

300617
16
2e)



UNIVERSIDAD LA SALLE

ESCUELA DE INGENIERIA
INCORPORADA A LA U. N. A. M.

ANALISIS COMPARATIVO ENTRE LAS DIFERENTES TECNICAS DE ADMINISTRACION DE PROCESOS INDUSTRIALES

Tesis Profesional que para obtener el título de
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
presentan: Enrique Alfonso Campos Esquerro 5

Raymundo De La Fuente Lira ✓
Alberto Matías López Naveda 2
Juan Carlos Villaseñor López 3
Fernando Antonio Ruiz Esponda 4

Asesor de Tesis:

Act. René Fernández Noble

México, D. F.

1994

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



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.



LA SALLE

A los Pasantes Señores:

Enrique Alfonso Campos Esquerria
Raymundo De la Fuente Lira
Alberto Matias López Naveda
Fernando Antonio Ruiz Esponda
Júan Carlos Villaseñor López

En atención a su solicitud relativa, me es grato transcribir a Ud. a continuación, el tema que aprobado por esta Dirección, propuso como Asesor de Tesis el Ing. René Fernández Noble, para que lo desarrolle como tesis en su Examen Profesional de Ingeniero Mecánico Electricista con área principal en Ingeniería Industrial.

"ANALISIS COMPARATIVO ENTRE LAS DIFERENTES TECNICAS DE ADMINISTRACION DE PROCESOS INDUSTRIALES"

con el siguiente índice:

	INTRODUCCION
CAPITULO I	ESTUDIOS SOBRE LA PRODUCCION
CAPITULO II	MAGNITUD ECONOMICA DEL LOTE
CAPITULO III	M R P
CAPITULO IV	M R P II
CAPITULO V	SISTEMA KANBAN/JUSTO A TIEMPO
CAPITULO VI	TEORIA DE RESTRICCIONES. MANUFACTURA SINCRONIZADA
	CONCLUSIONES
	BIBLIOGRAFIA

Ruego a Ud., tomar debida nota de que en cumplimiento de lo especificado en la Ley de Profesiones, deberá prestar Servicio Social como requisito indispensable para sustentar Examen Profesional, así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares, en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado.

A T E N T A M E N T E
"INDIVISA MANENT"
ESCUELA DE INGENIERIA

México, D.F., a 13 de Abril de 1994


ING. RENE FERNANDEZ NOBLE
ASESOR DE TESIS


ING. EDMUNDO BARRERA MONSIVAIS
D I R E C T O R

UNIVERSIDAD LA SALLE

BENJAMIN FRANKLIN 47, TEL. 516-83-60, MEXICO 06140, D.F.

INDICE

Introducción

- 1.- Estudios sobre la producción**
 - 1.1.- Antecedentes Históricos**
 - 1.2.- La producción y su estudio**
- 2.- Magnitud económica del lote**
 - 2.1.- Inventarios**
 - 2.2.- Costos asociados al inventario**
 - 2.3.- Control de inventarios**
 - 2.4.- Conceptos de lote económico**
- 3.- MRP**
 - 3.1.- Introducción**
 - 3.2.- Definición**
 - 3.3.- Objetivo**
 - 3.4.- Características**
 - 3.5.- Elementos del sistema**
 - 3.6.- Técnicas del MRP**
 - 3.7.- Aplicaciones**
- 4.- MRP II**
 - 4.1.- Funciones del sistema MRP II**
 - 4.2.- Aplicación en la administración de materiales**
 - 4.3.- Instalación**
 - 4.4.- Deficiencias**

- 5.- **Sistema Kanban. Justo a Tiempo**
 - 5.1.- Tipos de sistemas
 - 5.2.- Flujo de procesos
 - 5.3.- Dos tipos de Kanban
 - 5.4.- El Kanban y la manufactura repetitiva
 - 5.5.- El origen del Justo a Tiempo en la industria occidental
 - 5.6.- Principios de la organización JIT
 - 5.7.- Producción sin inventario
 - 5.8.- Impacto del JIT en el inventario
 - 5.9.- El JIT y los proveedores
 - 5.10.- El control total de la calidad en un sistema JIT
- 6.- **Teoría de Restricciones. Manufactura sincronizada.**
 - 6.1.- Antecedentes
 - 6.2.- Objetivos de una empresa manufacturera
 - 6.3.- Mediciones financieras básicas
 - 6.4.- Consideraciones sobre costo
 - 6.5.- Medidas operacionales
 - 6.6.- Ventajas competitivas a través de los inventarios
 - 6.7.- Manufactura sincronizada

Conclusiones

Bibliografía

INTRODUCCION

El entorno mundial ha sufrido severos cambios en los últimos tiempos y el cambio se ha convertido en el principal protagonista de nuestros días.

Es de suma importancia analizar la forma en la que estamos haciendo las cosas y re-inventar nuestras organizaciones para adecuarlas al futuro que día a día se precipita sobre ellas con una mayor velocidad.

Nuestro entorno cambia constantemente y en consecuencia debemos adecuarnos. Cuando diferimos el proceso, se acumulan tantos pequeños ajustes que repentinamente la velocidad del cambio se acelera y magnifica.

En muchas empresas no se comprende por todos que ni la organización, ni las funciones, generan valor agregado por si mismas. La clave radica en los procesos. Son estos los que como empresa debemos de analizar, comprender, medir y mejorar, o eliminar si no generan valor agregado para el Cliente.

En lo tocante a los procesos de producción, es importante re-evaluarlos y adoptar nuevas formas de medir su productividad. Es momento para olvidar las eficiencias unitarias y pensar en función del cliente y la eficiencia global de un proceso productivo.

El tema de la producción es un tema amplio, fascinante y de actualidad. Con una interpretación de poco alcance éste abarcaría la producción en masa de artículos de consumo en miles de factorías. Aunque este aspecto es importante e interesante, sólo representa una parte de la imagen. Los productos varían desde tan prosaicos como la mercancía y máquinas hasta tan abstractos como ciertas cualidades del esparcimiento y la información. Todos son producidos por individuos, equipos, grupos y corporaciones, ya sea en cobertizos y locales improvisados, o bien en laboratorios y fábricas. A pesar de las aparentes diferencias en cuanto a las materias primas, los procesos de obtención y los resultados finales tienen muchas semejanzas. En estas relaciones mutuas se basan todos los estudios de la producción que se llevan a cabo con el propósito de conservar los recursos naturales y aprovecharlos mejor.

La década de los 70 se caracterizó por una fuerte lucha por lograr el liderazgo tecnológico, en los 80's la calidad fué el área central de atención y en la presente década el punto clave es el servicio.

En el contexto del servicio, las principales variables son el cliente y la competencia. Hoy por hoy ambos pueden encontrarse en cualquier parte del mundo.

Las empresas manufactureras deben entender que sus productos han de llegar al cliente al precio que este esté dispuesto a pagar y en el momento que este los requiera. Asimismo, su competencia se encuentra en todo el mundo y si ésta entiende y sirve al cliente de una manera más eficiente nos echará del mercado.

La evolución de los sistemas para el control de la producción ha ido por distintos caminos en Oriente y Occidente. Sin embargo, en el Oriente se lograron mejores resultados en el intento de ligar la planta productiva al mercado. A lo largo de esa evolución han surgido diferentes sistemas, entre ellos; EOQ, MRP, Kanban, JIT. Pero aparentemente, en el Occidente, no han sido la respuesta definitiva para resolver las exigencias del mercado a la planta manufacturera.

Es en este contexto que surge la propuesta del Dr. Eliyahu Goldratt, que con relativa sencillez conceptual parece dar respuesta a cuestiones anteriormente no resueltas, misma que se incluye en el presente estudio y se discutirá en las conclusiones.

Es probable que la falta de éxito de los sistemas tradicionales de Occidente (EOQ, MRP, MRP II), se deba a su complejidad y a la falta de consideración de un mercado global cada vez más exigente y orientado a los deseos del cliente.

La opinión de un conocido estratega japonés, Kenichi Omahe, es que gran parte del éxito de la planta industrial de oriente se debe a la aplicación de sistemas conceptualmente sencillos y a su implantación, como consecuencia del ambiente de administración participativa en el que labora el trabajador japonés.

1.- ESTUDIOS SOBRE LA PRODUCCION

1.1.- Antecedentes Históricos

Nadie puede decir cuándo comenzó el hombre a estudiar la producción. Si nos basamos en las pruebas escritas, la fecha debe establecerse muy avanzada la historia, pero seguramente algunos de los primeros directores ponderaron mejores formas de producir ruedas rudimentarias, utensilios y ladrillos. Quizá los egipcios incluso tenían su propia versión del PERT-Pyramid ERection Technique (Técnica para la EREcción de Pirámides).

En busca de la evidencia documental, debemos pasar por alto las maravillosas construcciones del Imperio Romano, las obras maestras del arte de la Edad Media, así como el desarrollo de los oficios en los gremios de esa época. Durante este último periodo, la producción se caracterizó por la actividad individual y el uso de la energía muscular en lugar de la mecánica.

En los años 1700 las condiciones cambiaron rápidamente con el empleo de la energía suministrada por el vapor, la cual reemplazó a la muscular; el invento de máquinas herramientas que realizaba gran parte del trabajo manual y un sistema de fabricación que hacía hincapié en la intercambiabilidad de las piezas manufacturadas. Tales fueron los inicios de la revolución industrial y de muchos dolores de cabeza que aún aquejan a la dirección moderna. También aparecieron los primeros escritos sobre cómo curar estos dolores de cabeza.

Al principio del S. XIX, las condiciones prevalecientes en una fábrica cualquiera eran deprimentes en comparación con las normas actuales. Laboraban niños de 5 a 12 años de edad en jornadas diarias de 12 a 13 horas, seis veces a la semana. El trabajo se realizaba en lugares oscuros e inseguros. Las actitudes de la dirección eran: tratar a los hombres como si fueran máquinas, e implantar las políticas de reducción de costos por medio de la

fuerza bruta. Aunque hubo excepciones, las guías de producción publicadas estaban orientadas principalmente hacia las mejoras físicas rudimentarias, usualmente con detrimento de la dignidad del trabajador. A pesar de esta falta de conciencia social, los conceptos sobre la producción propuestos por primera vez en la época citada incluyeron ideas tan avanzadas como la disposición de la planta en departamentos, la división de la mano de obra para el entrenamiento y el estudio del trabajo, un flujo más ordenado de los materiales, procedimientos mejorados para el registro de costos y planes de incentivo en los salarios.

Debido a diversos acontecimientos ocurridos al principio del siglo. XX, se afianzaron los fundamentos de los estudios sobre la producción al hacerse más compatibles con las actitudes mecanicistas de las ciencias físicas. Los experimentos significativos que llevó a cabo Frederick W. Taylor, eran características del nuevo enfoque científico. El dirigió y analizó miles de pruebas para identificar las variables relativas a la producción. A partir de estas observaciones empíricas, diseñó métodos de trabajo en donde el hombre y la máquina eran una unidad, una unidad operante compuesta por un hombre inspirado por el incentivo del salario para dar servicio eficientemente a una máquina, de acuerdo con instrucciones exactas. Estableció la diferencia entre la planeación de actividades y su implementación y la ubicó en el área de la dirección profesional.

Los trabajos de Taylor estaban a tono con las investigaciones contemporáneas que entonces se consideraban científicas, y por tanto, incluyó sus conceptos en lo que llamó "dirección científica". Sus teorías recibieron tanto aclamaciones como injurias. Los críticos pronosticaron que sus puntos de vista mecanicistas, apoyados por los expertos en eficiencia, deshumanizarían completamente la industria, pero otros los consideraron como la lógica aplicada a una nueva área prometedora. El que la gente haya estado o no de acuerdo con él no importa, ya que sus ideas y el fervor con que las explicaba impulsaron fuertemente la dirección industrial.

Un socio de Taylor extendió sus métodos analíticos a series de operaciones. Henry L. Gantt desarrolló métodos para establecer la secuencia de las actividades de la producción, los cuales aún se emplean, con su tratamiento menos restringido de las operaciones hombre-máquina y los conceptos atractivos de la organización y motivación a la teoría inicial de Taylor.

El pensamiento orientado hacia las operaciones tomó nuevo vigor de la unión entre la ingeniería y la psicología, unión que se logró tanto en el sentido literal como figurado, gracias al trabajo en equipo de los esposos Frank y Lillian Gilbreth; las actitudes mecanicistas del ingeniero Frank fueron disminuidas por las actitudes humanistas de la psicóloga Lillian. Juntos mostraron que los patrones del movimiento humano básico son comunes a muchas situaciones de trabajo diferentes. Su análisis de los micro movimientos para mejorar la operaciones manuales iniciaron los estudios de tiempos y movimientos y el empleo de películas en el diseño del trabajo.

En la década de 1920 a 1930, las cosas se volvieron más complicadas conforme se fue reconociendo que la gente no siempre se comportaba como intuitivamente se esperaba y que las complejidades de los nuevos procesos de producción requerían más controles. Como fue demostrado por los famosos estudios Hawthorne, el incentivo de mejores salarios o condiciones de trabajo no siempre conducía a aumentos proporcionales en la producción; factores psicológicos tales como la moral y la atención también influían. El trabajo de Walter Shewart suministró medios de control estadístico para asegurar la precisión de piezas intercambiables requeridas por las técnicas de producción en masa iniciadas por Henry Ford. Quizás aún más importante fue que cuando se aplicaron los controles estadísticos de Shewart se vio que se tenían que considerar todos los factores interactuantes del diseño del producto, la disposición de la planta, la capacidad del trabajador, las condiciones ambientales, los materiales y las actitudes de los clientes. Tales consideraciones naturalmente condujeron al estudio de los sistemas de toda la producción,

en lugar de las partes aisladas.

Al principio de los cuarenta, durante la guerra, se comenzó a aplicar un enfoque interdisciplinario a los estudios de los sistemas. Los primeros en hacerlo fueron los grupos británicos de investigación operacional. Desde luego los miembros de dichos grupos no eran expertos en las áreas estudiadas, puesto que aplicaron las metodologías científicas aceptadas a problemas que nunca antes se habían sometido a tales análisis. Que los resultados hayan sido favorables no debe ser sorprendente, ya que existen analogías entre la naturaleza y los trabajos del hombre; los conceptos tomados de las ciencias físicas, al aplicarse a problemas de la dirección, de estructura semejante, produjeron un acervo de técnicas para la toma de decisiones, que aún se aprovecha en la actualidad. No obstante su origen militar, el enfoque de la Investigación de Operaciones (o la íntimamente relacionada ciencia de la dirección) llegó a convertirse en una base para las aplicaciones industriales.

Los años 40 también presenciaron el nacimiento de la computadora electrónica. En la actualidad su influencia es clara en toda la industria. Muchos empleados de oficina temen que traiga una segunda revolución industrial que, esta vez, les afectará a ellos. La dirección de nivel intermedio observa que las decisiones dependen cada vez más de las máquinas electrónicas y, lo que tal vez sea peor, de los controles por medio de la computadora y de las decisiones automáticas. En la cúspide y en la base de la pirámide formada por la organización, el impacto ha sido leve; a menudo, sólo trajo el orgullo de tener una computadora.

A fin de esclarecer algunas nociones confusas acerca de la computadora conviene concentrarse en lo que se ha logrado y en lo que queda por hacer. Muchas técnicas matemáticas que damos por sentadas, no serían factibles sin la tremenda velocidad del cálculo que caracteriza las computadoras. Por supuesto, debe lograrse que los problemas sean programables, es decir, estructuralmente adaptables a los cálculos de la máquina. En

ello estriba la función que le toca al hombre en la moderna sociedad hombre-máquina. El hombre debe recoger los datos necesarios (ayudado por máquinas que guardan los registros), reconocer el tipo de problema y el formato de su posible solución, desarrollar o seleccionar un programa apropiado, e interpretar o modificar los resultados de la máquina. En forma equivalente, las capacidades de las computadoras deben emplearse si esperamos relacionar y evaluar las muchas variables en sistemas complejos de producción. Por enfrentarse a los problemas y desafíos que ya han creado tanto al hombre, que toma las decisiones, como la máquina que le ayuda, ambos deben continuar desarrollándose a la par de ellos.

1.2.- La Producción y su Estudio

En el resumen histórico se mencionan muchas facetas de la producción sin definir el tema. Y si existe una lección obvia que se deba aprender de la historia, es la dificultad y la necesidad de comunicar ideas con claridad. Quizás una rosa con cualquier otro nombre huele exactamente igual como alega Shakespeare, pero el aroma sería mucho más fácil de describir si todo el mundo llamara rosa a la misma flor.

Para nuestros fines diremos de la producción es el acto intencional de producir algo para un mercado. Esta definición es a la vez liberal y restringida. De ninguna manera limita el método por el cual algo se produce, pero elimina la generación accidental de productos. Aun si se conviene en que la utilidad para un mercado implica un propósito benéfico, hay todavía lugar para debatir sobre cosas tales como los armamentos. Haciendo a un lado el tema de la conciencia, se debe reconocer que un gran número de procesos de producción tienen características semejantes, independientemente de la utilidad de los productos.

La definición de producción se modifica para incluir el concepto de sistema, diciendo que un sistema de producción es el proceso específico por medio del cual los elementos se transforman en productos útiles para un mercado. Un proceso es un procedimiento

organizado para lograr la conversión de insumos de resultados.

Una unidad de producción normalmente requiere de varios tipos de insumos. En un proceso industrial los insumos dan cuenta de la mayor parte del costo fijo, y la producción con los ingresos. La contabilidad elemental asevera que la utilidad depende de la relación de los costos variables y fijos con respecto a los ingresos, es decir de la interacción de costos de insumo y de conversión con los ingresos obtenidos a base de la producción.

Cualquier sistema es una colección de componentes interactuantes. Cada componente podría ser un sistema en si mismo en un orden descendente de sencillez. Los sistemas se distinguen por sus objetivos; el objetivo de un sistema podría ser producir un componente que se va a ensamblar con otros componentes para alcanzar el objetivo que es un sistema mayor. Se requieren técnicas más elaboradas para tratar con sistemas más complejos. Es una carrera de relevos entre el desarrollo de sistemas cada vez más complejos y el desarrollo de métodos eficientes de dirección para controlarlos.

2.- MAGNITUD ECONOMICA DEL LOTE

2.1.- Inventarios

En el contexto de la producción, el inventario es un recurso ocioso. El recurso puede ser animado o inanimado. Por lo general es material de producción: Herramientas, piezas compradas, materias primas, artículos de oficina, productos en proceso, etc.

Que el recurso esté ocioso, no significa que no tenga propósito alguno. Está disponible para cuando se necesite, sirve como una póliza de seguro contra las descomposturas inesperadas, los retrasos y otros contratiempos que podrían interrumpir la producción actual. El seguro no es gratuito. El recurso ocioso puede dañarse o volverse obsoleto antes de que pueda ser útil para algún fin. Hay entonces que asegurar un equilibrio económico entre el costo de la pérdida y el de prevenirla.

A principios de este siglo se desarrollaron fórmulas para analizar los problemas del inventario, pero no fue hasta la década de los 40's cuando las teorías se pusieron ampliamente en práctica. Los problemas del inventario son candidatos naturales para el análisis formal.

2.2.- Costos Asociados al Inventario

Es necesario asignar costos a las diferentes consideraciones del inventario para evaluar adecuadamente los méritos de las funciones que están en oposición. Los costos más importantes son los siguientes:

Precio (P)

El valor de un artículo es su precio unitario de compra si se obtiene con un proveedor

externo, o su costo unitario de producción si se produce internamente. La cantidad que se invierte en un artículo que se está manufacturando es una función de su grado de refinamiento. El valor de un producto durante su etapa inicial de desarrollo es un poco mayor que el costo de reunir las materias primas. Conforme avanza a través del ciclo de producción se le va dando un valor agregado.

Costo del Capital (iP)

La cantidad invertida en un artículo es una parte del capital que no está disponible para otros propósitos. Si el dinero se invirtiera en otras cosas, se esperaría una recuperación de la inversión. Se hace un cargo al gasto del inventario para explicar esta recuperación que no se obtiene. La magnitud del cargo refleja el porcentaje de recuperación esperado de otras inversiones. El interés que se carga, i , se aplica al precio, P , para apoyar cualquier reclamación acerca del costo anual del capital.

Costo de la orden (O)

Los costos de adquisición se originan en el gasto de hacer un pedido a un proveedor externo o en los costos de preparación para la producción interna. En los costos de la orden se incluyen el costo fijo para mantener un departamento de adquisiciones y los costos variables de preparar y ejecutar las adquisiciones. Aun cuando las órdenes sean entregadas por otros departamentos de la misma compañía, se aplican los costos de la orden. La misma rutina de compra de comprobar los niveles del inventario, hacer los pedidos, la continuación, la inspección, y poner al día los registros del inventario pertenece a la adquisición interna.

Los costos de preparación dan cuenta del trabajo físico que se lleva a cabo para preparar una corrida de producción (equipo de preparación y máquinas de ajuste) y se incluyen en ellos los costos de oficina de las órdenes para el taller, la programación y el despacho. Las

órdenes externas, la adquisición interna y los costos de preparación permanecen relativamente constantes, independientemente de la magnitud de la orden.

Costo de tenencia (H).- Los costos que se originan de muchas fuentes se agrupan con el nombre de costo de tenencia. En general, los costos de tenencia permanecen fijos para una cierta capacidad del inventario y después varían con la cantidad adicional que se almacene. Por lo común se da un porcentaje o valor monetario al conjunto total para explicar todas las fuentes enlistadas a continuación.

1.- Instalaciones de almacenamiento: Se necesitan edificios propios o rentados para almacenar el inventario. En el gasto se incluyen el costo anual equivalente de la inversión si las instalaciones son propias o la renta si son alquiladas, la calefacción, la luz y los impuestos a la propiedad.

2.- Manejo: En el costo de mover los artículos hacia, desde y dentro del almacenamiento se incluyen los gastos por daños, salarios y equipo.

3.- Depreciación: El cambio en el valor de un artículo durante el almacenamiento lo provocan el deterioro, la mutilación y el robo que no están cubiertos por el seguro, y la obsolescencia.

4.- El seguro: Una política conservadora consiste en asegurar los artículos durante el almacenamiento. La protección se basa por lo común en el valor monetario promedio del inventario.

5.- Impuestos: Algunos estados aplican impuestos periódicamente sobre el inventario durante un año según la cantidad que se tenga en almacenamiento en determinado momento. En particular en los canales de ventas al menudeo, tales como los distribuidores de automóviles, es posible manejar los niveles del inventario de modo que los mínimos coincidan con las fechas de pago del impuesto.

Costo de la oportunidad (OC).- Se asocian dos tipos de costos con el agotamiento de las existencias cuando aún existe demanda del producto. El primero es el costo de las medidas de emergencia para apresurar una entrega urgente. Este costo se identifica fácilmente como la diferencia entre el costo usual de adquisición y el costo extra por el servicio urgente.

El otro costo es más difícil de establecer porque hay personas involucradas en él. Cuando los procedimientos de emergencia no pueden proporcionar el artículo deseado, el cliente queda insatisfecho. El único costo aparente es la pérdida de utilidad de la venta potencial al menudeo o la producción perdida. La reacción de un cliente insatisfecho en términos de negocios futuros es una estimación de costo de una naturaleza muy poco exacta.

2.3.- Control de Inventarios

Los análisis de los costos del inventario siguen dos patrones: costos que varían directamente con la magnitud de una orden y costos que varían inversamente con la cantidad de la orden. Todos los costos que se han estudiado se ajustan a estas dos categorías. Los costos de tenencia y del capital aumentan conforme aumenta la magnitud de la orden debido a que pedidos grandes significan niveles más altos del inventario. Estos "costos por existencias" disminuyen si se ordenan cantidades más pequeñas. Para una demanda determinada, ordenar cantidades más pequeñas significa que deben hacerse más pedidos. Si se hacen más pedidos, aumenta el costo anual por pedido. Como se permite que disminuyan los niveles del inventario más a menudo cuando se hacen más pedidos, existen más oportunidades de agotar las existencias y consecuentemente de aumentar los costos de oportunidad. El costo total del inventario es la suma de los costos de mantener el inventario y de la adquisición.

Los modelos de inventario considerados bajo una hipótesis de certeza se basan en

premisas que simplifican en gran medida su estructura pero disminuyen su realidad. Las siguientes hipótesis y sus efectos son aplicables a todas las fórmulas de esta sección.

1.- El número total de unidades necesarias para 1 año se conoce exactamente:

$$\text{Demanda anual} = D = \text{utilización anual de los artículos}$$

2.- La demanda es constante. Se conoce el número exacto de artículos necesarios durante cualquier periodo cuando es constante la tasa de utilización.

3.- Se reciben instantáneamente las órdenes. Esta condición no es tan absurda o restrictiva como parece al principio. Significa que una cantidad ordenada estará disponible cuando se espera; el corolario es que el adelanto temporal se conoce y es constante. Esta suposición elimina la posibilidad de los costos de oportunidad que se tienen; si las órdenes se pueden recibir instantáneamente, nunca puede haber una demanda no satisfecha.

4.- Los costos por hacer el pedido son los mismos, independientemente de la magnitud de la orden. De manera semejante, los costos de postura son constantes y la tasa con la cual se producen los artículos es conocida:

$$\text{Tasa de manufactura} = M = \text{Tasa anual a la cual se pueden producir los artículos}$$

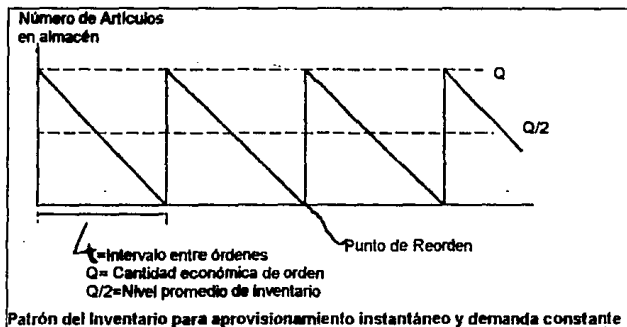
5.- El precio de compra o de producción no varía durante el periodo considerado. Sin embargo, el precio puede variar como una función de la cantidad del pedido.

6.- Existe suficiente espacio, capacidad de manejo y dinero para permitir la adquisición de cualquier cantidad deseada. El límite máximo es ordenar solamente una vez al año:
Magnitud del lote = Q = Número de artículos ordenados durante cada periodo de aprovisionamiento

Entonces, $D = Q$ cuando todo el material necesario para las operaciones de un año se obtiene al mismo tiempo.

2.4.- Conceptos de Lote Económico

La magnitud de una orden que minimiza el costo total del inventario se conoce como la Magnitud Económica del Lote, EOQ (Economic Order Quantity). El patrón de utilización y de aprovisionamiento para la EOQ con base en la suposición dada que se muestra en la siguiente figura.



Las líneas verticales indican la recepción inmediata de una orden de magnitud Q . Una tasa constante de utilización representada por las líneas inclinadas disminuye hasta cero el nivel del inventario durante el intervalo entre las órdenes, t . El número promedio de artículos en el almacenamiento es $Q/2$.

Las incógnitas en el patrón triangular son los máximos - magnitud de la orden, Q , y las bases - tiempos entre las órdenes, t . Los costos de adquisición y del inventario están graficados en la figura anterior., como una función de Q . El costo anual de adquisición es el número de órdenes hechas por año multiplicado por el costo de cada orden:

costo anual de adquisición = $O(D/Q) =$

(costo por orden) (número de unidades pedidas por año) / (número de unidades por orden)

Suponiendo que el costo por manejo y el costo del capital se basan en el nivel promedio del inventario, se tiene:

costo anual por tener el inventario = $(H + iP) Q/2$

= (tenencia + cargo de interés por unidad y por año) x inventario promedio.

Combinando estas expresiones, se obtiene la fórmula:

$$\text{costo anual total} = O D/Q + (H+iP) Q/2$$

Una manera de determinar el valor de Q que minimiza el costo anual total es derivar la expresión con respecto a Q e igualar a cero la derivada:

$$d/dQ (\text{costo anual total}) = - OD/Q^2 + H+iP/2 = 0$$

Entonces resolviendo la ecuación para Q, se obtiene EOQ

$$Q = 2OD/H + iP$$

Por otro método se obtiene la misma fórmula, cuando las tasas de cambio de dos tendencias opuestas de una función son iguales. El equilibrio marginal de los costos que varían directa e indirectamente para el inventario ocurre cuando los costos de adquisición son iguales a los costos por llevar el inventario. De esta igualdad,

$$OD/Q = (H + iP) Q/2$$

se obtiene:

$$Q^2/2 = OD/H + iP \quad \text{y} \quad Q = 2OD/H + iP$$

Otras variables estadísticas se pueden calcular una vez que se conoce Q. El número de órdenes que se deben hacer en un año está dado por el cociente D/Q . Si se supone que existen 200 días laborables en un año, el número de días laborables entre las órdenes es:

$$\text{Intervalo de la orden} = t = 200/D/Q$$

El costo completo por tener en existencia un artículo se calcula sumando el precio de compra para las existencias de un año al costo total anual del inventario:

$$\text{costo total anual por tener en existencia} = OD/Q + (H = iP)Q/2 + PD$$

Descuentos por la cantidad comprada

Con frecuencia los proveedores ofrecen descuentos en los precios para alentar las órdenes grandes. Entre los beneficios que el comprador obtiene al hacer pedidos más grandes están la reducción de precio unitario, menores costos de embarque y manejo y una disminución en los costos de las órdenes debido al menor número de ellas. Estos beneficios tienen que compararse con el aumento incremental de los costos por llevar el inventario. Conforme aumenta la magnitud de la orden, mas espacio se debe de proporcionar para el almacenamiento; el costo de tenencia para el nivel mas alto del inventario aumenta en forma correspondiente. Otra consideración pertinente, aunque difícil de cuantificar, es el riesgo de la obsolescencia o la depreciación funcional. Los inventarios más grandes amplifican la pérdida que resultaría si los cambios del diseño o la demanda hicieran menos valiosas las existencias almacenadas.

Los descuentos por la cantidad se evalúan determinando primero el EOQ sin un descuento. Cuando Q es menor que la cantidad mínima para la cual se concede un descuento, se calcula el costo total anual por tener las existencias para la cantidad mínima de orden. Este costo se compara entonces con el costo anual total por tener las existencias cuando Q es la cantidad de la orden. Si el precio con descuento produce un gasto anual menor, se repite el

procedimiento empleando la cantidad mínima de la siguiente ruptura del precio. Se continúan las comparaciones hasta que se identifica la cantidad que produce el menor costo total anual por tener las existencias. Entonces los ahorros permitidos por los niveles más altos de las existencias se comparan con el riesgo de mantener estos niveles. El riesgo se calcula por medio de la estabilidad de la demanda pasada, el valor de reventa y las tendencias esperadas del mercado.

Lote económico de producción

Las condiciones para el aprovisionamiento instantáneo de los suministros se modifican ligeramente cuando los suministros se manufacturan al recibir la orden, en vez de que se surtan de existencias de artículos ya manufacturados. La diferencia está en que los suministros se embarcan instantáneamente conforme se manufacturan. Esto significa que los artículos se utilizan durante el periodo de aprovisionamiento.

El gasto principal de adquisición es el costo de preparación cuando una empresa produce sus propios suministros. El patrón del inventario en la próxima figura muestra el principio de la producción en el momento en que se terminan los suministros disponibles. En la práctica, el punto de reordenamiento se establecería en algún nivel del inventario mayor que cero para notificar al departamento de producción que pronto serán necesarios los suministros. Este adelanto temporal debe permitir, suficiente margen para programar los procedimientos de preparación.

El periodo de aprovisionamiento, t' , es el tiempo requerido para producir el lote económico de producción, EPQ:

$$t' = Q/M = \text{cantidad ordenada/producción por día}$$

Cuando D y M se dan en tasas por día, el nivel del inventario aumenta cada día durante el periodo de aprovisionamiento en la cantidad $M - D$. La existencia que se tiene alcanza su

máximo al final del periodo de aprovisionamiento cuando:

$$\text{nivel máximo del inventario} = (M - D)t' = (M - D) Q/M = (1 - D/M) Q$$

Entonces

$$\text{nivel promedio de inventario} = (1 - (D/M)) Q/2$$

Lo cuál hace que :

$$\text{costo anual total de la EPQ} = OD/Q + ((H + iP)(1 - D/M)Q)/2$$

donde O incluye los costos de postura y P es el costo de producción y conduce a

$$Q = \sqrt{\frac{2OD}{(H + iP)\left(1 - \frac{D}{M}\right)}}$$

3.- M.R.P. (MATERIALS REQUIREMENTS PLANNING)

3.1 INTRODUCCION

MRP o planeación de requerimiento de materiales en fases de tiempo, es un conjunto de técnicas de planeación prioritaria que se han desarrollado a partir de un intento de administración de inventario donde se combinan dos principios:

- 1.- Cálculo (vs, pronóstico) de una demanda dependiente para los artículos componentes.
- 2.- Fases de tiempo: Añadir la dimensión del tiempo a los datos del estado del intervalo.

El tiempo "artículos componentes" incluye todo tipo de artículos debajo del producto, o artículo de fase final.

Los requerimientos para los productos finales se establecen en un Programa Maestro de Producción y son determinados en base a evaluación de pronósticos, órdenes de clientes, órdenes internas, y los requerimientos de todos los componentes y sus tiempos correspondientes son derivados de ese programa maestro. MRP es implementado normalmente por medio de un sistema basado en la computadora, debido a la gran cantidad de datos que maneja.

Las técnicas de MRP no son difíciles ni nuevas, sino tan sencillas que se podrían preguntar el porqué no las han usado siempre. La respuesta es que la aplicación de las reglas de MRP a miles de artículos no fue factible hasta que la computadora fue inducida a los sistemas de manufactura.

También la teoría de pronósticos, punto de reorden, y cantidad de orden económica fueron

aplicadas a todo tipo de inventarios. El único problema es que asumen demandas continuas sujetas a variaciones aleatorias y en el caso de demandas discontinuas, estas técnicas son inconvenientes. MRP es la técnica alternativa en estos casos.

3.2 Definición

¿ Qué es MRP ?

"Material Requirements Planning (MRP) es un conjunto de técnicas de planeación prioritaria para aplicarlas sobre los artículos componentes del producto final. Utiliza el Programa Maestro de Producción, que es el que determina qué productos deberán ser ordenados y cuándo deben ser ordenados, y tomando esta información MRP producirá un programa de necesidades específicas de cada componente en función del tiempo para que cada uno de ellos esté disponible cuando se necesite para el siguiente nivel de ensamble.

Naturaleza de la demanda. La lógica de MRP establece que la demanda para los componentes depende de la demanda del producto final. Debido a que éste es un punto importante para poder entender como funciona MRP, es necesario hacer la distinción entre la demanda independiente y la dependiente.

Demanda independiente. Es la demanda que no esta relacionada a la demanda de niveles más altos de ensambles o productos. Este tipo de demanda debe ser pronosticada. El punto de reorden de fases de tiempo debería ser usado en este tipo de demanda.

Demanda dependiente. Demanda que se deriva de, o está directamente relacionada a la demanda de niveles más altos de ensamble o productos finales. Este tipo de demanda puede ser calculada, y no debe ser pronosticada. MRP debe ser utilizado en el cálculo de

este tipo de demanda .

Tipo de inventario	Tipo de demanda
Productos terminados	Independiente
Partes de servicio	Independiente
Componentes (incluyen subensambles, partes y materia prima)	Dependiente
Herramientas y suplementos de producción	Independiente

3.3.- Objetivo de MRP

Determinar los requerimientos de manera que se logre un completo control sobre el proceso total; calculando los componentes necesitados para satisfacer el Plan Maestro de Producción y los periodos en que estos componentes deben estar disponibles.

Planeación y control de inventarios. MRP es auto-ajustable porque constantemente replantea y redistribuye el inventario existente a requerimientos cambiantes. El sistema contesta las preguntas principales de:

¿Qué ordenar?

¿Cuánto ordenar?

¿Cuándo ordenar?

¿Cuándo programar la distribución?

Planeación de Requerimiento de Capacidad. MRP provee de las entradas necesarias para la planeación de requerimiento de capacidad, la cual determina qué capacidades se requieren para centro de trabajo, en qué periodos para poder satisfacer el plan de producción. MRP provee de datos sobre qué y cuántos componentes se deben producir, y cuándo deben ser producidos; y éstos pueden convertirse fácilmente en información sobre requerimiento de capacidad.

Control del área de taller de trabajo. MRP provee fechas de vencimiento de órdenes pendientes esenciales para planeación y control prioritario. La fecha de vencimiento de órdenes establece la prioridad relativa de la orden en cuestión.

Además, una orden acarrea una serie de operaciones que se deben realizar para completarla, por lo tanto, se debe hacer la distinción entre prioridad de órdenes de operación. El control de áreas de trabajo se basa en prioridades válidas de órdenes como fechas de vencimiento.

3.4.- Características de MRP

Orientada al producto. MRP planea los requerimientos de componentes basados en datos sobre las especificaciones de las relaciones de los componentes que forman el producto final (lista de materiales o árboles de estructura de los productos).

Mira al futuro. Se relaciona al Programa Maestro de Producción al terminar los requerimientos futuros, por lo tanto, la planeación de futuras demandas está basada en calcular requerimientos futuros, más que usando datos históricos.

Requerimiento en fases de tiempo. MRP resalta los requerimientos de los componentes a través de la lista de materiales en una programación de la red de nivel por nivel, compensando estos requerimientos basados en los tiempos de entrega para cada componente. El concepto de fases de tiempo puede ser expresado por medio de un ejemplo:

El estado de inventario de un producto para un periodo puede expresarse de la siguiente manera:

Inventario actual existente	100	
Inventario ordenado	120	$100 + 120 - 200 = 20$
Requerimientos	200	

Esta técnica indica que todo estará correctamente y no se necesita ninguna acción, pero en realidad habrá un faltante cuando se analiza la información en el ejemplo:

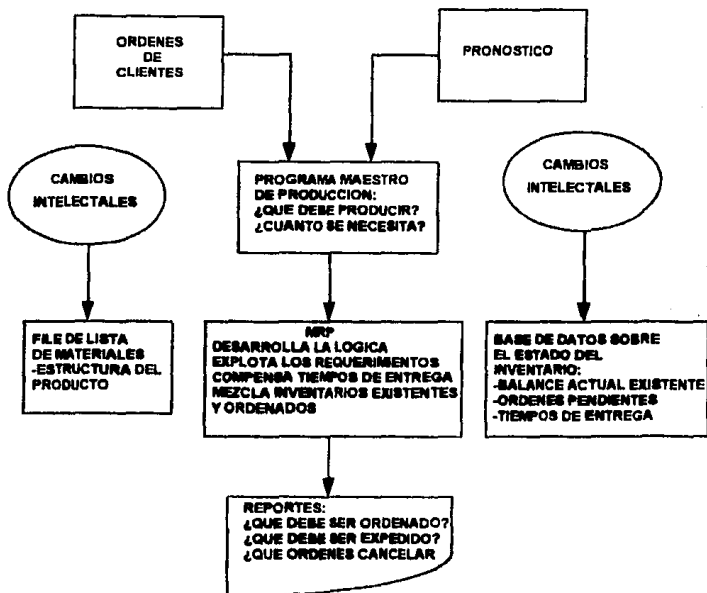
Inventario existente	100
Inventario ordenado	120 para Junio 1
Requerimientos	200 en Mayo 15

Por lo tanto, el inventario será cubierto en cantidad pero no en el tiempo adecuado, y allí es donde entra la planeación en fases de tiempo.

Sistema de planeación prioritaria. MRP establece fechas de necesidad de requerimientos y basado en la flexibilidad de tiempos de entrega y reprogramando capacidades, permite continuar la actualización de estas prioridades, de manera que la

atención pueda ser centrada en obtener los artículos correctos cuando se necesiten.

3.5.- Elementos de un sistema MRP



"Tiempo de Entrega". Es aquel que toma en obtener las cosas hechas. Para lo que produce es el tiempo que tarda en desarrollar las operaciones correspondientes a esa producción; para lo comprado es el tiempo que tarda en preparar, recibir e inspeccionar las órdenes a los proveedores.

Lista de materiales y árboles de estructura del producto. Es una base de datos que define "qué y cuántos" materiales y partes se requieren para hacer cada producto y la secuencia que existe en la combinación de materiales, partes y subensambles para formar el producto final. La lista de materiales contiene el nivel de ensamble, número de componentes, descripción, unidad de medición, cantidad por producto. El árbol de estructura contiene en forma gráfica como está compuesto el producto final y sus distintos subensambles en sus niveles correspondientes.

Programa Maestro de Producción. Es el plan de producción para productos finales. Establece qué productos deben ser producidos, la cantidad y la fecha en que deben ser completados. Refleja la demanda actual y pronosticada del cliente, combina los pronósticos de ventas con órdenes de clientes en libros; toma en cuenta el estado del inventario de bienes finales, capacidad disponible de manufactura y limitaciones de venta. También se pueden incluir las partes de servicio en este programa maestro.

El espacio de tiempo que debe cubrir como mínimo es el tiempo acumulado de producción y obtención de los componentes de los productos en cuestión, aunque normalmente el horizonte de planeación excede este tiempo.

Base de datos sobre el estado del inventario. Para poder implementar el sistema de MRP, se debe tener una completa información sobre cada componente o artículo inventariable; por ejemplo: inventario existente, ordenes, número de partes, tiempo de entrega, inventario de seguridad, desechos permitidos, algoritmos de tamaño de lote, " código de nivel bajo".

Nota.- El término " código de nivel bajo" se explica a continuación: Cuando las listas de materiales que definen un producto se juntan, se forma una especie de pirámide, en donde a cada nivel se le asigna un número empezando de arriba generalmente con cero, y

trabajando hacia abajo. El código de nivel bajo es una técnica de codificación usada en los datos de la estructura del inventario y los récords de lista de materiales. Para determinar el nivel más bajo se recurre al árbol de estructura del producto y se ve el nivel más bajo en el que aparece cada componente o ensamble, y ese será el "nivel más bajo".

3.6.- Técnicas del MRP.

1.- Requerimientos netos.

El proceso se desarrolla de una manera muy simple y se describe con las siguientes fórmulas:

$(\text{Requerimientos brutos} + \text{Inventario comprometido}) = \text{Inventario requerido.}$

$(\text{Inventario existente} + \text{Inventario por recibirse}) = \text{Inventario disponible.}$

$\text{Requerimientos Netos} = \text{Inventario Requerido} - \text{Inventario disponible.}$

2.- Requerimientos brutos.

Para los artículos con demanda independiente, los requerimientos brutos son la cantidad de artículos requerida para satisfacer los requerimientos especificados en el Programa Maestro de Producción.

Para los artículos con demanda dependiente, los requerimientos brutos son la cantidad de artículos requerida para satisfacer los requerimientos netos del siguiente nivel de ensamble.

El Inventario comprometido. Es aquel que se tiene actualmente, pero que no se puede contar con él para usos futuros debido a que ya se tiene asignada una función.

Aclaración: Cuando se tiene especificada una cantidad de Inventario de Seguridad, se debe incluir en el cálculo de los requerimientos netos; al calcular el inventario disponible

se debe hacer de la siguiente manera:

$$\text{Inventario disponible} = \\ \text{Inventario existente} - \text{Inventario de seguridad} + \text{Inventario por recibirse.}$$

2.- Compensación de tiempos de entrega. Habiendo sido calculados los requerimientos netos de un artículo, se tiene que en esa fecha deben ser recibidas las órdenes planeadas.

Sabiendo la fecha de recepción de las órdenes planeadas, a esta fecha se le resta el tiempo de entrega y se tiene la fecha de envío de ordenes. A este proceso de cálculo de las fechas de envío de órdenes, en base a la fecha planeada de recibimiento, se le llama "compensación de tiempos de entrega".

3.- Explorar los requerimientos brutos (del nivel j+1). El proceso de cálculo de MRP, se hace del producto final (nivel 0) hacia abajo en el árbol de estructura del producto. Después de haber calculado los requerimientos netos de los artículos de un nivel (j), se pasa a "explorar los requerimientos brutos del siguiente nivel (j+1)". Ese proceso de "explorar" es el calcular cuántos artículos de los correspondientes al nivel (j+1) se requiere para satisfacer los requerimientos netos del nivel que fueron calculados los requerimientos netos (j).

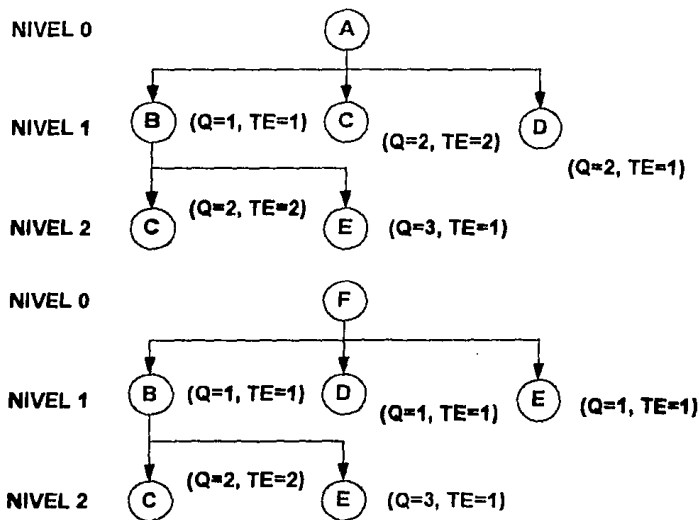
4.- Tamaño de lote. Al determinar los requerimientos netos de cada uno de los artículos, se tiene que las Ordenes Planeadas son por cantidades muy variadas y a veces tienen restricciones para cada artículo. Tamaño de lote es la técnica usada para la calidad de un producto que es normalmente ordenada ya sea de la planta o de un vendedor.

Algunos tipos de éstos tipos son: cantidad fija a ordenar, tamaño lote económico, lote, requerimientos fijos por periodo. Basado en los requerimientos netos de cada artículo, se enviarán órdenes por cantidades que se satisfagan esos requerimientos y que a su vez

cumplan las restricciones del tamaño del lote.

Para proveer de una apreciación del papel que juega la computadora en estas actividades, trataremos sobre el proceso computacional de MRP para dos artículos de demanda independiente, A y F que se forma de la siguiente manera:

Arbol de estructura de los productos:



Nota: En el árbol de estructura se incluyen dos datos extras que son:

-La cantidad de artículos en el nivel (Q).

-El tiempo de entrega del artículo (TE en semanas).

Tabla sobre el cálculo de los códigos de nivel bajo.

NIVEL DE ARTICULO

ARTICULO	PRODUCTO A	PRODUCTO F	NIVEL BAJO
A	0	---	0
B	1	1	1
C	1,2	2	2
D	1	1	1
E	2	1,2	2
F	---	0	0

Tabla sobre el estado de Inventario.

ARTICULO	ACTUAL	SEGURIDAD	COMPROMETIDO	POLITICA. DE ORDEN
A	0	0	0	LOTE X LOTE
B	100	0	0	LOTE X LOTE
C	120	15	0	150
D	150	0	100	160
E	120	0	0	140
F	0	0	0	LOTE X LOTE

NOTA: Existe además una orden del artículo D que se recibirá en la primera semana por una cantidad de 100 artículos.

Finalmente, se proporciona la última serie de datos que son necesarios para que se pueda desarrollar el proceso de cálculo de MRP: Programa Maestro de Producción (Requerimientos de demanda independiente).

PROGRAMA DE PRODUCCION

ARTICULO	SEM. ACTUAL	2	3	4	5	6	7	8
A				10		100		10
F					20	20		10
C**	10	10	10	10	10	10	10	10

** El artículo C es un componente que tiene demanda de ambos tipos (dependiente e independiente) y en el programa de producción solo se muestra la demanda independiente como parte de servicio.

Ya teniendo todos los datos requeridos para el procesamiento de las técnicas de MRP, proseguimos a desarrollarla de acuerdo al cuadro de Proceso de Cálculo de MRP que está en páginas anteriores.

Para principiar tenemos la hoja de planeación utilizada por el MRP, la cual se muestra a continuación. El proceso de cálculo lo describiremos paso por paso:

Paso 1. Los datos del inventario, así como los requerimientos brutos que aparecen en el Programa Maestro de Producción son transferidos a la hoja de planeación.

Paso 2. Se calculan los requerimientos netos y las órdenes planeadas para los productos A y F, que son los que tienen Nivel bajo 0.

Los requerimientos netos se calculan de acuerdo a la fórmula que se definió

anteriormente para la operación "NETTING". Ya obteniendo los requerimientos netos, se procede a la Compensación de Tiempos de Entrega para esos mismos artículos. Todos éstos se muestran en la siguiente tabla.

Paso 3. Explotar los Requerimientos Brutos de los artículos del siguiente nivel o sea el (nivel 1) que son B,C,D,E.

Los requerimientos brutos de los artículos del nivel 1 se calculan como la cantidad de artículos de cada tipo que se requerirán para satisfacer las necesidades de órdenes planeadas de los artículos de nivel 0.

Por ejemplo: La cantidad de artículos B que se necesitan para producir una unidad de A es uno. Por lo tanto, la cantidad de artículos A que se tenga como órdenes planeadas, será el requerimiento bruto de B en cada periodo, con respecto al producto A; Pero como también se requieren de artículos B para producir a F, entonces se le sumarán los requerimientos brutos de B con respecto a F, como sucede en el periodo 4 en que se requieren 100 piezas de B para el A y 20 piezas de B para el F, totalizando la cantidad de 120 artículos de B requerimientos brutos para el periodo 4.

Siguiendo el mismo procedimiento de cálculo, se obtienen los requerimientos para los demás artículos en cuestión; y estos cálculos se muestran en la siguiente tabla.

Cabe hacer la aclaración de que en el caso especial de artículo C éste tiene requerimientos brutos con respecto a A, a F y además tiene su correspondiente a parte de servicio que se saca del programa de producción; por lo anterior, su requerimiento bruto será la suma de los tres requerimientos individuales.

Paso 4 Determinar los requerimientos netos (netting) y las órdenes planeadas a enviar (compensación de tiempos de entrega) para los artículos B pues su nivel bajo es 1.

En este momento se requiere que se haga el proceso de cálculo de los requerimientos netos de los artículos con código de nivel bajo 1. Estos artículos son el B y el D; pero primero procederemos a calcularlos para el artículo B.

Se tiene que existe un requerimiento bruto en los periodos 2(10), 4(120), 5(29), 6(10), 7(10).

Estos requerimientos brutos crean un requerimiento neto de 30, 20, 10 y 10 unidades en los periodos 4,5,6,7, respectivamente.

De estos requerimientos netos, desarrollando la Compensación de los Tiempos de Entrega, se tiene que se crea un requerimiento en órdenes planeadas a enviar de unidades en los periodos 3, 4, 5, 6 respectivamente.

Paso 5. Explorar los requerimientos brutos que se generan en los artículos del nivel que son el C y E a causa de los requerimientos netos del artículo B y sus correspondientes órdenes planeadas a enviar.

De la observación de árbol de estructura de los productos, podemos ver que dos C son requeridos cuando se hacen B, y tres E son requeridos cuando se hace un B. También hay que notar que un E es requerido cuando se ensambla uno de F.

Calculando los requerimientos brutos para el artículo C y E tenemos:

Artículo C

Periodo	1	2	3	4	5	6	7	8
Cantidad	10	30	70	25	30	50	10	10

Artículo E

Periodo	1	2	3	4	5	6	7	8
Cantidad	0	0	90	80	50	30	10	0

Estos pasos podemos observarlos en la siguiente figura.

Paso 6. Determinar los requerimientos netos (netting) y las órdenes planeadas a enviar (compensación de tiempos de entrega) para los artículos D, que es el otro con Código de nivel bajo nivel 1.

En este caso especial, se debe hacer la aclaración de que el artículo D tiene una restricción sobre el tamaño de Lote, la cual debe ser considerada en el cálculo de las órdenes planeadas a recibir.

Paso 7. Determinar los requerimientos netos y las órdenes planeadas a enviar para los artículos C y E, que son los que tienen código de nivel bajo de 2.

Habiendo completado los cálculos correspondientes a los artículos con el nivel bajo de 0 y 1, podemos pasar a hacer los correspondiente con los códigos de nivel bajo de 2, el cual es el nivel más bajo en este caso especial, por lo que será el último paso de nuestro proceso de cálculo.

Cabe hacer la aclaración de que el artículo C introduce un inventario de seguridad de 15, se genera un requerimiento neto. Además del artículo C tiene restricciones sobre el tamaño de lote.

En la siguiente figura se muestra la tabla final de nuestro cálculo de MRP.

Número de lote	Tiempo de entrega	disponibles	requeridos	Inventario de seguridad	código de bajo nivel	Número de unidades													
							1	2	3	4	5	6	7	8					
POR LOTE	2	0	0	0	0	0	Requisitos de bruto												
							Requisitos programados												
							Requisitos disponibles	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U
							Requisitos de órdenes pendientes												
							Requisitos de órdenes programadas												
POR LOTE	1	0	0	0	0	A	Requisitos de bruto												
							Requisitos programados												
							Requisitos disponibles	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U
							Requisitos de órdenes pendientes												
							Requisitos de órdenes programadas												
POR LOTE	1	100	0	0	1	B	Requisitos de bruto												
							Requisitos programados												
							Requisitos disponibles	100	90	90	0	0	0	0	0	0	0	0	0
							Requisitos de órdenes pendientes												
							Requisitos de órdenes programadas												
160	1	170	0	120	1	C	Requisitos de bruto												
							Requisitos programados												
							Requisitos disponibles	100	20	20	220	20	20	20	20	20	20	20	
							Requisitos de órdenes pendientes												
							Requisitos de órdenes programadas												
150	2	120	15	0	2	D	Requisitos de bruto												
							Requisitos programados												
							Requisitos disponibles	10	20	20	250	32	30	30	30	30	30	30	
							Requisitos de órdenes pendientes												
							Requisitos de órdenes programadas												
140	1	120	0	0	2	E	Requisitos de bruto												
							Requisitos programados												
							Requisitos disponibles												
							Requisitos de órdenes pendientes												
							Requisitos de órdenes programadas												

3.7.- APLICACIONES

En la industria, Material Requirements Planning es típicamente aplicado a compañías del tipo fabricante de ensamblados. Originalmente se desarrolló para compañías que tuvieran productos ensamblados de alta ingeniería. Normalmente, el tema de planeación de requerimiento de materiales es muy amplio.

Una compañía puede usar miles de productos de cientos de proveedores para producir diversos artículos complicados como automóviles, aviones, etc. En un nivel más bajo de complejidad, otra compañía puede simplemente transformar los productos básicos en un proveedor en distintas formas. Algunas compañías hacen productos de acuerdo a las especificaciones del cliente, mientras que otras lo hacen comunes utilizando líneas de ensamble donde grandes cantidades de productos estándar son producidos respectivamente y dirigidos a almacenes.

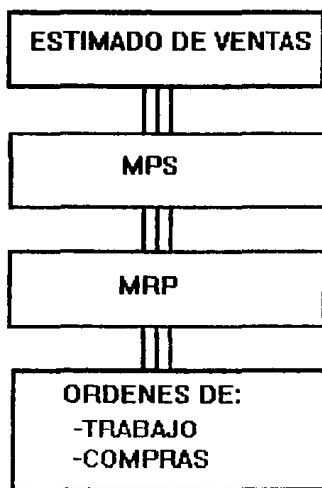
El método de producción más común es la combinación de taller de trabajo/ensamble, el cual hace ambos, productos estándar para almacenar productos con las especificaciones del cliente. Sus productos finales son similares y usan algunos de los mismos componentes. Los requerimientos de inventario son generalmente grandes.

En inventario. El ingrediente clave en la aplicación del MRP a inventarios, es una industria que tiene artículos de inventario "discreto", ya sea comprobados o manufacturados, que están sujetos a demanda dependiente.

4.- MRP II (MANUFACTURING RESOURCES PLANNING)

La planeación de requerimientos de materiales (MRP II) es una metodología conocida para la planeación y control de manufactura de partes discretas y ensamblaje. En ocasiones se llama MRP de ciclo cerrado. Esta metodología representa una extensión del MRP desarrollado a principios de los sesentas.

Funcionalmente podemos sintetizar el sistema MRPII de la siguiente manera:



En este esquema podemos observar de manera simplificada el esqueleto del sistema MRPII, a continuación vamos a analizar las dos partes más importantes de este sistema, que son: el Programa Maestro de producción (MPS, Master Production Schedule) y la

Planeación de Requerimientos de Materiales (MRP, Material Requirements Planning). Gran parte del éxito en la instalación del sistema MRPII depende de la manera en que sean manejados estos dos subsistemas.

4.1.- FUNCIONES DEL SISTEMA MRPII

Las funciones de planeación incluyen el Programa Maestro de Producción y la Planeación de Requerimientos de Materiales. Las salidas principales de esta función son una serie de ordenes de compra y producción, las cuales son alimentadas a el control de inventarios, control de producción y compras. La función principal de estos módulos es dar seguimiento a los niveles de inventario y al avance en las órdenes de manufactura y de compra.

El término de programación es usado para referirse al establecimiento de las fechas de las operaciones y fechas de liberación de las órdenes de manufactura en términos de un horizonte de tiempo corto, esto es de días o semanas y a tiempo real.

En un sistema MRPII, la programación a corto plazo se lleva a cabo por un algoritmo que está incluido dentro del control de producción. Este algoritmo asigna fechas de inicio y terminación a las operaciones de cada orden de manufactura.

El término de secuenciación es usado para referirse a las decisiones concernientes a la secuencia en la cual las órdenes de manufactura serán procesadas a un Centro de Producción dado. Esta definición implica que la secuenciación se involucra con los tiempos de montaje.

En esas facilidades donde los montajes y las fallas ocurren sobre una base diaria, las decisiones de secuenciación son en tiempo real. En otras facilidades como en la industria acerera, las decisiones de secuenciación involucran varias semanas de tiempo, debido a que una vez que una de las instalaciones es preparada para fabricar cierto producto, es muy

caro cambiarla para hacer otro distinto. La función de secuenciación generalmente no está incluida en el sistema MRPII.

Una facilidad interesante del software del MRPII es lo que se llama módulo de ejecución, los cuales pueden usarse solos o bien integrados al sistema. Lo primero es lo que muchos compradores de MRPII hacen. Algunos practicantes de este sistema consideran la implementación de los módulos de ejecución sólo como una falla. Lo anterior es desde el punto de vista de que se obtiene el Estado "A" de usuario de MRPII definido así por Oliver Wright. Pero ellos se sorprenderían de lo exitoso de esto desde el punto de vista de servicio de información, dado que permitiría la rápida implementación de un sistema de seguimiento para la producción e inventario bajo un costo razonable bueno.

Uno de los grandes beneficios del MRPII es el de proveer una base de datos integrada.

En las operaciones de manufactura de día a día, preguntas sencillas no pueden ser contestadas a menos que todos los departamentos de Manufactura estén compartiendo información. Algunos ejemplos de preguntas son los siguientes:

- ¿Qué operaciones se requieren para manufacturar este producto?
- ¿Cuál es nuestro punto de inventario para este producto?
- ¿Cuál es el inventario, a la mano de este producto? etc.

A través de esta base de datos integrada se asegura la comunicación entre los módulos de ejecución y planeación. Esta base de datos hacen posible la transición suavizada de planes de ejecución a través de un proceso de liberación de órdenes.

También hace posible que los módulos de planeación puedan conocer el estado de las órdenes y de los inventarios.

En contraste muchos sistemas de planeación de producción sofisticados han fallado debido a que no estaban integrados con el flujo de información de la organización de manufactura.

4.2.-APLICACION DE MRPII EN LA ADMINISTRACION DE MATERIALES

En la industria existen diversas áreas de oportunidad que se podrían mejorar si trabajáramos sobre éstas. Y estas áreas las podemos clasificar en tres grupos principales:

PERSONAL

INFORMACION

OPERACIONES

Dentro de estos tres grupos podemos clasificar todas las áreas de oportunidad de la empresa, referentes a la administración de materiales.

A través del sistema MRPII podemos actuar directamente sobre dos grupos que son información y operaciones ,sin embargo es necesario trabajar sobre el primer grupo que es personal, ya que es una parte importante para que el sistema funcione.

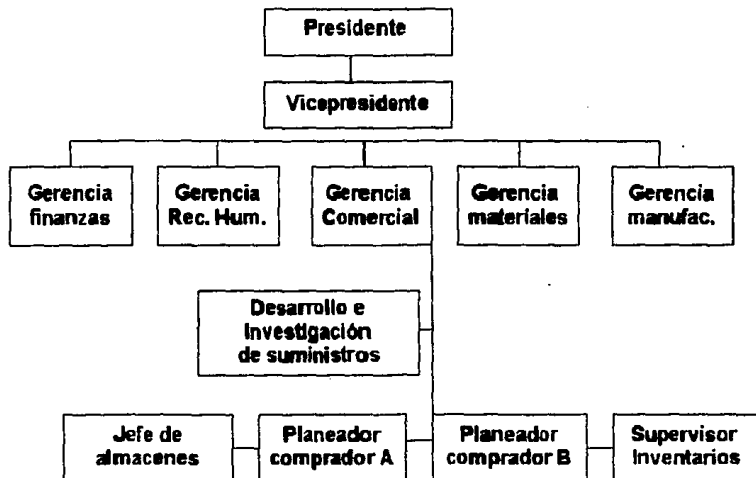
Situación Actual	Situación Deseada
PERSONAL	PERSONAL
-Falta de integración en las operaciones relacionadas con la administración de materiales. -La responsabilidad de entregar el material de empaque y materias primas se pierde dentro del proceso de administración de materiales.	-Organización orientada a la mejora en la comunicación en la administración de materiales. -Integrar el ciclo de administración de materiales para tener una persona por línea de productos, responsable desde la compra hasta la colocación del material disponible en planta.

Situación Actual INFORMACION	Situación Deseada INFORMACION
-Falta de disponibilidad de información para la adecuada toma de decisiones en la administración de materiales.	-Contar con información actualizada continuamente para tomar decisiones acertadas en lo referente a la administración de materiales.
OPERACIONES DE INVENTARIOS	OPERACIONES DE INVENTARIOS
-Altos niveles de inventarios de material de empaque y de materias primas. -Alto nivel de inventarios obsoletos como consecuencia del punto anterior.	-Óptimos niveles de inventarios y materias primas. -No tener inventarios obsoletos.
OPERACIONES CON PROVEEDORES	OPERACIONES CON PROVEEDORES
-Los proveedores entregan el material con bajos estándares de servicio y calidad. -Mala relación con proveedores debido a las fuertes variaciones en las compras.	-Cuidadosa selección de proveedores. -Contar en el departamento de compras con la información necesario para realizar decisiones planeadas.
OPERACIONES DE MANUFACTURA	OPERACIONES DE MANUFACTURA
-Mucho tiempo muerto en la planta debido a la falta de disponibilidad de materiales.	-Reducir al mínimo los tiempos muertos en planta debido a la falta de materiales.

En el esquema anterior se muestra cuál es la situación actual de cada una de las áreas y cual sería la situación ideal y deseada para trabajar con el sistema MRPII, es decir el que se busca mejorar; para después trabajar sobre el cómo, a través de la aplicación del sistema MRPII, punto que a continuación se describe.

PERSONAL

Antes que nada se propone cambiar el organigrama de la compañía deseada. A continuación sugerimos el organigrama.



En este organigrama proponemos tres puestos nuevos que son:

Gerente de materiales

Planeador comprador

Desarrollo y Administración de suministros

Estos puestos se describen y analizan sus objetivos a continuación.

GERENCIA DE MATERIALES.

Su objetivo es optimizar la ejecución de las actividades relacionadas con los materiales a través de la integración y coordinación de las mismas; así como controlar el costo total de las materiales dentro de la compañía. Las actividades que están dentro del Gerente de materiales son compras de materia prima y de empaque, control de inventarios, recepción y almacenamiento de materiales además de la programación de la producción.

PLANEADOR COMPRADOR

Sus objetivos son determinar los requerimientos de materiales a través del desarrollo de programas de producción, de esta manera fijar la cantidad de pedido de materiales y la fecha en que la planta lo requiera, así como manejar todas las actividades relacionadas a compras sin contar el desarrollo de nuevos productos.

DESARROLLO Y ADMINISTRACION DE SUMINISTROS

El objetivo es establecer parámetros de medición a proveedores, desarrolla y certifica a proveedores, apoya administración de proveedores. El primer paso de este departamento es desarrollar parámetros para la medición de proveedores de acuerdo a las necesidades de la compañía, tomando en cuenta las características de los materiales en cuestión. Una vez que el proveedor ha sido elegido el departamento Desarrollo de Administración de Suministro trabaja con el proveedor para desarrollar sus cualidades de manufactura y calidad para hacerlo un proveedor clasificado. El último paso es trabajar junto con el planeador comprador éste se encarga de promover una relación atractiva tanto como para el comprador como para el proveedor.

4.3.- Instalación de un sistema MRP II

El área de oportunidad de información se genera por la carencia de un sistema el cual provea información actualizada y oportuna.

Una ventaja del sistema MRPII es que, si es alimentado continuamente, nos va a generar información al día de las áreas de la compañía que trabajan con él. Para poder usar el sistema MRPII se requieren tomar los siguientes puntos:

Ya que el sistema ha sido elegido, se requiere planear y realizar la instalación del sistema. El siguiente paso es la educación y el tercer paso es alimentar la información base del sistema, a continuación se describirá brevemente los puntos de instalación y educación.

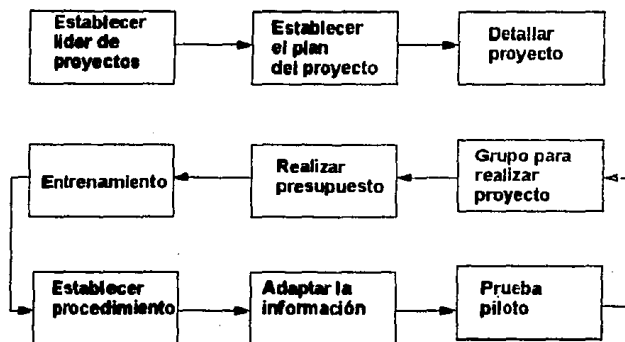
INSTALACION DEL SISTEMA

La instalación de un sistema de planeación y control involucra a toda la gente de todas las áreas. Para realizar la implantación el proceso a seguir es el siguiente:

- 1.-Especificar el trabajo a ejecutar.
- 2.-Segmentar el trabajo en áreas menores
- 3.-Establecer responsabilidades claras
- 4.-Seleccionar a la gente para ejecutar tareas.

A continuación se presentara un esquema que ilustra lo anterior :

Pasos para instalar Sistema de Planeación y Control de Manufactura



EDUCACION

La importancia de este punto radica en que las personas serán las responsables de ejecutar cualquier plan es decir que el éxito de los resultados va a depender de la gente que ejecute la información del sistema. Y este punto es de especial importancia en el sistema MRPII ya que es un sistema basado en el procesamiento de grandes cantidades de información a través de la computadora. La educación debe de abarcar a todas las áreas y departamentos de la compañía, y en cada departamento se deberán de señalar los tópicos específicos de esta área.

En el siguiente cuadro se mencionan brevemente estos tópicos por área.

PROGRAMA DE EDUCACIÓN MRP

DEPARTAMENTO	PUNTOS A TRATAR
Todos los usuarios	Revisión del concepto de MRP Operación del sistema día con día. MRP como plan de juego de la compañía. Plan de prioridades.
Mercadotecnia	Relación entre estimados de venta, plan de producción y programa maestro.
Almacenes	Guía para conteo cíclicos. Necesidad de exactitud en inventarios. Principios y concepto de conteo cíclico.
Compras	Reducción de tiempos de entrega y mejoramiento de las actividades con el proveedor. Implementación de MRP en compras.
Ingeniería	Implementación de rutas, lista de materiales métodos y estándares.
Procesamiento de datos	Implementación del software MRP Estructura de base de datos.
Programación de producción	Preparación para crear el programa maestro de la producción.
Producción	Implementar el programa maestro de la producción.

OPERACIONES

De las áreas de oportunidad que se presentan en el grupo de operaciones las principales están en inventarios y proveedores. El área de oportunidad de manufactura se modifican como consecuencia de actuar sobre las áreas. Así mismo las medidas a tomar se aplicarán a través del uso del puesto del Planeador-Comprador el cual estará auxiliado por la información que se genere del sistema MRPII.

El Planeador-Comprador hará uso de dos módulos principales que son el PROGRAMA maestro de la Producción (MPS) y la Planeación de Requerimientos de Materiales (MRP). En el caso de MPS el Planeador-Comprador será responsable de ejecutarlo para aquellos productos que formen sus líneas. Y posteriormente ejecutar el MRP el cual generará un programa desfasado en el tiempo de los requerimientos de compra de los materiales que se van a usar. En aquellos materiales que son comunes para las dos líneas el responsable de la administración de requerimientos será el Supervisor de Inventarios, que también estará auxiliado por el Sistema de Control y Planeación de Manufactura de MRPII.

4.4.- DEFICIENCIAS DEL SISTEMA

Para que una operación de producción pueda ser desarrollada se requiere que tres condiciones sean satisfechas:

- 1.-Debe haber material disponible
- 2.-El herramental debe estar disponible
- 3.-El centro de trabajo tiene que estar disponible, tanto máquinas como hombres.

Debido a que el MRPII es un sistema basado en la planeación de requerimientos de material, éste enfatiza la primera condición a expensas de las otras dos.

Respecto al herramienta, la mayoría de los sistemas MRPII se limitan a proveer una referencia en los registros de descripción que la permite al usuario identificar la herramienta requerida por la operación. La planeación necesaria para asegurar la disponibilidad del herramienta se supone que es realizada fuera del sistema.

Con respecto a la disponibilidad del centro de producción la mayor parte de los sistemas MRPII usan técnicas de programación de producción conocida como Programación con capacidad infinita. Esta técnica ignora las restricciones de capacidad del equipo, la lucha por el uso del equipo es considerada asumiendo que cada trabajo espera el tiempo promedio de la cola de trabajos frente al centro de producción. Esta técnica da resultados que sobrecargan los centros de trabajo.

Si las capacidades de los centros de trabajo no pueden ser aumentadas para alcanzar la demanda de la carga programada, entonces el programa es no factible, lo anterior significa que las fechas de entrega no serán cumplidas y lo cual significa que todo el plan de manufactura esta fuera de balance.

Los sistemas MRPII incluyen una función llamada Planeación de Requerimientos de Capacidad que detecta los puntos de sobre y baja carga, sin embargo, el sistema no sugiere programas alternos para remediar la situación. Esto queda para que el usuario lo resuelva a prueba y error.

Hay tres aspectos relacionados con el sistema MRPII. El primero concierne a los lotes económicos. La mayoría de los sistemas MRPII provee técnicas sofisticadas tales como mínimo costo, costo total mínimo, periodos balanceados.

Estas técnicas intentan determinar lotes óptimos, tal que la suma de los costos de llevar inventarios y de ordenar producción sean minimizados. Las técnicas para determinar el tamaño del lote son aplicadas por artículo a la vez, sin embargo, los requerimientos de productos no son independientes uno de otro, pues están relacionados por los materiales. Los requerimientos de cualquier artículo en fases de tiempo, son obtenidos a partir de los

rendimientos de los artículos de más alto nivel y después en los de siguiente nivel y así, sucesivamente hasta llegar al artículo de interés.

Consecuentemente se puede argumentar que la optimización de un artículo a la vez equivale a suboptimizar ya que se podría obtener mejores resultados viendo más de un producto a la vez al estar determinando los lotes.

El segundo problema está relacionado con la Secuenciación y Montajes dependientes. El MRPII no considera el hecho que los tiempos de montaje no solo dependen del trabajo a preparar sino también del trabajo que previamente estaba en la máquina.

La función de secuenciación tiene que ser desarrollada fuera del sistema MRPII.

El sistema provee el Supervisor de cada centro de trabajo una lista priorizada de trabajos en espera del centro de trabajo. Esta lista usualmente es conocida como lista de despacho. Lo anterior, es para lograr que el Supervisor apoye al sistema a través de sus conocimientos intuitivos sobre montajes y sus dependencias para cuando se tomen decisiones de secuenciación

Este sistema puede trabajar bien en facilidades en las cuales las decisiones de secuenciación puedan ser hechas a tiempo real, no así en aquellas facilidades donde tales decisiones impliquen un horizonte de varias semanas.

El tercer problema será relacionado con el de rutas alternas para una parte. La mayoría de los sistemas MRPII están muy bien ubicados para el seguimiento y programación de trabajos que siguen una ruta y una secuencia de operaciones predefinida. Sin embargo, puede suceder que una operación pueda ser substituida por una operación alterna o que un grupo de operaciones pueda ser substituida por otro grupo, o bien que algunas operaciones tengan que ser insertadas en la ruta de proceso para corregir problemas de calidad. La mayor parte de los sistemas MRPII pueden acomodar rutas alternas y retrabajo para algún artículo.

Por otro lado, se podría argumentar que todas estas aparentes deficiencias de los Software

de MRPII son insalvables por varias razones.

La primera, es que para poder entregar un producto compensable e implementable, funciones complejas tales como la de programación con capacidad infinita deben ser eliminadas. La segunda, es que de resolver todos los problemas mencionados con anterioridad se llegaría a un software complejo el cual requeriría de grandes recursos computacionales.

El primer argumento puede ser mejor ilustrado, si regresamos a problemas de Lotes Económicos. Mencionemos que la mayoría de los sistemas MRPII ofrecen técnicas sofisticadas para el problema del tamaño del lote y que su deficiencia es que trata con un producto a la vez.

En algunos centros de producción hay muchas restricciones técnicas que deben tomarse en cuenta cuando se toman decisiones de secuenciación y tal vez la única forma de modelar este proceso de toma de decisiones es lo que se conoce como sistemas expertos usando las herramientas de inteligencia artificial.

Si los vendedores del MRP desean proveer a cada usuario con software para orientarlos en la construcción de un sistema experto hecho a la medida de las instalaciones del usuario, deben considerar que los productos capaces de desarrollar esta función han sido apenas recientemente introducidos, y que la interfase del MRPII con estos productos podría agregar un costo significativo al paquete de MRPII.

5.- EL SISTEMA KANBAN Y EL JUSTO A TIEMPO.

El inventario es uno de los activos más importantes que posee una empresa. En general cuando sus ventas se incrementan, la demanda de recursos para financiar el inventario sigue el mismo patrón de crecimiento. Un sistema Justo a Tiempo dedica una parte sustancial de su atención para administrar los inventarios a todo lo largo de la empresa manufacturera.

Es necesario señalar que el Justo a Tiempo (JIT) no significa inventario cero. Es más bien un conjunto de procedimientos que son empleados por el departamento de materiales al trabajar con los proveedores, con la calidad y con los departamentos de ingeniería y de manufactura, para reducir tanto como sea posible los inventarios de seguridad. Presupone la sincronización de los movimientos de materiales a lo largo del proceso de producción, de manera tal que se tengan esperas muy cortas entre los diferentes subprocesos. Permite también hacer los movimientos de materiales en la planta con base en el consumo y no en una planeación descendente.

Entre los cambios más importantes introducidos por el justo a tiempo en una empresa manufacturera, se encuentra la implantación de un sistema de tracción o de JALÓN, en vez de uno de EMPUJE. El empuje y el jalón se refieren a las formas de hacer los movimientos de materiales a lo largo de una planta. La mayor parte de las empresas operan dentro de un medio de empuje. Emplean programas maestros y producción según la planeación de requerimientos de materiales (MRP) para manejar sus programas de producción y el movimiento de los materiales en la planta.

Un sistema de jalón, por el contrario, emplea una demanda ascendente (de abajo hacia arriba) que es determinada por las tasas de consumo de las partes en el proceso de producción.

5.1. TIPOS DE SISTEMAS

SISTEMAS DE EMPUJE

Las plantas pueden emplear, en general, dos tipos de sistemas para planear y elaborar productos de acuerdo con el pedido. Esto significa que cuando llega un pedido al departamento de ventas crea en la planta la demanda para la manufactura del producto de acuerdo con el deseo del cliente. Este modo de operación no es usual y normalmente se emplea cuando la orden del producto implica que este se haga a la medida.

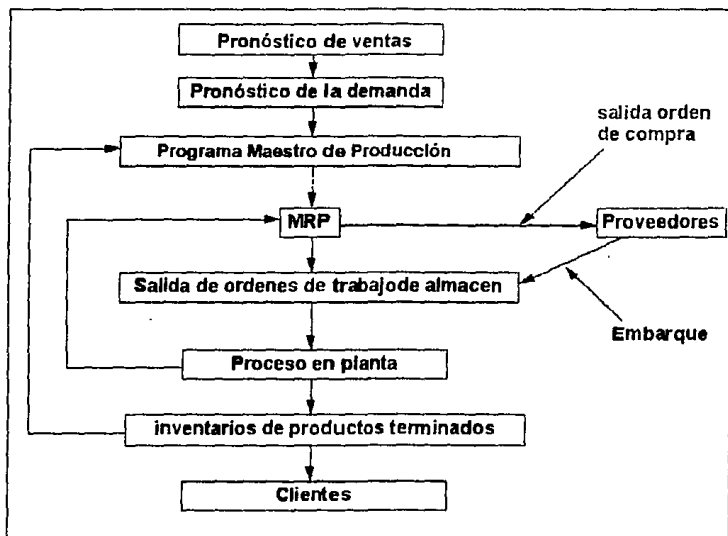
El otro enfoque es el de fabricar según un pronóstico de la demanda. Este pronóstico viene del departamento de ventas que, a su vez, lo recibió del personal de ventas que se encuentra en el campo. El personal de apoyo a ventas revisa el pronóstico comparándolo con la historia de las ventas anteriores. También se revisa conforme al plan de ventas para los próximos meses, para asegurarse que se adapta al plan de ingresos de la empresa. Una vez concluido el proceso de ajuste, el departamento de ventas turna el pronóstico al área de materiales del departamento de manufactura. El pronóstico describe rubro por rubro la cantidad de productos que el personal de ventas planea vender.

El personal operativo de ventas consulta el inventario de productos terminados al momento de comparar el pronóstico de la demanda del producto con el pronóstico de ventas. Esto les permite planear la cantidad de producto terminado que se requiere para dar apoyo al personal de ventas.

El staff de materiales transforma el pronóstico de ventas en un programa maestro de fabricación y alimenta éstos datos al sistema MRP, que es un programa de cómputo estructurado de manera descendente que descompone cuantitativamente los productos en el programa maestro, hasta el nivel mínimo de partes. Toma en consideración todas las

partes necesarias para la elaboración de los productos en las cantidades que aparecen enumeradas en el programa maestro.

El siguiente diagrama muestra el flujo de un sistema MRP:



Obsérvese que una flecha descendente une o enlaza a las distintas áreas operativas. Esto significa que el programa de elaboración y las salidas de materiales siguen la misma dirección, sin la retroalimentación adecuada para permitir la autocorrección, en el caso de cambios en los programas o dificultades en el proceso de producción, o en el abastecimiento de los materiales a la línea de producción.

SISTEMAS DE JALON

En un sistema de jalón el consumo del material rige el flujo del material a lo largo del proceso, en vez de los programas descendentes y las salidas. La última de las terminaciones en el proceso de manufactura, antes de que el producto llegue al punto donde se encuentran los productos terminados, es el factor de tracción que mueve a los materiales a lo largo de la línea de producción.

Por ejemplo, imaginemos una larga fila de fichas de domino. En un sistema de empuje se empujaría la primera ficha de la fila, esta, a su vez empujaría a la siguiente y así sucesivamente. Tal proceso produce un empuje hacia adelante, y una vez que se inicia es muy difícil de detener antes de que caiga la última ficha.

Supóngase ahora que cada una de las fichas se conecta con un hilo invisible de manera que se tenga mucho espacio entre ellas y que sea necesario jalar las piezas, una a una, con el objeto de hacer que todas caigan. Primero se hace caer la primera pieza del domino, y luego que ésta ha caído, se decide hacer caer la segunda, y así sucesivamente. El resultado es el mismo, pero el trabajo se ha llevado a cabo de una manera diferente. Las piezas se hacen caer una a una.

La ventaja de este sistema es que fácilmente se puede detener la caída de las fichas en un momento determinado. Si se tiene un problema con una ficha y se desea detener las siguientes, puede dejarse de jalar la siguiente ficha de la hilera y detener las que caen hasta que el problema quede resuelto.

Considérese ahora el movimiento de los materiales en la planta durante la producción. La línea de producción tiene que ver solamente con los materiales que se necesitan para cumplir con el programa de elaboración del producto. También el proceso se podrá detener rápidamente cuando cualquier trabajador de la línea de producción lo crea conveniente, por la existencia de algún problema, y no se tendrá más consumo en el centro de trabajo afectado. Este sistema de operación produce menos exceso de material en la línea de

producción de un sistema de empuje.

Para implantar un sistema de jalón debe crearse el hilo invisible que jalará la ficha de dominó. Toyota resolvió este problema al crear el sistema KANBAN.

Un sistema de jalón solo tiene una regla y es muy sencilla de seguir: LOS MATERIALES DEBEN MOVERSE A LA LINEA DE PRODUCCION SOLO CUANDO SE NECESITEN. Esto significa que los materiales se mueven de acuerdo a la demanda. En cambio en un sistema de empuje se mueven por abastecimiento. El JIT implica mover los materiales de un centro de trabajo a otro en las cantidades más pequeñas posibles.

El concepto de la cantidad mas pequeña de material necesario es crucial para los sistemas JIT. Por el contrario, se puede decir que en un sistema Justo a Tiempo las partes nunca son llevadas a un proceso a menos que exista una demanda de ellas. Un exceso de partes para la elaboración de un producto se considera DESPERDICIO. Para entender mejor este concepto, nos podemos ayudar del siguiente ejemplo :

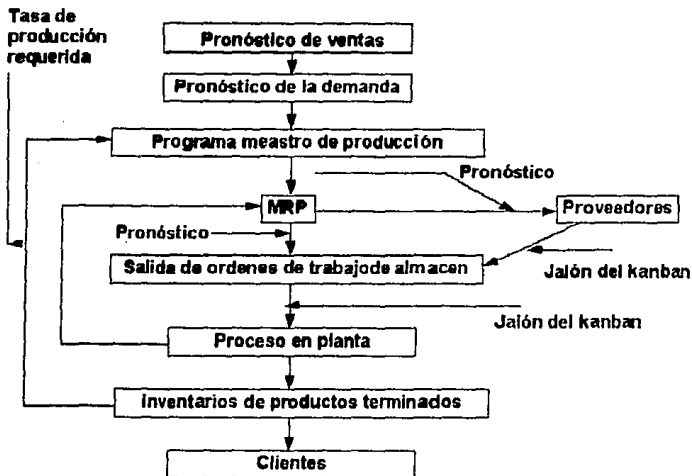
Supóngase que en una planta se elaboran cincuenta unidades por día de un determinado producto. También supóngase que se emite una orden de trabajo para la semana, y se da salida a un conjunto de 250 partes al área de manufactura el día Lunes. De acuerdo con el programa de elaboración solo se requiere un conjunto de 50 partes para ese día, y se ha dejado salir 250, lo que significa un exceso de 200 unidades en ese día Lunes; un exceso de 150 para el Martes; de 100 para el día Miércoles y 50 para el Jueves. Solo el Viernes alcanza el número exacto de partes que se necesitan. En un sistema justo a tiempo estos conjuntos de partes en exceso, serían considerados como desperdicio , porque no se necesitan para la cuota diaria. En tal sistema solo se harían salidas para 50 conjuntos por día. Y con mayor exactitud se harían salidas de 25 partes cada cuatro horas.

A continuación veamos como se puede implantar un sistema de jalón, en una linea de producción real: Un fabricante entrega el programa de producción al centro de trabajo encargado de realizar la última operación en el proceso. Este es el centro de trabajo que

envía las partes ya terminadas al área de productos terminados. El supervisor de este centro se entera, que tiene que completar un pedido de 100 unidades de un producto especial ese día. Necesita cien paquetes de determinadas partes y los subensambles necesarios para elaborar dicho producto, verifica entonces de cuantas partes dispone y si no cuenta con las necesarias envía una solicitud al centro de trabajo anterior, que abastece las partes, para pedir las cantidades exactas que requiere la elaboración del producto. Este proceso crea un efecto de onda inverso en toda la planta. El sistema siempre jala las partes y subensambles a lo largo del sistema del último centro de trabajo. Este tipo de sistema se modula a si mismo como respuesta a las variaciones de la tasa de producción durante el día; de esta manera evita el exceso de materiales en los centros de trabajo. Además, si surge un problema serio que requiera detener la línea, el sistema reacciona con rapidez.

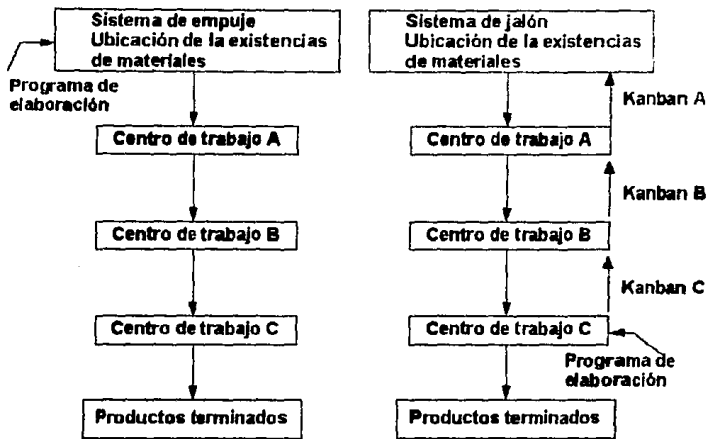
En un sistema de jalón, un centro de trabajo solicita materiales de otro centro, por medio de una tarjeta llamada KANBAN, por eso se conoce a este sistema como SISTEMA KANBAN, que es el equivalente al hilo invisible que jala las piezas de dominó.

La siguiente figura nos muestra el flujo de un sistema de Jalón :



Obsérvese que el sistema utiliza el programa maestro y una producción MRP para hacer el pronóstico de las partes requeridas a los proveedores y para establecer los programas con las tasas de producción en la planta. Entonces, si ésta se inicia en el último centro de trabajo para el proceso, antes de ir al inventario de productos terminados, el sistema jala el material requerido para la elaboración de los productos considerados en el centro de abastecimiento del proveedor y del almacén.

Las diferencias entre un sistema de empuje y uno de jalón, se pueden entender mejor atendiendo la siguiente figura:



El primer diagrama, es un proceso sencillo de flujo, en el que el desplazamiento de los programas de fabricación y los materiales sigue la misma dirección. (SISTEMA DE EMPUJE). En el segundo, existe un doble flujo. Los materiales viajan en una dirección y los programas de fabricación viajan en sentido inverso. (SISTEMA DE JALON). El sistema Kanban comunica los programas de un centro a otro.

LA Toyota desarrollo el sistema kanban para eliminar el desperdicio, pues el kanban le permitía mover los materiales en un ambiente controlado. Toyota recibió a principios de los años setentas, un reconocimiento por REDUCIR LOS INVENTARIOS a niveles inimaginables, reconociendo que gran parte de su éxito se debe al uso del SISTEMA KANBAN.

5.2.- FLUJO DE PROCESOS

Antes de iniciar el estudio del sistema kanban, y para una mejor comprensión de este sistema, definiremos a continuación qué son los procesos subsecuentes y precedentes, que se utilizarán mas adelante para definir las reglas que rigen el movimiento kanban.

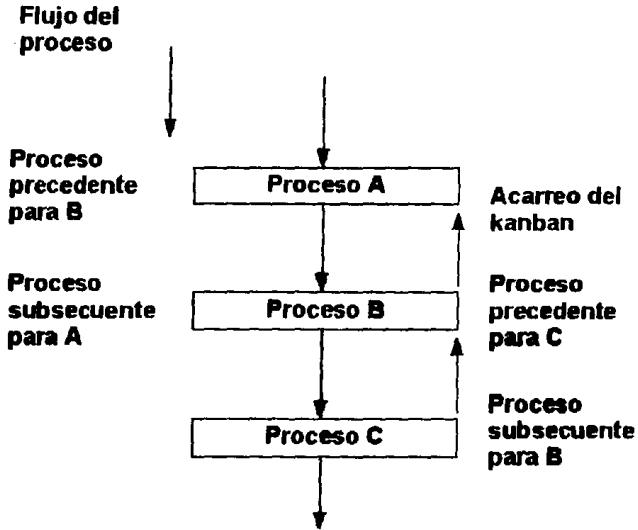
PROCESOS SUBSECUENTES

Después de que un centro de trabajo, terminó de elaborar un lote de partes, el supervisor las envía hacia otro centro de trabajo para el siguiente proceso de producción, a este proceso donde el proceso normal lleva las partes, se le denomina proceso subsecuente. El centro de trabajo que recibe las partes es el subsecuente al proceso que envía las partes.

PROCESOS PRECEDENTES

Ahora supóngase que estamos en el proceso que recibe las partes, y vemos hacia el proceso que las envía. Este proceso será el precedente al proceso en el que estamos.

FLUJO DE PROCESOS SUBSECUENTES Y PRECEDENTES

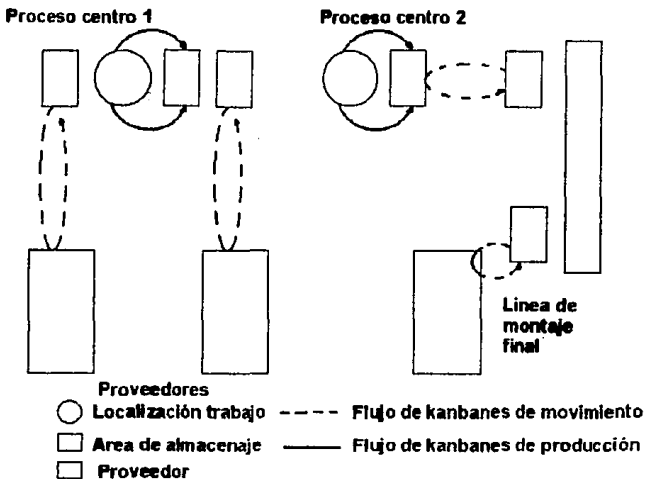


Un kanban siempre tomará partes de los procesos precedentes y las enviará a los subsecuentes. En resumen, un sistema kanban está formado por un conjunto de tarjetas que viajan entre procesos precedentes y subsecuentes, para comunicar cuáles son las partes exactas que se necesitan en los procesos subsecuentes (flujo de Kanbanes).

El kanban maneja los flujos de producción controlando los procedimientos necesarios mediante el principio "JALAR", a través de todos los puntos de localización del proceso. En otras palabras, las partes necesarias se solicitan de acuerdo con las necesidades del momento. Cuando todos los centros de trabajo están interconectados por un número de

Kanbanes, se ha creado un "JALON", y cada fase de la producción se desencadena por una petición. Incluso los proveedores se ven afectados por el "JALON", en cuanto a que deben entregar suministros de acuerdo con las necesidades existentes.

PRODUCCION CONTROLADA POR KANBANES



5.3.- DOS TIPOS DE KANBAN

TOYOTA emplea un sistema de dos Kanbanes básicos que son:

KANBAN DE RETIRO Y KANBAN DE PRODUCCION.

EL KANBAN DE RETIRO viaja entre los centros de trabajo y su finalidad es autorizar el movimiento de partes de uno a otro centro. En un sistema de kanban, el de retiro siempre

debe acompañar al flujo de materiales de un proceso a otro. Un kanban de retiro siempre debe especificar el número de parte y el nivel de revisión, así como el tamaño del lote, la dirección del proceso, el nombre de los procesos precedentes y subsecuentes con su localización en la planta. Una vez que un kanban de retiro toma las partes, se queda con ellas durante el todo el tiempo. Después, cuando los procesos subsecuentes han consumido la última parte del lote, el kanban viajará de nuevo hacia el proceso precedente para obtener nuevas partes.

EL KANBAN DE PRODUCCION : Tiene por objeto enviar la orden al proceso precedente para que se elaboren más partes. El kanban de producción irá junto con otros a una línea de espera en el centro de trabajo. Después que se han elaborado las nuevas partes, viajará de regreso al área de espera hasta que un nuevo kanban de retiro reinicie su ciclo.

En un ambiente real de trabajo, existen posibilidades de que cuando llegue un kanban de retiro a un centro de trabajo, no encuentre un kanban de producción, que lo espere con las partes. En este caso, el sistema debe tratar la situación como una emergencia de partes. El empleado debe enviar el kanban de retiro directamente al área de producción y tratarlo como uno de producción temporal. La llegada de un kanban de retiro al área de producción dará a este mayor importancia que a los kanban de producción normal. (pero no mayor que la que tienen los otros Kanbans de retiro que ya se encuentran con anterioridad).

A continuación se exponen las reglas básicas que controlan el ambiente operacional de un sistema KANBAN. Son reglas muy sencillas, pero muy importantes. Cualquier violación ocasionará distorsiones en el sistema con el desperdicio correspondiente en materiales y mano de obra.

El primer paso en la implantación de un sistema kanban, es poner por escrito las reglas de operación que lo controlan. Se recomienda que los trabajadores involucrados en el entiendan claramente sus reglas antes de utilizarlo.

Las reglas están en sintonía con los principios básicos que rigen el sistema Justo a Tiempo y proporcionan una contribución importante para evitar que se tenga un exceso de inventario en el piso de manufactura.

- El kanban debe moverse solo cuando el lote que el describe se haya consumido.
- No se permite el retiro de partes sin un kanban.
- El número de partes enviadas al proceso subsecuente debe ser exactamente el especificado por el kanban.
- Un kanban debe acompañar siempre a los productos físicos.
- El proceso precedente siempre debe producir sus partes en las cantidades retiradas por el proceso subsecuente.
- Las partes defectuosas nunca deben ser enviadas al proceso subsecuente.
- El Kanban debe ser procesado en todos los centros de trabajo de manera escrita en el orden en que llegan a éstos.

Es importante que, una vez que el sistema kanban opere, exista una revisión periódica del mismo para evitar que los trabajadores se desvíen de estas reglas. En caso de que ocurrieran desviaciones, es necesario descubrir sus causas y tomar acciones correctivas de inmediato. Se recomienda que estas reglas se pongan por escrito y sean distribuidas a todos los involucrados en el sistema de kanban. Es necesario asegurarse de que todo el mundo entienda y use estas reglas durante la operación normal.

En una empresa de manufactura, el planificador de materiales, es la persona responsable de la emisión de tarjetas kanban. Determina también el tamaño de los lotes que el kanban va a obtener. Puede en ocasiones emitir tarjetas adicionales para incrementar la producción de alguna parte específica, y también puede retirar de la circulación tarjetas a fin de reducir el programa de producción. Sin embargo, el planificador no puede determinar el tamaño de los lotes sin consultar la capacidad de la planta y sin conocer los contenedores que se emplean para el empaque y acarreo de las partes.

El número de Kanbanes para una cierta cantidad de partes se calcula mediante la siguiente ecuación :

$$\text{Número de Kanbanes} = \frac{\left(\text{Demanda Diaria de unidades} \right) \left(\text{Factor de seguridad} \right) \left(\text{Tiempo de orden para el ciclo} \right)}{\text{Tamaño del Lote}}$$

Donde:

La demanda de unidades constituye la tasa diaria de producción del artículo.

El tiempo de orden del ciclo es el tiempo empleado en procesar la parte o en abastecer un objeto adquirido.

El factor de seguridad es, normalmente, un aumento porcentual en el número de Kanbanes instituida como medida de seguridad.

El tamaño del lote es el número de partes que el kanban autoriza a acarrear, si es del tipo de retiro, o a ser manufacturado si se trata de uno de producción.

5.4.- EL KANBAN Y LA MANUFACTURA REPETITIVA.

En una empresa de manufactura se tienen dos sistemas de inventarios que corren en paralelo. Uno es el inventario físico real, de partes, subensables y productos terminados que permanecerán en almacenes a lo largo del proceso de manufactura. El otro lo constituyen los registros de inventarios perpetuos, almacenados en la base de datos de la computadora que hacen el seguimiento del proceso de manufactura. El inventario en la computadora es un listado de datos que debe conciliarse con el inventario físico hasta su

última parte. El MRP II utiliza este inventario de la computadora para calcular los requerimientos de componentes y dar soporte a las necesidades materiales de producción. El departamento de finanzas también utiliza este inventario para dar seguimiento del valor en moneda del inventario físico. Un sistema de kauban mueve los materiales de acuerdo con un sistema de jalón, pero no hace el seguimiento de los inventarios en los centros de trabajo o lugares de almacenamiento. Los Kanbanes son solo boletos que autorizan el movimiento o producción de sus partes.

Es cierto que en una empresa se pueden contar los materiales que se transfieren por medio de los Kanbanes y que esta información se puede introducir a la computadora; pero resultaría engorroso y propenso al error. También se tiene el problema de que los Kanbanes de producción no realizan seguimiento de la mano de obra, lo que hace necesario un sistema paralelo.

Una combinación del sistema repetitivo de manufactura y el de kauban podría solucionar este problema. El sistema repetitivo haría el seguimiento de todas las transferencias de materiales los valores de las existencias en la base de datos de la computadora. El kauban se encargaría del movimiento de los materiales entre los centros de trabajo donde se necesiten.

Un sistema repetitivo de producción puede ser diseñado para que espere la llegada de un kauban en un proceso precedente antes de enviar la tasa asignada de partes. La mecánica para este movimiento es sencilla. El operador en la ubicación de existencias envía las partes solicitadas por el kauban y registra la tasa en la computadora con una instrucción repetitiva.

El seguimiento del estado kauban es uno de los principales problemas a los que se enfrentará el planificador de materiales al usarlo. Para un sistema pequeño de Kanbanes podría dar resultados momentáneos, pero a medida de que el número de Kanbanes se incremente y el tráfico se haga más intenso, el planificador usará demasiado tiempo sólo

para realizar el seguimiento. Esto en términos de Justo a Tiempo sería considerado desperdicio.

Debe quedar claro que la implantación de un SISTEMA KANBAN implica numerosas decisiones. Por ejemplo: ¿Cuál es la cantidad de números de partes que debe ser puesta inicialmente bajo el sistema kanban?, ¿Es conveniente que el sistema se implante primero al interior o con los proveedores?, ¿Se deben escoger las partes de clase A, las de clase B o los subensambles?. Es difícil responder a estas preguntas de manera que satisfaga a todos los nuevos practicantes al mismo tiempo, pues toda empresa de manufactura es diferente. Sin embargo mencionaremos unos lineamientos generales:

Primero, se recomienda que la implantación de un sistema de kanban se inicie en el interior y no al exterior (con los proveedores); la experiencia inicial y el conocimiento adquirido preparará al titular del departamento de materiales para manejar problemas semejantes una vez que el kanban viaje fuera de la planta.

El método más seguro es seleccionar unos cuantos centros de trabajo y diseñar en el papel un sistema kanban para ellos. Pónganse por escrito los procedimientos de operación del kanban y diseñese la tarjeta kanban y la información que esta debe contener. Es necesario asegurarse que todos los involucrados revisen los procedimientos y proporcionen alguna retroalimentación útil. Una vez que se haya finalizado el diseño de procedimientos, es necesario llevar a cabo una capacitación para asegurarse de que todo el mundo entiende como operar bajo un sistema de kanban. Entonces se debe seleccionar la ubicación de los buzones, las áreas de operación y los contenedores de materiales.

Una vez que el sistema y la capacitación están en operación el planificador de materiales puede aplicar los Kanbanes al proceso. Se recomienda que el número de Kanbanes sea inicialmente pequeño. Se debe tomar en consideración la situación actual del proceso, los rendimientos y los registros de calidad de las partes.

El departamento de materiales debe también determinar los procedimientos para hacer el

seguimiento de los materiales y de la mano de obra en la computadora. Es mejor tener establecido ya el sistema de manufactura repetitiva antes implantar un sistema kanban. Finalmente el planeador debe poner en marcha un sistema sencillo de seguimiento antes de constituir el primer kanban. Si los proveedores están involucrados, el planeador debe asegurarse de que ellos entiendan la forma de manejar el kanban de manera que no se pierdan. Luego de que el sistema kanban haya estado en marcha durante algunas semanas será útil tener una junta de evaluación con todas las partes involucradas para hacer los cambios necesarios y corregir cualquier problema. Algunas semanas mas tarde es necesario iniciar la afinación del sistema y reducir el número de Kanbanes disminuyendo los factores iniciales de seguridad considerados. El sistema deberá muy pronto comenzar a producir resultados excelentes, al controlar la transferencia de los materiales en forma de JALON.

5.5.- EL ORIGEN DEL JUSTO A TIEMPO EN LA INDUSTRIA OCCIDENTAL.

El descubrimiento del JIT por la industria occidental no esta estrechamente relacionado con los estímulos japoneses. Realmente, el término JIT fué introducido en los Estados Unidos al final de los años sesentas, y fue definido de la siguiente manera:

Producir artículos acabados justo a tiempo para entregar; producir ítems semiacabados y auto-reaprovisionarse con materiales comprados justo a tiempo para usarlos.

La definición indica que el concepto estaba ya relativamente claro en aquel tiempo. También revela la motivación para la adopción del nuevo modelo: Los problemas financieros que surgen con la existencia de grandes inventarios.

Entre 1965 y 1968, los directores de compañías americanas empezaron a creer (correctamente) que la carga financiera derivada de su dirección de producción y sistemas

de programación era excesiva. La eficiencia en la producción, o la máxima saturación de los recursos, constituía un objetivo prioritario en estos sistemas. Los tiempos en vacío de trabajadores o máquinas eran contemplados como un lapso extremadamente serio, que era absolutamente necesario evitar.

Esta visión que tuvo su origen en Taylor, surgió durante los años 50's, cuando los costos de mano de obra directa constituían los costos operacionales más elevados de las compañías y eran contemplados, por tanto, como área de mejora prioritaria. Durante aquellos años, los plazos de entrega y de calidad del producto eran factores relativamente menos importantes, cuando el mercado estaba aún por saturar y pautas semi-monopólicas existían en muchos sectores. Los compradores estaban preparados, por ejemplo, para pagar un depósito de un automóvil que llegaría seis meses más tarde, con el color y accesorios opcionales a seleccionar por el fabricante. Este fabricante, mientras tanto, podía intentar reducir los costos exclusivamente investigando las economías de escala más apropiadas (pocos colores, pocos modelos, con la eficiencia de la producción como objetivo prioritario).

Los años 60's y 70's, trajeron influencias que incidieron en los beneficios de los negocios, tales como los inventarios, los periodos de entrega, y la calidad del producto. Dentro de este nuevo contexto, el modelo tradicional Tayloriano, que había sido diseñado para garantizar la prioridad en la eficiencia, perdió su relevancia, sumergiéndose en crisis a muchos negocios.

Como hemos apuntado anteriormente, el ímpetu primario para el enfoque JIT en los Estados Unidos fue la carga financiera asociada con la presencia de grandes inventarios. Esta situación produjo una revolución en la programación de la producción. El objetivo prioritario para el nuevo sistema fue evitar producir nada por anticipado o en exceso, con relación a las necesidades en un momento dado, aún a costa de no saturar los recursos. La nueva actitud era: "Solamente debe producirse lo que se necesita. Una hora de inactividad

es mejor que una hora de OUTPUT que tiene que ir al almacén".

El sistema MRP , previene la programación de las necesidades de materiales y actividades sobre la base de los datos concernientes a las necesidades actuales. Por tanto, se procede programando hacia atrás todo lo que sea necesario para producir los artículos "en el último momento posible". La carga resultante de trabajo para los diferentes centros de producción no es más que una consecuencia de las necesidades, y se define por consiguiente en términos óptimos.

Como este sistema no toma en cuenta las capacidades de producción de los diferentes departamentos, se define como un sistema de programación de capacidad infinita, en contraste con los sistemas de programación de capacidad finita en los que es una prioridad la saturación de los recursos.

En los Estados Unidos, la cruzada MRP produjo un impacto tan significativo que, en 1973 el 47% de las compañías industriales habían adoptado el nuevo sistema de programación.

A continuación se muestra una tabla, en la que se pueden apreciar las diferentes técnicas adoptadas por las compañías americanas en el año de 1973:

Técnica	Porcentaje de compañías
Analisis ABC	62
Lotes económicos	56
MRP	47
Punto de reaprovisionamiento	32
Modelos matemáticos	30
Capacidad finita	30

La convicción de que el MRP era la respuesta al desafío "just-in-time", sobrevivió hasta aproximadamente 1976. En aquel tiempo, la confrontación con la industria japonesa empezó a inspirar dudas sobre la efectividad del MRP. Los fabricantes se maravillaban de por qué, si el MRP era equivalente al JIT, las compañías japonesas sin utilizar el MRP, obtenían resultados que eran hasta diez veces mejores que los propios. No obstante el MRP alcanzó su nivel más alto en el año de 1981, donde el 73% de las empresas americanas empleaban el sistema. Las dudas sobre la validez de este sistema orilló a estudiar más a fondo el sistema de organización japonés, dando lugar a las siguientes conclusiones:

- 1.- El modelo de producción japonés es considerablemente más simple.
- 2.- No es suficiente adoptar diversos sistemas de programación para conseguir la producción "JIT": los japoneses han demostrado que en orden a conseguir este objetivo, deben introducirse nuevos enfoques a través de toda la compañía.

A partir de los estudios realizados por los occidentales del sistema japonés desde 1976, fueron sustrayendo lecciones que en un momento determinado les ayudaran a implantar este tipo de sistema. La cronología de cómo fue sucediendo, se muestra en la siguiente tabla:

- (1968-1975) Revolución en el sistema de programación de la producción con el movimiento hacia el JIT a través del MRP.
- (1975-1979) Contemplación del modelo organizacional japonés: Descubrimiento de que los conceptos JIT deben introducirse en toda la compañía.
- (1978-1981) Desarrollo de un modelo de compañía JIT: versiones iniciales del sistema.
- (1981-) Revolución en la organización de la producción.

Como se ha mencionado, la revolución de la organización de la producción está rindiendo ya resultados significativos. Verdaderamente la aproximación occidental al JIT está aun

influenciada por una prevaeciente visión técnica en la que las dimensiones cultural y organizacional, no se toman o se toman realmente en cuenta.

El diagnóstico presentado por Robert Hall, que se muestra a continuación, evalúa las diferencias entre las aproximaciones americana y japonesa:

CONCEPTO	JAPON	U.S.A.
CONTROL DE CALIDAD	Reforzar las capacidades del personal	Técnicas
MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL	Mejorar Capacidades de Equipo	Evitar paradas no planeadas
ESTANDARIZACION	Métodos estandarizados a menudo por los trabajadores	Métodos usualmente fijados por Ing. Industrial
VISIBILIDAD	Todas las personas pueden ver los datos	Los supervisores guardan los datos

5.6.- PRINCIPIOS DE LA ORGANIZACION JIT

Principios básicos :

La organización just-in-time de la producción tiene sus bases lógicas en ciertas premissas fundamentales.. Estas premissas se pueden establecer en seis principios, que a continuación se enuncian:

1.- "JUST-IN-TIME"

Producir los artículos acabados justo a tiempo para la entrega, producir elementos semiacabados y submontajes justo a tiempo para el ensamblaje, reaprovisionarse de componentes justo a tiempo para usarlos.

2.- PRODUCCIÓN SIN INVENTARIOS

Proceder desde la dirección con máxima energía (tanto inventario como sea necesario para

encubrir los problemas) a la dirección mínima energía (tan poco inventario como sea necesario para identificar problemas).

3.- EVITAR EL DESPILFARRO

Nada más que las cantidades de material, piezas, espacio, y tiempo de trabajo que sean indispensables para añadir valor al producto.

4.- PRODUCCIÓN EN FLUJO

Comparable con un proceso químico que procede desde las primeras materias al producto acabado, sin interrupciones, manipulaciones innecesarias o inventarios intermedios.

5.- SISTEMA DE JALON

Desde la producción que determina el flujo de materiales que determina la producción.

6.- RESPONSABILIDAD DINAMICA

Desde una responsabilidad estática, de un solo nivel a una responsabilidad *dinámica* concordante con el flujo.

5.7.- PRODUCCIÓN SIN INVENTARIO.

Desde un punto de vista cultural, es revelador que el mismo modelo de organización de la producción se haya identificado por los directores occidentales y japoneses con dos etiquetas diferentes: "JUST-IN-TIME" y PRODUCCIÓN SIN INVENTARIO.

Las diferencias de terminologías no son accidentales. Por el contrario asocian diferencias entre perspectivas de dirección. En el enfoque de la dirección occidental orientada al

mercado, el flujo de la producción se percibe como series de eventos que deben ocurrir justo a tiempo dentro de una estructura de proceso que comienza en el mercado y procede a la inversa hacia las materias primas. Por el contrario, el enfoque orientado a las operaciones de los directores japoneses, el flujo de la producción se contempla como un proceso que, cuando se ve desde dentro o desde el punto de vista de la producción, debe ocurrir con inventarios intermedios considerablemente reducidos. Por tanto, dos facetas del mismo fenómeno existen de acuerdo con diferentes perspectivas de observación.

Los seis principios mencionados anteriormente, ilustran la importancia de los flujos de producción para el modelo de producción "just-in-time"/producción sin inventarios. Por lo que los japoneses han creado un indicador especial denominado : VALOR DEL FLUJO, que se utiliza para comparar niveles de flujo en compañías que operan en el mismo sector del mercado, o para realizar mejoras dentro de una misma compañía. Es posible expresar el valor del flujo como se muestra en esta ecuación :

$$F = \frac{L}{M}$$

DONDE:

F = FLUJO

L = PLAZO DE FABRICACION MEDIO, DESDE LAS PRIMERAS MATERIAS HASTA EL PRODUCTO ACABADO.(número de días, incluyendo los días en que no hay producción)

M = HORAS NETAS EN OPERACIONES PROPIAMENTE DE PRODUCCION POR UNIDAD DE PRODUCTO, DESDE LAS PRIMERAS MATERIAS AL PRODUCTO ACABADO.

5.8.- IMPACTO DEL JIT EN EL INVENTARIO.

De todo lo mencionado con anterioridad, se desprende, que en cualquier organización manufacturera, cualquiera que sea su giro, el principal parámetro que se debe controlar es el INVENTARIO. Y el sistema "JUST-IN-TIME", tiene un impacto muy relevante, en la administración del inventario.

PUNTOS DE IMPACTO :

- Eliminación del desperdicio.
- Eliminación de controles físicos.
- Reducción del inventario en proceso.
- Eliminación de colas.
- Eliminación del inventario de seguridad.
- Reducir tamaños de lote.
- Reducir tiempos de preparación.
- Entregas frecuentes de proveedores.
- Reducir los tiempos muertos.
- Eliminación de ordenes de producción.
- Creación del sistema Kanban.
- Cambio a políticas de lotificación.
- Disminución de costos de mantener inventario.
- Disminución de costos de manejo físico.

5.9.- El Justo a Tiempo y los proveedores.

Un aspecto crucial en el Justo a Tiempo es el tener una estrecha relación con los proveedores, por lo que una manera fácil de lograr esta relación es teniendo el menor

número de éstos posible. En este nuevo tipo de sociedad, la empresa hará compromisos a largo plazo con los proveedores, teniendo ésta la obligación de proporcionar pronósticos precisos y soporte técnico.

Un programa de abastecimiento Justo a Tiempo requiere una cuidadosa planeación y ejecución. Para evitar resistencia al programa, el fabricante debe hacer hincapié en el concepto de comunidad desde el principio. La meta es instituir un sistema que simplifique el abastecimiento de partes a la planta y que de beneficios a ambas partes. Una vez logrado el plan, el fabricante podrá reducir sus inventarios y eliminar posibles inspecciones de los artículos. Estos cambios operacionales implican que el proveedor surta artículos de calidad excelente y que sus entregas sean consistentes. Para asegurar el éxito, el fabricante deberá implementar un programa de Control de Calidad Total (C.T.C.), paralelamente al programa Justo a Tiempo.

El JIT implica una reducción en los tiempos de espera del proveedor. Esta tarea permite que el fabricante programe las salidas de materiales a los ritmos de consumo reales en la planta. Luego reduce el tiempo de espera con el objeto de tener una disminución sustancial del inventario. El proceso de salida y programación puede dividirse en cinco etapas:

- 1) Hacer un compromiso de compras a largo plazo con los proveedores.
- 2) Dar un pronóstico mensual para un período móvil de por lo menos seis meses.
- 3) Dar al proveedor una salida mensual en firme para el siguiente mes de producción.
- 4) Establecer con el proveedor el ritmo al cual serán entregados los productos.
- 5) Establecer un acuerdo con el proveedor sobre la política para cambiar las tasas de entrega. Esta política debe ser clara e incluir por igual incrementos y disminuciones.

Como se ha mencionado anteriormente, una finalidad del JIT es evitar el desperdicio. El inspeccionar una parte no añade valor al producto, pues la inspección sólo confirma lo que se debería saber desde un principio; que el proveedor envió una parte que se apega a las especificaciones. Uno de los pasos más importantes que requiere el JIT para los proveedores es la eliminación de la inspección de recepción. Esta supone que cada parte que llegue al andén de recepción debe ser enviada directamente al piso de manufactura sin ningún desperdicio de tiempo.

Los beneficios que se lograrán con la implantación de un sistema JIT/Proveedores no se logran de la noche a la mañana. Se tiene que trabajar muy duro para lograr la buena selección de los proveedores, y no se debe considerar al precio como el único factor determinante. La calidad y la confiabilidad de que éstos entreguen lotes pequeños a tiempo debe pesar enormemente. A continuación mencionaremos algunos de los beneficios que nos brinda este sistema:

- Costo de las partes
- Calidad
- Mayor productividad en el depto. de compras
- Mejoras en el diseño
- Mejoras generales de productividad

5.10.- EL CONTROL TOTAL DE LA CALIDAD EN UN SISTEMA JIT.

En un sistema JIT, el fabricante no opera con excesos en sus inventarios que le permita cubrir partes defectuosas. Esto lo obliga a resolver sus problemas de calidad antes de continuar con la elaboración del producto. Para reducir el riesgo de pasos frecuentes en la línea, debe contar con un programa de control de calidad antes de reducir su inventario.

Bajo un programa de control total de calidad (C.T.C.) el fabricante toma diversas acciones correctivas con respecto a los problemas relacionados con la calidad, hasta que el producto se apege cien por ciento a las especificaciones.

EL C.T.C. implica el compromiso de todos los individuos dentro de la empresa para administrar el proceso de control de calidad de manera que se produzcan los mejores productos posibles. El programa C.T.C. es fundamental para el éxito del sistema JIT, pues ningún Justo a Tiempo puede funcionar sin la existencia de productos y partes de alta calidad.

Un programa C.T.C. no requiere inspección para asegurar la calidad de las partes, mas bien transfiere responsabilidad de calidad a quienes fabrican.. También requiere un buen sistema de información para proporcionar retroalimentación a quienes son responsables de corregir los problemas que surgan.

El C.T.C. es responsabilidad de todos, desde los Directivos hasta los operadores de una línea de producción, extendida hasta los proveedores, pues el fabricante nunca podría producir un producto de excelente calidad a menos que las partes que se emplean sean de la misma calidad. La administración juega un papel fundamental en la obtención de la calidad. Los Directivos tienen la responsabilidad de apoyar el esfuerzo de control de calidad a lo largo de la empresa. Ellos son también responsables de proporcionar a los trabajadores las herramientas y el entrenamiento idóneo para hacer un trabajo de alta calidad. Los Directivos no pueden pedir que los trabajadores hagan un trabajo de calidad si no les proporcionan elementos adecuados. Los Directivos deben ser congruentes con sus directrices y no contradecirse. Los mensajes con contradicciones pueden tener un efecto distorsionante, y grave ya que sin duda pueden causar desmoralización.

A lo largo de los años han existido muchos programas que enfocan la atención de los trabajadores hacia la calidad. Los programas de círculos de calidad, cero defectos y muchos otros han sido empleados con mucho éxito en algunas empresas y con poco en

otras. Entre las principales razones de los fracasos, se tiene la falta de un compromiso total por parte de trabajadores y Directivos así como el no entender que un programa de calidad no termina nunca. En la practica los directivos y los trabajadores deben pensar en la calidad como en un paciente que recibe atención en la unidad de cuidados intensivos de un hospital, y en si mismos, como doctores que deben vigilar los signos vitales y adoptar de inmediato acciones correctivas.

6- TEORIA DE RESTRICCIONES Y MANUFACTURA SINCRONIZADA.

6.1 Antecedentes.

Después de haber analizado el proceso que ha seguido a través de los últimos años la logística para acelerar el flujo de materiales en una industria, podemos observar como, a pesar de inversiones tan grandes en los sistemas MRP y MRP II, no han logrado devolver a occidente la delantera que de una manera definitiva ha perdido ante sus competidores japoneses. Estos, con su enfoque a la logística de la fábrica Justo a Tiempo / Kanban, demostraron ser superiores. Actualmente algunas empresas de occidente están tratando de emularlas, aunque la ventaja que les llevan es bastante considerable. Para lograr que este tipo de sistema funcione, se requiere que tanto nosotros como nuestros proveedores trabajemos bajo los mismos conceptos de Calidad y Servicio, por lo que una implementación de este tipo nos tomaría 15 años aproximadamente. A mediados de los 80's el Dr. Eliyahu M. Goldratt publica el libro La Meta, en la que propone cuál debe ser la respuesta de occidente para dar alcance a los japoneses. En ella nos muestra como, modificando nuestro enfoque de Costos por un enfoque de manejo de inventarios y cuellos de botella y redefiniendo nuestros objetivos, podemos lograr resultados sorprendentes en un periodo corto de tiempo, de modo que podamos acortar esa ventaja.

6.2 Objetivo de una Empresa Manufacturera.

A diferencia de lo que pudiéramos pensar, en una organización industrial se puede presentar que cada departamento tenga definidos sus propios objetivos particulares, sin importar que estos no concuerden con los objetivos del resto de la empresa. Así, para el

departamento de Compras un objetivo es comprar materiales al menor costo posible, sin importar que nuestro almacén este lleno de "ofertas" que el adquirió, implicando esto un alto costo de almacenamiento y manejo para la empresa. Lo mismo puede suceder en el departamento de Personal, al intentar contratar la mayor cantidad de gente posible, o en Calidad y Servicio, al querer tener solo productos de la más alta Calidad sin importar el costo, o en Ventas que a veces solo por el hecho de vender no les importa que la compañía deje de recibir utilidades.

Podríamos continuar de la misma manera definiendo objetivos particulares para cada área de la compañía pudiendo encontrar que algunos de ellos inclusive se contraponen, lo que agrava más la situación de hacia donde dirigir nuestros esfuerzos. Para encontrar cual es el objetivo de una empresa tenemos que volver los ojos al origen mismo de ella. Es decir, al crear una empresa los accionistas invierten dinero para ganar más dinero durante un período largo de tiempo, por lo que esta Teoría propone que ese debe ser nuestro gran objetivo : Ganar dinero en el presente y también en el futuro.

Aunque parece una definición demasiado sencilla de lo que puede ser la meta de una compañía para muchos de nosotros es muy fácil perdersen en los objetivos de los diferentes departamentos o, incluso, en los de carácter personal. Una vez que se tiene bien definido cual es el objetivo y que toda la gente dentro de la organización lo conoce y comprende, podemos entonces definir Acción Productiva como aquella que esta encaminada a que la compañía haga dinero y, por el contrario, toda acción que nos aleja de este objetivo es No Productiva.

6.3 Mediciones Financieras Básicas

La siguiente cuestión a analizar es encontrar la manera de medir si estoy o no logrando mi objetivo de hacer dinero. Para esto, esta teoría nos propone tres indicadores básicos para

detectar de una manera rápida y eficaz esta situación. El primero de ellos resulta de la natural inquietud de cualquier inversionista de saber si al final de cierto periodo se obtiene o no Utilidad Neta, la cual es detectada de una manera rápida al analizar el Estado de Resultados o el de Pérdidas y Ganancias. Este dato también se obtiene del Balance General, aunque el saber como se obtuvieron resulta más ilustrativo. Esta primer medida - Utilidad Neta - es una medida absoluta, puesto que no depende de ningún otro estado en el tiempo de la empresa.

El saber si obtenemos ganancias no basta pues debemos de encontrar una relación entre la cantidad de dinero que hemos invertido en la empresa y el dinero que ésta genera. A esta medida se le conoce como Retorno sobre la Inversión. Obviamente esta medida es relativa pues depende de dos factores para ser obtenida.

Estos dos indicadores parecen ser suficientes, pero a muchas empresas la amenaza de quiebra les ha recordado en forma contundente que también existe un indicador de supervivencia, como es el Flujo de Efectivo. Esta medida es un indicador de nivel, pues cuando tenemos suficiente liquidez, no es importante, pero cuando no tenemos suficiente, nada más importa.

Para toda empresa estas tres medidas funcionan muy bien para determinar si se está logrando la meta de hacer dinero, aunque esto sólo es a nivel de estados financieros, por lo que resultan más que inadecuadas para determinar si cada una de nuestras acciones nos acercan o nos alejan de nuestro objetivo, pues resulta ilógico que tengamos que esperar hasta el final del periodo fiscal para ver si el tamaño de nuestros lotes o la compra de nueva maquinaria o la aceptación de un nuevo pedido a precio más bajo afecta nuestras utilidades o no.

Se nos presenta entonces la necesidad de establecer un "puente" entre las medidas básicas de carácter financiero y las decisiones de operación que tenemos que tomar prácticamente a diario. En la actualidad este enlace está basado en el concepto de Costos, para lo cual se

ha desarrollado toda una gran serie de procedimientos y sistemas que "nos ayudan" a la toma de decisiones y, prácticamente, toda la empresa se rige por estas técnicas y ninguna decisión puede ser tomada si antes no ha pasado por un análisis de costeo profundo. El problema en este momento, plantea esta Teoría, es saber si el concepto de Costo nos está llevando en la dirección correcta, por lo que analizaremos un poco más a detalle el concepto de costos.

6.4 Consideraciones sobre Costos.

El sistema de Costos Estándar ha sido el mecanismo con el cual la mayoría de las organizaciones han realizado su toma de decisiones y su control administrativo por más de cuatro décadas. Dentro de estos procedimientos se detallan mecanismos que nos calculan el impacto de cualquier acción que pretendamos hacer. Por muchos años, este sistema ha sobrevivido como el modo normal de operación. A pesar de sus limitaciones no existía una mejor alternativa disponible.

Pero debido al ambiente actual de competitividad que existe en el mundo esto ha cambiado. Ahora existe una gran inquietud entre aquellos que se encargan de estos sistemas para modificarlos. Este sistema tiene un gran número de errores que entorpecen, en lugar de ayudar, la labor de la administración en su carrera por ser más competitivos.

Dos grandes problemas de los costos estándares son :

- 1.- Está basado en suposiciones que no son ciertas.
- 2.- Intenta reducir el costo en cada proceso en forma aislada, por lo que al intentar lograr estos óptimos locales, el enfoque de costos propicia un sistema muy lejano al óptimo global.

Algunas de las suposiciones que son críticas para este sistema y, que no son válidas, son :

- El costo total del sistema es igual a la suma del costo de cada operación.
- El costo total de cada operación es proporcional al costo de mano de obra de esa operación.
- El costo total del sistema (sin incluir materiales) es proporcional a la suma de costos de mano de obra
- El procedimiento de costo estándar puede ser utilizado en sentido inverso, de modo que se puede calcular el impacto de cualquier acción en el costo total del sistema.
- La clave para alcanzar el óptimo global es lograr óptimos locales.

Actualmente utilizamos tanto los costos como la intuición para determinar que acciones realizar. El simple hecho de que pasemos por alto las recomendaciones de costos con tanta frecuencia ya nos habla de que estos procedimientos no son los adecuados. La intuición con frecuencia ayuda a mejorar la recomendación de costos pero, desafortunadamente, la intuición no es una base para la buena comunicación

Resulta entonces muy claro que debemos buscar un mejor enlace entre nuestras acciones locales en manufactura y nuestro objetivo global, de modo que sea fácil para toda la gente darse cuenta de manera inmediata si sus decisiones nos acercan o nos alejan de nuestra meta. Para esto, la Teoría de Restricciones propone el uso de tres indicadores como medidas operacionales.

6.5 Medidas Operacionales.

En la búsqueda de medidas que puedan evaluar de una manera adecuada el efecto de las

decisiones que se toman en manufactura surge este conjunto de medidas que logran el objetivo de evaluar sus repercusiones en la productividad y conectabilidad de la compañía. Estas medidas son Throughput, Inventario y Gastos de operación, las cuales definimos a continuación:

THROUGHPUT :

Es el dinero que se genera dentro del sistema en un período de tiempo determinado a través de las ventas. Es importante hacer notar que es sólo el dinero producto de las ventas, y no de otro tipo de movimientos financieros. Además, éste se genera hasta que el producto es vendido, pues si no, es inventario. La mejor manera de medir el Throughput es midiendo el ritmo promedio en un período de tiempo determinado. Así, el Throughput en ese período será las ventas hechas menos los materiales utilizados para su elaboración. Si el dinero gastado no se puede identificar con un producto vendido determinado, este debe ser considerado como Gasto de Operación.

INVENTARIO :

Es la cantidad de dinero invertido en materiales que la compañía intenta vender. Aquí se incluyen materias primas, producción en proceso y productos terminados. Aunque la definición parece simple, es bastante grande su alcance, pues elimina esos conceptos complicados de costos, pues no considera ningún valor agregado para su manejo, y sólo considera el precio que se pagó por los materiales que se usaron en él. En el manejo de este concepto radica parte del secreto y logros de esta teoría, como veremos más adelante.

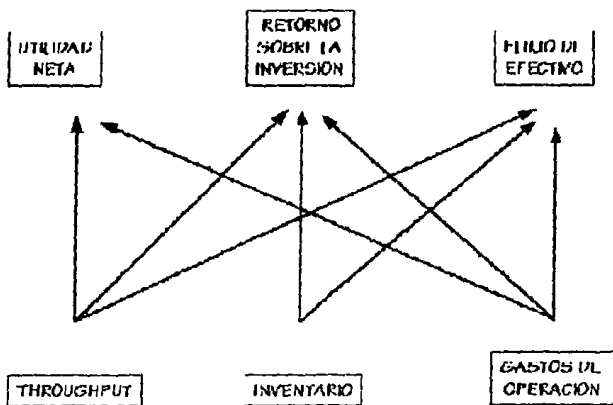
GASTOS DE OPERACION :

Cantidad de dinero que la compañía gastó para convertir el inventario en Throughput. Aquí es donde incluimos todas esas actividades que agregan valor al producto y cuya

dificultad de asignación queda resuelta al ser gastos de operación. Inclusive los gastos de manejo de inventarios entran aquí.

Debemos reparar en el hecho de que las tres medidas guardan un común denominador entre sí, que es que las tres son evaluadas en función del dinero. La relación entre ellas es fácil de visualizar si consideramos a la organización como una máquina de hacer dinero, Throughput el dinero que genera al funcionar, Inventario a aquel dinero que existe en sus entrañas y los Gastos de Operación la cantidad de dinero que debemos pagar de manera continua para hacerla funcionar.

El impacto de nuestras medidas operacionales sobre nuestras medidas básicas queda de manifiesto en el siguiente diagrama :



El hecho de trabajar para aumentar nuestro Throughput, o disminuir nuestros inventarios o gastos de operación impactará positivamente en una o más medidas básicas, por lo que su análisis para su implementación toma cada vez mayor importancia.

6.6 Ventajas competitivas a través de los Inventarios.

En estos tiempos de tanta competencia, existe una preocupación cada vez mayor en la industria de que existen beneficios intangibles derivados de la reducción de inventarios, los cuales nuestros sistemas actuales de contabilidad no son capaces de reconocer. Tan es así, que los Japoneses dedican gran parte de su tiempo a eliminar toda clase de inventario, sin importar lo pequeño que este sea. Tenemos que reconocer que los Inventarios tienen un impacto significativo sobre nuestra postura de competitividad en el mercado. Las ventajas que el trabajar con niveles de inventario bajos nos puede ofrecer son :

Mejoras en la Calidad.

Parte del gran éxito que los Japoneses han alcanzado en el mundo de deben a las enseñanzas del Dr. Deming, que entre otras cosas logró cambiar su actitud hacia el análisis de los defectos, pues en lugar de centrar su atención en encontrar al culpable, dedican sus esfuerzos a descubrir la verdadera causa del problema. Para esto la calidad de sus productos es verificada durante el proceso y no al final de él, como suele suceder en gran parte de la industria en México, lo que les permite tomar acciones correctivas de manera eficaz y sin procesar cantidades mayores de productos defectuosos. En un entorno de altos inventarios y tamaños de lote grandes, cuando se detecta un problema no sólo tenemos un gran número de piezas defectuosas, con la consiguiente pérdida económica, sino que el retraso en el tiempo de entrega nos obligará a dedicar recursos extras para generar rápidamente las piezas de reemplazo y olvidar buscar el origen mismo del problema, lo que no sucede al trabajar con lotes pequeños, pues al ser detectado el problema sólo parte de la producción es la defectuosa, pues el resto apenas esta por iniciar su proceso, por lo que nos será más fácil detectar y corregir el problema, teniendo que

fabricar sólo una parte de piezas de reemplazo. Otra ventaja importante es que al mantener lotes de materia prima pequeños y detectar algún defecto en ésta, su reemplazo puede ser más rápido sin ocasionar un paro total en toda la planta.

- Mejoras en Ingeniería.

El estar mejorando nuestros productos de una manera constante es el principal objetivo de Ingeniería, por lo que la velocidad con que estas mejoras sean introducidas al mercado es de vital importancia para conocer el impacto que producen. Al trabajar con bajos inventarios se puede incluso cambiar especificaciones de productos ya en proceso pues parte de ellos no han iniciado su proceso mientras que otros ya lo terminan, por lo que la mejora llegará rápidamente al cliente, mientras que otros fabricantes apenas estarán iniciando su producción.

- Mejoras en los Precios.

El precio de nuestros productos actualmente está basado en la aplicación de nuestro sistema de costos estándar tomando al artículo de manera individual, por lo que, como se explicó anteriormente, se cae en una serie de supuestos erróneos que nos hacen ofrecer un precio que probablemente nos esté dejando fuera del mercado. Además, considerando el "síndrome de fin de mes" como una realidad presente prácticamente en todas las empresas, lo que nos hace gastar grandes cantidades de dinero en el pago de horas extras para tener nuestros embarques a tiempo, todos esos estudios se vienen abajo ante la realidad existente, donde siempre acabamos por culpar a Murphy y a su casi inevitable ley de que las cosas que pueden fallar, fallarán. Entendiendo al precio como una oferta que se hace al mercado y que este nos dirá si lo acepta o rechaza, la compañía que tenga altos márgenes tendrá flexibilidad para poder dar precio selectivamente más bajos, o podrá utilizar sus márgenes para ganar ventajas competitivas en otras formas. Al trabajar con inventarios

bajos se logran, como se verá después, tiempos de entrega más cortos, por lo que no será necesario el uso de tiempo extra a fin de mes, aunque Murphy intente impedirlo.

- Mejoras en la Inversión por unidad.

En un ambiente de altos inventarios la capacidad de las últimas etapas del proceso se encuentran siempre al máximo de carga durante un tiempo prolongado, de modo que el uso de horas extras no siempre resuelve de manera definitiva el problema de expedir todo al último momento, y muchas de las veces el problema es que no tenemos suficiente maquinaria para procesar este exceso de carga, por lo que se decide apoyar estas etapas con más maquinaria, aunque las otras pasen buena parte de su tiempo ociosas. Esto, obviamente incrementa la inversión requerida por unidad de producto, cuando en buena parte de la industria nacional lo que se tiene es un exceso de capacidad mal utilizada. En un ambiente de bajos inventarios la carga de las últimas operaciones está distribuida más uniformemente lo mismo que su tiempo ocioso, incluso al final de mes, por lo que nuestra inversión por unidad es mucho menor y nuestro retorno sobre la inversión es mayor y nuestro punto de equilibrio es más bajo. Esto nos permite tener más flexibilidad al fijar el precio de nuestros productos.

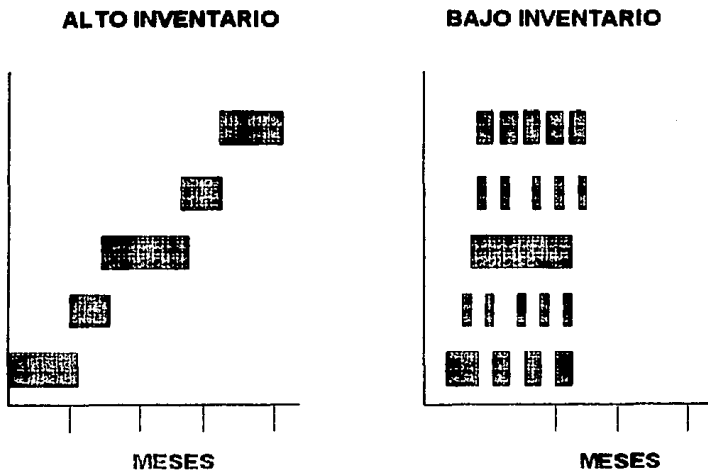
- Mejoras en el cumplimiento.

Para cualquier gerente de planta el poder tener un pronóstico de ventas confiable resolvería casi en su totalidad el problema de la falta de cumplimiento en las ordenes, de modo que podrían dejar de seguir culpando a los proveedores o a los mismos clientes al cambiar y cancelar pedidos de sus problemas de cumplimiento. Al operar con inventarios altos nuestro tiempo de proceso será más largo que los de nuestra competencia, por lo que para nuestros clientes el horizonte para fincar sus pedidos será los tiempos de entrega de la competencia, así que nosotros somos quienes tenemos que adaptarnos a esa situación, con

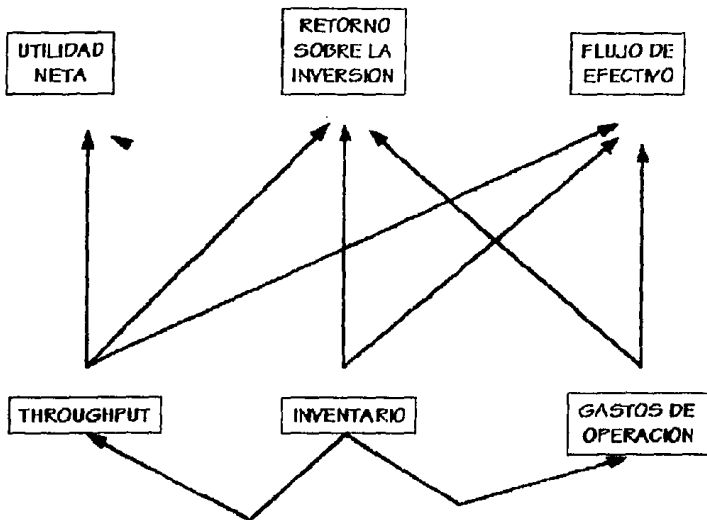
las consiguientes variaciones a nuestro pronóstico. Caso contrario se presenta al operar con inventarios bajos, nosotros somos quienes dictaremos el horizonte para colocar pedidos, por lo que nuestro pronóstico tenderá cada vez más a ser preciso, lo cual, nuestros proveedores nos lo agradecerán.

- Mejoras en los tiempos de entrega.

Los tiempos totales de producción son proporcionales a los inventarios de trabajo en proceso. La anterior frase se justifica al analizar el siguiente diagrama, donde podemos observar como al operar con bajo inventario los tiempos de entrega se reducen, afianzando nuestra ventaja competitiva sobre nuestros competidores, incluso al grado de que nuestro precio puede ser mayor, pero ofrecemos entregarlo más rápido con alta confiabilidad de hacerlo.



Hemos visto lo estrecha que es la relación de nuestros inventarios con las ventas (throughput), pero al reanalizar los impactos de las medidas operacionales en nuestras medidas básicas podemos observar, según se muestra en la siguiente gráfica, como, al operar con bajos inventarios, éste impacta dos veces sobre la utilidad neta y tres veces sobre el retorno sobre la inversión y el flujo de efectivo, lo cual nos demuestra el porqué los japoneses han dado tanta importancia al inventario.



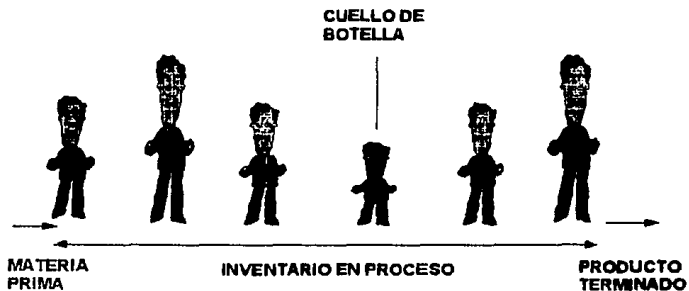
Para llevar a cabo todos estos planteamientos en nuestras líneas de proceso, se ha desarrollado toda una logística para el manejo de flujo de materiales llamada Manufactura Sincronizada, que pretende realizar las acciones necesarias para la consecución de nuestro objetivo global: hacer dinero hoy y mañana.

6.7 Manufactura Sincronizada.

La Manufactura Sincronizada, según la define su autor, es una forma sistemática de mover los materiales de manera suave y rápida por los diversos recursos de una planta de acuerdo al ritmo que nos marca nuestro mercado. Para el desarrollo y explicación de ésta técnica usaremos la analogía usada por Goldratt en su libro La Meta de simular nuestra empresa como si fuera una tropa de soldados que van a marcha forzada para, una vez hallada una solución dentro de este entorno, transferirla al ambiente de la planta y verificar su factibilidad.

En el desarrollo de ésta analogía describiremos que cada soldado es un proceso. El primero de ellos es el que procesa la materia prima, considerada ésta como el camino a recorrer. El espacio existente entre cada soldado (proceso) es nuestro inventario en proceso y nuestro último soldado será nuestro departamento de embarques. A simple vista parece una analogía demasiado sencilla, pero es bastante similar a una planta de manufactura. Lo anterior queda ilustrado con el siguiente diagrama:

ANALOGIA DE UNA TROPA



Como ya hemos analizado, si deseamos que nuestras acciones nos lleven al logro de nuestro objetivo, nuestros esfuerzos debe estar encaminados a evitar que nuestros inventarios en proceso (distancia entre soldados) crezcan, manteniendo la velocidad global (throughput). Pero que sucede al iniciarse la marcha?. Al principio se mantienen juntos, pero al paso del tiempo la distancia entre ellos se incrementa. Esto es debido a dos factores: combinación de sucesos dependientes (actividades que deben realizarse en secuencia) y fluctuaciones estadísticas (desviación estándar sobre la media). Este es justamente el motivo de nuestro estudio.

Al empezar a analizar nuestro problema debemos ubicar muy claramente que el soldado que limita al resto de la tropa es el soldado más pequeño, es decir, aquél que debido a su capacidad avanza a un ritmo más lento. Este soldado (proceso) es nuestra restricción, o como también se le conoce, cuello de botella.

Una primer posible solución podría ser reubicar a nuestros soldados de modo que el más lento se coloque al principio de la fila, seguidos por los segundos más lentos, y así sucesivamente, con lo que al presentarse la dispersión, los soldados más fuertes podrán usar su fuerza (capacidad excesiva) para correr y cerrar los huecos (inventario en proceso). Transfiriendo esta solución al ambiente de planta podemos ver que no sólo nos costaría gran cantidad de dinero, tiempo y esfuerzo el reubicar nuestro proceso de ésta manera, sino que en nuestra próxima mezcla de productos perdería efectividad, por lo que tendríamos que cambiar de nuevo. Así que busquemos otra solución.

Consideremos la posibilidad de colocar un tambor al frente de la fila para que marque el paso de la tropa y a un sargento gritón al final para que, cuando se presente la dispersión, haga que cierren filas. Si el soldado más lento puede seguir el ritmo del tambor, entonces la dispersión se contendrá . La anterior es una práctica común en las plantas actuales. El tambor es el gerente de Producción que nos indica mediante planes y programas cuando debe abastecerse el material y ser procesado por los diversos recursos de producción. El

sargento son aquellas personas que se encargan de empujar los pedidos para poder cumplir con las fechas de entrega. Si esto ya se usa, en donde está el problema?. Este radica en que el lema "hay que mantener a los trabajadores ocupados", que es tanto como colocar orejeras a los soldados, nos lleva a producir piezas en exceso "por si acaso" se necesitan, aumentando nuestro inventario en proceso. En nuestra búsqueda de altas eficiencias no nos importa llenar de material al proceso siguiente, pues la mayoría de las empresas evalúan a su personal de acuerdo a sus eficiencias, aunque sea perjudicial para la planta entera.

Siempre que le exijamos a un departamento que no es cuello de botella (Y) y que surte a un departamento que si lo es (X) que produzca sin parar de modo que mantengamos altas nuestras eficiencias, esto redundará en incremento en nuestro inventario en proceso. Lo mismo sucederá cuando (X) y (Y) surten a una operación de ensamble o cuando (Y) surte a un mercado en que la demanda es menor que su capacidad. Todo esto es debido a nuestro sistema de "orejeras" que nos empeñamos en colocar a nuestros soldados.

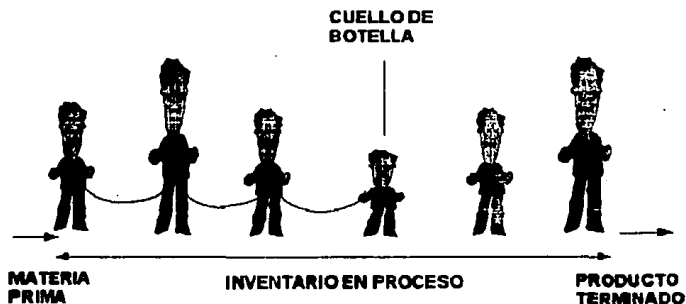
Otra posible solución es amarrar a los soldados, limitando de esta manera la separación de la tropa a la longitud de la cuerda. Este concepto no es nuevo, pues desde Henry Ford y sus líneas de ensamble hasta el sistema Justo a tiempo funcionan bajo este principio. En el sistema de Ford la "cuerda" es la misma línea de ensamble y en el JIT es mediante el uso de tarjetas (KANBAN). El secreto de estos sistemas radica en que los transportadores y tarjetas son mecanismos para establecer un inventario predeterminado o Buffer (longitud de la cuerda) entre dos procesos. En el primero el buffer es el espacio entre las dos operaciones en la banda transportadora; En el JIT, es el número de Kanbans o de tarjetas para ser usado entre dos operaciones. La predeterminación de los buffers regula el ritmo de producción en las líneas de ensamble. Es decir, le indica al trabajador cuando debe trabajar y cuando no debe hacerlo. El problema con estos sistemas es que cualquier problema o interrupción que se presente en alguna etapa ocasionará que se detenga toda la línea y se detenga el Throughput.

En las plantas tradicionales el tambor lo lleva la primera operación, que dicta cuando la materia prima debe ser liberada en la planta. El resultado es un inventario en proceso alto, aunque el throughput presente está protegido.

En el sistema Justo a Tiempo el ritmo del tambor lo lleva la demanda del mercado. La señal va del último proceso al primero mediante tarjetas o kaubans. Bajo este sistema, el inventario está limitado por la longitud de las cuerdas. El Throughput presente puede estar en peligro al presentarse un problema, pero a la larga el hecho de trabajar con bajos inventarios asegurará el throughput futuro. Lamentablemente para implementar este tipo de sistemas se debe de contar con gran capital para invertir en maquinaria que reduzca las variaciones, además de gran inversión de tiempo.

Lo que nos dicta la Teoría de Restricciones a hacer, es unir el primer proceso con una cuerda al cuello de botella, o soldado más lento, de modo que el primero no pueda ir más rápido que nuestra restricción. A este sistema se le llama Tambor - Buffer - Cuerda. Lo anterior se muestra en la siguiente gráfica:

ANALOGIA DE UNA TROPA



En todas las plantas existen sólo algunos procesos que son restricciones, y son estos quienes dictan el ritmo de producción de la planta entera. Entonces, esta restricción será nuestro Tambor. Frente a cada uno de estos cuellos de botella se establecerá un Buffer o inventario, del tamaño necesario para mantener a la restricción ocupada durante un tiempo predeterminado, para proteger el throughput de la planta de cualquier paro que pueda ser amortiguado mediante el intervalo de tiempo predeterminado. El ritmo al cual la primera operación debe liberar materia prima ser dictado por el ritmo al cual el cuello de botella este produciendo. Para esto, debe ser atada una Cuerda del cuello de botella a la primera operación, asegurandonos así que nuestro inventario no crecerá más allá del nivel determinado para el buffer. Con esta mecánica se protege el throughput presente, se aumenta el throughput futuro, no se aumentan los gastos de operación al no requerir más personal y se reduce considerablemente el inventario.

Se plantea además en esta teoría dos puntos claves: el reducir el tamaño de los lotes nos proporciona una ventaja al bajar considerablemente el tiempo de proceso por lote. Esto debe hacerse hasta el grado que podamos permitirnos hacer los cambios necesarios sin convertir a otros recursos en cuellos de botella. El otro punto es el de no perder de vista la prioridad del material, sobre todo en los cuellos de botella, de modo que trabajemos siempre en las órdenes de mayor a menor importancia.

La clave es reconocer la importancia de las restricciones y trabajar de acuerdo a ello. Debemos aceptar que en todo sistema existe, al menos, una restricción, sin importar de cual estemos hablando. Para esto, los pasos para llevar a cabo este proceso son:

- 1.- Identificar las restricciones del sistema.**
- 2.- Decidir cómo explotar la restricción del sistema.**
- 3.- Subordinar todo a la o las decisiones tomadas en el paso 2.**
- 4.- Elevar la capacidad de la restricción del sistema.**
- 5.- Si se rompe la restricción regresar al paso 1.**

El análisis de los buffers de tiempo es parte esencial de estas técnicas. El personal de planta necesita constantemente trabajar en detener y reducirlos mediante la eliminación de las causas de distorsión. Aquí vemos la importancia de llevar análisis estadísticos de los procesos, así como la aplicación de las diferentes técnicas que existen actualmente para mejorar la Calidad.

Sin embargo, existen dos tipos de restricciones, plantea Goldratt, con las cuales esta Teoría no funciona. Una de ellas es la restricción de mercado, aunque tendríamos que determinar primero si nuestra participación en ese mercado es lo bastante grande como para ya no poder ganar más. La otra, que es lamentablemente la más común en nuestro país, es la de Políticas y Procedimientos, que simplemente elimina cualquier posibilidad de cambio, aunque este sea para mejorar la situación actual de la empresa.

La instalación de un sistema Tambor - Buffer - Cuerda logra en un tiempo sorprendentemente rápido el que una organización sea competitiva. Sin embargo, este sistema no hace que una empresa se mantenga en ventaja por mucho tiempo, por lo que debemos establecer un proceso de Mejora Continua, y para que este sea efectivo necesitamos contestar las siguientes preguntas:

- Que cambiar?.
- A que queremos llegar?.
- Cómo provocar el cambio?.

Las dos primeras preguntas son de carácter técnico, y para esto ya se han explicado los procedimientos adecuados para responderlas. La tercer pregunta es de carácter psicológico, por lo que para lograr este tipo de cambio en la organización se requieren de años, por lo que la implementación de un Proceso de Mejora Continua se hace cada vez más importante.

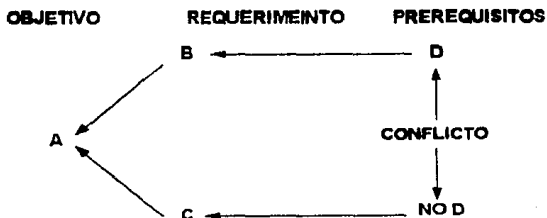
En la etapa de cómo provocar el cambio el Método Socrático nos ayuda a inducir a una

persona a "inventar" una posible solución a un problema que está bajo su control, asegurándonos de que haga suyo ese problema. Para esto, este método se apoya en el Diagrama Efecto - Causa - Efecto, que analiza no sólo hacia donde queremos llegar, sino que da un seguimiento también al flujo lógico entero, dando hipótesis a las causas, derivando efectos finales diferentes, revisando la existencia de la hipótesis y, si no, planteando una nueva solución.

Para inducir a la gente a inventar soluciones debemos primero borrar de su mente las "soluciones aceptadas", lo que resulta una labor muy importante y difícil, pues la tendencia que se tiene a proponer soluciones eumarcadas dentro de un cierto rango de compromiso es muy fuerte. Para esto, primero debemos convencerlos de que las soluciones hasta ahora aceptadas son falsas y que debemos encontrar un ambiente en el que el problema no exista al realizar un mínimo número de cambios necesarios. Este método es bautizado por Goldratt como "Nubes Evaporantes".

En la aplicación de un Diagrama Efecto - Causa - Efecto para la solución de un problema primero debemos definir muy claramente la existencia de ese problema y cual es nuestro objetivo a alcanzar. Después definimos los requerimientos que deben ser cubiertos, tomando en cuenta que estos deben compartir al menos una cosa. Lo anterior queda más claramente explicado con el siguiente diagrama :

DIAGRAMA EFECTO - CAUSA - EFECTO



Si llamamos A al objetivo a alcanzar, y a B y C los requisitos a lograr para llegar a A, el conflicto surge al pensar que para lograr B tenemos que alcanzar el requisito D, y para lograr C es necesario cumplir con el requisito No D. La técnica de evaporar las nubes esta basada en analizar los supuestos escondidos detrás de las uniones lógicas (A-B y A-C) y enfrentarlos. Es suficiente invalidar uno de los supuestos, no importa cual, y el problema desaparece.

CONCLUSIONES.

En el desarrollo de este trabajo hemos analizado las diferentes técnicas de administración de la producción durante prácticamente la segunda mitad del presente siglo. Cada una de ellas en su momento a respondido a los requerimientos y problemas que la industria les ha planteado, por lo que dentro de un marco comparativo, se deben de tomar en cuenta los factores históricos que motivaron su surgimiento y aplicación. Cada una de estas técnicas aporta grandes beneficios a la industria, aunque las necesidades actuales exigen mayores aportes en los aspectos de rapidez y flexibilidad en la producción, apoyados en un alto nivel de Calidad y Servicio.

A continuación, revisaremos algunos de los principales aspectos bajo el cual opera cada una de las técnicas analizadas, mencionando los aportes y las dificultades que enfrentan en su aplicación.

- Lotes Económicos.

Fué el primer intento de analizar, de una manera racional, la programación de inventarios dentro de un proceso de producción. Su principal preocupación es adecuar los tamaños de lote a los costos de preparación de máquina, aunque no considera el análisis particular de las estaciones de trabajo, eliminando con esto las posibilidades de evaluar el verdadero impacto de estas etapas en el proceso. Con el desarrollo actual de técnicas como el SMED (single minute exchange of die) estos costos de preparación se han reducido considerablemente, por lo que la definición del tamaño del lote mediante ésta técnica va perdiendo peso cada vez más. Además, supone demandas continuas sujetas a variaciones aleatorias pero omite los casos de demandas discontinuas.

- M.R.P.

Surge al ampliarse la posibilidad de análisis, cálculos y archivo de información mediante el uso de la computadora. Se basa en una gran recopilación de información, creando con esto enormes bases de datos de todos los elementos involucrados en la producción del elemento final, por lo que resulta ser una técnica orientada definitivamente al producto. La planeación de futuras demandas resulta de calcular requerimientos de partes futuros, y no usando datos históricos. El MRP resalta los requerimientos de los componentes a través de una lista de materiales en una programación de la red de nivel por nivel, compensando estos requerimientos de acuerdo al tiempo de entrega de cada parte. Opera dentro del ambiente clásico del balanceo de líneas en un proceso de manufactura, aunque con capacidad finita.

- M.R.P. II.

Mediante esta técnica se intenta tener una visión más amplia que en el MRP, al ser una herramienta gerencial más completa, pues analiza problemas no contemplados en la anterior técnica. Para esto, provee sistemas sofisticados en lo que concierne al cálculo de lotes económicos, al intentar minimizar los costos de llevar inventarios y de programación de la producción. No considera el hecho de que los tiempos de montaje no sólo dependen del trabajo a preparar, sino también del trabajo que previamente estaba en la máquina. Si contempla la posibilidad de que una parte pueda seguir una ruta alterna a la originalmente definida.

- Justo a Tiempo (JIT). KANBAN.

Mientras que en occidente se intentaba representar mediante un modelo el comportamiento de la producción, en Japón un técnico de la Toyota, Taiichi Ohno, desarrolla esta técnica que cambia radicalmente el enfoque de "empujar" la producción a "jalar". Ataca de una

manera agresiva a los inventarios, ya sean de materia prima, en proceso o de producto terminado, intentando contar con el mínimo posible de ellos. Requiere de grandes aplicaciones de métodos estadísticos para conocer perfectamente el comportamiento que sigue el ritmo de producción, así como de contar con tecnología de punta que nos permita evitar cualquier perturbación significativa en el sistema, pues causaría que el flujo se detenga. Además, los tiempos de preparación deben reducirse y hacerse predecibles y deben evitarse al máximo las sobrecargas de producción. Por supuesto, el rol que desempeñan los proveedores es de vital importancia, por lo que su Calidad y servicio deben estar a la par. Mediante el uso de tarjetas o KANBAN se le indica a la operación precedente cuando debe y cuando no debe de trabajar, con lo que se establece un inventario predeterminado entre cada uno de dos centros de trabajo.

- Teoría de Restricciones. Manufactura Sincronizada.

Teoría desarrollada por el Dr. Goldratt, en la que de una manera drástica indica que el objetivo de una organización industrial debe ser ganar dinero en el presente como en el futuro. De esta manera, replantea el concepto tradicional de evaluar todas las acciones dentro del sistema de los Costos y propone medirlos a través de tres medidas financieras básicas: utilidad neta, retorno de la inversión y flujo de efectivo. Para esto utiliza tres medidas operacionales: inventario, gastos de operación y throughput. Es una técnica que busca balancear el flujo del proceso y no la capacidad de cada etapa, eliminando con esto inventarios en proceso. Busca atacar los cuellos de botella dentro de un proceso de mejora continua, considerándolos como causantes de altos inventarios, perdiendo con esto grandes ventajas competitivas. Su autor la considera como una etapa previa a sistemas más sofisticados de producción, requiriendo para esto varios años de estudio y aplicación de técnicas estadísticas.

Consideramos que dentro del marco de la industria actual en México, la Manufactura Sincronizada representa la mejor opción a los sistemas acordes a la realidad que vivimos, pues toma en cuenta factores que el resto de las otras técnicas ignoran o minimizan, incorporándolos a su metodología y trabajando con ellos de manera natural. Sabemos que el llegar a implantar dentro de una empresa un sistema Justo a Tiempo debe ser el gran objetivo a alcanzar dentro de la logística de producción, pero también sabemos que el lograrlo es un proceso que implica un gran cambio en las estructuras actuales, comenzando desde los mismos niveles directivos. La Teoría de Restricciones y la Manufactura Sincronizada nos llevan a tomar este camino de analizar y mejorar continuamente nuestros procesos, obteniendo con esto grandes logros a corto y mediano plazo, de modo que podamos tener un desarrollo tal que nos acerquemos cada vez más a los niveles de actuación de nuestros competidores del Japón, que hasta la fecha dominan y marcan la pauta a seguir en lo que a desarrollo de técnicas de administración de producción se refiere.

BIBLIOGRAFÍA

La meta. Un proceso de mejora continua.

Eliyahu M. Goldratt. Jeff Cox

Ed. Castillo. 1991.

La carrera.

Eliyahu M. Goldratt. Robert E. Fox

Ed. Castillo. 1992.

El síndrome del pajar

Eliyahu M. Goldratt

Ed. Castillo. 1992.

Synchronous manufacturing

Umble. Srikanth

Ed. Southwestern publishing . 1990.

Justo a Tiempo. Un enfoque práctico.

Arnoldo Hernández

Ed. C.E.C.S.A.

Producción. Un enfoque administrativo.

Cristóbal del Río González

Ed. ECASA

Teoría y cálculo de costos industriales

Rafael Páramo Merino

Ed. Limusa

Dirección de fabricación total. La organización de la producción en los 90

Giorgio Merli

Productivity Press

Planeación y control de la producción y los stocks

Plossl George

Ed. Prentice Hall

Control de la producción y de inventario

Plossl George

Ed. Prentice Hall