El tamaño del factor nos dice la importancia del recurso en la distorsión del flujo de materiales. Sabemos no sólo la importancia relativa de cada distorsión sino la importancia relativa de cada fuente de distorsión.

Estos factores de distorsión por recurso y proveedor se convierten en nuestra lista de prioridades en donde tenemos que concentrar nuestros esfuerzos. Debemos trabajar primero con el centro de trabajo o el proveedor que tenga el factor más grande. Inclusive si es difícil analizar y corregir estas distorsiones, debemos de concentrarnos en los factores más grandes y no tratar de arreglar los pequeños. El único resultado de corregir esas distorsiones pequeñas será la satisfacción de que estamos corrigiendo algo pero no tendremos un impacto significativo en la meta global.

Nuestros esfuerzos de mejorar, como vimos anteriormente, deben ser dirigidos por el principio de Pareto. Vilfredo Pareto (1848-1923) acalmó que sólo existen pocas cosas importantes y muchas triviales.

## (VER GRAFICA 24)

El diagrama muestra la idea de Pareto al contrastar los beneficios resultantes de una mejora con el costo de hacerla. Claramente, las mejoras deseadas son las que nos llevan a mejores beneficios relativos a su costo. El constante trabajo de eliminar las distorsiones en el buffer no es más que una muestra del proceso de mejora continua. Enfocar nuestros esfuerzos en los factores de ruptura más grandes es parte de este proceso.

Nuestros factores de ruptura nos dicen donde concentrarnos y que tan importante es hacer una mejora, pero no nos dicen que causó la ruptura. Debemos analizar la fuente para determinar la causa de las distorsiones. Un centro de trabajo puede estar causando distorsiones debido a la frecuente descompostura de una máquina, aquí es donde nuestros esfuerzos de mantenimiento preventivo se deben enfocar. En el caso de una máquina vieja, que no sea confiable, tal vez se debe de pensar en adquirir una nueva.

También puede ser que la distorsión sea causada por un largo y poco confiable tiempo de preparación. Aquí es donde debemos usar las técnicas de reducción de tiempos de preparación usadas por los Japoneses. O puede ser que la distorsión fue causada por un supervisor al tratar de hacer que su departamento pareciera eficiente. Puede que este corriendo lotes más grandes que los debidos para ahorrar tiempos de preparación, pero como resultado está causando distorsiones en el flujo necesario de otros materiales.

Un incremento en la demanda (facturación) reducirá nuestra capacidad en exceso. Esto ocasionaría que el tiempo disponible para recuperarse de las distorsiones se vea reducido. Hemos protegido nuestra planta contra las distorsiones con los buffers y la capacidad en exceso de nuestros soldados más fuertes. Los soldados tendrán ahora menor capacidad para alcanzar a la tropa si tiran su pistola. Ahora las distorsiones pueden ocasionar que el soldado más lento (cuello de botella) pare más seguido (y se pierda facturación). Tenemos pues que incrementar nuestros buffers en los que tanto hemos trabajado para reducirlos.

El personal de la planta necesita contantemente trabajar en determinar el tamaño de los buffers y reducirlos mediante la eliminación de las causas de distorsión sin importar en cuanto sea responsable la demanda del mercado y las condiciones de la planta. Aquí entra la importancia de llevar análisis estadísticos de nuestros procesos.

## CAPITULO VII CAMBIOS ORGANIZACIONALES

### VII.1 IMPACTO CULTURAL EN LAS ORGANIZACIONES

Hemos visto que es lógico concentrar los inventarios antes de las operaciones cruciales y no usar el inventario para protegernos de los problemas en cualquier otra parte. Mientras esto parece ser lógico, el comportamiento de los supervisores de producción es totalmente lo contrario. Los supervisores están acostumbrados a administrar "sus buffers" con inventario en todos los procesos para responder a cualquier demanda urgente de las operaciones subsecuentes, que además suelen ocurrir en el peor de los casos (siempre que Murphy nos visita).

Una educación muy persuasiva debe darse a los supervisores antes de que abandonen las prácticas usuales. Hay que recordar que les estamos pidiendo eliminar su protección visible, una que está bajo su control, bajo la promesa de que en algún otro lugar, puede que inclusive no sea en su departamento, hay inventario para proteger a toda la planta. Pero, este no es un cambio en la cultura personal de la supervisión, sino una cultura controlada en como la gerencia mide el desempeño de la supervisión.

Nuestro concepto de buffer en las operaciones críticas no sólo choca con la cultura de los supervisores, también lo hace, y de manera más dura, con la cultura de la alta gerencia. Hemos acordado que el inventario de las partes adecuadas, en las cantidades apropiadas, en el tiempo adecuado y en las operaciones adecuadas da una muy buena protección. Hemos incluso descrito un procedimiento para implementar este concepto.

Hemos acordado también que debido a la competitividad actual el inventario en proceso en cualquier otro lado es destructivo.

Estos conceptos sin embargo están en contra de como ve la gerencia a los inventarios, La gerencia necesita volver a analizar la razón por la cual éstos se mantienen. Todo esto puede estar en contra de los conceptos financieros y contables usuales, como ya vimos, pero se necesita cuestionar las practicas aceptadas por varias generaciones: ¡Aquí es donde realmente está el secreto Japones!

Podemos aceptar la lógica que se requiere para liberar y procesar los materiales de acuerdo a un programa determinado por las restricciones (el concepto de la cuerda). Una vez hecho esto, tenemos que enfrentarnos con el hecho que esta conclusión significa que bajo ninguna circunstancia debemos expeditar materiales en la planta sólo para darle trabajo a los empleados. Este es el patrón de comportamiento en las empresas que es más difícil de eliminar.

Los Japoneses tienen una ventaja, una gran ventaja competitiva, ya que ellos pasaron por este impacto cultural hace una década. Imaginemos una costosa máquina operada por un técnico muy bien pagado con material también muy caro frente a ella y sin operar. Estas partes se van a necesitar en un futuro cercano y sin embargo el trabajador no opera la máquina, está en tiempo muerto.

¿Cual sería nuestra responsabilidad en este caso? Usualmente después del impacto se hablaría con el trabajador y su supervisor. La respuesta Japonesa en las plantas, donde existe el Justo a Tiempo, es totalmente diferente. Bajo un sistema de Kanban, mientras un trabajador no tenga una tarjeta esto es precisamente lo que tiene que hacer: no producir nada. Esta diferencia en comportamiento no es debida a una diferencia especial en la cultura Japonesa sino un cambio en la cultura empresarial.

Los Japoneses han reconocido y probado los tremendo beneficios de este tipo de administración y de cultura. Necesitamos hacer nuestro cambio o retirarnos de la carrera a nivel mundial. Es responsabilidad de la gerencia el crear los cambios culturales necesarios para que estos conceptos sean aceptados y puestos en práctica. Este procedimiento para crear las cédulas necesarias, simular el flujo de materiales y usar adecuadamente los

recursos necesita un apoyo gerencial y puede ser logrado fácilmente a través del uso de una computadora.

Los conceptos de TBC son muy directos, si se entienden a profundidad pueden ser capitalizados hasta cierto punto sin el uso de una computadora. La necesidad del uso de las computadoras se incrementa con la cantidad de datos, cambios en el sistema (por ejemplo las variaciones en el pronóstico) y como interactúan las variables entre sí. Es esencial que para que estos cambios sucedan la organización se enfoque en un proceso de mejora continua.

Instalar un sistema de Tambor-Buffer-Cuerda puede hacer, como ya vimos, que una organización sea competitiva. De hecho los resultados de estos cambios y el tiempo tan corto que se requiere para lograr beneficios son verdaderamente impresionantes. He tenido la oportunidad de vivir estos cambios de cerca en Procter & Gamble en la planta de detergentes sintéticos en Vallejo. Sin embargo, este sistema no hace que una empresa se mantenga en ventaja por mucho tiempo.

No debemos de buscar solamente una mejora en nuestro desempeño no importa que tan significativa sea. Debemos de establecer un proceso de mejora en base constante y que no tenga fin. Sabemos que debemos mejorar nuestras plantas y desafortunadamente existen un número ilimitado de problemas (o como diría Alain Laiken de oportunidades). También sabemos que no se pueden hacer todos los cambios a la vez, entonces ¿por dónde comenzar? ¿Qué cambios nos llevarán más cerca de nuestra meta global? Sería ideal si tuvieramos un procedimiento que pudieramos usar de manera rutinaria para determinar cuales mejoras son las más importantes en cualquier tiempo. Existe ese proceso y se conoce como Mejora Continua.

## VII.2 MEJORA CONTINUA

Tendemos a concentrarnos en tomar acciones correctivas que sabemos como tomar y no necesariamente nos concentramos en los problemas que debemos corregir y las acciones para corregir estos problemas. Por lo tanto, para que un proceso de mejora continua sea efectivo debemos encontrar que corregir.

En otras palabras, la primera habilidad que debemos de buscar en un gerente, es la habilidad de detectar los problemas principales. Una vez que estos se corrijan, tendrán un impacto mayor que navegar de un problema pequeño al otro y engañarnos pensando que estamos haciendo nuestro trabajo.

Sin embargo, una vez que se detecta el problema no debemos caer en la trampa común de buscar cómo provocar el cambio, primeramente debemos establecer que es a lo que queremos cambiar, de otra manera su identificación sólo nos llevará al pánico y al caos. Por lo tanto, un gerente debe adquirir la habilidad de construir soluciones prácticas y simples.

En el mundo de hoy, donde casi todo el mundo está fascinado con la sofisticación, la habilidad de generar soluciones simples es extremadamente rara. Sin embargo debemos de insistir en esto. Es suficiente con recordar lo que duramente hemos aprendido de la realidad una vez tras otra: "Las soluciones complicadas no sirven, las simples tal vez lo harán". Una vez que se conoce la solución y solamente entonces nos topamos con la pregunta más difícil: ¿cómo provocar el cambio?.

Si las primeras dos preguntas de que queremos cambiar y a que queremos llegar se consideran preguntas técnicas, la última de como provocar el cambio es de origen psicológico. Todos sabemos, especialmente en la luz de los últimos años, que un proceso de cambio no puede esperarse que sea de corta duración. Cambiar a una organización toma

desafortunadamente una serie de años pero se debe intentar establecer un proceso de mejora continua que nos mantenga competitivos y donde el cambio no sea una expectativa sino una norma.

Donde las mejoras se hacen de manera continua, debemos ser mucho más metódicos en nuestra aproximación que el proceso de cambio en sí, de otra manera es sólo cuestión de tiempo en la que nos daremos por vencidos y la organización se vuelva a estancar, que es lo que ha sucedido en nuestro país con muchas empresas que han querido implantar nuevos sistemas de administración de la producción como el Justo a Tiempo..

No todo cambio es una mejora, pero sin lugar a dudas cualquier mejora es un cambio y no podemos mejorar algo si no se cambia. Pero el problema, y cualquiera que haya trabajado en una empresa lo podrá constatar, es que cualquier cambio se percibe como una amenaza a la seguridad. Siempre habrá alguien que piense que el cambio es una amenaza contra su seguridad en la empresa y de manera inmediata tenemos una resistencia emocional al cambio.

Cualquiera que piense que podemos sobrepasar una resistencia emocional con lógica probablemente nunca ha estado comprometido a casarse. Sólomente podemos superar o vencer una emoción con otra mucho más fuerte. ¿Cuál es la emoción que debemos provocar para que se induzcan o se lleven a cabo los cambios en una organización?

Imaginemos que estamos parados frente al gerente general de la empresa. Estamos haciendo nuestro mejor esfuerzo para resaltar que estamos viviendo en una época sin precedentes en la historia industrial. Nuestra demanda está aumentando a un ritmo casi exponencial. Después hablamos de la calidad y demostramos como nuestros clientes se vuelven más exigentes año con año y más cuando al país están entrado productos de importación. Luego hablamos del impacto de la demanda en la capacidad de producción de nuestra planta, hablamos de las entregas a los clientes, el porcentaje de ordenes perfectas. Si estamos utilizando gráficas el crecimiento de la demanda se vería parecido a esto:

(VER GRAFICA 25)

Todo parecería muy bien, pero mencionamos a la competencia y presentamos una gráfica con nuestros datos y los de ellos y marcamos con líneas punteadas la diferencia entre ellos y nosotros.

(VER GRAFICA 26)

Luego en tono dramático decimos "todos entendemos lo que esta diferencia significa". Ya que la única respuesta será un murmullo contamos un chiste para aligerar la presión.

¿Cual es la emoción que estamos tratando de provocar con esta presentación?. Estamos usando el miedo y la inseguridad. Estamos tratando de empujar a buenos resultados por medio de la inseguridad que provoca el ver que es necesario un cambio. Estamos usando fuego para combatir fuego, pero el problema de esto es que alguien siempre sale quemado.

Para usar una emoción de este tipo y lograr un proceso de mejora continúa (donde el cambio es la norma) quiere decir que debemos crear un ambiente de inseguridad en nuestras organizaciones. Pero, ¿Realmente es lo que queremos?.

Además esta metodología será efectiva para los altos ejecutivos para los cuales el futuro es una realidad, pero al descender en la pirámide se va perdiendo la efectividad rápidamente. En los últimos niveles esto se convierte en amenazas tangibles como "házlo o si no..." para infundir la inseguridad.

Aunque este método de forzar la inseguridad en el nombre de "debemos mejorar a pesar de todo" funcione en un principio, es obvio que su efectividad se reducirá al paso del tiempo. Si tiene efectividad al principio y se dan las mejoras, por lo que los malos augurios no sucederán, nos encontraremos después de un tiempo en la situación de Pedro y el Lobo que gritó muchas veces: "ahí viene el lobo" y cuando éste llegó nadie le creyó.

Para soportar un proceso de mejora continúa debemos encontrar otra forma de inducir un cambio de manera constante. Antes de iniciar cualquier análisis debemos volver

a examinar la lógica que conecta al cambio con la resistencia emocional para encontrar una falla, alguna forma de romper la unión entre ellas.

El primer postulado de que cualquier mejora es un cambio esta dado por hecho y no necesita una explicación formal, pero analicemos el segundo postulado: "cualquier cambio se percibe como una amenaza a la seguridad". La experiencia nos muestra que un cambio sugerido es una amenaza para todos excepto para el que la sugirió. El o ella no lo ven como una amenaza sino que solamente ven las mejoras que resultarán de él.

Tal vez la mejor forma de entender este fenómeno es relacionandolo con nuestra propia experiencia personal. A todos nosotros en alguna etapa se nos ha ocurrido como mejorar algo, aquel caso en el que hemos estado angustiados por una solución varios días e inclusive meses y de repente una mañana se nos "prende el foco". La solución era tan obvia que no podemos entender como no se nos ocurrió antes. Luego, nos cargamos de energía y juntamos a la gente necesaria y les tratamos de explicar lógicamente nuestra solución, pero ¿Cuál es la primera reacción?. Antes de terminar de explicar la respuesta recibimos un : "aquí es diferente, eso no va a funcionar".

Esta es precisamente la resistencia emocional de la que hablabamos anteriormente. Pero concentrémonos solamente en el entusiasmo de quien propuso el cambio. Este no se rinde fácilmente, lucha por sus ideas. La emoción del inventor es tan poderosa que una sola persona inspirada puede sobrepasar la resistencia de muchos. ¿Podríamos usar este tipo de emoción para establecer un sistema de mejora contnua en una organización?

A primera vista parecería imposible, solamente al pensar en el tipo de individuos que se necesitan, implicaría básicamente que a todos en nuestra organización se le ocurrieran o inventaran las mismas cosas y al mismo tiempo. Parecería ridículo, pero esta emoción es tan positiva y poderosa que nos debemos preguntar ¿cuál es el mínimo que se requiere de una persona para adquirir la emoción del inventor?.

Se podría pensar que se necesita la propiedad de la idea, se necesita que la persona que lo inventa sea la *primera* en el mundo. Pero vemos en la práctica que para el inventor no hay ningún problema en que otros lo hayan inventado antes, el sólo hecho de que ellos lo hayan racionalizado por sí solos es suficiente para adquirir pertenencia, ser el inventor.

Ahora bien, ¿cómo podemos inducir a otra persona a inventar una solución para un problema específico y predeterminado? Existe la forma y se conoce como el método Socrático.

Para inducir a alguien a inventar debemos llevar a la persona, al menos mentalmente, a un ambiente realista. Si le damos las respuestas a una persona, por esa misma acción, la estamos bloqueando de una vez por todas de la oportunidad de que lleguen a esa misma respuesta por ellos mismos. Si queremos demostrar lo inteligentes que somos hay que dar las respuestas, pero si lo que queremos es que se tome acción debemos evitar darlas.

Las personas son mucho más abiertas de lo que pensamos y su intuición es extremadamente poderosa. Todo mundo tiene la habilidad de inventar si se le induce adecuadamente; y una vez que la persona inventa algo eventualmente lo hace suyo, toman posesión aunque alguien más lo haya inventado o hecho anteriormente.

Para poder usar el método Socrático primeramente hay que sumarizar en tres pasos la teoría de mejora continua:

- 1.- ¿Qué cambiar?
- 2.- ¿A qué cambiarlo?
- 3.- ¿Cómo provocar el cambio?

El método Socrático nos ayuda en el último paso. Vamos a verbalizar las reglas que componen el método Socrático. Cuando estamos tratando de inducir a alguien a inventar una solución para un problema que está bajo su control, el primer paso es asegurarnos que el problema sea presentado como su problema. De otra manera nunca lograremos que su cerebro se comprometa a intentar resolverlo. Esto suena lógico pero ¿cómo lograr convencer a una persona de que el problema es de ella?

Existen dos cosas en nuestra contra cuando intentamos esto. La primera es la tendencia natural de cualquier persona en reaccionar a esa situación afirmando que no es su

problema y que ella o el no fueron los que lo causaron y por lo tanto no pueden hacer nada. La segunda es el hecho de que la manera usual de probar algo no se aplica en este caso. La prueba usual es el método de demostrar que las cosas están mal. Pero no se puede demostrar poniendo a otras personas de ejemplo ya que esto nos fuerza directamente a solucionar e implementar por ellos. La mejor forma es usar el método del piloto o decir: "mira estas personas tenían el mismo problema y ve como los resolvieron". Pero nos enfrentamos nuevamente con la respuesta común: "Pero nosotros somos diferentes, no va a funcionar aquí".

Por lo tanto para sobrepasar este obstáculo necesitamos otra manera de probar las cosas. Una manera que no descance sobre ejemplos o referencia a otras cosas sino en la lógica intrínseca de la situación. Este método es el de efecto-causa-efecto que se dicutió con anterioridad en la Introducción. Resulta ser que la gente se convence por este tipo de análisis cuando se les introduce, no sólo a los resultados finales, sino al flujo lógico entero dando hipótesis a las causas, derivando efectos finales diferentes, checando la existencia de la hipótesis y si no planteando una nueva solución.

Una vez detectado el problema núcleo el reto de usar el método Socrático es aun más grande, debemos inducir la derivación de soluciones simples y prácticas. El mayor obstáculo para lograr esto es el hecho de que la gente tiene usualmente en la mente las "soluciones aceptadas". Hay que recordar que estamos tratando problemas núcleo y lo más seguro es que tengan muchos meses e inclusive años de existir y surgieron de repente.

Esto nos da una clara indicación de que las soluciones percibidas son insuficientes (de otra forma los problemas hubieran sido resueltos). Hay que recordar que el hombre por naturaleza piensa que cuando sabe una cosa no se molesta en volver a pensar en la situación y cuando queremos inducir a la gente a inventar primero debemos convencerlos de que las soluciones aceptadas son falsas. Nuestra observación es que cuando se enfrenta un problema de núcleo, intuitivamente este era un problema conocido e inclusive algunas soluciones se implementaron en un esfuerzo estéril de solucionar el problema.

El inducir a la gente a inventar soluciones simples requiere alejarlos de la avenida del compromiso hacia la avenida de reevaluar los fundamentos del sistema para encontrar el mínimo número de cambios necesarios y crear un ambiente en el que el problema

simplemente no exista. Este método está bautizado por Goldratt como el de "evaporar las nubes".

Asumiendo que un problema de núcleo pueda ser descrito como una gran nube negra, este método no intenta solamente solucionar el problema sino también ocasiona que el problema no exista. Lo más común cuando nos enfrentamos con una situación así, que requiere compromiso de la gente, es que siempre hay una solución mientras no involucre un compromiso, sólo tenemos que encontrarla.

Para esto hay que definir el problema de manera precisa y ya estaremos a la mitad del camino de hallar la solución. Pero la validez de esta afirmación sólo la encontraremos al encontrar la solución misma, por lo tanto el problema está en como nos aseguramos de que hemos definido bien el problema antes de encontrar la solución.

Primero hay que examinar cuál es el significado del problema. Intuitivamente entendemos que un problema existe siempre que hay algo que no nos deja o nos limita alcanzar un objetivo determinado. Por lo tanto, para definir un problema debemos comenzar con una declaración del objetivo deseado.

El siguiente paso es definir los requerimientos que deben ser cubiertos y más cuando estamos tratando con problemas que involucran un compromiso. Debemos de estar conscientes de que cuando existe un compromiso debe haber al menos una cosa que sea compartida por los requerimientos. Para satisfacer los requerimientos existe un prerrequisito y el conflicto surge dentro del marco de los prerrequisitos.

Empecemos por llamar el objetivo deseado A. Para llegar a A debemos de satisfacer dos requerimientos B y C donde el prerrequisito para satisfacer B es D y el prerrequisito para satisfacer C es lo opuesto a D.

(VER GRAFICA 27)

Aunque definir un problema de manera precisa parece fácil hay que substancializarlos. Para lograr esto podemos usar el método de efecto-causa-efecto. El efecto que comenzamos es el de "establecer un problema de manera precisa y ya se está a

la mitad del camino de la solución", la hipótesis es "los diagramas es lo que entendemos como establecer un problema de manera precisa". Para verificar estas hipótesis debemos explicar con la misma hipótesis un efecto totalmente diferente.

Pongamos un ejemplo muy conocido para demostrar esto. Vamos a analizar la problemática del EOQ. Mucho se ha escrito sobre el tema y aunque existe mucha investigación y documentación sobre esto sabemos que en la mayoría de nuestras plantas nadie usa el EOQ y los tamaños de lote se determinan por la práctica o condiciones óptimas del equipo. Esto ha ocupado tanta atención ya que es un problema definido y la gente se atrae hacia los problemas bien definidos.

El problema de la EOQ se puede establecer de la siguiente manera: "encontrar el tamaño de lote que resulte en el menor costo por unidad". Las principales avenida mediante las cuales el tamaño de lote impacta los costos por unidad como ya vimos son:

#### 1.- El costo de preparación

Si preparamos una máquina durante una hora y sólo producimos una unidad, esta llevará el costo total de la preparación. Pero, si después de la hora de preparación producimos diez unidades del producto, cada unidad cargará con una décima parte del costo de preparación. Por lo tanto, si queremos reducir el costo de preparación por unidad debemos de perseguir el producir en lotes grandes, el más grande posible.

(VER GRAFICA 28)

#### 2.- El costo de llevar los inventarios.

La preparación no es el único canal mediante el cual el tamaño de lote impacta el costo por unidad. Estamos conscientes de que al aumentar el tamaño de lote aumentamos la cantidad de tiempo que mantenemos el inventario o lote en nuestra posesión y por lo tanto incrementamos los costos de llevar el inventario. En la mayoría de los artículos el costo de llevar el inventario muestra una relación lineal. Al doblar el tamaño de lote prácticamente se dobla el costo de llevar el inventario. Cuando se considera el costo de llevar inventario por unidad debemos de buscar el producir en el tamaño más pequeño de lote posible

## (VER GRAFICA 29)

Es fácil ver que el problema de determinación de tamaño de lote usando los métodos convencionales es un problema comprometedor. Si hacemos el diagrama correspondiente tenemos que:

## (VER GRAFICA 30)

Ahora debemos de trazar como movernos sistemáticamente de definir un problema a encontrar la solución. El método convencional es aceptar el problema como un hecho y buscar una solución dentro del marco establecido por el problema. Por lo tanto, convencionalmente nos concentramos en encontrar una solución óptima ya que no podemos satisfacer los dos prerrequisitos B y C. Todos nuestros esfuerzos están dirigidos a encontrar cuánto podemos arriesgar de cada uno de ellos para que el daño sobre el objetivo A se vea minimizado.

En el problema del tamaño de lote consideramos el costo total que es la sumariación del costo de preparación y el costo de llevar inventarios. Luego, matemáticamente encontramos el mínimo costo posible que nos indica el mejor tamaño de lote.

## (VER GRAFICA 31)

Esta solución es la que se da comúnmente, pero el método de evaporar nubes no persigue el encontrar una solución comprometedora sino que se concentra en invalidar el problema en sí. El primer ataque se hace al objetivo, ¿Queremos realmente bajar el costo por unidad?. La manera más fácil es comparar el objetivo en cuestión con el objetivo global. Esta comparación se logra simplemente al tratar de replantear el problema usando la terminología del objetivo global en vez de usar la terminología local.

¿Realmente es nuestro objetivo alcanzar el menor costo por unidad? Tal vez, pero lo que realmente estamos tratando de alcanzar es el hacer más dinero. Usemos para éste

análisis términos comunes a la meta como son la utilidad neta y el retorno sobre la inversión. En vez de usar el costo por unidad usemos la utilidad por unidad.

Ya que el problema asume un precio de venta fijo tenemos que a mayor costo menor utilidad y a menor costo mayor utilidad; por lo tanto, podemos reemplazar el costo por la utilidad. Involucramos la inversión con el hecho de recordar la gráfica lineal. Doblar el tamaño de lote significa doblar el costo de llevar el inventario pero esto implica doblar la inversión en inventario en proceso y producto terminado que detendremos. En otras palabras, también existe una relación lineal entre el tamaño de lote y la inversión. Por lo tanto podemos reemplazar el eje horizontal (tamaño de lote) con inversión y obtendremos la siguiente gráfica de utilidad por unidad contra inversión:

(VER GRAFICA 32)

Todos los lotes entre los dos círculos nos dan la misma utilidad, o como antes, el mismo costo. La misma utilidad significa el mismo retorno sobre inversión, pero la inversión en ese intervalo se ha duplicado. Si queremos hacer más dinero no debemos buscar al punto más alto de la curva sino un punto a la izquierda. Supongamos que la planta tiene una cantidad de efectivo que reside entre los dos puntos, los dos círculos son equivalentes desde el punto de vista de la utilidad neta pero uno significa bancarrota y el otro supervivencia.

Esta solución "óptima" ha sido enseñada por más de 50 años en casi todas las universidades del mundo. Nadie se preocupa de checar los objetivos locales contra los objetivos globales. Pero esto no ha sucedido solamente en el ámbito académico la experiencia muestra que más del 90% de los problemas en la industria caen dentro de este esquema. Tratamos de satisfacer objetivos locales que no empatan en manera alguna con los objetivos globales.

Esto ya fue discutido con anterioridad por lo que regresemos al método de evaporación de nubes. Asumimos que el objetivo ha sido checado y verificado. Ahora lo que debemos de tener en mente es que las flechas en el diagrama, las que conectan los requerimientos al objetivo, los prerrequisitos con los requerimientos y la flecha del conflicto no son más que uniones lógicas. Para abrir el camino a la avenida del

compromiso no implica necesariamente cumplir con el objetivo específico. Hay que recordar que detrás de cada unión lógica existe una suposición.

Supongamos que el objetivo A es llegar a la punta del monte Everest el por qué no importa...porque esta ahí. El requerimiento B aparece en nuestro diagrama como "los participantes deben de ser expertos escalando". Aunque parece lógico la unión entre B y A esta basada en un supuesto que no está declarado en el objetivo, que queremos subir el Everest escalando. Es suficiente verbalizar este supuesto y las imágenes de paracaídas y helicópteros recorren nuestras mentes.

La técnica de evaporar nubes está basada en verbalizar los supuestos escondidos detrás de las uniones lógicas y enfrentarlos. Es suficiente invalidar uno de los supuestos, sin importar cual , y el problema desaparece (como en el ejemplo del monte Everest).

Tratemos de usar esta técnica con el problema del tamaño de lote. Examinemos, por ejemplo, la flecha que conecta al requerimiento B con el objetivo. La influencia del costo de preparación en el costo por unidad es la suposición no establecida que se tomo cuando se planteo el problema. No lleva mucho realizar que se dió la preparación como hecho. En otras palabras asumimos que el costo de preparación es fijo y no se puede reducir. El método que ataca vigorosamente este supuesto es el Justo a Tiempo. El Justo a Tiempo ha probado, que el sólo hecho de que nos demos cuenta que el tiempo de preparación no es fijo, es casi suficiente para lograr (en un período corto y con una mínima inversión) drásticas reducciones en la preparación, algunas veces de varias horas a sólo unos minutos.

¿La preparación realmente cuesta dinero? Antes de contestar vamos a intentar parafrasear esta misma idea en la terminología de teoría de restricciones. Hay que recordar que éste teoría huye del mundo de los costos como si fueran el demonio. La palabra "costo", como ya vimos anteriormente, forma parte de la categoría de palabras más peligrosa y de mayor confusión por sus múltiples significados. Esto nos lleva a confundir muchas veces entre inversión (como es el caso de la compra de una máquina) y un gasto (el costo de operar esa misma máquina). Se puede hacer uno rico con inversiones pero ciertamente no gastando el dinero. Si cambiamos nuestra pregunta sería de ésta manera ¿Una preparación adicional incrementa el gasto de operación de una organización?.

Si suponemos que uno de los recursos involucrados en la preparación era un cuello de botella el impacto de una preparación adicional no sería el de incremento en los gastos de operación sino en la facturación que se vería reducida; inclusive si la preparación se lleva a cabo en un recurso que no es cuello de botella se pueden aprovechar los tiempos muertos para hacer el cambio de todas maneras se van a pagar los salarios de la gente y nuestra facturación no se ve afectada. Como vemos el impacto de hacer una preparación adicional en el gasto de operación es básicamente cero.

También el sólo hecho de exponer la suposición fue suficiente para entender que el problema gira alrededor de una distorsión en la terminología. Nuestra respuesta a la problemática del tamaño de lote debe ser ahora: hay que mantener los lotes pequeños hasta el grado que podamos permitirnos hacer los cambios necesarios sin convertir a otros recursos en cuellos de botella.

Podríamos seguir analizado cada una de las flechas, pero concentremonos en la flechas del conflicto. Aquí hay que preguntarse, ¿en que ámbito la palabra lote no tiene múltiples significados?. El tamaño de lote en una línea de ensamble que hace sólo un producto a la vez es de uno, los productos se mueven en la línea en unidades. Pero, ¿Cuántas unidades procesamos una después de la otra antes de detener y usar nuestra línea con otro tipo de producto?. Parecería ser que tenemos dos respuestas para la misma pregunta, la primera de ellas es uno y la segunda es infinito.

Aunque parecería ser que el concepto de tamaño de lote no se aplica a estas situaciones tratemos de verbalizar el problema. Cuando dijimos "uno" vimos a la situación desde el punto de vista del producto. La pregunta que no se verbalizó fue ¿cuántas unidades tenemos que hacer en un lote para transferirlas de un recurso a otro en la línea?. Por lo tanto, la respuesta de "uno" se utilizó para describir el tamaño de lote usado para transferir unidades a través de los recursos, generalmente lo llamamos el "lote de transferencia".

Por otro lado, llegamos a la respuesta de infinito desde el punto de vista de los recursos de una línea. La pregunta aquí es ¿cuántas unidades ponemos en un lote con el propósito de procesarlas una después de la otra?. La respuesta de infinito se dió para

describir el tamaño de lote usado con el propósito de procesarlo, se conoce a este tipo como "lote de proceso".

Regresando a nuestro problema, ¿por qué se tenía el prerrequisito de tener un lote grande?, la razón era para ahorrar en la preparación. En otras palabras, lo que queríamos que fuera grande era el lote de proceso. ¿Por qué se quería tener un lote chico?, porque se quería reducir el costo de llevar inventario, el tiempo que se tiene el inventario en nuestra posesión. En otras palabras queríamos un pequeño lote de transferencia.

Analizando el problema desde este punto de vista los dos prerrequisitos se pueden satisfacer al mismo tiempo. Este problema realmente es un problema debido al uso inapropiado de la terminología.

Ahora la respuesta parece obvia. Debemos de maximiar los lotes de proceso en los cuellos de botella y al mismo tiempo usar lotes pequeños de transferencia en el resto de los procesos incluyendo el cuello de botella (los lotes pequeños de transferencia no tienen un impacto en la preparación).

## CONCLUSIONES

En la historia de la administración de la producción surgen situaciones donde el conocimiento existente en un tema en particular ya no es satisfactorio. Cuando esto sucede hemos visto nacer un movimiento que no se puede describir de otra manera sino como un renacimiento o revolución. En muchas empresas, esfuerzos independientes comienzan a abrir nuevos horizontes. En un principio estos esfuerzos son meras "creencias" más que procedimientos aceptados, las ideas parecen extrañas y se duda de su valor práctico. Es común que los originadores tengan una idea clara pero no se pueda verbalizar correctamente.

La actitud de los originadores tiende a ponerlos en una "guerra" en la organización. Desgraciadamente esta guerra no es sólo contra el conocimiento actual sino contra las nuevas ideas. La información en esta etapa es limitada y las nuevas ideas no han madurado al grado en que puedan ser claramente explicadas.

Casi todas las nuevas ideas dan una contribución significativa, surgen de análisis hechos desde otros puntos de vista y pueden estar basados en diversos tipos de conocimientos. Sin embargo, esto no quiere decir que se hagan válidas y todas las demás son totalmente erróneas.

A través de este trabajo he tratado de establecer el procedimiento que se uso en el desarrollo de la Teoría de Restricciones y que se puede encontrar en los libros de Goldratt. Este es un trabajo de recopilación de todos aquellos aspectos importantes de la teoría y que utilizo en mi docencia en la Universidad Panamericana. He tenido además la oportunidad de validar estos métodos en mi puesto actual, planeación de la producción, en Procter y Gamble en donde hemos hecho esfuerzos por reducir los tamaños de lote para reducir los

niveles de inventario en proceso y ser más competitivos al cumplir con nuestra meta: hacer dinero en el presente y en el futuro. Esto se ha logrado a través de un gran esfuerzo, no sólo por parte de manufactura, sino de muchas otras áreas de la empresa como son ventas, mercadotecnia, distribución y finanzas.

¿Por qué no incluí el caso práctico de Procter y Gamble en este trabajo?. Es muy fácil que cuando la gente comienza a explorar modos de moldear las nuevas ideas tratamos de acomodar los esfuerzos y dividir sus aplicaciones: "este método sirve para este caso, si se presentan estos síntomas no sirve, en mi empresa no puedo lograr eso", etc. Esto es precisamente lo que la metodología descrita de mejora continua intenta evitar. El objetivo de este trabajo realmente se logrará en el momento en que los empresarios Mexicanos entiendan la metodología, hagan suyos los problemas y establezcan sus propias soluciones. Este es también mi objetivo en el salón de clases, que los alumnos entiendan lo que hay detrás del "milagro Japones" y algún día ellos desarrollen sus propias soluciones a problemas concretos.

En la medida en que los supuestos se analicen y exploren la oportunidad de lograr una sola teoría, que sea aplicable a una empresa determinada, será mayor. De nada sirve lo aprendido en la Universidad si no se puede aplicar en la empresa y más si se trata de una carrera como la que he elegido, la Ingeniería Industrial.

Primeramente intenté demostrar que a las teorías de control de la producción deben apuntar hacia un mismo objetivo: el hacer dinero en el presente así como en el futuro. Lo que muchas veces puede causar confusión es que no quede entendido que Justo a Tiempo y Teoría de Restricciones atacan el mismo supuesto básico de los errores en los conceptos, la importancia de los inventarios y que ambos no son métodos matemáticos específicos sino filosofías de manufactura. Esta es otra razón por la cual decidí eliminar el caso práctico, una filosofía debe surgir y formar parte de una empresa no puede ser heredada ni duplicada.

Para establecer la problemática se redefinieron las escalas tradicionales, se establecieron las medidas básicas ¿cómo saber si mi empresa esta o no haciendo dinero? y las avenidas para incrementar nuestra meta a través de incrementar la facturación y reducir inventarios y gastos de operación. ¿Cuál es la avenida donde una empresa tiene mayor

oportunidad de subsistir? Si analizamos la situación a corto plazo la respuesta está en la facturación y los gastos de operación; pero, analizando la competitividad que requiere una empresa, claramente vimos la importancia de los inventarios en nuestra posición futura. Eliminamos el fundamento de que las empresas necesitan altos inventarios para proteger la facturación.

Al reducir el inventario en proceso o administrar los buffers (ya que contienen la mayor parte del inventario en proceso) la ventaja competitiva de la planta aumenta. Los lotes de producción, gastos de operación e inversión en inventario se verán reducidos mientras la calidad, desempeño en los tiempos de entrega y la velocidad de introducir nuevos productos al mercado aumentarán. El mercado responderá a esta reducción con mayor demanda que llevará a un incremento de la facturación. Esta facturación adicional debe ser muy rentable ya que no implica cambios mayores en los gastos de operación. La utilidad neta, retorno sobre inversión y flujo de efectivo se verán incrementados simultáneamente y nos moveremos en la dirección de nuestra meta: hacer dinero. ¡Justo lo que las empresas Mexicanas, que tienen recursos escasos necesitan para competir en la actualidad!.

No es de sorprenderse que este método, al igual que justo a tiempo, requiera de herramientas estadísticas. Si las fluctuaciones estadísticas son la causa de nuestros inventarios debemos concentrarnos en reducirlas (o como se conoce comúnmente en las empresas reducir la variabilidad).

Hemos visto también la importancia de la capacidad de las restricciones en cuanto a la facturación y al inventario y por qué la necesidad de tener un buffer contra las variaciones que ocurren en una planta. Un análisis detallado de los buffers nos puede decir mucho sobre las fluctuaciones inevitables en la planta y el mercado. Entender como manejar de manera apropiada el inventario de los buffers puede mejorar nuestra ventaja competitiva y servir para detectar nuevas mejoras que se requieren en la planta.

A través de los ejemplos vimos como el proceso de mejora continúa debe enfocar nuestras inversiones en la planta, planear la producción, planear los mantenimientos y tiempos de preparación, si se necesita personal en la planta o no, si hay que cambiar de tecnología, etc. Hay que recordar que una mejora puede ser extremadamente benéfica (si

tiene un impacto global) o una pérdida de dinero y de tiempo (si tiene un impacto local). Ya que el inventario esta directamente relacionado con la ventaja competitiva, podemos usar a los buffers para detectar las áreas críticas de mejora y luego debemos emplear la técnica apropiada y repetir este proceso de manera continua.

Mediante la mejora continua la eliminación de las fuentes de distorsión y el incremento del volumen en los cuellos de botella cambiará nuestra planta y cómo enfocamos nuestros esfuerzos. La facturación puede crecer a un nivel en donde los cuellos de botella reales que limitan la facturación estén dentro de la planta. ¡No debe de existir una urgencia inmediata y correr a comprar más equipo para incrementar la capacidad del cuello de botella!. Hay muchas soluciones que son más rápidas y menos caras que se deben de considerar primero. Debemos estar seguros de que el cuello de botella esté siempre operando, inclusive dentro de las horas de comida, durante otro tipo de descansos y cambios de turno. Se debe de ejercitar cuidado de manera que el cuello de botella no trabaje en piezas que ya son defectuosas (inclusive si tenemos que poner a un inspector frente al cuello de botella) ya que hay que recordar que el tiempo perdido en el cuello de botella es facturación que se pierde. Las operaciones que están después del cuello de botella deben ser instruidas para procesar los cuellos de botella con mucho cuidado ya que cada pieza dañada significa un embarque perdido. Podemos exprimirle a nuestras plantas y específicamente a nuestros cuellos de botella, una cantidad adicional mediante este tipo de metodología que no es tan cara antes de pensar en inversiones costosas.

El esfuerzo en reducir los buffers e incrementar la capacidad de los cuellos de botella en una base constante es muy rentable. Si cambiamos nuestra atención de solamente reducir las distorsiones importantes a también incrementar la facturación en los cuellos de botella podemos llevar el desempeño a nuevos niveles y estaremos estableciendo una volante productivo.

(VER GRAFICA 33)

El primer paso en establecer un volante productivo es el de implementar la manufactura sincronizada a través del uso de la técnica de Tambor-Buffer-Cuerda. Luego necesitamos administrar los buffers de inventario y enfocarnos en el proceso de mejora continua. Finalmente las técnicas de justo a tiempo, nueva tecnología y buenas prácticas

gerenciales deben de ser soportadas donde tengan el mayor impacto. El resultado será un contínuo incremento en la utilidad neta, el retorno sobre inversión y el flujo de efectivo.

Establecer un sistema de mejora contínuo requiere además que entendamos la localización de nuestras restricciones reales en la planta. Una vez hecho esto, debemos enfocarnos en estas restricciones y aplicar todos nuestros esfuerzos en romperlas. Cuando una restricción se elimina, tenemos una nueva planta y nuestros esfuerzos deben estar enfocados en otras áreas. Debemos encontrar donde las nuevas restricciones están y atacarlas con la misma fuerza.

Aún cuando las restricciones estén fuera de la planta (es decir que tenemos suficiente capacidad pero no suficiente demanda del mercado), esta todavía dentro de nuestro poder afectar esto. Si reducimos nuestro inventario en proceso mejorará nuestra ventaja competitiva y por ende nuestra demanda de mercado aumentará.

Este esfuerzo contínuo de encontrar restricciones, romperlas y encontrar las siguientes es extremadamente poderoso en la mejora contínuo. Es una forma en que México puede entrar a enfrentar la competencia mundial y ganar la carrera. Sin embargo, hay que aclarar que eliminar las restricciones puede llevar mucho tiempo. Por ejemplo, si la restricción es el mercado, romper esta restricción puede tomar muchos meses e incluso años. O si la restricción es una máquina y hemos decidido comprar una nueva, el tiempo de entrega y de instalación pueden ser mayores a los seis meses... ¿qué debemos hacer en estos casos?. Hay que recordar que elevar la restricción del sistema es el cuarto paso en nuestro proceso, se debe explotar las restricciones para obtener el máximo de ellas. Muchas veces esto puede lograrse mediante el análisis y variación de nuestras políticas. Por ejemplo, si la restricción es el mercado, quiere decir que tenemos suficiente capacidad pero no suficientes órdenes. En este caso explotar la restricción significa cien por ciento en los tiempos de entrega.

Cuando se entiende que las restricciones deben de ser el punto focal de la gerencia, la herramienta que nos sirvió por años: "el costo del producto" debe ser descartada, se vuelve obsoleta. Cuando dejamos de pagar a nuestros trabajadores en base a las piezas producidas y les paguemos por hora; y mientras nuestras gerencias sean cada vez más

numerosas en comparación con la mano de obra directa la teoría de costos se vuelve cada vez más complicada e inservible.

Pero esta carrera competitiva está pidiendo no solo el cambio de las organizaciones sino también el progreso del hombre que también debe ser constante y sin fin. Siempre se pueden mejorar no sólo las plantas sino también a las personas. Cuando adquirimos y aplicamos un mejor entendimiento de como nuestro mundo de la manufactura funciona muchos se ven beneficiados. Un progreso en la manufactura y un incremento en nuestro estándar de vida han ido de la mano desde los inicios de la revolución industrial.

Lo que caracteriza a nuestro mundo de hoy y en especial a nuestro país es la intensidad de la competencia y el hecho de que la estamos perdiendo. Las implicaciones de esta tendencias son difíciles de analizar, nuestra posición y estándar de vida están en riesgo. Para poder invertir esta tendencia necesitamos establecer en nuestras organizaciones procesos de mejora continua y no sólo en nuestras empresas, sino en otro tipo de organizaciones sociales como con las universidades, clubes, etc.

Durante mi tiempo en las aulas se me ha criticado un poco por la manera tan materialista en que enfoco este tema, inclusive en la tesis hablo muy poco del desarrollo del personal y la importancia de este en una empresa. Aunque no es el objetivo de la tesis quiero reconocer su importancia. Yo no creo que "el fin justifique los medios" y por lo tanto no creo en dañar a la gente y ciertamente cuando ésta se merece lo opuesto. No ha sido mi objetivo, sólo he tratado de persuadir a mis alumnos (y mediante este trabajo a los empresarios Mexicanos) de que el problema y la solución a la industria en México está en el mismo lugar: la Manufactura. Al ganar más dinero el estandar de vida de TODOS debe incrementar, esto incluye no sólo a los dueños de las empresas sino a los trabajadores y por supuesto al país. Hay que recordar que cuando se intenta hacer algo se incurre en errores pero es peor no hacer nada. ¡No hacer nada es un error mucho más grande!

Para terminar creo que la filosofía de Teoría de Restricciones y el proceso de mejora continua puede ayudarnos a mejorar nuestra posición competitiva. Es un método más rápido, económico y más enfocado que el Justo a Tiempo. Si se usa podemos ganar terreno a nivel mundial. Sin embargo, no deja de ser una técnica más y al usar estos

procedimientos debemos aprender de nuestras experiencias y encontrar soluciones propias y de esta manera ganar la carrera competitiva.

**ANEXO I****SIMULACION DE LOS CERILLOS**

SIMULACION DE CERILLOS  
ANEXO I

NOTA: TIRADAS < 1001

NUMERO DE TIRADAS A SIMULAR=20

DATOS PUNTUALES DE LAS VARIABLES

N	IA	IB	IC	ID	IE	TOT	DAA	DAB	DAC	DAD	DAE
1	4	1	0	0	1	6	1	-2	-3	-3	-3
2	8	0	0	1	3	12	-2	-3	-4	-4	-4
3	11	0	0	0	5	16	-4	-6	-7	-7	-7
4	11	0	0	4	6	21	-6	-4	-5	-5	-9
5	9	0	0	1	12	22	-8	-5	-6	-6	-7
6	8	1	0	0	15	24	-6	-5	-7	-7	-8
7	8	2	0	0	20	30	-8	-3	-6	-6	-7
8	5	6	0	0	21	32	-6	-1	-8	-8	-9
9	8	2	5	0	22	37	-8	-3	-6	-10	-11
10	8	2	4	0	26	40	-11	-3	-6	-10	-11
11	6	3	0	1	31	41	-10	-4	-8	-11	-9
12	7	0	0	6	32	45	-9	-4	-8	-12	-12
13	9	0	0	3	36	48	-11	-7	-10	-14	-11
14	9	5	0	2	38	54	-11	-4	-13	-17	-13
15	8	5	0	2	44	59	-13	-2	-10	-14	-10
16	11	3	1	1	49	65	-10	-2	-9	-14	-9
17	14	2	0	1	52	69	-8	-5	-10	-15	-9
18	18	3	0	0	54	75	-9	-6	-13	-18	-12
19	19	0	0	1	58	78	-11	-8	-14	-19	-11
20	21	1	0	0	61	83	-11	-8	-16	-21	-13

## I N V E N T A R I O S   E N   P R O C E S O

INVENTARIO DE ANDY=21  
INVENTARIO DE BEN=1  
INVENTARIO DE CHUCK=0  
INVENTARIO DE DAVE=0  
INVENTARIO DE EVAN=61  
INVENTARIO TOTAL AL FINAL=83

FACTURACION=61

FACTURACION ESPERADA RESPECTO AL NUMERO DE SIMULACIONES=70

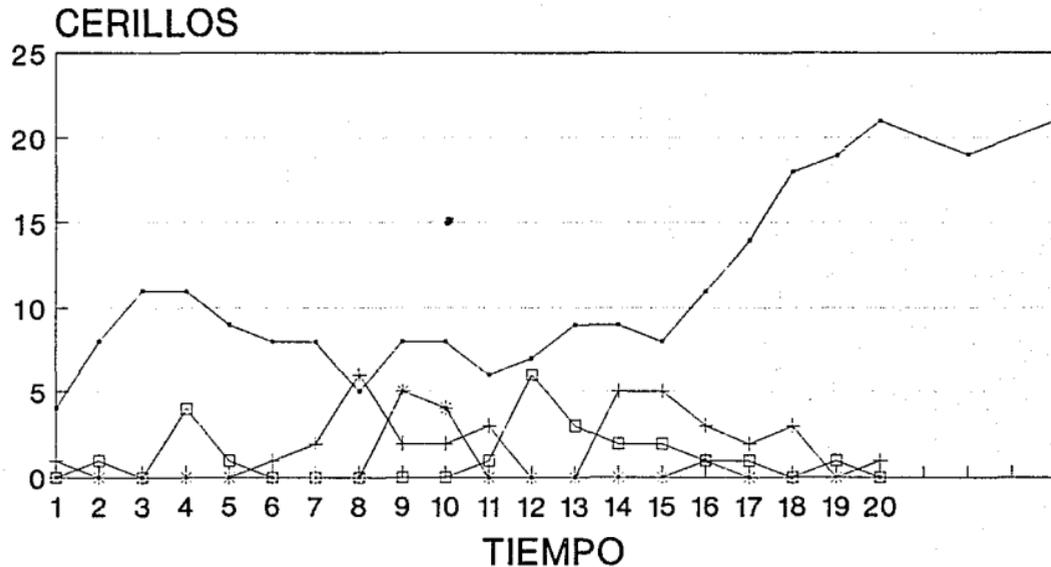
PERDIDA DE FACTURACION=12.9 %

## F L U C T U A C I O N E S   E S T A D I S T I C A S

DESVIACION ACUMULADA DE ANDY=-11.0  
DESVIACION ACUMULADA DE BEN=-8.0  
DESVIACION ACUMULADA DE CHUCK=-16.0  
DESVIACION ACUMULADA DE DAVE=-21.0  
DESVIACION ACUMULADA DE EVAN=-13.0

# ANEXO I

## INVENTARIO EN PROCESO

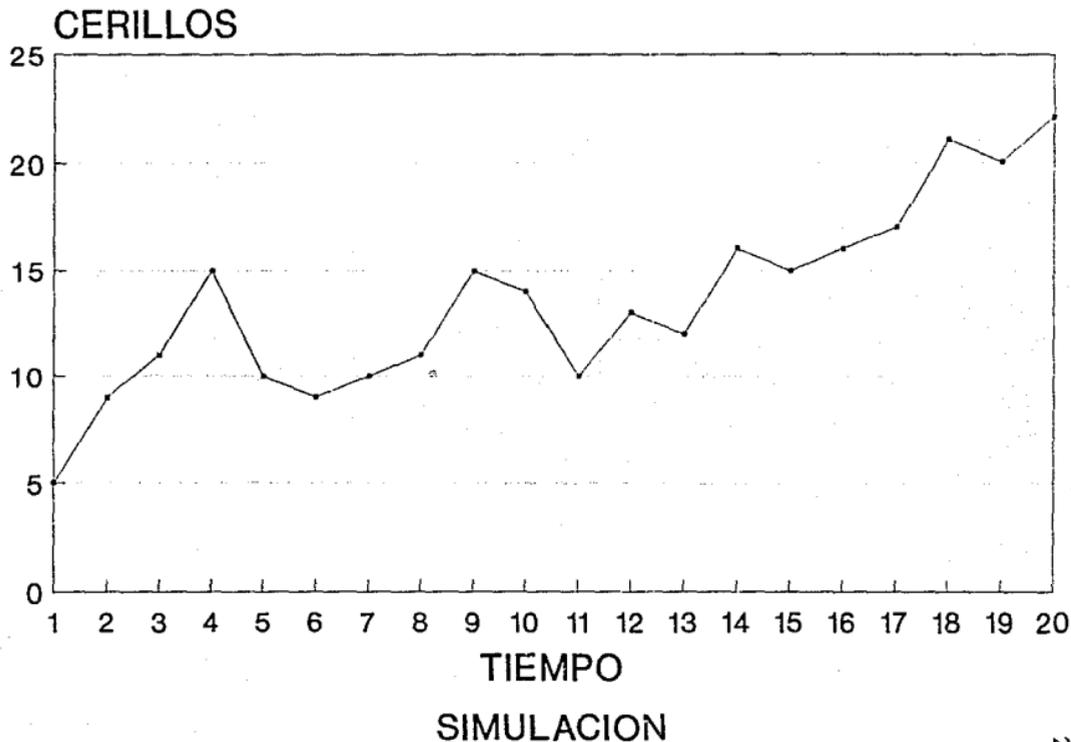


— ANDY    + BEN    \* CHUCK    □ DAVE

SIMULACION

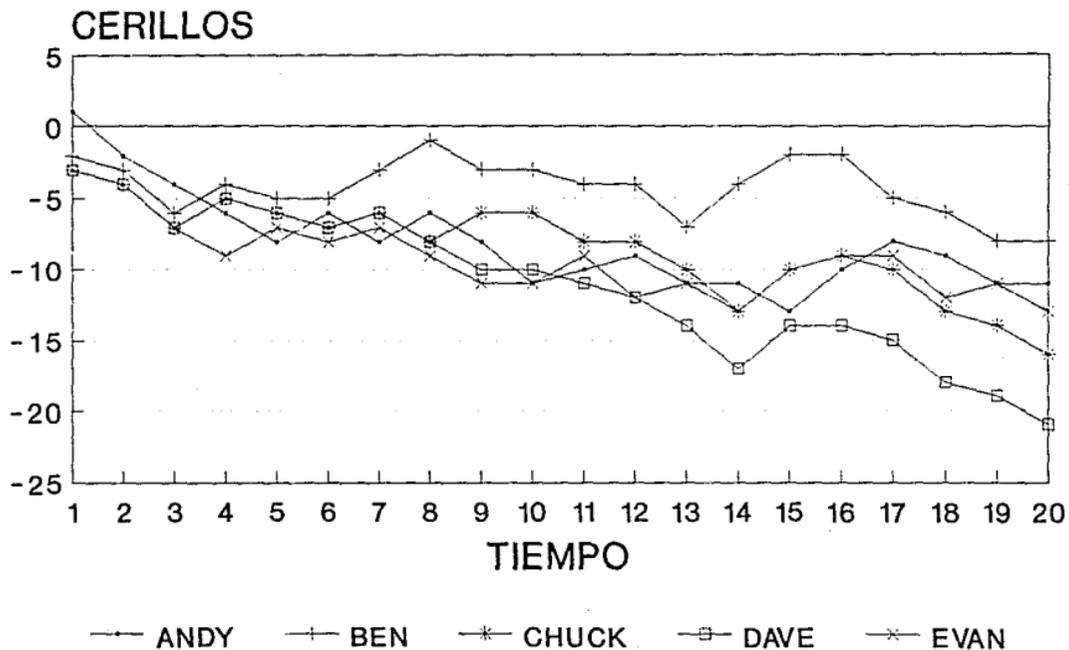
# ANEXO I

## INVENTARIO EN PROCESO TOTAL



# ANEXO I

## DESVIACION ACUMULADA



SIMULACION

LISTADO DEL PROGRAMA  
PASCAL 5.0

```

PROGRAM BOYSCOUT;
VAR
    C,N,TIME:INTEGER;
    X,Y,D,DAA,DAB,DAC,DAD,DAE,IA,IB,IC,ID,PF,IZ:REAL;

PROCEDURE DADO
BEGIN
    X:=INT(6*RANDOM)+1
END;

PROCEDURE COMPARE (Y:REAL);
BEGIN
    IF Y=1 THEN D:=-2.5;
    IF Y=2 THEN D:=-1.5;
    IF Y=3 THEN D:=-0.5;
    IF Y=4 THEN D:= 0.5;
    IF Y=5 THEN D:= 1.5;
    IF Y=6 THEN D:= 2.5;
END;

(*PROGRAMA PRINCIPAL*)
BEGIN;
CLRSCR;
IA:= 0;IB:= 0;IC:= 0;ID:= 0;PF:= 0;IZ:= 0;DAA:= 0;DAB:= 0;DAC:=
0;DAD:= 0;DAE:= 0;TIME:= 1;
RANDOMIZE;
WRITELN('SIMULACION DE CERILLOS');
WRITELN('ANEXO I');
WRITELN('NOTA:TIRADAS < 1001 ');
WRITE('NUMERO DE TIRADAS A SIMULAR= ');
READLN(N);
CLRSCR;
WRITELN('DATOS PUNTUALES DE LAS VARIABLES');
WRITELN('N IA IB IC ID IE TOT DAA DAB DAC DAD DAE');
BEGIN
    FOR C:=1 TO N DO
        BEGIN
            DADO;
            DAA:=DAA+D;
            IA:=IA+X;
            DADO;
        
```

```
IF(X < IA) THEN
  BEGIN
    IB: = IB + X;
    IA: = IA - X;
    COMPARE(X);
    DAB: = DAB + D;
  END
ELSE
  BEGIN
    IB: = IB + IA;
    IA: = 0;
    COMPARE(IA);
    DAB: = DAB + D
  END;
DADO;
IF(X < IB) THEN
  BEGIN
    IC: = IC + X;
    IB: = IB - X;
    COMPARE(X);
    DAC: = DAC + D;
  END
ELSE
  BEGIN
    IC: = IC + IB;
    IB: = 0;
    COMPARE(IB);
    DAC: = DAC + D
  END;
DADO;
IF(X < IC) THEN
  BEGIN
    ID: = ID + X;
    IC: = IC - X;
    COMPARE(X);
    DAD: = DAD + D;
  END
ELSE
  BEGIN
    ID: = ID + IB;
    IC: = 0;
    COMPARE(IC);
    DAD: = DAD + D
  END;
```

```

DADO;
IF(X < ID) THEN
    BEGIN
        PF: =PF+X;
        ID: =ID-X;
        COMPARE(X);
        DAE: =DAE+D;
    END
ELSE
    BEGIN
        PF: =PF+ID;
        ID: =0;
        COMPARE(ID);
        DAE: =DAE+D
    END;
WRITELN(C,IA,IB,IC,ID,PF,IA+IB+IC+ID+PF,DAA,DAB,DAC,DAD,DAE);
END;
REPEAT
READLN(TIME);
UNTIL TIME < > 0;
WRITELN('RESULTADOS DE LA SIMULACION')
WRITELN('INVENTARIO EN PROCESO');
WRITELN('INVENTARIO DE ANDY = ',IA);
WRITELN('INVENTARIO DE BEN = ',IB);
WRITELN('INVENTARIO DE CHUCK = ',IC);
WRITELN('INVENTARIO DE DAVE = ',ID);
WRITELN('INVENTARIO DE EVAN = ',IE);
WRITELN('INVENTARIO TOTAL AL FINAL = ',IA+IB+IC+ID+PF);
WRITELN('FACTURACION = ',PF);
WRITELN('FACTURACION ESPERADA RESPECTO AL NUMERO DE
SIMULACIONES = ',3.5*N);
WRITELN('FLUCTUACIONES ESTADISTICAS');
WRITELN('DESVIACION ACUMULADA DE ANDY = ',DAA);
WRITELN('DESVIACION ACUMULADA DE BEN = ',DAB);
WRITELN('DESVIACION ACUMULADA DE CHUCK = ',DAC);
WRITELN('DESVIACION ACUMULADA DE DAVE = ',DAD);
WRITELN('DESVIACION ACUMULADA DE EVAN = ',DAE);
END.

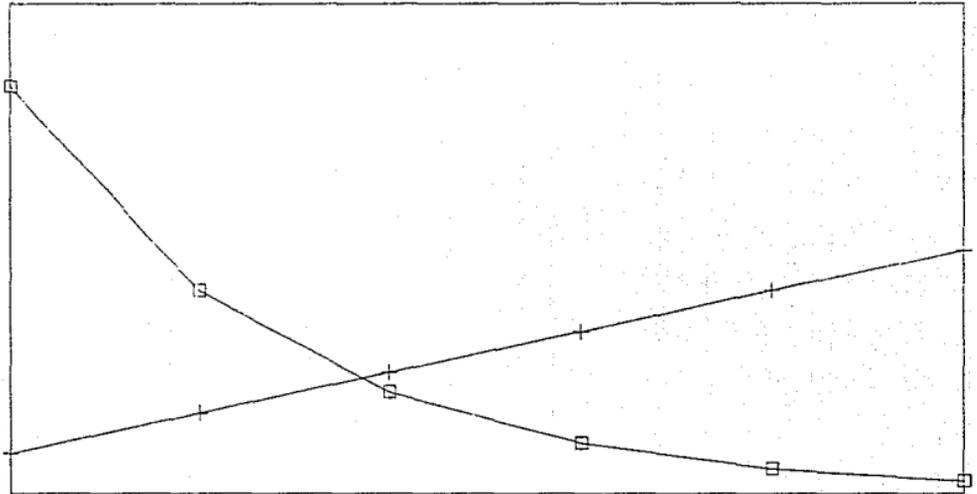
```

## **ANEXO II**

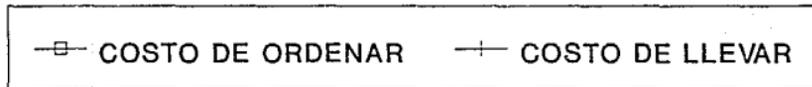
## **GRAFICAS**

# GRAFICA DE EOQ

COSTO (\$)



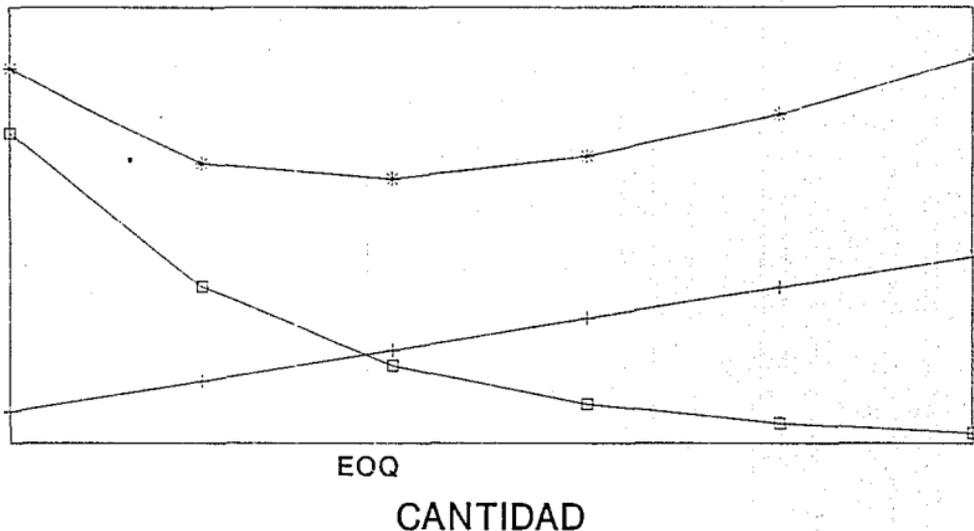
CANTIDAD



GRAFICA 1

# GRAFICA DE EOQ

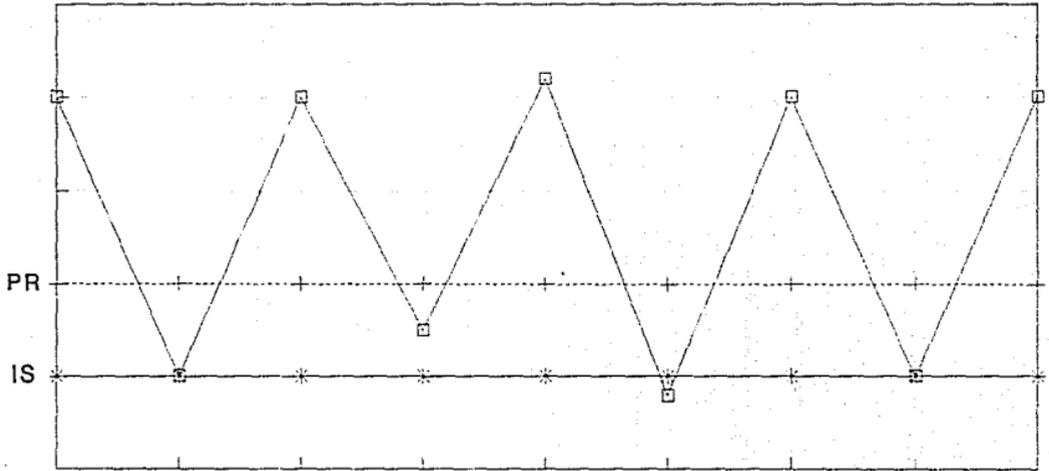
COSTO (\$)



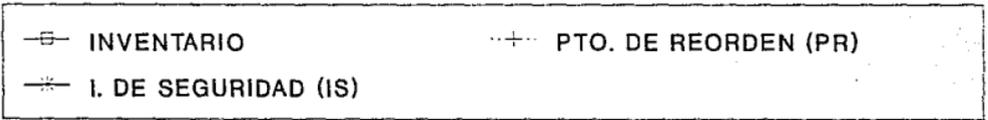
GRAFICA 2

# PUNTO DE REORDEN

## INVENTARIO

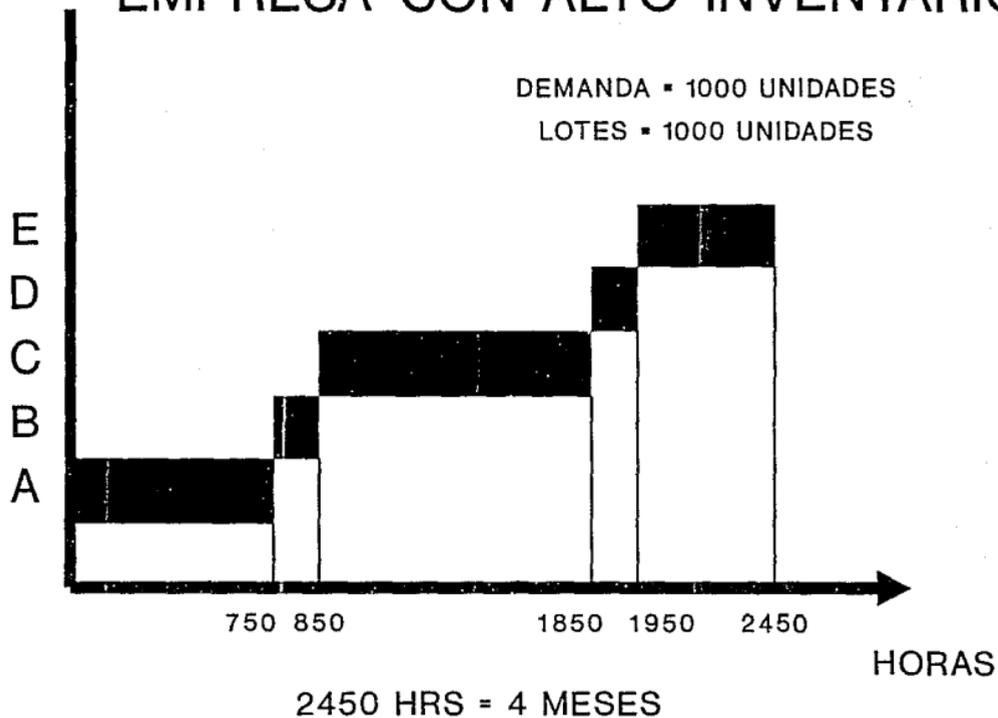


## TIEMPO



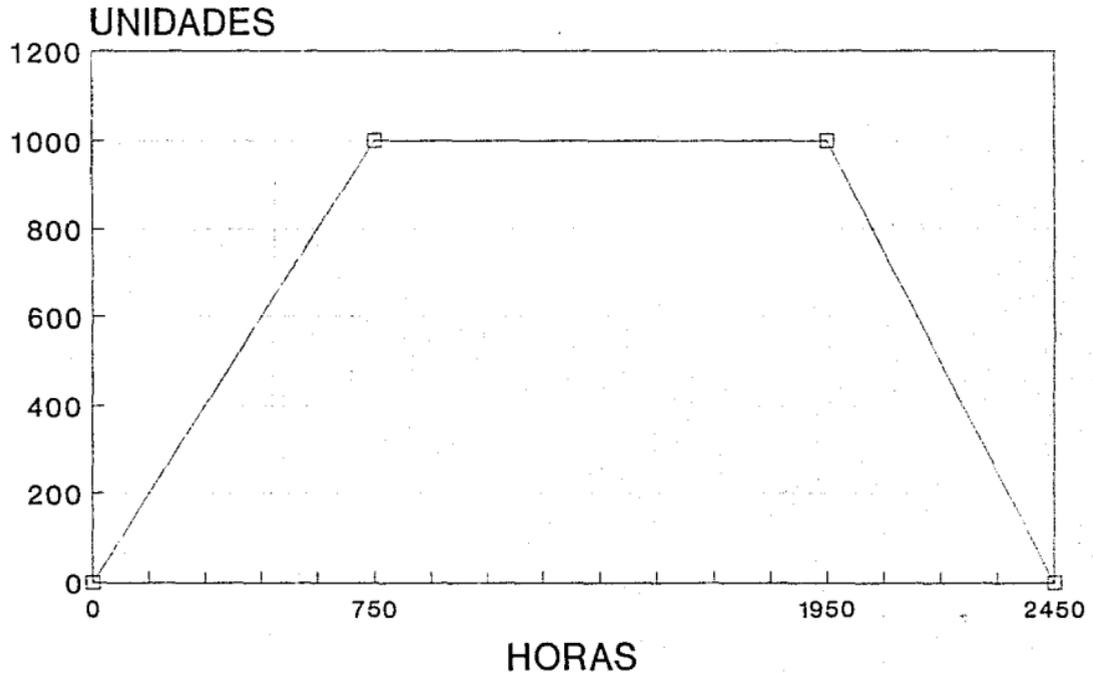
GRAFICA 3

# EMPRESA CON ALTO INVENTARIO



GRAFICA 4

# EMPRESA CON ALTO INVENTARIO INVENTARIO EN PROCESO

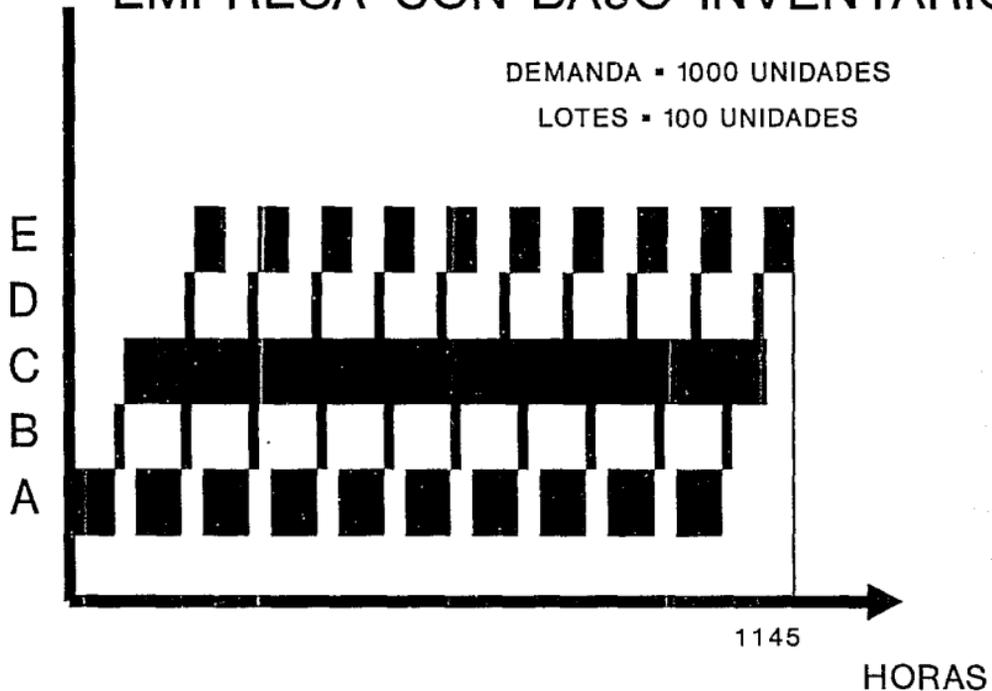


GRAFICA 5

# EMPRESA CON BAJO INVENTARIO

DEMANDA = 1000 UNIDADES

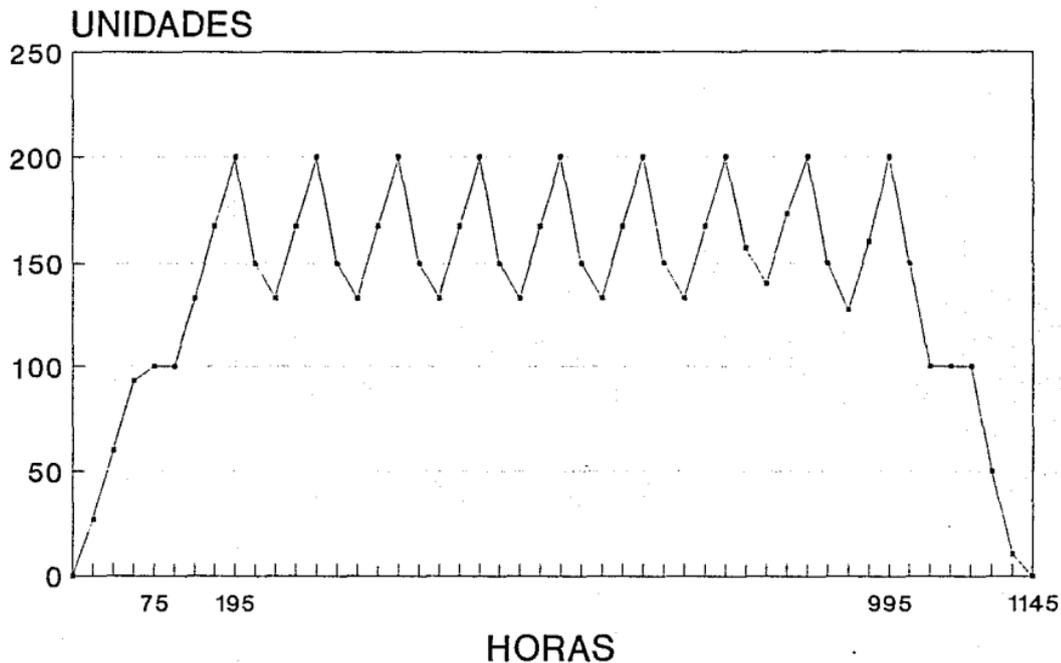
LOTES = 100 UNIDADES



1145 HRS = 2 MESES

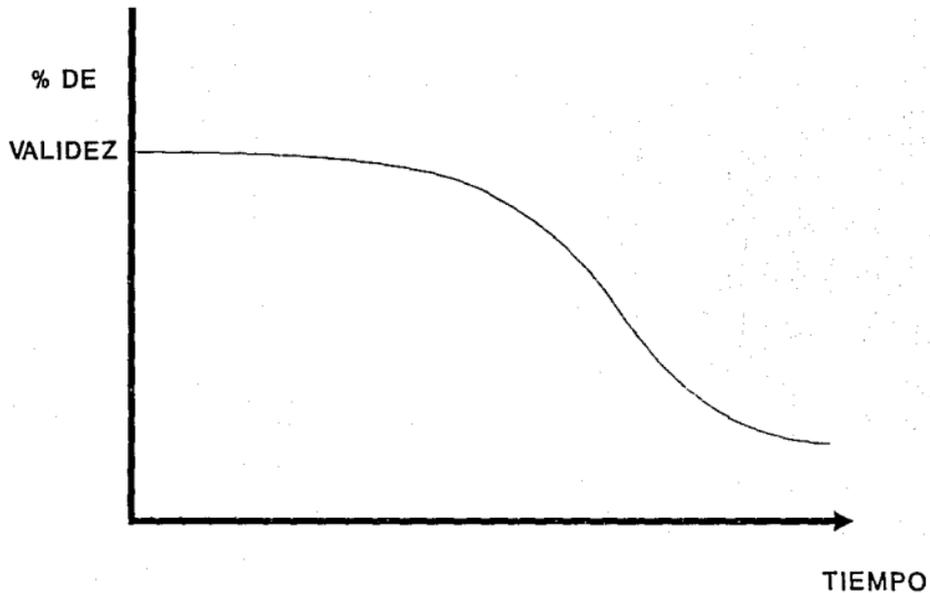
GRAFICA 6

# EMPRESA CON BAJO INVENTARIO INVENTARIO EN PROCESO



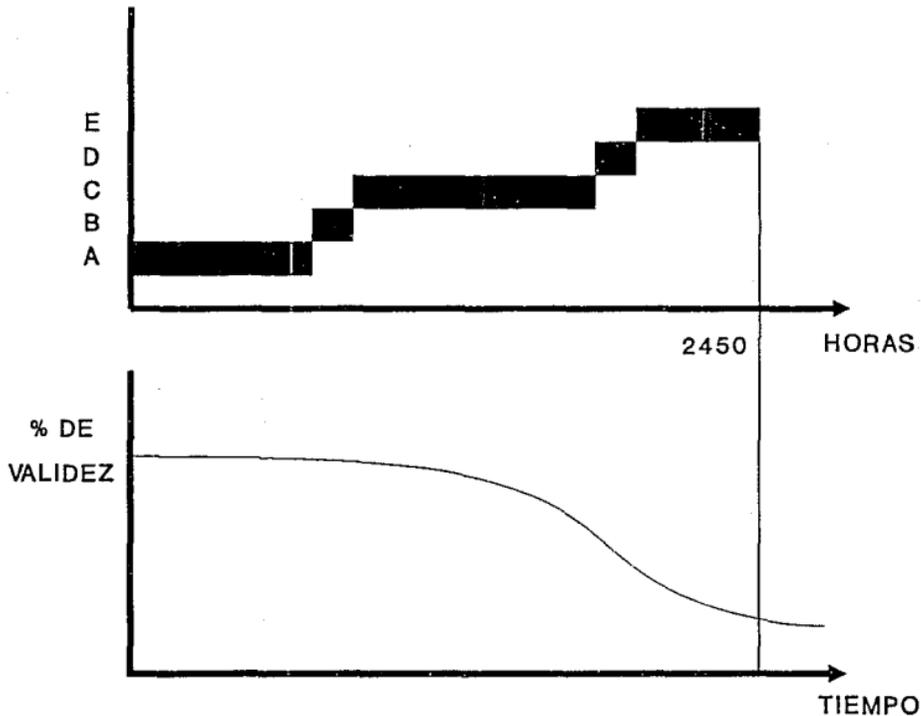
GRAFICA 7

# VALIDEZ DEL PRONOSTICO



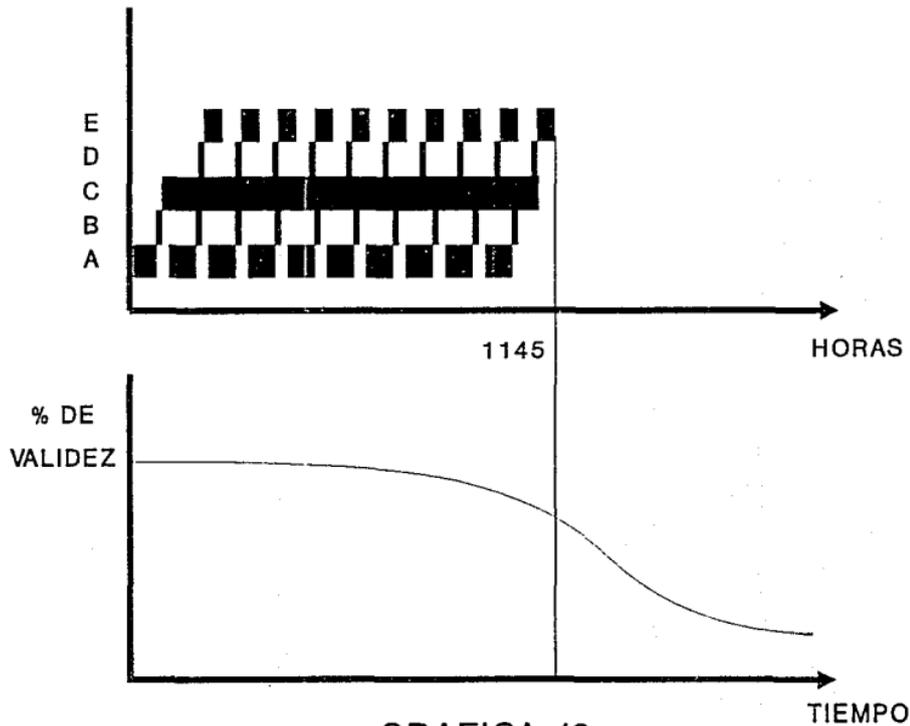
GRAFICA 8

# EMPRESA CON ALTO INVENTARIO VALIDEZ DEL PRONOSTICO



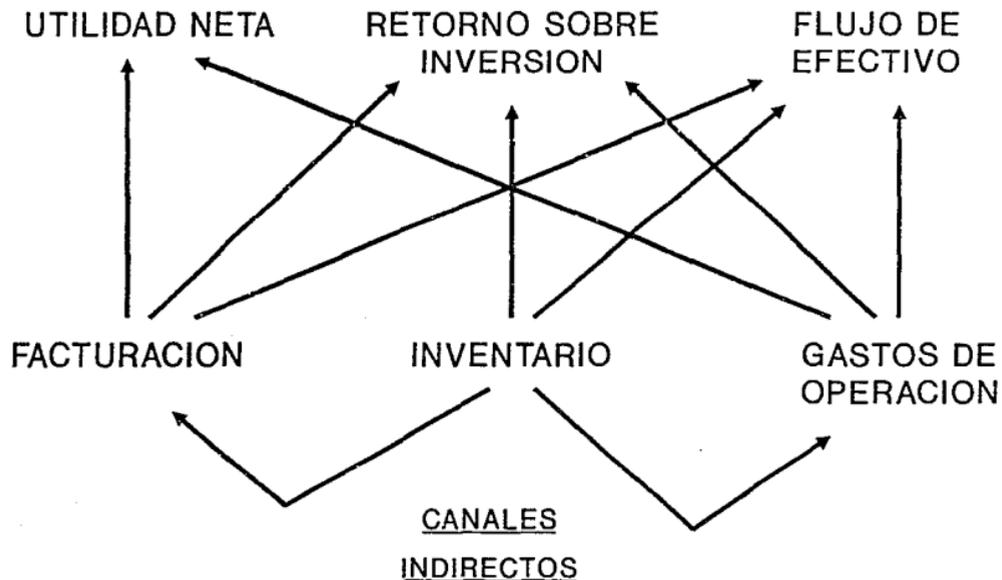
GRAFICA 9

# EMPRESA CON BAJO INVENTARIO VALIDEZ DEL PRONOSTICO



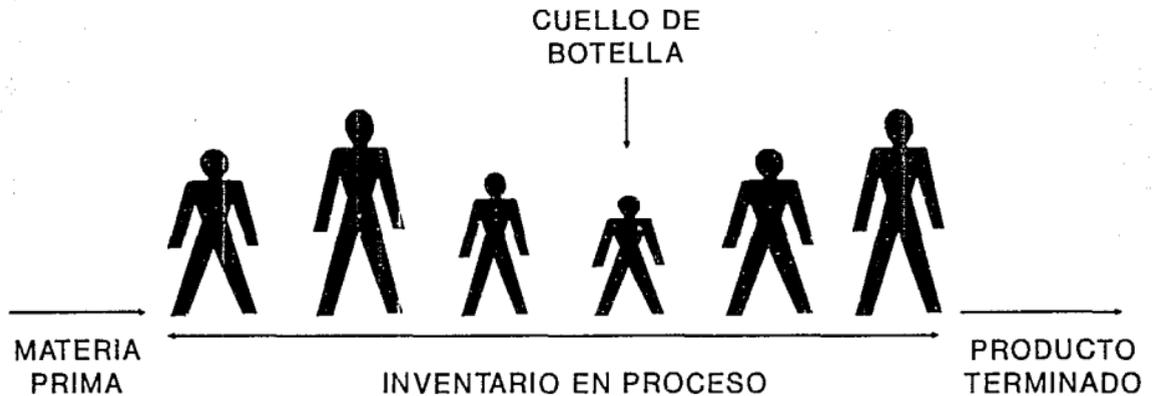
GRAFICA 10

# IMPACTO DE LAS MEDIDAS OPERACIONALES EN LAS MEDIDAS BASICAS



GRAFICA 11

# ANALOGIA DE LOS SOLDADOS



GRAFICA 12

# ANALOGIA DE LOS SOLDADOS

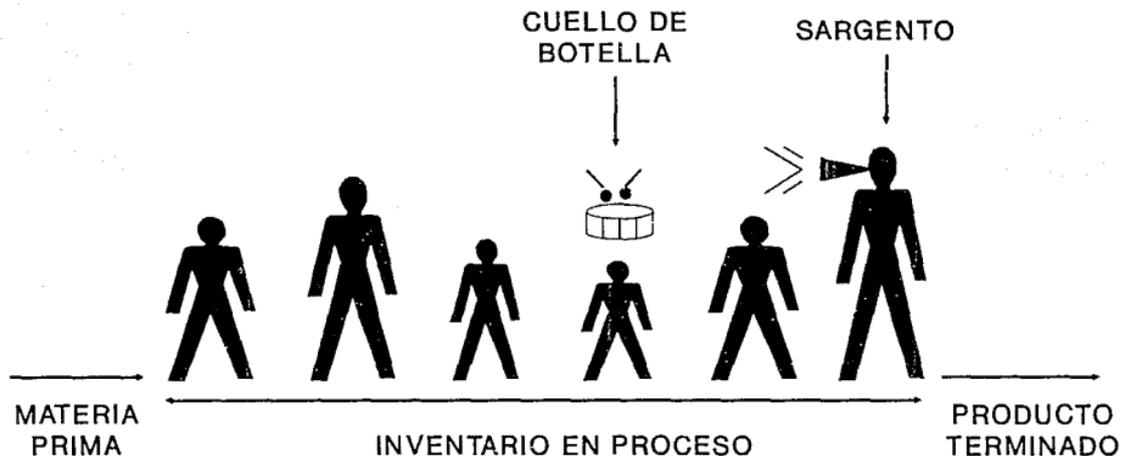
## PRIMERA SOLUCION



GRAFICA 13

# ANALOGIA DE LOS SOLDADOS

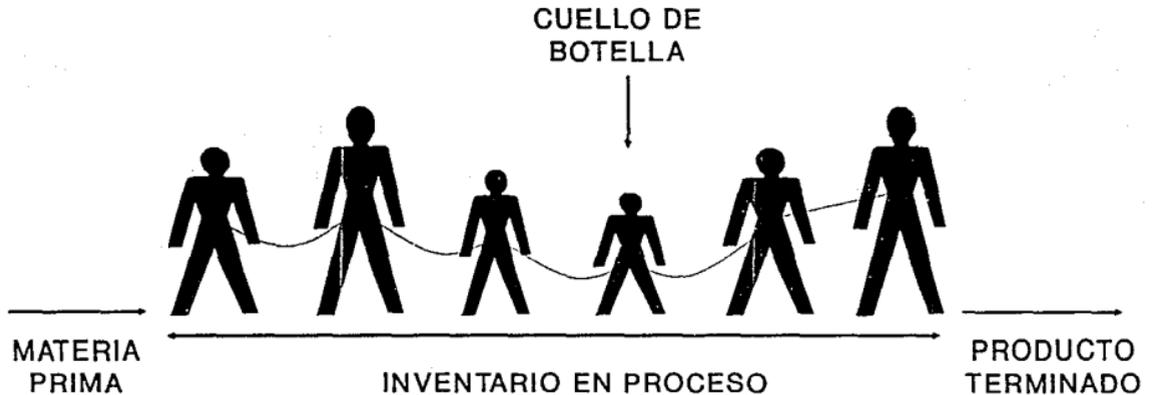
## SEGUNDA SOLUCION



GRAFICA 14

# ANALOGIA DE LOS SOLDADOS

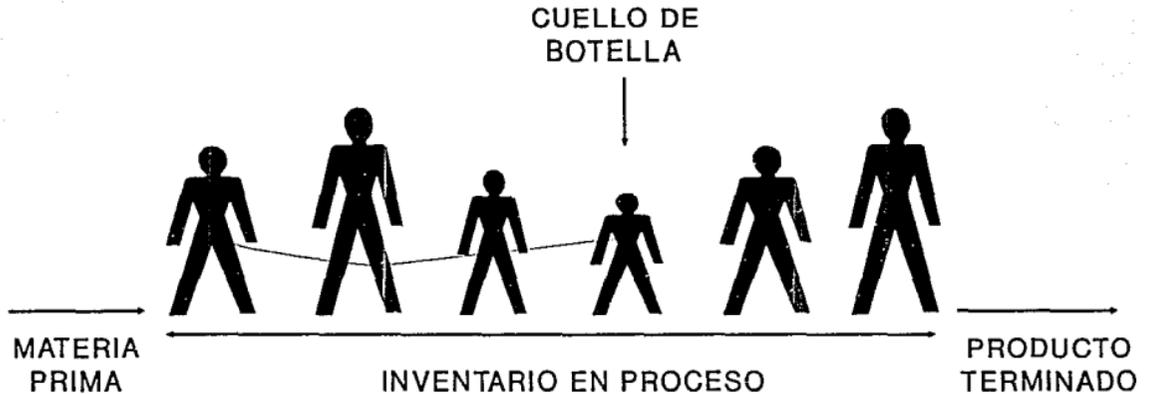
## TERCERA SOLUCION



GRAFICA 15

# ANALOGIA DE LOS SOLDADOS

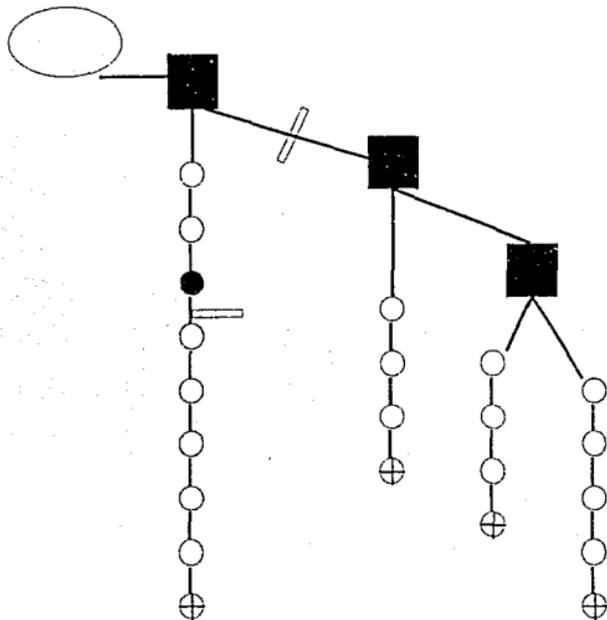
## CUARTA SOLUCION



GRAFICA 16

# TAMBOR - BUFFER - CUERDA

## GRAFICA 17



### DESCRIPCION:



ORDENES



ENSAMBLE



BUFFER DE TIEMPO

CUERDAS



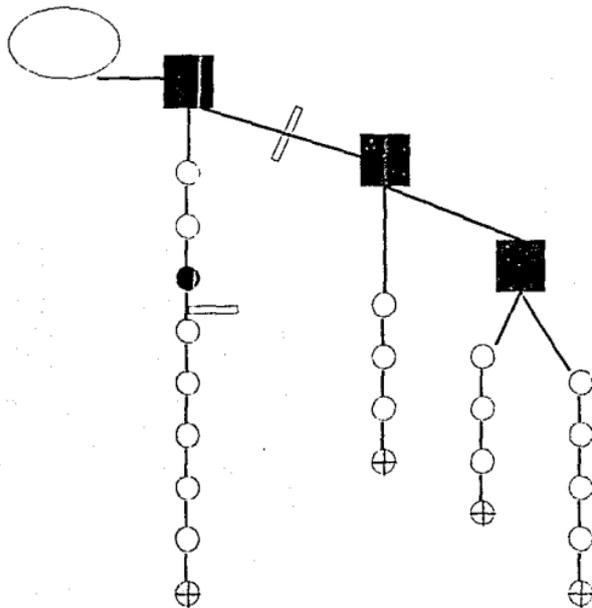
OPERACIONES



CUELLO DE BOTELLA

# TAMBOR - BUFFER - CUERDA

## GRAFICA 17



### DESCRIPCION:



ORDENES



ENSAMBLE



BUFFER DE TIEMPO

CUERDAS



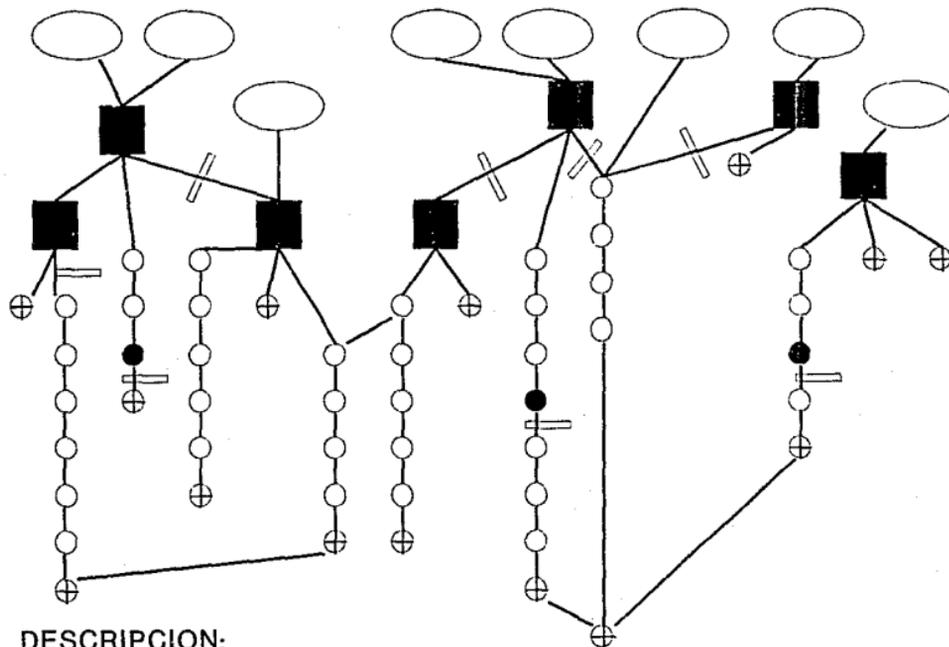
OPERACIONES



CUELLO DE BOTELLA

# TAMBOR - BUFFER - CUERDA

GRAFICA 18



## DESCRIPCION:



ORDENES



ENSAMBLE



BUFFER DE TIEMPO

CUERDAS



OPERACIONES

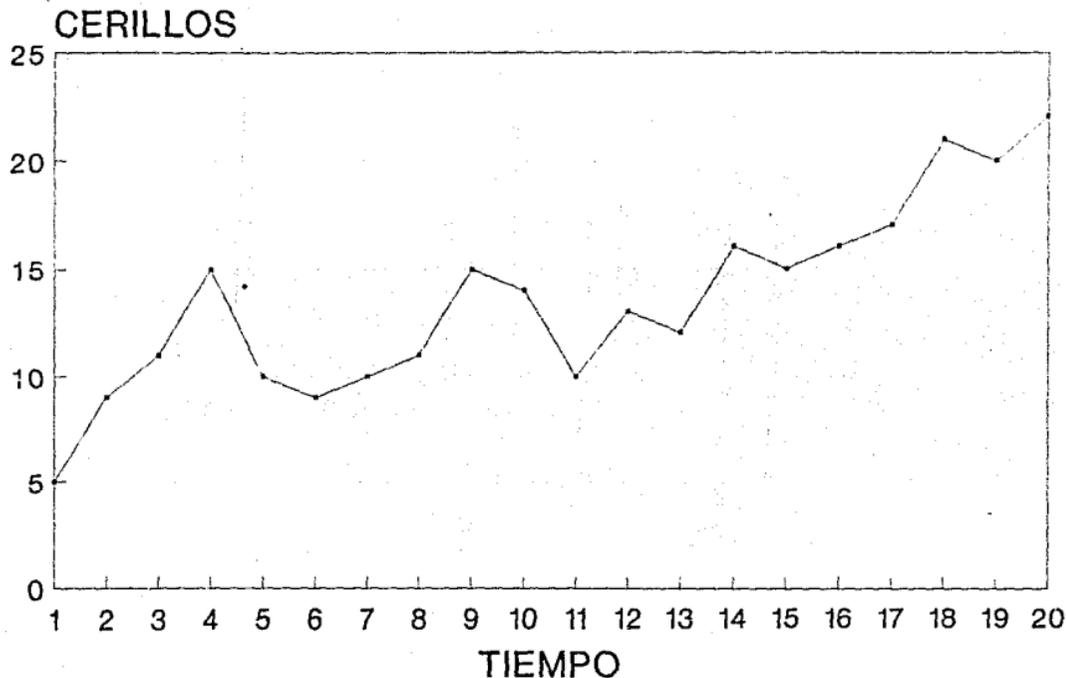


CUELLOS DE BOTELLA

33

# ANEXO I

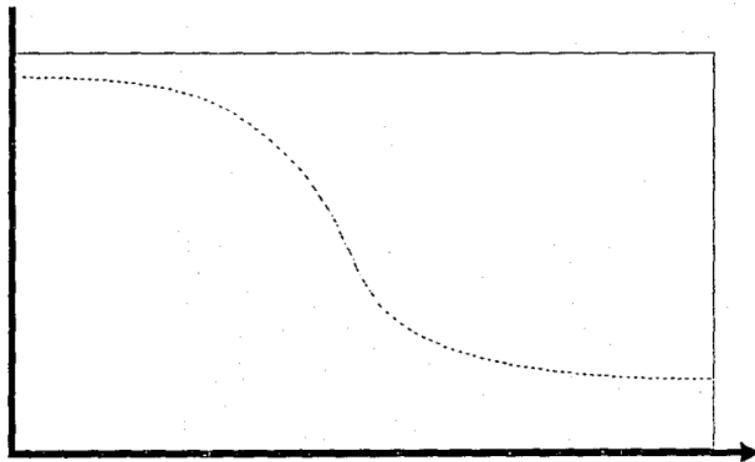
## INVENTARIO EN PROCESO TOTAL



GRAFICA 19

# BUFFERS DE TIEMPO

HORAS DE  
TRABAJO  
EN EL  
CUELLO DE  
BOTELLA



———— PLANEADO

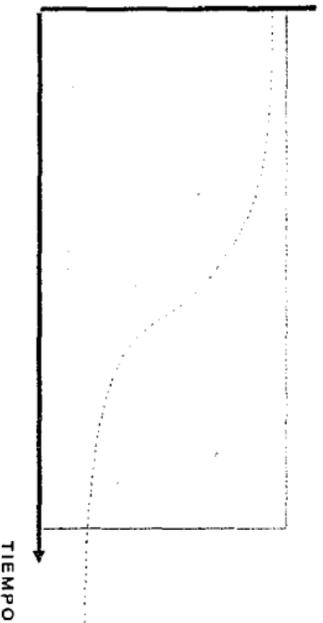
..... REAL

TIEMPO

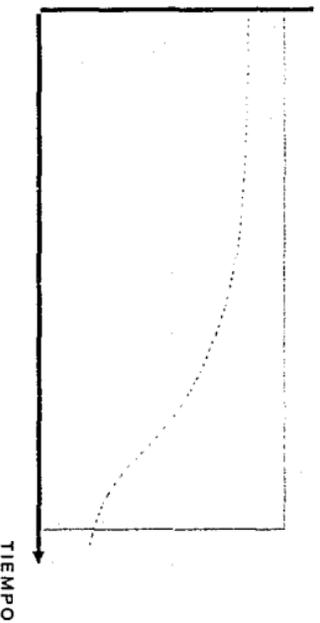
GRAFICA 20

# BUFFERS DE TIEMPO

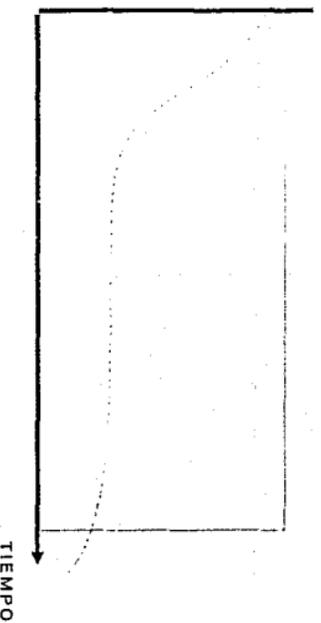
CASO 1



CASO 2



CASO 3

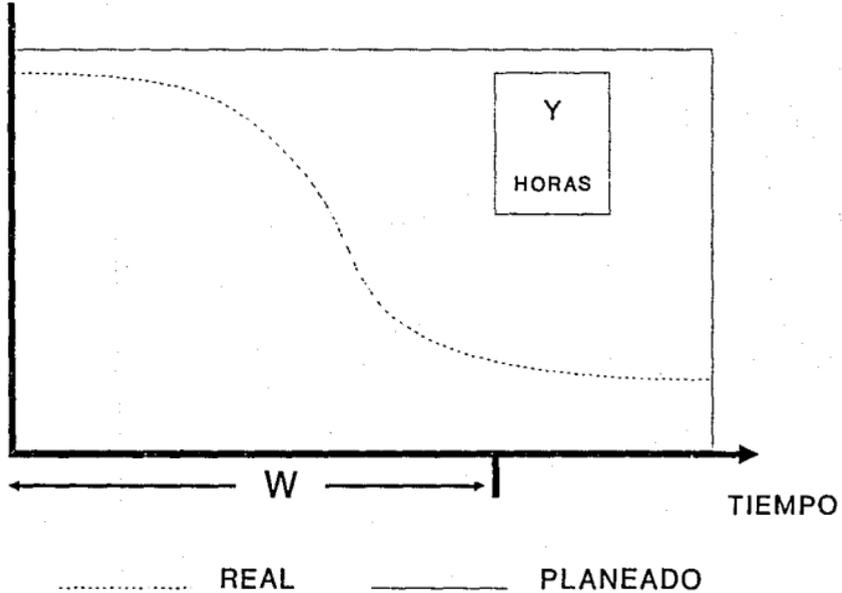


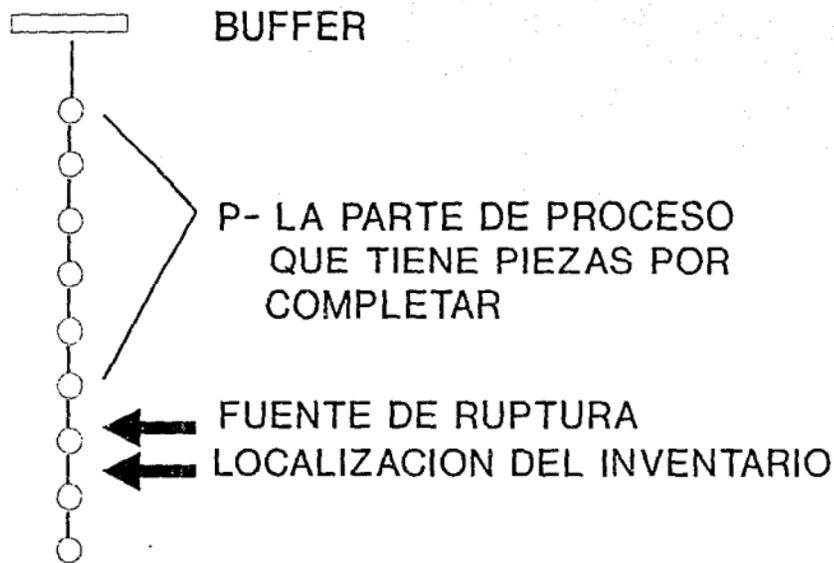
PLANEADO  
REAL

GRAFICA 21

# BUFFERS DE TIEMPO

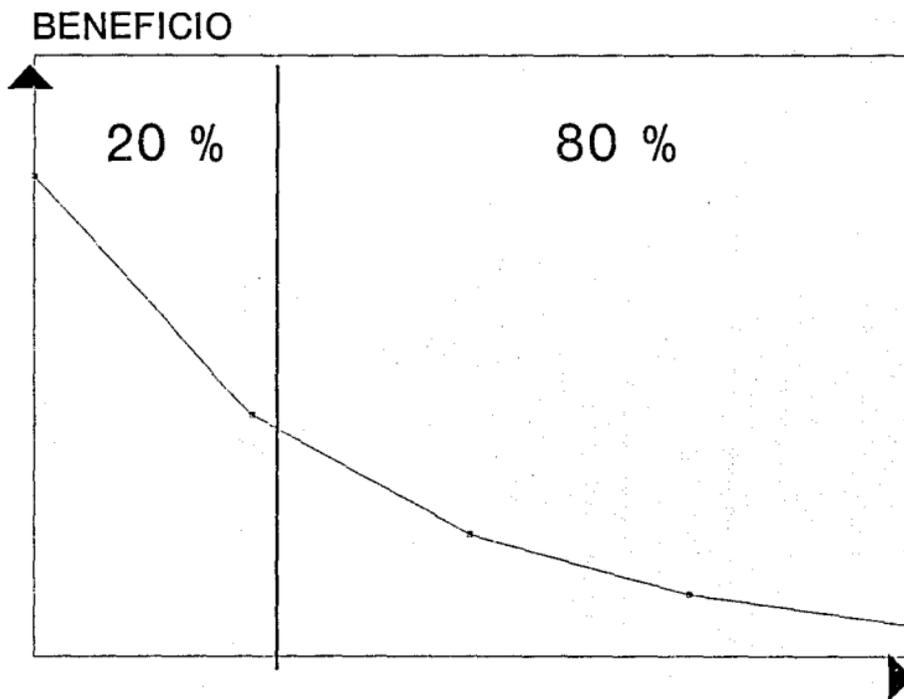
HORAS DE  
TRABAJO  
EN EL  
CUELLO DE  
BOTELLA





GRAFICA 23

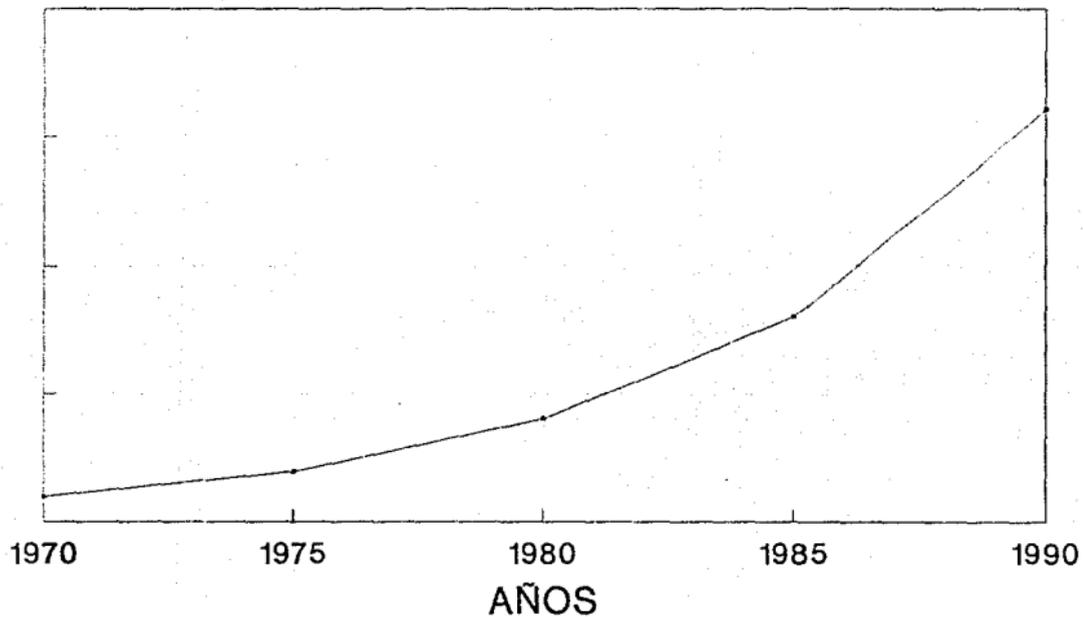
# PRINCIPIO DE PARETO



COSTO  
GRAFICA 24

# EMPRESA "NOSOTROS"

VOLUMEN

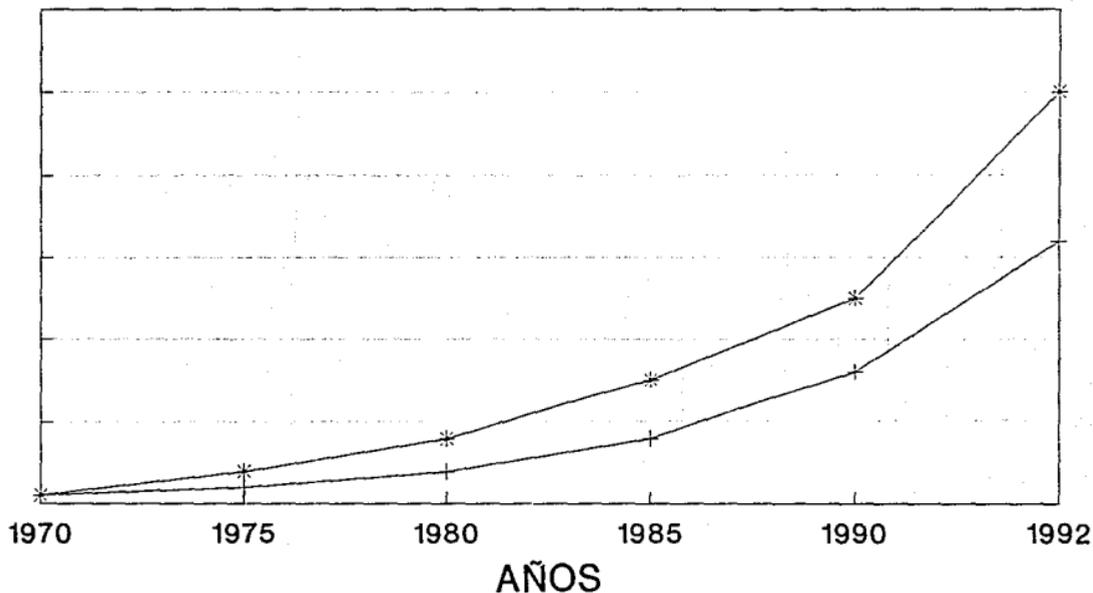


— DEMANDA

GRAFICA 25

# DEMANDA "NOSOTROS" Y "ELLOS"

VOLUMEN



+ DEMANDA "NOSOTROS" \* DEMANDA "ELLOS"

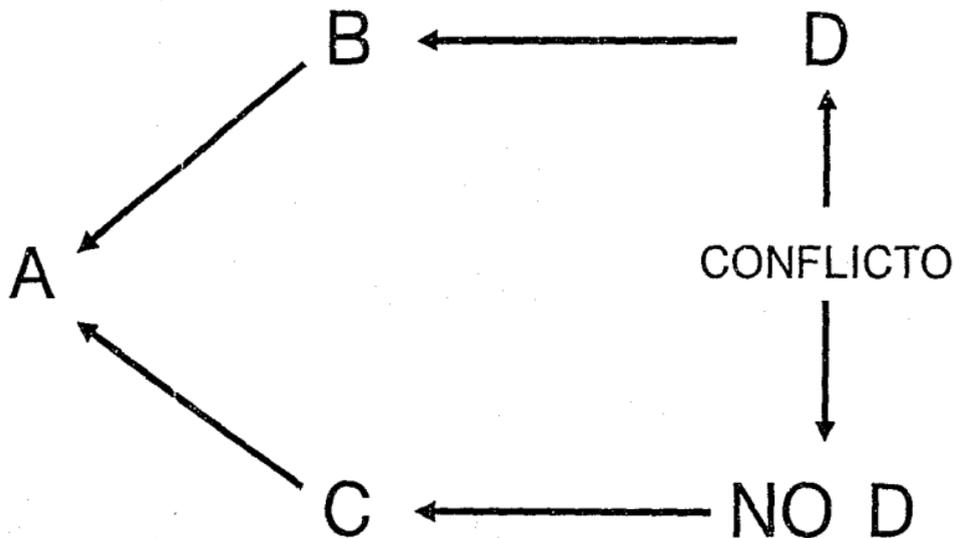
GRAFICA 26

# DIAGRAMA DE EFECTO-CAUSA-EFECTO

OBJETIVO

REQUERIMIENTO

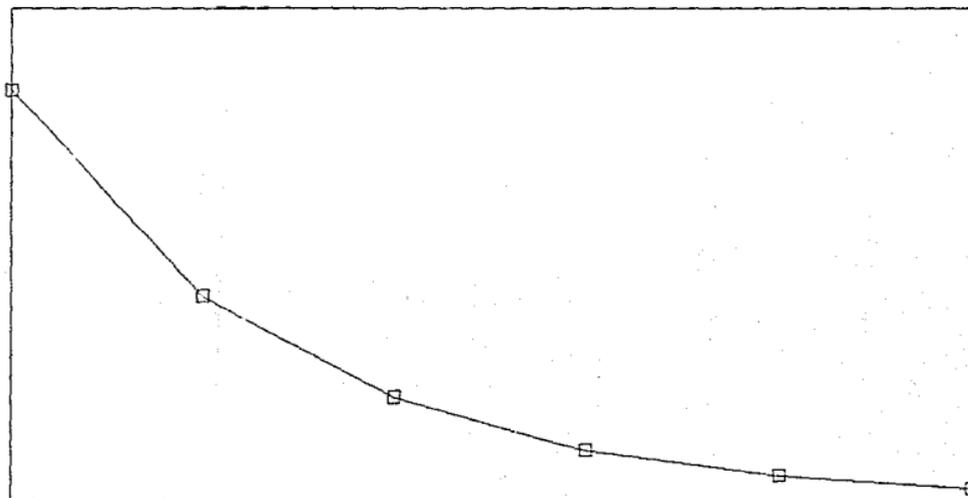
PREREQUISITO



GRAFICA 27

# GRAFICA DE EOQ

COSTO (\$)



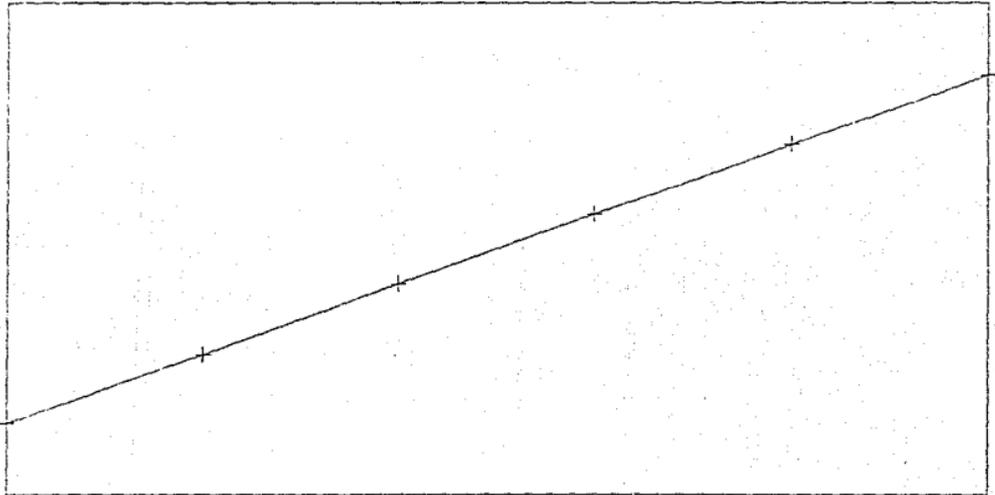
CANTIDAD

—□— COSTO DE PREPARACION

GRAFICA 28

# GRAFICA DE EOQ

COSTO (\$)



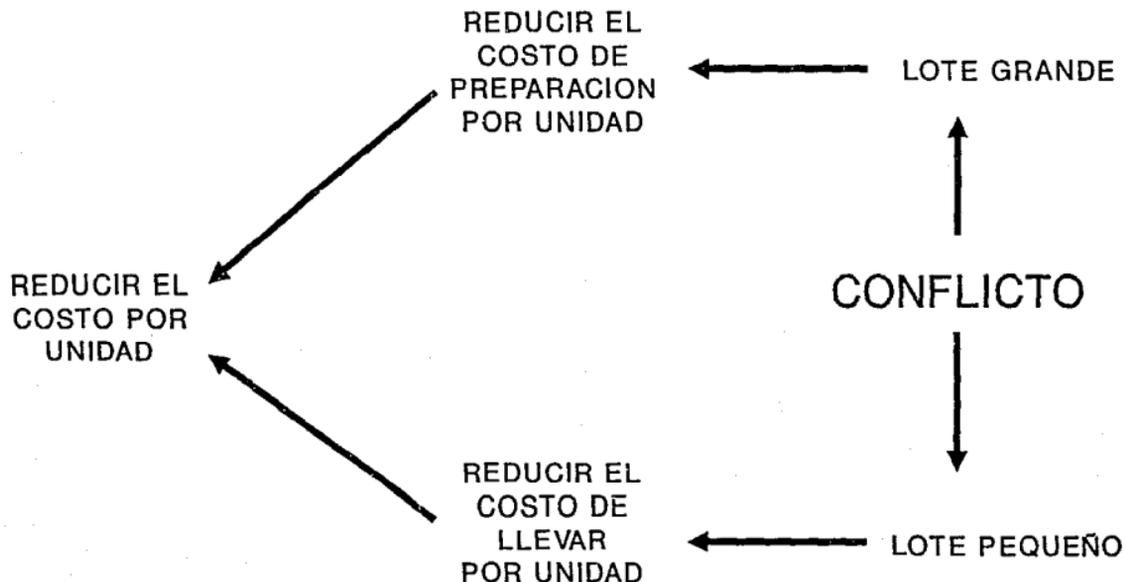
CANTIDAD

+ COSTO DE LLEVAR

GRAFICA 29

# DIAGRAMA DE EFECTO-CAUSA-EFECTO

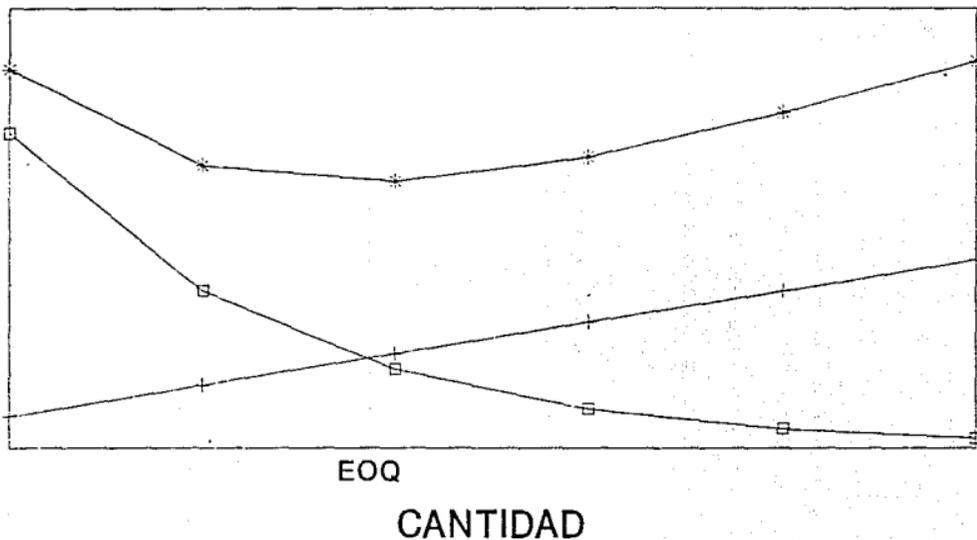
OBJETIVO      REQUERIMIENTO      PREREQUISITO



GRAFICA 30

# GRAFICA DE EOQ

COSTO (\$)



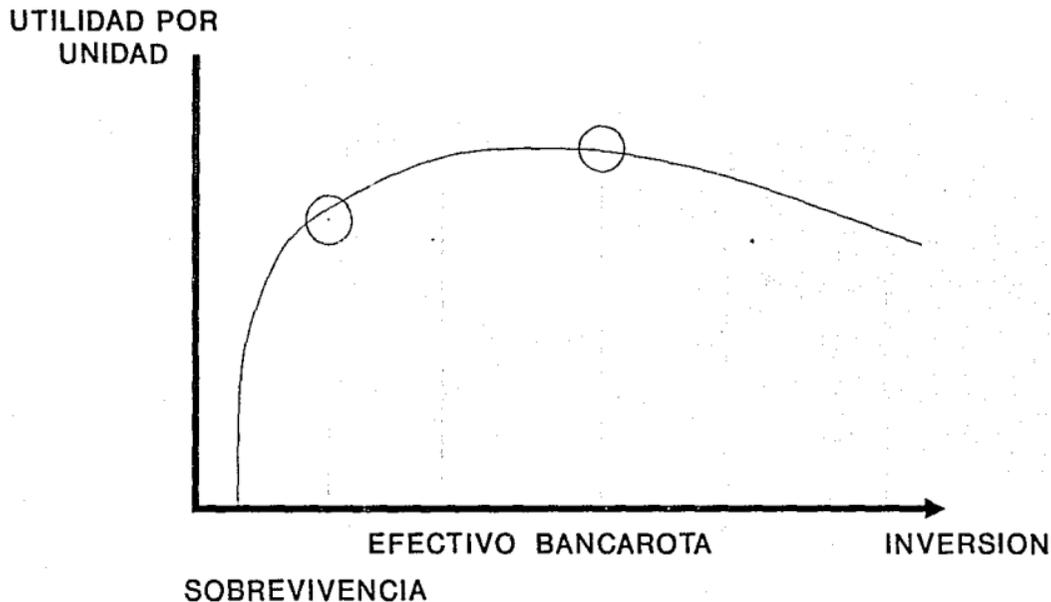
—□— COSTO DE PREPARACION

—+— COSTO DE LLEVAR

—\*— COSTO TOTAL

GRAFICA 31

# GRAFICA DE UTILIDAD POR UNIDAD (EOQ)



GRAFICA 32

# VOLANTE PRODUCTIVO

MANUFACTURA  
SINCRONIZADA



U.NETA ↑  
F.EFECTIVO ↑  
ROI ↑

ADMINISTRACION  
DE BUFFERS



MEJORAS LOCALES  
AL PROCESO

GRAFICA 33

## REFERENCIAS

## REFERENCIAS

- (1) "THE GOAL: A PROCESS OF ONGOING IMPROVEMENT" / GOLDRATT Eliyahu M. / Ed. North River Press, Inc. / 1a ed. / U.S.A. 1986 / Capítulo IV / pp. 26.
- (2) "THE RACE" / GOLDRATT Eliyahu M. / Ed. North River Press, Inc. / 1a ed. / U.S.A. 1986 / pp. 70.
- (3) "THE GOAL: A PROCESS OF ONGOING IMPROVEMENT" / GOLDRATT Eliyahu M. / Ed. North River Press, Inc. / 1a ed. / U.S.A. 1986 / Capítulos XIII y XIV / pp. 93 / 102.

**BIBLIOGRAFIA**

## BIBLIOGRAFIA

- 1.- "THE GOAL: A PROCESS OF ONGOING IMPROVEMENT" / GOLDRATT Eliyahu M. / Ed. North River Press, Inc. / 1a ed. / U.S.A. 1986.
- 2.- "THE RACE" / GOLDRATT Eliyahu M. / Ed. North River Press, Inc. / 1a ed. / U.S.A. 1986.
- 3.- "THEORY OF CONSTRAINTS " / GOLDRATT Eliyahu M. / Ed. North River Press, Inc. / 1a ed. / U.S.A. 1990.
- 4.- "THE HAYSTACK SYNDROME" / GOLDRATT Eliyahu M. / Ed. North River Press, Inc. / 1a ed. / U.S.A. 1990.
- 5.- "HIERARCHICAL MANAGEMENT - THE INHERENT CONFLICT" / The Theory of Constraints Journal Volume 1 / GOLDRATT Eliyahu M. / Ed. Avraham Y. Goldratt Institute / 1a ed. / U.S.A. 1987.
- 6.- "LAYING THE FOUNDATION" / The Theory of Constraints Journal Volume 2 / GOLDRATT Eliyahu M. / Ed. Avraham Y. Goldratt Institute / 1a ed. / U.S.A. 1988.
- 7.- "THE FUNDAMENTAL MEASUREMENTS" / The Theory of Constraints Journal Volume 3 / GOLDRATT Eliyahu M. / Ed. Avraham Y. Goldratt Institute / 1a ed. / U.S.A. 1988.
- 8.- "THE IMPORTANCE OF A SYSTEM'S CONSTRAINTS" / The Theory of Constraints Journal Volume 4 / GOLDRATT Eliyahu M. / Ed. Avraham Y. Goldratt Institute / 1a ed. / U.S.A. 1989.
- 9.- "HOW COMPLEX ARE OUR SYSTEMS?" / The Theory of Constraints Journal Volume 5 / GOLDRATT Eliyahu M. / Ed. Avraham Y. Goldratt Institute / 1a ed. / U.S.A. 1989.
- 10.- "THE PARADIGM SHIFT" / The Theory of Constraints Journal Volume 6 / GOLDRATT Eliyahu M. / Ed. Avraham Y. Goldratt Institute / 1a ed. / U.S.A. 1990.

- 11.- "NOTES FROM THE JONAH COURSE" / Avraham Y. Goldratt Institute / U.S.A. 1991.
- 12.- "CONTROL DE LA PRODUCCION Y DE INVENTARIOS" / PLOSSL George W. / Ed. Prentice Hall / 2a. ed. / México 1987.
- 13.- "PRIMER CURSO DE CONTABILIDAD" / LARA Flores Ellas / Ed. Trillas / 10a. ed. / México 1987.
- 14.- "FINANZAS EN ADMINISTRACION" / WESTON J. Fred / Ed. Mc Graw Hill / 8a ed. / México 1988.
- 15.- "MODERN PRODUCTION MANAGEMENT" / BUFFA Elwood S. / Ed. John Wiley & Sons, Inc. / 4a ed. / U.S.A. / 1973.
- 16.- "FUNDAMENTOS DE MERCADOTECNIA" / STANTON William J. / Ed. Mc Graw Hill / 8a ed. / México 1990.
- 17.- "SAGRADA BIBLIA" / Edición Guadalupana / The Catholic Press Inc. / México 1956.
- 18.- "EL NUEVO ESPIRITU EMPRESARIO" / MILLER Lawrence M. / Ed. Edamex / 2a. ed / México 1989.
- 19.- "TRUMP: EL ARTE DE LA NEGOCIACION" / Ed. Grijalbo / 1a ed. / México 1988.
- 20.- "PROCTER & GAMBLE: 150 AÑOS DE EXITO EN MARKETING" / Advertising Edge / Ed. Norma / 1a ed. / México 1990.
- 21.- "ENCYCLOPAEDIA BRITANNICA" / The University of Chicago / 15a ed. / Tomos II, III, V, VII, VIII y X / U.S.A. 1979.
- 22.- "ENCICLOPEDIA DE MEXICO" / Ed. Editora Mexicana / 3a ed. / Tomo VII / México 1974.