

11
Zej

Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán

**Importancia del Uso de Inventarios en el
Proceso Productivo de las Industrias: Caso
Concreto**

Tesis Profesional

Que para obtener el título de:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

p r e s e n t a n :

CARLOS C. DEHONOR CHAVEZ

HUMBERTO RUIZ ORTEGA

JORGE MIGUEL DORANTES PEREZ

JUAN MELO BAUTISTA

Director de Tesis: Ing. José Antonio López González



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

INDICE

INTRODUCCION

CAPITULO I

I.1.- Aspectos Generales de los Inventarios	...	1
I.2.- Estructuras Básicas de los Problemas de Inventarios	...	9
I.3.- Costos Relevantes	...	14
I.4.- Objetivos que tiene la Formación de Inventarios	...	25
I.5.- Decisiones Básicas de Inventarios	...	26

CAPITULO II

II.1.-Sistema Básico de Inventarios	...	40
II.2.-Revisión de los Requerimientos y de los Parámetros del Sistema	...	58
II.3.-Clasificación A B C	...	75
II.4.-Descuentos en las Cantidades	...	78
II.5.-Tiempos Variables de Demora	...	80
II.6.-Artículos Fabricados	...	81
II.7.-Otras Consideraciones	...	107
II.8.-Sincronización con Planificación de Operaciones	...	108

CAPITULO III

III.1.-Ejemplo de Aplicación	... 113
III.2.-Descripción del Problema	... 115
III.3.-Análisis de la Demanda	... 120
III.4.-Retraso en la Entrega	... 122
III.5.-Tamaño del Lote más Económico	... 123
III.6.-Cálculo del Nivel de Seguridad Optimo	... 124
III.7.-Reconsideración del Lote a Producir	... 130
III.8.-Aplicación de los Resultados	... 132

NOTAS

CONCLUSIONES

ANEXOS

BIBLIOGRAFIA

INTRODUCCION

Debido a que nuestra economía se presenta con carácter mixto, es decir, de libre empresa y de economía dirigida en donde ambas se presentan a la vez, dando por consecuencia un desarrollo inestable en cuanto al aspecto comercial, se hace necesario el análisis de los inventarios, objetivo central de la investigación, ya que la importancia de su mantenimiento constituye la función vital en la producción y distribución de los artículos en la economía.

Se puede decir entonces que todo ello representa un problema común para las empresas de cualquier sector de la misma, debido a que física y económicamente es imposible conseguir los bienes en el momento preciso en que se demandan, es decir, deben mantenerse existencias para satisfacer la demanda futura. Bajo tales circunstancias, el mantenimiento de inventarios es necesario para todas las empresas, tanto manufactureras como distribuidoras de artículos.

Los inventarios sirven para dar flexibilidad a las funciones de compras, producción y ventas, permitiéndoles que operen a su máxima eficiencia. Es decir, los inventarios permiten producir con una mayor rapidez que aquella con la que se compra la materia prima o viceversa.

Es por ello, que una administración eficaz de los inventarios puede hacer una contribución muy significativa a

las ganancias de una empresa, además de aumentar sus ingresos y el total de sus utilidades.

También existen motivos que hacen deseables económicamente el mantenimiento de los inventarios. Uno de éstos, es la ventaja de comprar o producir ciertos componentes en cantidades relativamente grandes, en vez de hacerlo en las cantidades exactas requeridas a corto plazo. Este es el problema clásico del tamaño del lote económico; otra razón para mantener inventarios tiene que ver con el problema de la regulación de la producción. Es bastante usual que se compense la estacionalidad de la demanda a través de los inventarios. Otra razón más, es que se pueden obtener, a menudo, beneficios económicos comprando en grandes cantidades para favorecernos con los descuentos por cantidad o con otras condiciones favorables del mercado.

Para las empresas manufactureras el control de inventarios tiene una importancia fundamental puesto que: 1) el inventario debe ser lo bastante grande para equilibrar la línea de producción, es decir, si algunas máquinas operan a distintos volúmenes que otras, una forma de compensar este desequilibrio en los volúmenes de producción es proporcionar inventarios temporales entre las máquinas; 2) los inventarios de materias primas, productos semiterminados y productos terminados absorben la holgura cuando fluctúan las ventas o los volúmenes de producción; 3) los inventarios tienden a proporcionar un flujo constante de produc-

ción, lo que facilita la programación; y 4) el control de inventarios conduce a producir y comprar en lotes de tamaño económico, que representan la cantidad óptima que se debe producir para minimizar los costos.

En general, dentro del control de inventarios existen varios objetivos, que no pueden lograrse al mismo tiempo, lo que implica, que en ocasiones tengan que hacerse ciertas concesiones para ello:

1. Minimizar la inversión en el inventario.
2. Minimizar los costos de almacenamiento.
3. Minimizar las pérdidas por daños, obsolescencia y por artículos perecederos.
4. Mantener un inventario suficiente para que la producción no carezca de materia prima, partes y suministros.
5. Mantener un transporte eficiente de los inventarios, incluyendo las funciones de despacho y recibimiento.
6. Mantener un sistema eficiente de información del inventario.
7. Proporcionar informes sobre el valor del inventario a contabilidad.
8. Cooperar con compras de manera que se puedan lograr adquisiciones económicas y eficientes.
9. Hacer predicciones sobre la necesidad del inventario". (1)

En otras palabras, apoya las operaciones de producción y ventas influyendo directamente en el monto de inversiones, de equipo de transporte, producción y nivel de empleo, sostener un ritmo de producción estable y lograr por tanto, una alta utilización de la capacidad de la planta, quedando así en posibilidades de satisfacer la demanda y proporcionar un servicio adecuado al consumidor.

Paralelamente a esto, hay varias condiciones que tienden a frustrar el control efectivo del inventario, que no obstante, pueden ser solucionados: el constante cambio en la relación oferta-demanda, cambios que suelen convertir en inexactas las predicciones de las necesidades futuras del inventario; incapacidad de algunos proveedores para cumplir con sus compromisos; demasías debido a los elevados costos y a los cambios de programa que resultan de quedar con el inventario agotado.

Con los modelos de inventarios se trata de aislar variables y parámetros y de entender los comportamientos de los inventarios en una amplia gama de condiciones y diversos grados de complejidad de los modelos. Es fundamental que éstos describan el comportamiento de las variables más importantes que operan en la situación. Esto puede implicar la evaluación de costos tales como los de capital, almacenaje, preparación, transporte, escasez, etc.

El sistema debe reconocer la variabilidad inherente que tiene la demanda y, tal vez, los tiempos de entrega --

del suministro y predecir la forma en que variarán los inventarios (de contingencia, cíclicos y en tránsito) con los cambios de la demanda.

La gerencia al establecer su plan de control debe reconocer claramente que en un sistema racional siempre habrá ciertos faltantes, ventas perdidas o períodos pendientes, a menos que se pueda justificar en alguna forma el costo incalculable de la posible escasez.

Cuando hay retroalimentación directa de información de demanda al nivel de la fábrica, en lugar de que los datos se reciban por la cadena de demanda por varias etapas, esto disminuirá el retraso efectivo y ayudará a estabilizar las oscilaciones de los niveles de producción e inventarios.

Por tanto, la clave del problema del mantenimiento de un sistema estable se encuentra en el diseño de un sistema de decisión e información tal que la suma de los costos sea mínima.

"La realidad de la incertidumbre de la demanda es tal vez el factor más fundamental que debemos reconocer, si hemos de desarrollar sistemas de administración de inventarios de algún valor. La variabilidad de la demanda significa, en efecto, que debemos mantener inventarios mayores que el promedio". (2)

Lo anterior nos permite entender la existencia de los inventarios. Sin embargo, se pueden citar algunos otros -

que son determinantes de la existencia de estas inversiones de capital inmovilizado: la probabilidad de obtener utilidades futuras motivadas por un aumento en el precio de los artículos, de la demanda o de los costos; como medida de seguridad para hacer frente a un incremento excepcional de la demanda; para disminuir los costos de transporte, ya que las compras realizadas en volúmenes importantes es posible efectuarlas a precios inferiores a los prevalecientes en pequeñas adquisiciones, lo que se refleja en la misma forma con los servicios de transporte; para asegurar la continuidad de las operaciones de producción ante la probabilidad de que sean interrumpidas por elementos externos a la empresa; la conveniencia de mantener artículos a la vista de los clientes con el propósito de incrementar las ventas mediante la motivación de los compradores potenciales, etc.

La mayoría de los problemas de inventarios se relacionan con la respuesta a dos preguntas primordiales:

- 1) Qué cantidad pedir cada vez (bien sea de un proveedor o de nuestra planta de producción).
- 2) Cuánto (o con qué frecuencia) hacer un pedido.

En cada una, están envueltos costos opuestos. Con la primera están relacionados los costos de pedir demasiado o de pedir muy poco cada vez. Con la segunda, los de hacer pedidos demasiado frecuentes o con frecuencia insuficiente. Las dos preguntas no son independientes, la respuesta

a una de ellas afecta, y en muchos casos determina la respuesta de la otra.

Llevadas al extremo cualquiera de estas dos rutas tendrá un efecto desfavorable en las ganancias, la mejor solución, en términos de ganancia e ingresos sobre los activos totales, es un compromiso entre los dos extremos.

"...La capacidad para cuantificar y elaborar modelos rigurosos en la mayor parte de los problemas de dirección depende de la determinación del comportamiento de los costos correspondientes. La aplicación práctica de tales modelos depende también de la capacidad para obtener los datos de costos". (3)

La mayor parte de los datos de contabilidad sobre los costos está relacionada a "centros de responsabilidad", representando los datos de costos, de ordinario, costos medios del producto o costos por período. El proceso consiste normalmente, en agrupar costos individuales componentes, que pueden representar el promedio apropiado de los costos variables, y añadir una parte de los costos conjuntos. El resultado es que para fines de elaboración de modelos en muchos casos, el comportamiento de los costos correspondientes debe ser determinado mediante estudios especiales. La ecuación del costo total en un problema de inventario incluirá algunas categorías de los costos pero no necesariamente todas.

"Los costos en que puede incurrir una empresa a conse

cuencia de los niveles de inventario que establezca, pueden agruparse en tres categorías: los dos primeros costos -costos de pedidos y los costos cargados al inventario- se iguala uno a otro en nuestros modelos de inventarios. El tercer costo es la pérdida que sufre la empresa si hay faltantes en sus existencias. Pueden perderse ventas si los inventarios no son adecuados para satisfacer la demanda de los consumidores, o la producción puede detenerse si los inventarios críticos son insuficientes para llenar sus necesidades". (4)

Así pues, el objetivo fundamental en los problemas de inventario consiste en determinar siempre aquel curso de acción que minimice la suma de los factores de costo incluidos en el modelo, así como el de ofrecer un programa de producción más económico, a la vez que socialmente más aceptable, al hacer que la producción sea más estable.

CAPITULO I

I.1.- Aspectos Generales de los Inventarios .

Vivimos en una economía mixta esto es de libre empresa y de economía dirigida al mismo tiempo, este hecho tiene un significado muy importante en cuanto a la distribución de los recursos materiales, trabajo y capital, los cuales se distribuyen parcialmente de acuerdo con un sistema libre de precios. La restricción en el suministro de mercancías y servicios es dictada más o menos automáticamente por los consumidores a través del sistema de precios. Conforme aumentan los precios de los productos, la renuncia de algunos compradores para adquirirlos los hacen salir del mercado, en cambio una disminución en los precios inducirá al aumento de compradores adicionales; en este proceso el sistema de precios distribuye los productos eficientemente igualando la demanda y la oferta.

Bajo este sistema, además, los consumidores actúan con entera libertad para adquirir una mayor o menor cantidad de productos y servicios.

En forma similar, las empresas deciden acerca de sus programas de producción con entera libertad, sin tener conocimiento de los planes de fabricación de las empresas entre sí, a pesar de que todas ellas se encuentran compitiendo por atraer el dinero del consumidor. Las decisiones de producción de una empresa influyen en las decisiones de to

das las demás empresas productoras y consumidoras.

Las empresas dentro de la economía mixta, aún operan por el sistema de precios. Los productos y servicios, el volúmen de los mismos y el nivel de sus operaciones está determinado por los costos de los factores, terreno, trabajo y capital, usados en la producción y por los precios -- que el consumidor está dispuesto a pagar, o bien, por las cantidades que el consumidor pueda pagar con los precios -- establecidos libremente por la empresa. Sin embargo, dentro de una misma empresa la distribución de recursos no se realiza automáticamente a través de un sistema libre de -- precios.

Por el contrario, la distribución debe hacerse de acuerdo con órdenes basadas en el consejo de diferentes especialistas. Esto es debido a la complejidad que han adquirido las empresas modernas, por ejemplo las funciones de compra, producción, ventas, finanzas, etc., son realizadas en cada área.

Para asegurar un alto grado de rendimiento sobre las diferentes partidas del activo en operación, la administración financiera enfoca su atención hacia el margen de utilidad y los métodos para mejorar la rotación del activo de operación.

Entre las partidas del motivo que más atención reciben de la administración financiera están las siguientes: caja, cuentas por cobrar, activo fijo e inventarios. Es--

tos últimos tienen una gran importancia, ya que sirven para dar flexibilidad a las funciones de compras, producción y venta, permitiéndoles que operen a su máxima eficiencia. Es decir, los inventarios permiten producir a una rapidez mayor que aquella con la que se compra la materia prima o viceversa.

A propósito de inventarios, punto central de esta investigación, diremos que teóricamente trata de la determinación de los procedimientos óptimos de adquisición de --- existencias de artículos para satisfacer la demanda futura.

De hecho, los inventarios constituyen una función vital en la producción y distribución de artículos en la economía, pues una economía moderna y dinámica simplemente no podría funcionar sin ellos.

Como consumidores dependemos de los comerciantes, quienes deben mantener inventarios de los artículos que deseamos comprar. Estos a su vez dependen de sus proveedores - para mantener inventarios de los artículos que todos sus - clientes desean comprar. Un proceso de producción depende del almacén de existencias para mantener inventarios de materias primas y otros componentes de producción.

Modelos de Control de Inventarios.

"Aproximadamente a principios de 1915, se dió atención al desarrollo de métodos matemáticos destinados a ayudar a quien toma las decisiones en el establecimiento de - niveles óptimos de inventario. Desde entonces se han apli

cado a los problemas de administración de inventarios, --- instrumentos analíticos cada vez más refinados... Los problemas de inventario relacionados con cantidades en existencia muy pequeñas o demasiado grandes, pueden ser causa del fracaso de los negocios..." (1)

Puesto que en el inventario la inversión es tan grande, las prácticas administrativas que den como resultado ahorros en un pequeño porcentaje de los valores del inventario total, representan grandes ahorros en dinero.

Así, una administración eficaz de los inventarios puede hacer una contribución muy significativa a las ganancias de una empresa, además de aumentar sus ingresos y el total de su activo.

Una definición de inventario es la dada por Fred Hanssuan: "Un inventario es un recurso ocioso de cualquier clase con tal que este recurso tenga valor económico. Entonces, la teoría de los inventarios trataría de la determinación de la magnitud óptima de este recurso ocioso. La cualidad de futuro todavía es válida, ya que un recurso ocioso que sea el resultado de una decisión pasada, representa un costo de amortización para la decisión futura. El planear por anticipado la cuantía del recurso ocioso es el tema de la teoría de inventarios en esta definición". (2)

Componentes de un Inventario

En general, los componentes más importantes son: demandas, reabastecimiento, costos y restricciones, sucinta-

mente, las demandas significan salida del inventario, los costos significan medidas asociadas con inventarios positivos y negativos, costos de almacenamiento y costos de ruptura, y con elevación del nivel del inventario, costos de reaprovisionamiento. Las restricciones significan limitaciones administrativas a las demandas, reaprovisionamientos y costos.

Mantenimiento de Inventarios

Principalmente es necesario saber distinguir sobre lo que es una demora y un almacenamiento deliberado. Los materiales o partes distribuidos por toda la planta, sólo porque han habido algunas demoras representan existencias sin ninguna utilidad que debemos evitar, sin embargo, el almacenamiento deliberado implica que algunas veces tenemos razones para mantener existencias, para esto existen tres que son las principales:

1.- Los almacenes o las áreas para mantener inventarios, pueden actuar como puntos de reorganización entre secciones del proceso de producción que son controlados en diferentes formas.

Podemos encontrar conveniente el ordenar materiales de proveedores en ciertos tamaños de lotes por conveniencia en los envíos y otras razones importantes. Estos tamaños de lotes pueden ser de tamaños diferentes a los lotes para maquinado. Similarmente, la forma en la cual las partes -- que emergen del maquinado están de acuerdo con las proporcio

nes requeridas para el ensamble en productos completos. Finalmente los productos terminados pueden no venir de ensamblados notificados de acuerdo a los requisitos de los clientes en lugar de esto, en cada etapa de producción, el sistema de producción por lotes y de producción continua pueden ajustarse en esa etapa en particular y por tanto debe haber puntos donde los productos pueden ser acumulados y reagruparse o dividirse.

2.- Los inventarios pueden actuar como un colchón para las variaciones en la demanda. En muchas formas de producción no es posible cambiar el nivel de producción de manera instantánea. Usualmente toma tiempo adquirir nueva maquinaria, subcontratar trabajo adicional o cambiar la fuerza de trabajo, bajo estas condiciones puede ser posible estabilizar las cargas de producción hasta donde sea posible. Si mantenemos inventarios, entonces cualquier incremento inesperado en la demanda puede satisfacer al menos parcialmente, usando las existencias. Si el cambio es permanente, da tiempo entonces para ajustar la producción al mismo nivel.

Sin embargo, se trata de una fluctuación temporal, el hecho de que contemos con existencias adicionales evita la necesidad de alternar nuestro nivel de producción. Si este fuera el caso, reemplazaríamos los inventarios en el tiempo que la demanda sea temporalmente baja.

3.- El mantenimiento de inventario ayuda a reducir los tiempos muertos entre el recibo del pedido y el envío de

los artículos.

Esto en general es porque, los inventarios se necesitan debido a la falta de sincronización de los siguientes pares de factores:

- El proveedor y nuestro proceso de producción
 - Las etapas sucesivas dentro del proceso de producción
 - El proceso de producción y la demanda del producto
- (Ver gráfica 1).

Estos factores dan lugar a la clasificación más común de los tipos de inventarios:

- a) **Materias Primas.**-Si se fabrican productos a partir de materiales que tienen tiempos de entrega largos o provienen de proveedores poco confiables, podría convenir, entonces, mantener inventarios de materiales.
 - b) **En Proceso.**-Si se hace un rango muy amplio de productos diferentes con partes comunes, es más conveniente mantener existencias de partes que puedan ser ensambladas con rapidez para satisfacer los requisitos de un cliente en particular en lugar de tratar de mantener inventarios de artículos terminados.
 - c) **Productos Terminados.**-Si estamos en un mercado donde un cliente puede fácilmente ir a donde él quiera para obtener lo que requiera, podría decidirse mantener inventario de artículos terminados listos para envíos.
- Así, mientras que los inventarios de materias primas sirven como entradas al proceso de producción, los inventa-

rios de productos terminados sirven para satisfacer las demandas de los clientes.

El nivel de inventario de cada tipo fluctúa debido a las tasas variables de las entradas y salidas asociadas. Estos niveles no son independientes. Un inventario excesivo de productos terminados puede conducir a tasas de producción reducidas, las cuales a su vez pueden ocasionar que el inventario de materias primas sea mayor que el planeado. Inventarios muy bajos de materias primas pueden reducir la velocidad de la producción, ocasionando que el inventario de productos terminados caiga por debajo de los niveles planeados. Debe proyectarse una política de inventarios que haga frente a estas eventualidades.

En síntesis, las razones que hacen deseables económicamente el mantenimiento de inventarios son las ventajas de comprar ciertos componentes en cantidades relativamente grandes, en vez de hacerlo en las cantidades exactas requeridas a corto plazo. Este es el problema clásico del tamaño del lote económico; asimismo, la de compensar la estacionalidad de la demanda a través de los inventarios, situación que tiene que ver con el problema de la regulación de la producción (por cierto bastante usual); y por último, el poder obtener a menudo beneficios económicos comprando en grandes cantidades para favorecernos con los descuentos por cantidad o con otras condiciones favorables del mercado, 'prevenir un alza en el precio'.

I.2.- Estructura básica de los problemas de Inventarios.

"El análisis de los problemas de inventario se basa fundamentalmente en una observación muy sencilla de sentido común. Y es que en cualquier problema genuino de inventario debe haber costos opuestos. Queremos decir con esto simplemente que debe haber costos asociados a la cuestión de hacer demasiado y debe haber costos asociados a la cuestión de hacer 'muy poco' ". (3)

De hecho, la mayoría de los problemas de inventarios se relacionan con la respuesta a dos cuestiones principales: ¿Cuándo o con qué frecuencia hacer un pedido? y ¿Qué cantidad pedir cada vez? (bien sea de un proveedor o de nuestra planta de producción). Las dos preguntas no son independientes. La respuesta a una de ellas afecta, y en muchos casos determina por completo, la respuesta a la otra. En este momento, es decir, en el instante de dar contestación a ambas cuestiones, se podrá decir que el problema está resuelto.

Con respecto a la primera pregunta, concretamente, tenemos que, la respuesta precisa requiere del análisis del problema específico, pero sabemos dos cosas respecto a la frecuencia de los pedidos: 1) debe existir un costo asociado a la cuestión de ordenar con demasiada regularidad; y 2) debe haber algún costo asociado con la cuestión de no hacer pedidos con la periodicidad necesaria.

De no existir cualquiera de éstos, no habría entonces problemas de inventario.

En cuanto a la segunda cuestión diremos que existen - también dos costos opuestos, los de pedir demasiado o muy poco cada vez. Así en todos los problemas de inventarios - existen estos costos, y el primer paso del análisis debe -- ser determinar cuáles son los costos, y luego, si es posible medirlos.

Sin embargo, al admitir lo anterior, surge una pregunta, ¿Cómo procede el análisis? a esto podemos manifestar -- que si sólo se considera que el objeto usual en los problemas de inventario será la minimización del costo total respectivo y no meramente una minimización de uno de los costos opuestos. El costo total incluye todos los costos relevantes opuestos y el procedimiento analítico consiste en encontrar una expresión para el costo total y luego descubrir la conducta que permita minimizarlos. El método usado para lograrlo depende directamente de los conocimientos que se - tenga con respecto a la demanda futura.

En resumen la intención del análisis de un problema - de inventario es determinar de manera absoluta la mejor línea de conducta.

Algunas veces el problema de inventarios es muy complicado, en estos casos tenemos que conformarnos con la meta - inferior de mejorar la situación existente sin que nos afecte el problema con mayor dificultad de resolver, es decir,

la línea de conducta óptima.

Para completar nuestro estudio de la estructura básica de los problemas de inventario, analizaremos ahora la forma más elemental de un modelo de inventarios. Aunque se basa en condiciones altamente ideales, el Modelo Clásico de Inventarios, nos puede servir para demostrar el enfoque general para resolver cuantitativamente problemas de inventarios.

De éste se puede decir que, "La primera versión del modelo clásico de inventarios se debe a F. W. Harris. En 1931, F. E. Raymond publicó el primer libro acerca del control de inventarios y trató de mostrar cómo se podía ampliar el modelo clásico de inventarios para explicar condiciones existentes de la industria.

El objetivo del modelo clásico de inventarios es determinar el tamaño del lote (Q) en condiciones casi ideales" (4).

El modelo clásico determina el número óptimo de unidades que se deben pedir en cada pedido, número, que se obtiene bajo los siguientes supuestos: la tasa de utilización -- del artículo es lineal y se conoce con certeza; el pedido -- se recibe instantáneamente al formularse, es decir, que el tiempo de demora es cero. Estos dos implican un tercero, -- que no puede presentarse agotamiento de inventarios y, por tanto, se omiten estos costos en el modelo. La gráfica 2 -- muestra una estructura supuesta del nivel de inventarios en

relación con el tiempo.

Bajo estas condiciones podemos esperar hasta que el nivel de inventario llegue a cero, y hacer luego un pedido por la cantidad deseada. Este pedido se recibe de inmediato elevando el nivel de inventario por un lado, y por otro repitiendo el ciclo. El objetivo es el de determinar el número que debe pedirse cada vez.

Así pues, podemos expresar el costo total como la suma de los costos de gestión y de mantenimiento del inventario: Costo total = Costo de Gestión + Costo de Mantenimiento de Inventario.

Para desarrollar el modelo, se utilizan símbolos. (ver simbología en anexos).

Para determinar el tamaño del lote particular que producirá el menor valor del costo total, se desarrolla una expresión para el costo total en la cual los dos costos opuestos, los de gestión y los de mantenimiento del inventario, aparecen en términos de Q , la cantidad pedida.

Podemos expresar los costos de gestión en términos de Q reconociendo que la gestión anual es igual a PC (el costo de gestión de cada pedido) multiplicado por el número de pedidos hechos durante un año. (El número de pedidos hechos durante el año es simplemente la demanda total anual dividida por el número de unidades incluidas en cada pedido).

En símbolos: Costo anual de gestión = $(PC) (D/Q)$

Podemos expresar el costo de mantener inventarios en

términos de Q reconociendo que el costo anual de mantenimiento del inventario es igual a CC (costo de llevar inventario, por unidad, por año) multiplicado por el número promedio de unidades mantenidas en inventario. En la gráfica 3 se ve claramente que el número promedio de unidades mantenidas en inventario es $Q/2$. Por tanto: Costo anual de mantenimiento del inventario = $(CC) (Q/2)$.

La ecuación del costo total se escribe como:

$$TC = (PC) (D/Q) + (CC) (Q/2)$$

En un problema particular de inventarios conoceremos los valores PC , CC y D . Con estos valores fijados, el costo total se convierte en una función solamente de Q , el tamaño del lote, que es la variable que se encuentra bajo control de la dirección.

En este caso, se busca el punto donde la pendiente es cero. El enfoque, por tanto, consiste en obtener la primera derivada de la ecuación del costo total, hacer la derivada igual a cero y resolver luego para Q_0 , el tamaño óptimo del lote:

$$\frac{d(TC)}{dQ} = -(PC) (D/Q^2) + \frac{CC}{2}$$

$$-(PC)(D/Q^2) + \frac{CC}{2} = 0$$

Así, $Q_0 = \sqrt{\frac{2(PC)(D)}{CC}}$

Es preciso señalar que, el modelo clásico de inventarios puede, además, utilizarse como una función de transferencia en aquellas situaciones en que son válidos los su-

puestos mencionados.

1.3.- Costos Relevantes.

"Nuestra capacidad para cuantificar y elaborar modelos rigurosos en la mayor parte de los problemas de dirección depende de la determinación del comportamiento de los costos correspondientes. La aplicación práctica de tales modelos depende también de nuestra capacidad para obtener los datos de costo..." (5).

De ahí que, los costos relevantes en que puede incurrir una empresa a consecuencia de los niveles de inventario que establezca, puesto que una empresa no podría funcionar sin cierta cantidad de inventarios (de proceso y en movimiento). En general, pueden agruparse de la siguiente manera (ver diagrama # 1)

Algunos de los costos pueden determinarse directamente en forma correcta de los asientos contables de costos, cuando menos en el caso de las aplicaciones ortodoxas mercantiles de la teoría de inventarios. Sin olvidar que la clasificación que hacen los contadores en costos fijos y variables con frecuencia no corresponde a la que necesitamos.

De hecho, la mayor parte de los datos de contabilidad sobre costos está relacionada a 'centros de responsabilidad' representando los datos de costos de ordinario, costos medios del producto o costos por período. "El proceso consiste, normalmente, en agrupar costos individuales componen

tes, que pueden representar el promedio apropiado de los -- costos variables, y añadir una parte de los costos conjun-- tos. El resultado es que para fines de elaboración de mode-- los en muchos casos, el comportamiento de los costos corres-- pondientes debe ser determinado mediante estudios especia-- les". (6)

En otros casos se tendrá que apoyar en la opinión de ejecutivos.

Generalmente es posible medir todos los costos que in-- tervienen en el caso de la clase usual de inventario con su-- ficiente precisión para obtener una resolución del proble-- ma de decisión de inventario. Pero cuanto más 'intangibile' sea el tema de análisis de inventarios, más difícil será ob-- tener medidas de los costos relevantes. No obstante, es -- precisamente en estos aspectos donde la información de la - contabilidad de costos puede obtenerse con mayor facilidad, en tanto que en los de la teoría de inventarios podría apli-- carse con mayor éxito.

Lo que se hace comunmente es, razonar con los costos para determinar la línea de conducta óptima. Sin embargo, el procedimiento funciona también en forma inversa. Cual-- quier línea de conducta que se elija impone un valor a la - relación en los costos opuestos en cuestión.

Habría que aclarar que, los costos de inventario no - difieren realmente de los demás costos (personal, equipos y gastos generales), y que el propósito de la función de pla--

nificación y control de inventarios es la determinación de políticas adecuadas de inventarios, que se logran al tomar la decisión de determinar la cantidad óptima a pedir en un momento dado, así como, el de mantener todos los costos relacionados a un mínimo, o sea, que la suma de todos ellos llegue a ser pequeñísima.

Estos costos se pueden expresar por medio de una ecuación del costo total, y utilizar procedimientos matemáticos para lograrlo.

La expresión de los costos totales depende de la situación particular de los problemas de inventarios, e incluirá algunas de las categorías existentes de los costos pero no necesariamente todas.

De acuerdo a nuestro diagrama de costos relevantes, tenemos que existen tres clases fundamentales: de adquisición, aprovisionamiento y sistemáticos.

En cuanto a la primera clase, de adquisición, se divide en dos subclases: a) los que se producen cuando los productos son comprados al exterior, llamándose costos de pedido, que incluyen todos los componentes que resultan al tramitar los pedidos comenzando con la requisición de compras, su expedición, recibo y revisión de los artículos, su colocación en el inventario y el pago a los vendedores que requiere de un cheque por separado para cada pedido y para esto son necesarios otros trámites de oficina.

El costo de pedido incluye cualquier costo cuya magni

tud o cantidad se ve afectado por el número de pedidos procesados durante un período dado; y b) los costos que se originan por autoabastecimiento, es decir, los artículos manufacturados por la compañía, a los que se denomina costos de acondicionamiento o de preparación.

"Cuando el pedido se formula en la fábrica, la decisión equivalente consiste en determinar la magnitud de la corrida de producción. En este caso los costos de preparación son los costos marginales de planear la producción, redactar pedidos de producción, preparar las máquinas y controlar el flujo de órdenes a través de la fábrica". (7)

En resumen, se refiere al costo de cambiar el proceso de producción para fabricar el artículo ordenado. En este costo está considerado el tiempo perdido por el proceso de producción y, por tanto, incluye un costo asociado que por lo general puede determinarse directamente de los registros de la contabilidad de costos.

"Una definición de los costos fijos en función de cualquier problema de decisión es la siguiente: son aquellos costos, y solamente aquellos, que no varíen con ninguna línea de conducta disponible en un problema específico de decisión. Estos costos son costos de amortización para el problema de decisión en cuestión y pueden ignorarse. La dificultad que hay en su uso es que los procedimientos contables están formados con la intención de proporcionar una especie de costos fijos promedios de todo el conjunto de de

cisiones administrativas. De ahí que cuando se quieren - usar los costos fijos contables en una decisión específica pueden no ser los correctos". (8)

En el problema de inventario añadimos a este costo de preparación cualquier costo burocrático que se produzca al enviar la orden al departamento de producción.

El siguiente cuadro muestra los costos para ambas con- diciones, es decir, cuando se compran los productos o quan- do se manufacturan dentro de la empresa.

ARTICULOS COMPRADOS	ARTICULOS MANUFACTURADOS
Requisiciones	Requisiciones
Orden de compra (que incluye expedición)	Disposición
Acarreo	Recibo e inspección
Recibo e inspección	Almacenamiento
Almacenamiento	Contabilidad y auditoría:
Contabilidad y Auditoría:	Inventario
Inventario	Costos del producto
Desembolso	

A la segunda clase de costos se le denomina costos de aprovisionamiento, que son los costos: a) por llevar inventarios y b) por no llevar inventarios.

a) Por llevar inventarios.-Siempre que decidamos mante-
ner inventarios o adoptar un sistema de producción --

que requiere mantenimiento de inventario, debemos definir los costos incluidos y compararlos con lo que esperamos tener. Describimos algunas categorías de costos que intervienen aquí: Costos de efectivo invertido en el inventario. "El que una empresa adopte un determinado sistema de inventarios, lleva implícito un costo de capital considerable. Es conveniente que una empresa adopte, junto con el sistema de inventarios que más le convenga, un sistema que calcule lo que podrá redituárle el capital invertido en el inventario si se hubiera destinado a otro tipo de inversión, deduciendo así, el costo de capital en que se incurre.

Al emplear un determinado sistema de cómputo, la empresa debe considerar dos factores muy importantes del sistema de inventarios: su valor realizable y el riesgo. El dinero que se invierte en inventarios, es un valor realizable en el activo de una empresa, de manera que si fuese necesario podría convertirse en efectivo en un lapso de tiempo breve. En cuanto al riesgo el inventario está expuesto a la descomposición, al desuso y al deterioro". (9)

Todo ello significa, que el dinero invertido en el inventario podría utilizarse en otra parte para obtener algún provecho, pero como no es así, esta circunstancia requiere que se asigne un costo que acuse

la pérdida de utilidades. El costo que se asigne depende el uso que se pudiera dar al dinero si estuviera disponible.

Ahora bien, si aumenta el promedio de los inventarios, el capital invertido en inventarios aumenta - proporcionalmente, y como ya se mencionó, debemos - - asignar un costo de oportunidad, (10) el cual no aparece en los registros de contabilidad. En general, - la tasa de interés que se debe utilizar es la que refleja las oportunidades de inversión de fondos comparables dentro de la organización. Por lo tanto, la - empresa deberá interesarse en mantener un inventario promedio reducido.

Costo de almacenaje.-Para guardar el inventario deben construirse depósitos y zonas de almacenaje que requieren mantenimiento. Este costo incluye deprecia ción sobre edificios, impuesto sobre la propiedad, y demás utensilios para almacenar.

Si se llevan grandes inventarios hay necesidad - de más bodegas para almacenarlos y los costos adquiri rán mucha importancia. Como regla general, mientras más pequeño sea el inventario menor será el costo de almacenamiento.

Costos por desperfectos y obsolescencia.-Aquí, muchas clases de artículos y materias bajan de valor du rante el tiempo que transcurre por el almacenamiento.

El factor deterioro o desperfecto implica costos a causa de que el material existente en inventarios puede adquirir humedad o secarse, ensuciarse por manejo, etc. De cualquier forma, este factor hace que un producto no puede venderse más. Asimismo, el factor obsolescencia representa una pérdida en el valor de los artículos debido a cambios en la demanda, por su disminución o a su suspensión total, hacerse viejo o pasar de moda, etc.

Costos por depreciación.- "Estos costos representan declinaciones en el valor de los artículos al pasar el tiempo. Si estamos tratando con inventarios de equipo, mientras más grandes tiendan a ser los inventarios mayores serán los costos de depreciación a ellos asociados. Los costos por depreciación también afectan a los inventarios en otra forma, las operaciones industriales comprenden edificios y equipo que se deprecian, planeando y controlando inteligentemente los inventarios es posible proporcionar operaciones uniformes de producción que utilicen estos edificios y equipo a su capacidad o cerca de ella. Si no se usa a su capacidad o cerca de ella, continuarán depreciándose al transcurrir el tiempo, pero no habrá una contribución a los gastos indirectos de utilidades que resultaría si se mantuviera la producción a toda la capacidad o cerca de ella". (11)

Costos por seguro.-Algunas empresas aseguran el inventario, y arrojan costos que representan primas de seguro pagadas sobre las pólizas (que cubren pérdidas resultantes de incendios, robos, inundaciones y otras calamidades), a compañías aseguradoras. Aquellas empresas que no lo aseguran deberán hacer que la tasa del costo del inventario refleje el riesgo existente de una pérdida por fuego, para lo cual se le -- cargará una suma equivalente a la de un seguro contra incendios.

Al igual que los otros costos, los costos por seguro se ven afectados por el tamaño de los inventa---rios. Esto es, si los inventarios promedio son reducidos, el costo del seguro que cubre a los inventa---rios será minimizado. Todo ello porque muchos inventarios requieren seguros, siendo necesario incluir este costo en el de mantener el inventario.

- b) Costo por agotamiento, se llama así por presentar dos variantes que dependen de la reacción del cliente potencial frente al caso de agotamiento. Este costo por tanto, está asociado con el agotamiento de las existencias de un producto determinado o de un material. Cuando se nos terminan las existencias de un producto determinado, puede ocurrir una de es--tas dos situaciones.

Cuando el pedido se completa más tarde, se le --

llama pedido de entrega diferida. Aquí la venta al cliente no se pierde, sólo el embarque sufrirá un retraso. Como resultado de este agotamiento habrá costos adicionales: de apresuramiento, empaque y embarques extraordinarios.

Podríamos encontrarnos a la mitad del camino en una orden de producción cuando se presenta el agotamiento. Puede ser posible cambiar el proceso de producción hacia otro producto hasta que llegue el material necesario, y luego volver a cambiar. En este caso, el costo de carecer de inventario sería simplemente el costo de las dos puestas a punto adicionales. Podría estarse en condiciones de sustituir el material agotado por otro.

En este caso, el costo sería el de tener que utilizar material más costoso, más el costo de cualesquiera de otros ajustes en el producto o en el proceso a consecuencia de la sustitución.

Si se agota un material crítico, sin el cual el proceso de producción deberá interrumpirse, entonces el costo de la falta de existencias incluiría el costo de tiempo de producción perdido, el costo de las ventas perdidas, el costo del tiempo extra y de los turnos extras requeridos para regresar a la programación anterior, y cualesquiera otros costos de disminución de la calidad como resultado de la interrupción

del proceso.

El otro caso sucede cuando la venta se pierde. - Aquí no solamente se pierde la ganancia de esta venta particular, sino que también, podemos perder ventas futuras y la estimación de los clientes. Cuando un cliente potencia se rehusa a hacer un pedido por un artículo agotado, los clientes siempre van a otra tienda competidora donde tienen el artículo. Esto produce el costo de la 'buena voluntad', puesto que el cliente que ha encontrado uno o más artículos faltantes en un mercado dado, es poco probable que vuelva a ese mercado a realizar otras compras. Por tanto, la tienda sufre una pérdida de ventas futuras que de otra manera habría hecho.

La tercera y última clase de costos, es decir, costos sistemáticos, entra generalmente en el planteamiento de los problemas de inventarios cuando pertenecen a la clase que llamamos dinámica.

Estos costos, son los costos fundamentales que entran en el planteamiento de un problema de decisión de inventarios, sin embargo, es necesario recordar que es posible que no todos entren en un problema a su vez. No obstante, la expresión del costo total para un problema específico de inventario está compuesta de la suma de los costos en que incurra éste.

1.4.- Objetivos que tiene la formación de inventarios.

"Kenneth Arrow, clasifica los objetivos fundamentales de los inventarios en tres clases, sugeridas por Keynes, como los objetivos para mantener existencias o efectivo: motivos de trámites, precautorios y especulativos.

En el motivo de trámite resulta del hecho de que no es generalmente posible, incluso en el caso de certidumbre, sincronizar perfectamente las entradas y salidas de la mercancía en cuestión. Por lo tanto, los inventarios se llevan con el objeto de compensar la falta de sincronización.

El motivo precautorio de la incapacidad usual para pronosticar la demanda con exactitud: la mayor parte de los problemas de los inventarios son con riesgo, y existe la necesidad consecuente de mantener un cierto tipo de margen de seguridad. Este opera solamente como resultado de la incapacidad para obtener entregas instantáneas de mercancías a lo menos sin un costo extra.

El motivo especulativo resulta cuando los precios suben o bien, si se espera que los costos cambien. Puede obtenerse ganancia manteniendo inventarios a un precio inferior hasta obtener el precio más elevado.

Debe notarse que el motivo especulativo, para el problema usual de inventario es de menor importancia que los otros dos. En realidad, muchas compañías establecen lineamientos específicamente para evitar la operación con este -

motivo".(12

Los inventarios representan y desempeñan múltiples -- funciones en el mercado, promoción, distribución y produc-- ción; representan los medios de absorción de varias clases de acontecimientos perturbadores, tales como las variaciones al azar en el precio de las materias primas, variaciones de la demanda así como las que ocurren en el tiempo de los flu-- jos de provisión, manufactura y distribución. Los inventa-- rios facilitan la promoción de los productos, al aumentar -- su disponibilidad; también facilitan una mejor utilización de las instalaciones productivas, permitiendo producir va-- rios artículos diferentes en lotes de tamaño razonable. Fi-- nalmente, como ya se mencionó, ofrecen un programa de pro-- ducción más económico, así como socialmente más aceptable, al propiciar una producción más estable a lo largo del año.

Podría decirse entonces que, el objetivo principal en la estructura básica de inventarios, consiste en determinar siempre aquel curso de acción (qué cantidad pedir, y con -- qué frecuencia) que a la vez que garantice la disponibili-- dad oportuna de las cantidades requeridas de materiales y -- productos, que nos protejan contra los costos de inventa-- rios excesivos, o sea, que minimice la suma de los elemen-- tos de costos incluidos en el modelo.

1.5.- Decisiones Básicas de Inventario.

"Una preocupación fundamental de la administración --

consiste en desarrollar políticas de inventario que aminoren los costos totales de operación de la empresa". (13)

Para lograrlo debemos tomar decisiones óptimas que nos conduzcan a minimizar el costo total de inventario. Estas decisiones se hacen en términos de tiempo y cantidad como respuesta a las preguntas básicas que hemos venido analizando acerca de: ¿Qué cantidad pedir cada vez? y ¿Cuándo o con qué frecuencia hacer pedidos?

Al respecto la planificación y control de inventarios tiene una importancia vital, puesto que, suministra los procedimientos que a la vez que garanticen la disponibilidad oportuna de las cantidades requeridas de materiales y productos, nos protejan contra los costos de inventario excesivos.

Es por ello que, en la función de planeamiento y control de inventarios se toman decisiones en dos niveles.

El primero tiene que ver con la especificación de los procedimientos, el planeamiento y del sistema de inventarios, tales como el tipo de sistema de pedidos, tamaño de lotes económicos, existencias de seguridad, etc.; y el segundo, control de inventarios, trata de las decisiones reales de operación, tales como el establecimiento de órdenes de producción y de pedido de compra.

Decisiones de Planificación de Inventarios.

Un sistema de inventarios consiste en varios procedimientos y reglas de decisión que gobiernan la operación del

sistema. Es conveniente discutir ésto a través de los tres tipos de inventarios: de artículos comprados, de artículos manufacturados e inventarios en proceso.

Artículos comprados.-Aquí la principal decisión de -- planificación de inventarios es el sistema que habremos de usar para controlar el inventario y para formular los pedidos. Estos sistemas deberán contener reglas que conduzcan a pedidos económicos en cuanto a tamaño y a intervalos. Es decir, que nos indiquen cuánto pedir y en qué momento. También tenemos que decidir sobre la magnitud de las existen-- cias de seguridad, la anticipación con que deben formularse los pedidos, y si debemos dar consideración prioritaria a - los descuentos por cantidad sobre el tamaño económico de -- los lotes.

Con frecuencia, deseamos agrupar por proveedores las compras para que se puedan pedir varios artículos en la orden de compra, reduciendo por tanto el costo de formular un pedido. El sistema para pedir artículos comprados debe --- adaptarse también al plan sincronizado de operaciones.

Artículos fabricados.-En los artículos terminados, -- subensables y componentes fabricados, la primera decisión - que debe tomarse para cada uno de estos artículos es si deben almacenarse o no. La frecuencia de la demanda para muchos artículos es tan baja, que no se puede justificar el - mantenerlos en inventarios. Cuando recibamos un pedido, po-- demos fabricar el número necesario de artículos en ese mo--

mento.

En este sistema de artículos fabricados debe seguirse muy de cerca al plan de operaciones sincronizado. Este plan suministra un marco amplio en relación con cuántos de los diversos artículos fabricados deben producirse durante el período planificado. El plan de operaciones no da instrucciones detalladas sobre cuánto producir exactamente de cada artículo cada vez, y cuándo deberá hacerse cada producción. Estas decisiones se toman en la función de inventarios y se entregan a Programación de Operaciones en forma de órdenes de producción.

Así como debemos tener en cuenta la demora de entrega por parte de los proveedores, también debemos considerar la demora en la producción de los artículos fabricados, que impone la necesidad de existencias de seguridad.

Cuando varios de los artículos fabricados tienen que procesarse en las mismas máquinas, no es posible ni deseable a menudo, fabricar los artículos en las mismas cantidades que se determinan cuando cada artículo se considera individualmente. Debe decidirse en cuanto a los mejores tamaños de lotes para los artículos que se elaboran por los mismos equipos.

Nivel de Existencias Regulatoras en el Proceso Comúnmente utilizamos los inventarios para 'desacoplar' etapas sucesivas de nuestro proceso de producción. Así, cada etapa puede operar relativamente independiente de otras, permiti

tiendo una alta eficiencia operativa en cada etapa. Sin embargo, existen limitaciones prácticas en cuanto a la cantidad de inventarios que podemos permitir entre las etapas. La decisión que debe tomarse es qué magnitud deberá tener el almacenamiento intermedio entre etapas sucesivas de producción.

Adaptación de las Restricciones. Las dos principales restricciones que limitan nuestra acción o acciones en la planificación y control de inventarios son las limitaciones económicas. Debemos poder adaptar nuestras políticas de inventarios a estas dos restricciones, aún a costa de desatender una política 'óptima' de inventarios.

En resumen podríamos decir que las Decisiones de Planificación de Inventarios se basa en el establecimiento de los sistemas y procedimientos a través de los cuales deberá desarrollarse la función de control de inventarios. En donde estos procedimientos nos determinan las existencias de seguridad, el nivel de reposición, la cantidad de reposición etc., para cada artículo sobre el cual debemos mantener el control de inventarios.

Por último las decisiones de Planificación de Inventarios, determinan en detalle los procedimientos y las reglas de decisión que gobiernan las decisiones operativas.

Decisiones de Control de Inventarios

Conceptualmente podemos afirmar que en las decisiones de planificación de inventarios nos ocupamos del diseño del

sistema de inventarios, mientras que en las decisiones de control de inventarios nos dedicamos al manejo del sistema. Entre las decisiones operativas más importantes que deben tomarse en cuenta, encontramos las siguientes:

- a) Si debe formularse o no un pedido, así sea de producción o de compra; decisión que deberá tomarse para cada artículo que mantenemos en inventario.
- b) Qué cantidad pedir. Debemos determinar qué cantidad se deberá pedir, una vez que se ha formalizado una orden de producción o de compra. Esta decisión depende en alto grado de la anterior.
- c) Si se debe apresurar o no un pedido. Nos podemos encontrar con un nivel peligrosamente bajo de inventarios de artículos fabricados o comprados, situación que puede derivarse de los siguientes pares de factores:
 1. Tiempo de entrega inicitadamente demorado de un proveedor o de el proceso de producción.
 2. Fuerte demanda o utilización inicitadas del artículo durante un período.
 3. Tasa de devoluciones inicitadamente alta sobre una orden, por la inspección de control de calidad.

Cuando nos enfrentamos con esta situación, debemos decidir sobre que tipo de aceleramiento debemos utilizar. Si se trata de un artículo comprado, podemos investigar sobre el pedido para determinar cuándo podemos esperarlo. En ---

otras ocasiones podemos acelerar una entrega utilizando --- otros medios de transporte. Si se trata de un artículo fabricado, podemos apresurarlo en nuestra planta solicitando a programación una mayor prioridad.

Existen condiciones anormales del mercado o de producción, que afectan las decisiones operativas que deben tomarse en el sistema de control de inventarios. Puede ser ofrecido un precio de ocasión para cierta materia prima si compramos en una cantidad mayor que el lote económico normal.

Los equipos de producción pueden encontrar un período flojo en que se podrá fabricar una cierta cantidad de artículos en un período menor que el normal. Puede tenerse entonces, conocimiento de que se avecina una huelga o cualquier otra situación que pueda ocasionar la escasez de una materia prima. En este caso, puede ser deseado almacenar una gran reserva de esta materia. Se puede conjeturar que el precio de una materia prima será elevado y podría desearse la compra de mucho más, antes del aumento del precio.

La función de compras tiene acceso a menudo a informaciones tales como las que acabamos de mencionar. Es obvia la necesidad de una estrecha cooperación y de una comunicación efectiva entre compras y la función de inventarios.

Puesto que el sistema de compras es el responsable de hacer todas las compras requeridas en el momento debido, en la cantidad y calidad requeridas y al precio debido, lo que implica saber qué es lo que se compra y por qué se compra,

además de analizar cualquier aspecto de una compra, ya que puede afectar alguna operación provechosa para la empresa.

"Podemos decir que el sistema de compras es el eslabón entre una compañía y sus proveedores. La importancia del sistema de compras la señala Peter F. Srucker cuando dice: La clave de una mercadotecnia eficiente y fructífera no es el proveedor sino el comprador". (14)

Lo antes mencionado indica que, el sistema de compras tiene gran responsabilidad de conseguir las mercancías y -- los servicios más adecuados para la empresa.

Objetivos del Sistema de Compras

"Específicamente, los principales objetivos de compra son:

1. Pagar precios razonablemente bajos por los mejores productos obtenibles, negociando y ejecutando todos los compromisos de la compañía.
2. Mantener los inventarios lo más bajo posible, sin perjudicar la producción.
3. Encontrar fuentes de suministro satisfactorias y mantener buenas relaciones con las mismas.
4. Asegurar la buena actuación del proveedor, en lo que se refiere a la rápida entrega de los materiales y a una calidad aceptable.
5. Localizar nuevos materiales y productos a medida que

vayan requiriéndose.

6. Introducir buenos procedimientos, además de controles adecuados y una buena política de compras.
7. Implantar programas como análisis de valores y análisis de costo, y decidir si deben comprarse o hacer los materiales para reducir el costo de las compras.
8. Conseguir empleados de alto calibre y permitir que cada uno desarrolle al máximo su capacidad.
9. Mantener un departamento, lo más económico posible -- sin desmejorar la actuación.
10. Mantener informada a la alta gerencia de los nuevos materiales que van saliendo, que puedan afectar la -- utilidad o el buen funcionamiento de la compañía".(15)

De hecho, la principal meta de comunicación entre el departamento de compras y los departamentos de producción e ingeniería puede ser, tal vez, el factor de comprar o hacer.

El diagrama 2 representa la manera en que se toman -- las anteriores decisiones en el contexto de un sistema total de control. Las decisiones de Planificación de Inventarios, que determinan en detalle los procedimientos y las reglas de decisión que gobiernan las decisiones operativas, -- pueden permanecer en efecto durante un período relativamente largo. Solamente cuando se presenta un cambio de importancia en un parámetro, tal como un cambio en el precio o -- en el plan de operaciones, deberá modificarse el sistema de

inventarios. Sin embargo, las decisiones de Control de Inventarios se toman sobre una base esencialmente continua. - La observación continua de los niveles de inventario es necesaria.

Obsérvese que las decisiones de Planificación de Inventarios retornan a la función de Planificación de Operaciones. Estas decisiones son los parámetros (P.III), tales como existencia de seguridad, tiempos de demora, factor de deshechos, etc., que se necesitan para desarrollar un plan de operaciones.

La función de planificación y control de inventarios requiere información de varias fuentes. En general, el Archivo Parámetro (P.III), se requiere para las decisiones de Planificación de inventarios, y el Archivo de Estados Variables (VS.III) para las decisiones de Control de Inventarios.

Archivo Parámetro para Inventarios (P.III)

- P.III.1 Requerimientos sincronizados de artículos terminados, componentes, materias primas, ensamblés y suministros. Fuente: Planificación de Operaciones.
- P.III.2 Política de Servicio al cliente. Fuente: Compras.
- P.III.3 Costo de Gestión de pedidos. Fuente: Compras.
- P.III.4 Costo de Mantenimiento de Inventarios. Fuente: Ingeniería.
- P.III.5 Precios de materiales con descuentos por cantidad Fuente: Compras.

- P.III.6 Costos por falta de existencias. Fuente: Ingeniería.
- P.III.7 Costos de preparación. Fuente: Ingeniería
- P.III.8 Factores de deshechos para artículos comprados y fabricados. Fuente: Ingeniería.
- P.III.9 Tiempos de demora. Fuente: Compras (para artículos comprados), e Ingeniería (para artículos fabricados)
- P.III.10 Tasas de producción. Fuente: Ingeniería
- P.III.11 Restricciones. Fuente: Control Financiero e Ingeniería.
- P.III.12 Clasificación A, B y C (clasificación por utilización y por valor).
- P.III.13 Tamaño del lote económico
- P.III.14 Nivel o período de reposición

Archivo de Estado Variable para Inventarios (VS.III)

- VS.III.1 Demanda de todos los artículos. Fuente: Ventas - (para artículos terminados), y despacho (para componentes, materias primas, ensambles y suministros)
- VS.III.2 Recibos de cada número de almacenamiento
- VS.III.3 Cantidad de pedido y fecha de llegada esperada
- VS.III.4 Cantidad de órdenes anuladas
- VS.III.5 Existencias actuales disponibles

Es importante que se mantengan actualizados estos archivos, pues si ocurre cualquier cambio significativo en el plan de operaciones, debe determinarse el efecto resultante, sobre el sistema de inventarios, y tenerse en cuenta. Todos los costos deben mantenerse actualizados. La función de contabilidad es la responsable de mantener actualizados muchos costos (mantenimiento de inventarios o falta de existencias). Como ya se mencionó, las compras se responsabilizan de ciertos costos y de los precios de materiales. También deben mantenerse registros de cada proveedor para determinar sus tiempos de demora en la distribución y sus niveles de calidad.

Toda esta información, del archivo de estado variable, debe mantenerse actualizada con base en el tiempo real. Tan pronto como se presente una transacción o un evento, debe incorporarse al sistema inmediatamente. Esto es esencial ya que el éxito de la función de planificación y control de inventarios depende en gran medida de la exactitud y oportunidad de la retroalimentación que proviene de varias fuentes de retroalimentación:

Los proveedores suministran retroalimentación relacionada con la disponibilidad o no disponibilidad de los materiales. Un proveedor puede informar que se demorará un despacho, o que se enviará un despacho parcial ahora y el resto dentro de algún tiempo; de ventas obtenemos retroalimentación sobre demanda real, los efectos esperados de campa--

ñas de ventas, crecimiento excesivo, de los inventarios en los almacenes y en los detallistas, y otra información intangible relacionada con el mercado; de operaciones recibimos retroalimentación sobre producción real, tiempos reales de demora en la fabricación, y fecha esperada para complementar las órdenes; la función de inventarios recibe de ingeniería retroalimentación relacionada con nuevos materiales y partes, instrucción para desechar materiales y partes antiguas, y porcentajes reales de artículos comprados o fabricados, defectuosos, la función de compras suministra retroalimentación relacionada con nuevos proveedores, cambios en los precios, descuentos por cantidad, condiciones anormales del mercado, y tiempos reales de demora; de control financiero y de contabilidad recibimos retroalimentación relacionada con modificaciones en la política sobre inversión en inventarios, y costos reales (tales como los de mantenimiento del inventario y de hacer pedidos) utilizados en nuestras funciones de transferencia de inventarios; periódicamente debe llevarse a cabo un recuento material de todos los artículos en inventario, para tener en cuenta los errores al registrar las transacciones de inventarios, los hurtos, las roturas, los daños, etc.

Funciones de Transferencia

Considerando una función de transferencia como 'cualquier proceso que transforma la información en una decisión'

podemos entender por lo tanto, que una función de transferencia para control de inventarios es un proceso por el cual la información correspondiente se convierte en una o más de las decisiones operativas requeridas:

- a) Si se debe formalizar o no un pedido
- b) De qué tamaño deberá ser el pedido
- c) Si una orden debe apresurarse
- d) Si se debe desviar de las prácticas normales debido a condiciones inusitadas en el mercado o en la producción.

CAPITULO II

II.-1.-Sistema Básico de Inventarios

"Con los modelos de inventarios tratamos de aislar variables y parámetros y de entender el comportamiento de los inventarios en una amplia gama de condiciones y diversos grados de complejidad de los modelos. Los sistemas de inventarios, para la dirección, tratan de aplicar dichos modelos en situaciones operativas para resolver de una forma práctica el problema global del control de los inventarios" (1). De ahí que, la administración del sistema de inventarios consista en establecer, poner en efecto y mantener las cantidades más ventajosas de materias primas, materiales y productos, empleando para ello, como ya se mencionó, las técnicas, los procedimientos y los programas más convenientes a las necesidades de una empresa.

Así pues, la variabilidad de la demanda, así como la del tiempo de entrega del suministro, son tal vez los factores más importantes que debemos tomar en cuenta si queremos desarrollar sistemas de administración de inventarios de algún valor.

"La variabilidad de la demanda significa, en efecto, que debemos mantener inventarios mayores para protegernos contra la posibilidad de demandas mayores que el promedio. A los inventarios extras los llamamos inventarios de contin

gencia y trataremos de diseñarlos en forma tal que satisfagan los requisitos de los objetivos gerenciales, equilibrando el costo de los mismos con el costo de los faltantes o de los pedidos pendientes... Los sistemas realistas de dirección de inventarios deben poder aplicar técnicas científicas de inventarios a gran número de productos de inventario mediante sistemas de procesamiento de datos bien diseñados y, además, estar en posibilidad de resolver las restricciones del valor total del inventario". (2)

Bajo tales circunstancias, la teoría de los inventarios deben servir para pronosticar cómo variará el sistema o los inventarios integrales cuando la demanda integral cambia para absorber las variaciones de la demanda y/o las variaciones del tiempo de entrega del suministro, los inventarios de contingencia (constituyen y) desempeñan un papel importante en el sistema de inventarios.

Obviamente cuanto más grande sea el tamaño del inventario de contingencia habrá menos posibilidades de que se agoten las existencias. Por ello que, la tarea, consista en determinar conceptos y métodos que permitan fijar los inventarios de contingencia a niveles razonables, de manera que el procedimiento general para determinar los niveles del inventario de contingencia sean similares en las tres distribuciones, normal, Poisson y negativa exponencial, y de donde el procedimiento es el siguiente: "1) Determinese si la distribución normal, la de Poisson, o la negativa ex-

ponencial, describen aproximadamente la demanda durante el tiempo de entrega para el caso que se considera. Por supuesto, esta determinación tiene una importancia fundamental e involucra una metodología estadística bien conocida.

2) Fijese un nivel de servicio basado en las políticas de la dirección o en una evaluación del equilibrio entre el costo marginal de inventario y el del agotamiento del mismo.

3) Utilizando el nivel de servicio, defínase $D_{\text{máx}}$ durante el tiempo de entrega en términos de una demanda normal, de Poisson o negativa exponencial.

4) Calcúlese el inventario de contingencia requerido, con base en $B = D_{\text{máx}} - \bar{D}$ donde tanto $D_{\text{máx}}$ como \bar{D} se fundan en la distribución de la demanda sobre el tiempo de entrega constante L ". (3)

La distribución normal, describe muchas funciones de demanda en forma conveniente, en particular al nivel de la fábrica del sistema de abastecimiento-provisión-producción-distribución. Dado el supuesto de normalidad, y un nivel de servicio del 95 por ciento, podemos determinar $D_{\text{máx}}$ refiriéndonos a las tablas de la distribución normal. Solo tenemos que conocer la demanda media \bar{D} y la desviación estándar σ_D para describir completamente la distribución normal de la demanda. Siempre y cuando el nivel de servicio del 95 por ciento signifique que estamos dispuestos a aceptar un riesgo del 5 por ciento de agotamiento de las existencias.

La distribución de Poisson describe las ventas al me-

nudeo en muchas situaciones y la determinación del inventario de contingencia en base a dicha distribución es muy sencilla, dada la facilidad de cálculo de la desviación estándar ($\sigma_D = \sqrt{D}$). Cuando es aplicable la distribución de Poisson, es suficiente el conocimiento de la demanda media, \bar{D} , para describir completamente la distribución de la demanda.

La distribución de Poisson no se aplica comúnmente a distribuciones con valores de la media superiores a 20. Dado que los niveles de riesgo varían ligeramente en un múltiplo dado de σ_D , para valores diferentes de \bar{D} en la distribución de Poisson, la forma más satisfactoria de mantener un nivel de riesgo predeterminado consiste simplemente en referirse a las tablas de Poisson.

La distribución negativa exponencial ha encontrado -- aplicación en la administración de inventarios como una buena aproximación de la demanda en algunas situaciones de menudeo y mayoreo. Al igual que ocurre con la distribución de Poisson, la distribución negativa exponencial se define completamente cuando se conoce el valor de su media, ya que la desviación estándar es igual a la media.

Ahora bien, "Conviene considerar los requerimientos mínimos o básicos que se pueden imponer actualmente a los sistemas prácticos. Respecto a los modelos que se aplican, es fundamental, desde luego, que éstos describan el comportamiento de las variables más importantes que operan en la situación. Esto puede implicar la evaluación de costos ta-

les como los costos de capital, almacenaje, preparación, -- transporte, escasez, etc. El sistema debe reconocer la variabilidad inherente que tienen la demanda y, tal vez, los tiempos de entrega del suministro y predecir la forma en -- que variarán los inventarios de contingencia, con los cambios de la demanda. La gerencia, al establecer su plan de control debe reconocer claramente que en un sistema racional siempre habrá ciertos faltantes, ventas, pérdidas o pedidos pendientes, a menos que se pueda justificar en alguna forma el costo incalculable de la posible escasez.

Uno de los problemas de importancia que se presentan en la aplicación de los modelos racionales es el de su adaptación para un número muy grande de artículos en el inventario. Por supuesto, aquellos métodos modernos de procesamiento de datos pueden permitir el empleo práctico de un modelo que, de otra manera, sólo tendría interés teórico. Pero a menudo se puede simplificar el problema de procesamiento de datos mediante la clasificación de grupos de artículos cuya distribución de demanda se pueda describir adecuadamente -- por una de las distribuciones estándar, como la normal, la de Poisson o la negativa exponencial. Además, la práctica administrativa correcta no concederá el mismo tiempo y atención al control de todos los productos. También pueden clasificarse los productos, aplicando otros criterios tales como su valor total en el inventario, o bien alguna característica esencial de los mismos para permitir el estableci--

miento progresivo de controles más estrictos sobre productos básicos de mayor valor, y controles relativamente sencillos y menos estrictos sobre los productos baratos, tengan o no importancia básica.

Por último, en los sistemas para el control de inventarios debe tenerse en cuenta que los inventarios usualmente se encuentran incorporados a sistemas mayores, y que a menudo pueden intervenir, o aún dominar, otros factores, -- aparte de los que normalmente influyen en los inventarios".

(4)

Existen varios tipos de sistemas para el control de inventarios que se usan en la actualidad. Sin embargo, sería imposible tratar a todos ellos con detalle, es por ello que, en el capítulo que estamos, sólo nos referiremos a los sistemas fundamentales: Sistema de Pedido de Tamaño Fijo y Sistema de Pedido de Intervalo Variable.

"Los dos sistemas pueden diferenciarse más cómodamente en función de las variables que quedan bajo el control del que toma las decisiones que aparecen en un problema de inventario dinámico con riesgo. Existen dos variables controlables: la frecuencia de los pedidos y la cantidad pedida... En otras palabras, si tenemos la certidumbre de que el que hace las decisiones determina pedir una cantidad dada, entonces la frecuencia de sus pedidos se resuelve automáticamente y viceversa... el que hace las decisiones puede hacer la elección de la forma en que absorbe las fluctuacio--

nes de la demanda. Puede hacerlo variando las cantidades que absorbe las fluctuaciones de la demanda. Puede hacerlo variando las cantidades que pide o cambiando la frecuencia con que pide. De estas dos posibilidades resultan los dos sistemas en cuestión". (5)

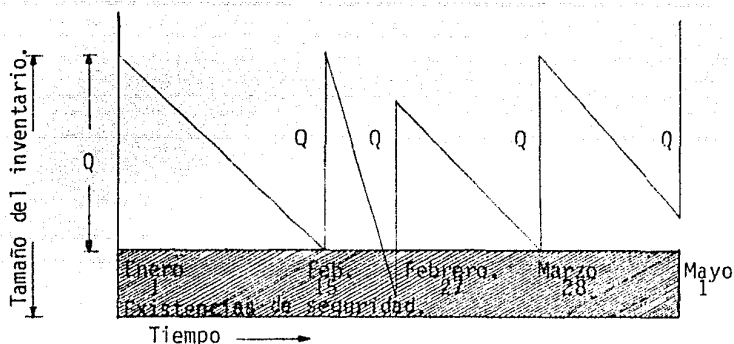
Sistema de Pedidos Fijos

"En este sistema se establece un nivel de reordenamiento, el que permita al nivel del inventario reducirse hasta el nivel de seguridad, durante el tiempo de compra, si se experimenta una utilización media durante dicho tiempo. Las reórdenes de reabastecimiento se colocan espaciadamente en cantidades fijas predeterminadas (la cantidad económica u otra cantidad fija) de manera que se reciban al final del tiempo de compra. Los máximos niveles de inventario promedian la cantidad ordenada "q" con el inventario de seguridad $I_{mín}$. El inventario promedio es: $I_{mín} + q/2$. La revisión de las tasas de uso es periódica, durante la cual se puedan variar los niveles de los inventarios de seguridad y la cantidad del pedido... Los sistemas de pedido por cantidades fijas son comunes para piezas de poco valor, como son el caso de tuercas y pernos, en donde el nivel de inventarios se mantienen bajo una continua vigilancia de manera que mediante un aviso se notifica que se ha alcanzado el nivel para volver a ordenar". (6)

Existen además, condiciones ventajosas para la aplicación del sistema de pedidos fijos:

- " ___ Cuando sea posible vigilar continuamente al inventario, ya sea porque las existencias físicas son visibles y fácilmente controlables durante su utilización, o porque se efectúa un control continuo del inventario.
- ___ Cuando el inventario consiste en artículos de valor unitario reducido, que se compran no muy a menudo y en cantidades grandes, con respecto a las tasas de consumo, o bien, cuando hay muy poca necesidad de un control estrecho.
- ___ Cuando las existencias se compran a un proveedor foráneo y representan una mínima parte de la producción total de éste, o bien, cuando se obtienen de alguna fuente cuyo programa no depende en forma fundamental del artículo en particular, o inventario en cuestión; y cuando los pedidos irregulares de este artículo hechos al proveedor, no causan problemas en la producción". (7)

En otras palabras, el sistema de pedido de tamaño fijo, comúnmente llamado sistema Q, tiene un tamaño fijo para el pedido y un período variable para los pedidos, esto lo podemos representar en la gráfica 1.



En esencia el procedimiento de este sistema consiste en que cuando las existencias disminuyen a un cierto nivel mínimo, que se deduce del tiempo de retraso entre el pedido y la entrega del artículo, se hace inmediatamente un pedido por la cantidad fija predeterminada (8). Las fluctuaciones en la demanda las determinan las variaciones resultantes en el tiempo entre pedidos. Este sistema opera determinando alguna cantidad de existencias, basándose en el tiempo de retraso entre el pedido y la entrega, que es la señal que debe pedirse otra cantidad fija. Cuando las existencias llegan a este nivel mínimo, o de seguridad, se hace inmediatamente el pedido dado.

Algunos autores le han llamado también sistema de dos silos o de dos depósitos. "El nombre proviene del hecho de que una manera conveniente de operar este sistema es mantener dos silos para cada artículo. En el segundo silo se mantiene el nivel mínimo y todo el resto del pedido se pone

en el primero. Así cuando se vacía el primer silo es una - señal automática de que debe hacerse el pedido y de que las existencias necesarias para el período entre el pedido y la entrega se encuentran en el segundo silo". (9)

El sistema de dos silos comprende dos depósitos o recipientes para cada tipo de artículos en el inventario, de los cuales, un depósito contiene las existencias que se emitirán para su uso. Así pues, cuando el personal que usa el artículo llega al punto en donde tiene que usar las existencias del depósito de seguridad, informa al departamento de compras, que a su vez coloque un pedido para más artículos.

En la práctica el nivel de reordenamiento, también, - toma forma de una línea blanca pintada alrededor del interior de un recipiente que aparecerá cuando el inventario -- llegue a ese nivel, o bien, siguiendo el mismo principio -- puede mantenerse una cierta cantidad de inventario en un recipiente sellado de tal manera que cuando se tenga que romper, será tiempo de reordenar.

Este sistema en que se emplean cantidades fijas se topa con algunas limitaciones, entre éstas, y una de las más importantes es que se requiere de una auditoría 'perpetua' (10), del inventario en cuestión. Aunque este requisito -- puede suavizarse parcialmente en los artículos que pueden guardarse en dos silos, no es tan fácil, ni barato, para muchas otras clases de artículos que no pueden almacenarse -- adecuadamente en dos silos. En este sistema se usa un pedi

do de cantidad fija, de manera que se le designa sistema Q.

Otra seria limitación, se refiere a la confianza en los trabajadores para notificar al departamento de compras el momento en que se ha llegado a las existencias de seguridad, pues, si dejan de hacerlo puede presentarse un agotamiento o escasez de existencias y con ello, lo que algunos autores denominan 'ruptura de inventario', ocasionando un costo adicional. Sin embargo, este problema puede prevenirse, en cierto grado, usando bodegas de inventarios de donde las existencias sólo podrán ser retiradas por personas responsables de la administración del inventario.

Ahora bien, trataremos de analizar algunas funciones de transferencia que se dan bajo este sistema. Para ello, es necesario regresar al manejo de las fluctuaciones de la demanda en el sistema Q, además de ser conveniente agrupar a éstas de acuerdo con el tipo de inventario de que se trate; que en este caso será el de productos comprados.

"Como las fluctuaciones absorben variando el período de la demanda, entre pedidos, se deduce que no hay necesidad de almacenar existencias de reserva para afrontar dichas fluctuaciones. Dejando aparte el tiempo de retraso por un momento, necesitamos solamente pedir la cantidad necesaria para satisfacer el promedio de la demanda para el período entre pedidos. Si las fluctuaciones en la demanda agotan estas existencias con más rapidez, entonces simplemente nos limitaremos a hacer el próximo pedido de manera más rápida.

Por tanto, no hay necesidad de tener existencias de reserva para hacer frente a estas fluctuaciones. Esto no es cierto para el tiempo del período de retraso que comienza, y cualquier demanda en este período sólo puede cubrirse con las existencias que se tienen a la mano. Por consiguiente, debe haber existencias de reserva que absorban cualesquier -- fluctuación de la demanda durante el período de retraso. Finalmente, notaremos que, aunque varíe el período entre pedidos como respuesta a la fluctuación de la demanda, todavía persiste la condición de que el promedio de los períodos en que se hacen los pedidos se determina inmediatamente por el tamaño fijo de los mismos. Esto es evidentemente cierto, - ya que el promedio de la demanda para cualquier pedido, digamos de un año, se conoce, y si lo dividimos entre el tamaño del pedido fijo obtendremos el promedio del período entre pedidos.

Lo que nos sugiere un procedimiento muy sencillo para determinar la política deseada. Usamos la fórmula del tamaño óptimo del lote para el promedio de la demanda para señalar el número óptimo de pedidos por año y por ende el volumen del pedido fijo." (11)

Por tanto, dado que siempre se pide la misma cantidad de unidades, el intervalo entre pedidos varía de acuerdo -- con las fluctuaciones en la utilización del artículo. En la gráfica 2 se ilustra el comportamiento de las existencias - disponibles (SOH) a través del tiempo, bajo este sistema. -

Asimismo, puede observarse que se ha dado flexibilidad al primer supuesto del modelo clásico de inventario; no conocemos con certeza la tasa de utilización, ni ésta es lineal.



GRAFICA 2.- SISTEMA DE TAMAÑO DE PEDIDO FIJO, TASA DE UTILIZACION FLUCTUANTE, TIEMPO DE DEMORA CERO.

La función de transferencia es la misma en esta situación que en el modelo clásico, pero aquí usamos D como la demanda anual esperada, $Q_0 = \sqrt{\frac{2(PC)(D)}{CC}}$

La función de transferencia completa para las decisiones operativas que necesitamos (cuándo hacer el pedido y -- cuánto pedir), se resume en esta simple regla: siempre que SOH=0, pida x unidades.

También podría interesarnos el número esperado de pedidos colocados durante el año, y el tiempo promedio entre los pedidos, en meses.

$$N = D/Q_0 = \sqrt{\frac{(CC)(D)}{2(PC)}}$$

$$T=12/N= \sqrt{\frac{288(PC)}{(CC)(D)}}$$

donde

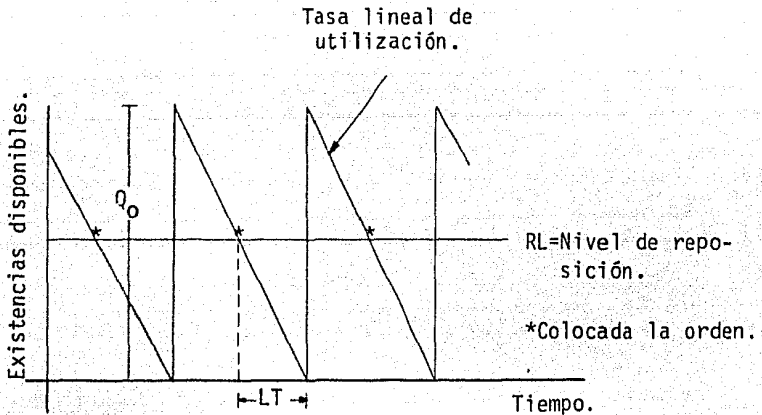
N= número esperado de pedidos colocados durante el año, para el cual D es la demanda esperada.

T= tiempo promedio (en meses) entre pedidos.

Eliminando la segunda suposición del modelo clásico de inventarios (tiempo de demora es cero), tenemos que la existencia de un tiempo de demora implica que debemos hacer nuestro pedido con anticipación a la fecha en que lo necesitamos, de tal manera que éste llegue antes de que las existencias disponibles (SOH) sean cero. El problema consiste ahora en determinar el nivel de RL, nivel de reposición (el valor particular de SOH), en el cual debemos hacer un pedido de tamaño Q_0 . En la gráfica 3, se muestra el comportamiento de un sistema de inventarios con tiempo de demora (denotado por LT) y una tasa de constante utilización.

La función de transferencia completa para esta decisión es: siempre que $SOH = RL$, pidense Q_0 unidades.

El valor numérico de RL se obtiene determinando la demanda que ocurrirá durante el período de tiempo de demora, $RL = (D/12) (LT)$ donde LT se expresa en meses



GRAFICA 3.-SISTEMA DE TAMAÑO DE PEDIDO FIJO,
TASA DE UTILIZACION CONSTANTE,
CON TIEMPO DE DEMORA.

En los sistemas de inventarios en los cuales la tasa de utilización es variable y el tiempo de demora es mayor que cero, el problema aquí, como en el caso anterior es determinar el nivel de reposición RL. Siendo más complejo el problema, puesto que no conocemos la demanda durante el tiempo de demora. Una manera de enfocar este problema es considerar la línea de la tasa de utilización lineal de la gráfica 3 como la tasa de utilización esperada (o promedio), y estimar luego una tasa máxima de utilización razonable, de los datos históricos. Se determina RL como la cantidad de SOH justamente suficiente para satisfacer esta tasa de utilización máxima razonable durante el tiempo de demora.

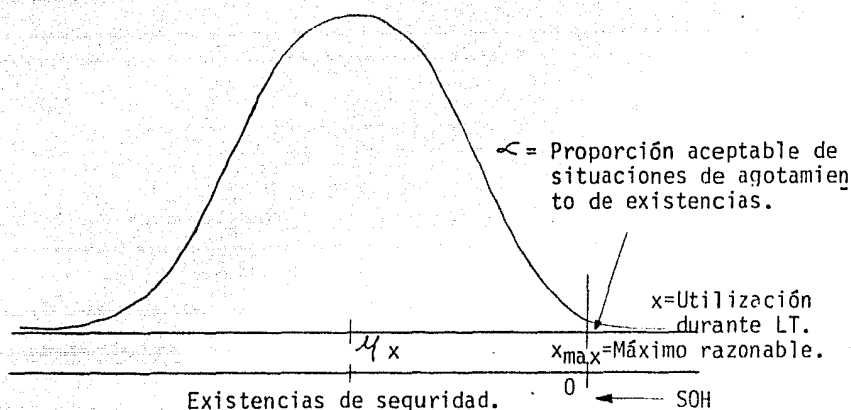
Debemos examinar el problema de una manera muy fundamental, para poder desarrollar la función transferencia. En algún momento del tiempo debemos hacer un pedido por Q_0 artículos. El cual llegará en algún momento futuro, después de un tiempo de demora LT . No conocemos cuál será la tasa de utilización durante el período de demora. Pero si hemos llevado registros adecuados, podemos determinar la distribución de la variable aleatoria: tasa de utilización durante el período de demora.

La figura 4 muestra una disposición que puede describir esta variable aleatoria. La tasa de utilización máxima razonable X_{max} , se determina especificando una proporción del tiempo que estamos dispuestos a carecer de existencias, ésta se denota por α en la gráfica 4; $\alpha = 0,005$, estamos dispuestos a carecer de existencias 5 de cada 1,000 veces que hacemos un pedido.

La tasa promedio de utilización durante el período de demanda se indica por μ_x . Si la distribución de x es simétrica, como ocurre con la distribución normal por ejemplo, entonces durante la mitad del tiempo de demora aproximadamente la tasa de utilización será menor que μ_x y durante la otra mitad será mayor que μ_x .

En la gráfica 4, también se muestra una escala de existencias disponibles (SOH) en la cual los valores crecen de derecha a izquierda. Nos encontramos también en esta escala con el concepto de existencias de seguridad (denotadas

por SS). Como promedio deseamos tener una cantidad μ_x de existencias de seguridad para protegernos durante los tiempos de demora que se presentan cuando la tasa de utilización es X_{max} .



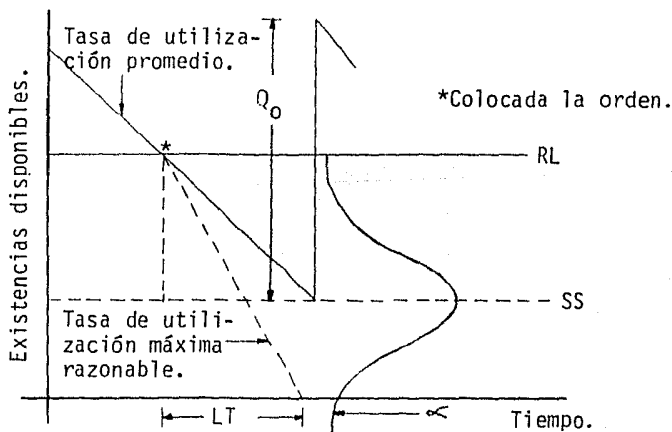
GRAFICA 4.-DISTRIBUCION DE LA TASA DE UTILIZACION DURANTE EL TIEMPO DE DEMORA CON LA CORRESPONDIENTE ESCALA DE EXISTENCIAS DISPONIBLES (SOH).

Ahora convertimos la información de la gráfica 4 en una gráfica de existencias disponibles en el tiempo, con la cual estamos familiarizados.

La gráfica 5, muestra los resultados para el período de una orden. La distribución que se muestra corresponde a la variable aleatoria SOH, cuando llega un pedido. Puede observarse que esta distribución es idéntica a la que aparece en la gráfica 4. Esta similitud se explica por el hecho

de que SOH, cuando llega un pedido, es una función directa de la utilización durante la demora. La tasa promedio de utilización se muestra como una línea de guiones. Obsérvese que nos interesa conocer cuál es la tasa de utilización antes de hacer el pedido; tenemos un nivel de reposición fijo, y siempre que SOH alcanza este nivel, hacemos un pedido. Así la variación de la demanda antes de hacer un pedido, no nos importa, simplemente hacemos un pedido más tarde o más temprano, dependiendo del sentido de la variación. Sin embargo, nos interesa conocer la variación de la demanda, durante el período de demora.

El problema básico en esta situación de inventarios es determinar RL de tal manera de que la probabilidad de que se agoten nuestras existencias antes de recibir el pedido no sea mayor que un nivel aceptable α .



GRAFICA 5.-DISTRIBUCION DE SOH EN EL MOMENTO

EN QUE LLEGA EL PEDIDO.

Como puede verse en la gráfica 5, RL es la suma del promedio de utilización durante el tiempo de demora y la existencia de seguridad.

$$RL = (D/12)(LT) + SS$$

Si suponemos que la demanda actual tiene una distribución normal con media igual a D y desviación standar igual a σ_D , podemos determinar SS de la siguiente expresión:

$$SS = (K_{\alpha})(\sigma_M)(\sqrt{LT})$$

donde

K_{α} = desviación normal standar para un valor especificado de α

$$\begin{aligned} \sigma_M &= \text{desviación standar de la demanda mensual} \\ &= (\sigma_D)(\sqrt{1/12}) \end{aligned}$$

LT = tiempo de demora en meses.

en todas las funciones de transferencia discutidas en esta sección siempre se pide el mismo número de unidades Q_0 . El intervalo entre pedidos es variable.

II.2.-Revisión de los requerimientos y de los Parámetros del Sistema.

A partir del momento en que se pone en funcionamiento el sistema, la acción usual consiste en preparar un pedido para reabastecimiento del tamaño predeterminado (Q_0). Asimismo, la revisión periódica de los requerimientos es también parte integral del sistema, así como, uno de los pará-

metros fundamentales que definen el grado de control que -- puede resultar. Obviamente, si los requerimientos se revisan únicamente una vez al año y entonces se determinan nuevos parámetros tamaño fijo de pedido y nivel de reabastecimiento del sistema, la demanda efectiva puede haber cambiado considerablemente y el sistema de control no sería muy - sensible a los nuevos cambios. Ahora bien, si la demanda - hubiese aumentado en efecto desde la última revisión de los requerimientos, el sistema de control habrá respondido con pedidos más frecuentes y consecuentemente, aumentarían los costos anuales correspondientes. Los costos de mantener inventarios permanecerían aproximadamente iguales, puesto que el componente cíclico de los inventarios se relaciona con el tamaño fijo de pedido, en tanto que el componente de los inventarios de contingencia o de seguridad lo hace con el - punto de pedido, los cuales habrán permanecido constantes; en cambio, la frecuencia de los agotamientos de existencias habrá aumentado, puesto que la demanda máxima se habrá in-- crementado, ya que la demanda máxima se habrá incrementado efectivamente.

El descenso de la demanda desde la última revisión -- disminuirá el costo anual de la formulación de pedidos, pero se traducirá en la conservación de inventarios cíclicos y de contingencia mayores que los requeridos para los niveles de riesgo predeterminados.

Las características y la estabilidad de la retroali--

mentación de información del sistema de pedidos de cantidad fija, son de interés ya que en su forma usual toma como medida de la demanda la tasa de utilización de la etapa próxima del proceso. Así, los retrasos de cualquier sistema - real producirán inestabilidad y oscilación de los niveles - de inventarios, especialmente a medida que aumenta el número de etapas del sistema. Dado que este sistema tiene normalmente un sistema de información diseñado como una cadena de demanda, está sujeto a una inestabilidad considerable, - Lo cual se pone de manifiesto de que, dependiendo de los valores relativos de los costos pertinentes que intervienen - en la determinación del tamaño de los lotes, se pueden colocar pedidos con cierta infrecuencia, de manera que es posible que hayan ocurrido cambios notables en la demanda durante el intervalo que media entre los pedidos,

Sistema de Pedidos Periódicos "P".

Este sistema constituye "...el otro método básico, en donde es conveniente examinar al inventario, de acuerdo con un programa establecido. La idea principal de todas las variedades de este sistema consiste en revisar las existen---cias a intervalos definidos de tiempo y variar la cantidad del pedido de acuerdo con lo utilizado, a partir de la última revisión". (12)

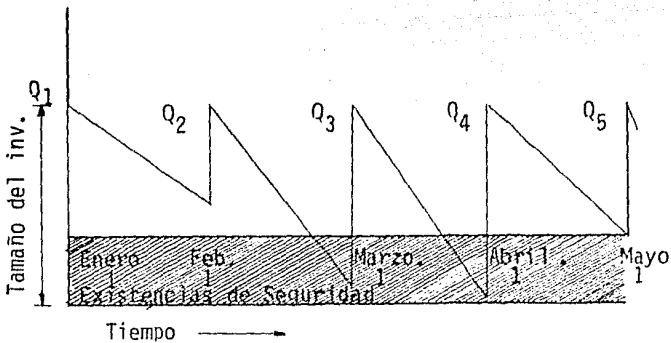
Así pues, el sistema de pedidos periódicos, o bien, -

sistema de ciclo fijo de reorden, también llamado sistema "P", consiste en que colocamos pedidos de tamaño variable, el cual dependerá de las fluctuaciones (en la utilización del artículo entre pedidos) de la demanda, mediante un ciclo periódico que se determina por análisis. Una vez hecho esto, entonces se revisa la cantidad del artículo que hay en el inventario a intervalos iguales al período para hacer los pedidos. Del mismo modo, tanto la cantidad que debe estar a la mano como la orden se determinan del análisis, de tal manera que la cantidad del pedido se establece directamente restando la cantidad de la mano de este total predeterminado. El tamaño del pedido variará, por tanto, según sea la cantidad en inventario, inferior o superior al promedio "...por supuesto, el promedio de la cantidad que se pedirá se determinará por medio del análisis y las fluctuaciones de la demanda, con respecto al promedio se añaden a esta cantidad para decidir el tamaño total del pedido".(13)

En síntesis, como lo señala Hopeman, este sistema está basado "...en la colocación de pedidos a intervalos periódicos. Los artículos que se usan con regularidad se compran sobre una base semanal, mensual, o de otro período de tiempo. En este tipo de sistema, la cantidad que se va a pedir no es fija, y el encargado de control de inventarios puede cambiar la cantidad pedida para ajustar a los cambios en la porción del uso, en otras ocasiones se emplea un archivo recordatorio para, como su nombre lo indica, recordar

al encargado cuándo se deben colocar los nuevos pedidos. - Tal sistema es preferido por el proveedor, ya que le proporciona un programa cronológico fijo para los pedidos de entrada. Si conoce cuándo van a llegar los pedidos, puede programar su trabajo para facilitar la satisfacción de las necesidades de sus clientes". (14)

Este enfoque lo muestra la gráfica 6. El sistema puede mezclar pedidos de varios almacenes si se desea, así como juntar pedidos de diferentes artículos del mismo proveedor a fin de obtener ventajas en el costo por fletes y en los costos por pedido.



GRAFICA 6.-TIEMPO REGISTRADO FIJO, CANTIDAD VARIABLE.

El sistema de pedido periódico es adecuado bajo las siguientes condiciones:

" — Cuando el valor de los artículos exige un control estrecho y más frecuente.

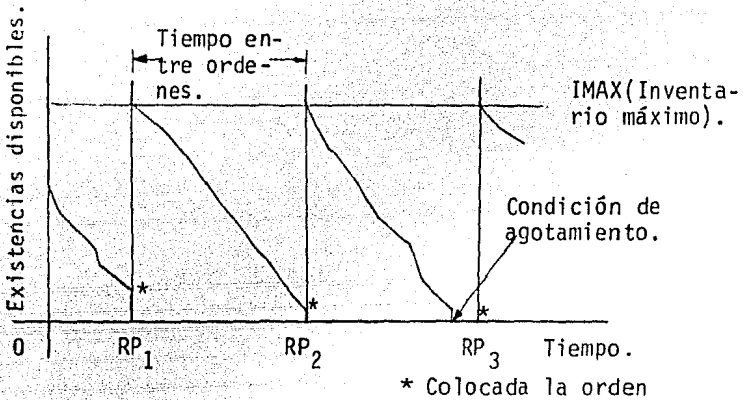
— Cuando simultáneamente se pide una gran variedad de artículos como es el caso de un almacén que pide muchos artículos a una sola fábrica. (Aún cuando los diferentes artículos pueden embarcarse separadamente, puede conseguirse las ventajas de la tarifa de flete por un gran volumen).

— Cuando los artículos pedidos constituyen una parte importante de la producción de la planta abastecedora y se piden regularmente". (15)

En lo referente a las funciones de transferencia que intervienen en este sistema generalmente siguen el mismo procedimiento que el sistema 'Q' o de tamaño fijo de lote. Empezamos relajando el primer supuesto del modelo clásico de inventarios permitiendo que la tasa de utilización varíe, pero considerando que el tiempo de demora es cero. La gráfica 7 ilustra el comportamiento de SOH en relación al tiempo bajo este sistema. Los pedidos se hacen en los puntos fijos de reposición RP_1 , RP_2 , etc. etc. El tamaño de cada pedido es igual a la diferencia entre SOH y el inventario máximo deseado IMAX.

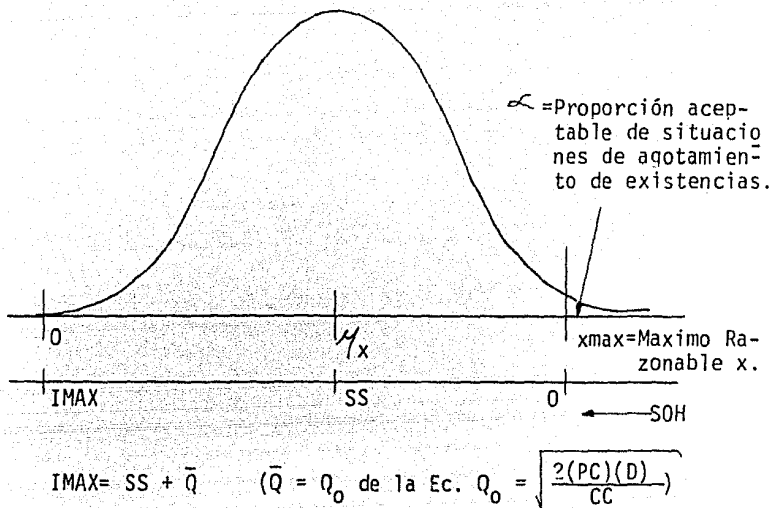
Se puede observar también que las existencias se agotan antes de llegar a RP_3 , aunque supusimos un tiempo de demora igual a cero. Este hecho destaca una diferencia esencial entre el sistema de intervalo de pedido fijo y el sistema de tamaño de pedido fijo. Debido a que en el sistema de intervalo de pedido fijo, se está atado a tiempos prede-

terminados de reposición, aquí debe proveerse una existencia de seguridad, aún siendo cero el tiempo de demora (en el sistema de tamaño de pedido fijo no se necesitan existencias de seguridad cuando el tiempo de demora es cero).



GRAFICA 7.- SISTEMA DE INTERVALO DE PEDIDO FIJO, TASA DE UTILIZACION FLUCTUANTE, TIEMPO DE DEMORA CERO.

Al determinar la cantidad de existencias de seguridad que deseamos proveer, debemos estimar la tasa de utilización máxima razonable para un intervalo completo de pedido (denotado por OI). De los registros de inventarios determinamos la distribución de la variable aleatoria: utilización durante un intervalo de pedido. La gráfica 8 muestra una distribución que podría describir esta variable. En donde α se define como la situación aceptable de situaciones de agotamiento de existencias



GRAFICA 8.-DISTRIBUCION DE LA UTILIZACION DURANTE EL INTERVALO DE PEDIDO CON LA CORRESPONDIENTE ESCALA SOH; EL TIEMPO DE DEMORA ES CERO.

Especificando α podemos determinar x_{max} usando las tablas de la curva normal (suponiendo que x tiene distribución normal). la cantidad promedio de SOH de que dispondremos cuando se hace un pedido, es $\mu_x = SS$. Necesitamos toda esta existencia de seguridad para protegernos durante -- aquellos intervalos de pedido en que la tasa de utilización es x_{max} .

En este caso, sin embargo, el tamaño del pedido varía,
...65

pero el tamaño promedio del pedido, Q , es igual a Q_0 . Debemos iniciar cada intervalo de pedidos con existencias disponibles suficientes para que duren todo el intervalo de pedido a la tasa máxima de utilización. En la gráfica 8 vemos que esta tasa es máxima sobre la escala X , e $IMAX$ sobre la escala SOH . Nuestra regla para los pedidos, por tanto, es ordenar tantas unidades Q como sean necesarias para volver al nivel $IMAX$, (recuérdese que recibimos el pedido inmediatamente después de hacerlo, ya que el tiempo de demora es cero).

En general, se requiere una cantidad mayor de existencias de seguridad para el sistema de intervalo de pedido fijo. Este hecho se pone de mayor evidencia cuando incluimos el tiempo de demora en el sistema de intervalo de pedido fijo.

De hecho, nuestro problema básico en este sistema es determinar el intervalo óptimo de pedido, OIo , y el nivel de inventario máximo deseado, $IMAX$. El intervalo óptimo de pedido se determina directamente de la ecuación del tiempo promedio (en meses) entre pedidos

$$T = 12/N = \sqrt{\frac{288(PC)}{(CC)(D)}}$$

$IMAX$ se determina como sigue: $IMAX = \bar{Q} + SS$

$\bar{Q} = Q_0$, se determina de la ecuación del tamaño óptimo del lote: $Q_0 = \sqrt{\frac{2(PC)(D)}{CC}}$. Si suponemos que la demanda anual tiene una distribución normal con media = D y desviación estandar = σ_D , SS puede determinarse de:

$$SS = (K_{\alpha}) (\sigma_M) (\sqrt{OI_0})$$

donde

OI_0 = intervalo de pedido, en meses: K_{α} y σ_M son:

K_{α} = desviación normal standar para un valor especificado de α

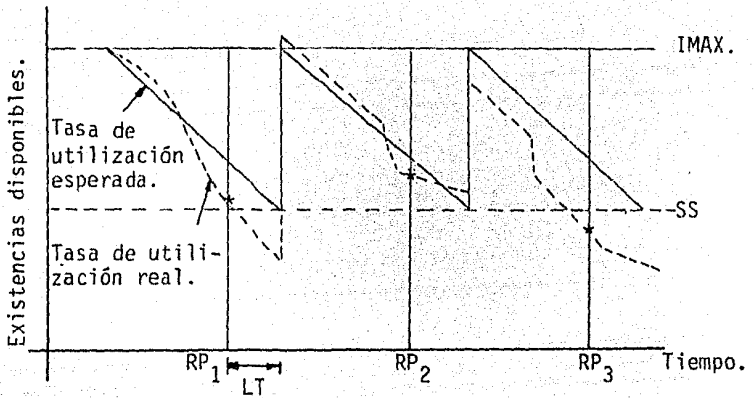
σ_M = desviación standar de la demanda mensual

$$= (\sigma_D) (\sqrt{1/12})$$

LT = tiempo de demora, en meses.

Nuestra función de transferencia para este caso es: - cada OI_0 unidades de tiempo, pida una cantidad $Q = IMAX - SOH$. Si relajamos la primera y la segunda suposición del - modelo clásico de inventarios, nos encontramos frente a un sistema de intervalo de pedido fijo en el cual la tasa de - utilización es variable y el tiempo de demora es mayor que cero. En la gráfica 9 podemos observar el comportamiento - de este sistema, y en especial el hecho de que debemos mantener un almacenamiento de seguridad suficiente para atender la tasa de utilización máxima razonable durante el tiempo de demora más el intervalo de pedido completo. Vemos -- que el sistema de intervalo de pedido fijo nos compromete - por un período mayor que el sistema de tamaño de pedido fijo.

Nuestra función de transferencia en este caso es idéntica a la del caso anterior, a excepción de que tenemos que prever existencias de seguridad adicionales para protegernos durante el tiempo de demora. La existencia de seguridad



* Colocada la orden.

GRÁFICA 9.-SISTEMA DE INTERVALO DE PEDIDO FIJO, TASA DE UTILIZACIÓN VARIABLE, CON TIEMPO DE DEMORA.

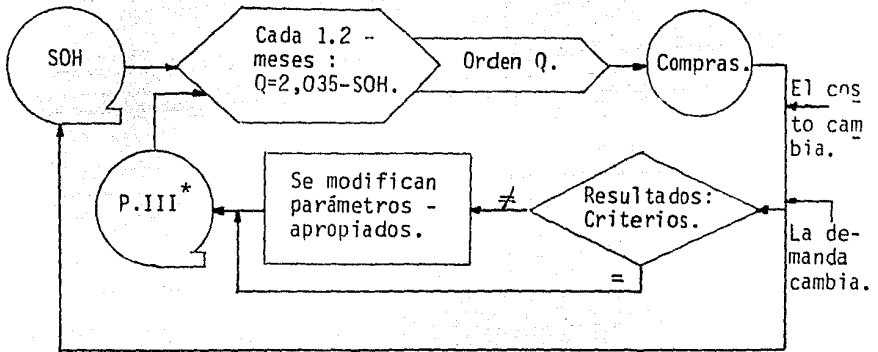
dad para este caso se determina de:

$$SS = (K_{\infty}) (\sigma_M) (\sqrt{OI_0 + LT})$$

Lo único que nos falta es determinar IMAX, o sea, el nivel de inventario máximo deseado. En promedio, deseamos poder disponer de SS unidades cuando llegue nuestro pedido y, en promedio, pedimos \bar{Q} unidades en cada orden. Por tanto, IMAX será igual a SS más una cantidad que sea suficiente para el tiempo de demora a la tasa de utilización promedio. Simbólicamente, $IMAX = (\bar{D}/12)(OI_0 + LT) + SS$

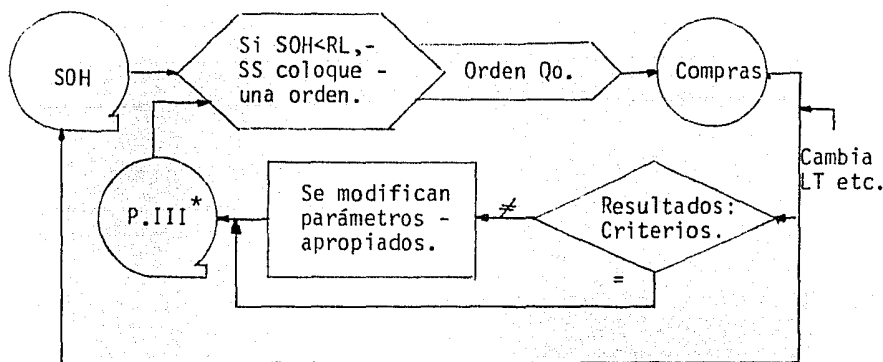
Es útil fundir la función de transferencia que acaba-

mos de derivar en el contexto de la función de transferencia general. Lo cual se hace en el diagrama 1. La función de transferencia que aparece en el diagrama 2 corresponde a un sistema de inventario de tamaño de pedido fijo. La diferencia fundamental entre estos dos sistemas puede apreciarse comparando los dos diagramas.



* El archivo parámetro incluye distribución de demanda, tiempo de demora, todos los costos, O_{io} , SS e $IMAX$.

DIAGRAMA 1.-REPRESENTACION DE UNA FUNCION DE TRANSFERENCIA S PARA UN SISTEMA DE INVENTARIO DE INTERVALO DE PEDIDO FIJO.



* El archivo parámetro incluye distribución de demandas, tiempos de demora, todos los costos: Q_o , RL y SS .

DIAGRAMA 2.-REPRESENTACION DE UNA FUNCION DE TRANSFERENCIA PARA UN SISTEMA DE INVENTARIO DE TAMAÑO DE PEDIDO FIJO.

"Registros, revisiones y pronósticos. En un sistema de ciclo fijo de reorden se supone que en el momento de la revisión se hace alguna clase de evaluación física del inventario, tal como un conteo efectivo. En muchos casos --- existen registros de las transacciones, como notas de ventas, etc., pero la exactitud del sistema de información todavía puede requerir un conteo o una verificación de efectivos para fines de la toma de decisiones. Con el desarrollo continuado de los sistemas de procesamiento automático de -

datos adaptados a problemas específicos locales, cada día - se utiliza más el mantenimiento de registros de inventarios perpetuos como base de las decisiones en el momento de las revisiones. El costo de hacer las revisiones periódicas es un costo marginal que debe tomarse en cuenta al decidir sobre la frecuencia de las mismas". (16)

Bajo este sistema la retroalimentación de la información parece ser la misma que la del sistema de cantidad fija, puesto que la demanda se toma también de una estructura de cadena de la siguiente etapa del proceso, aunque en este sistema, 'P', la información es más frecuente. Por lo tanto, los cambios de la demanda están bajo vigilancia constante, ya que los períodos de revisión son más regulares. Sin embargo bajo estas circunstancias se deriva un peligro en los sistemas manuales, debido a que el personal involucrado, a menudo, no permitirá que el sistema de control haga su -- trabajo, sino que tratará de interferir sobre los procesos al azar que controlan la demanda. Por la razón de que si - en el último período ocurre una demanda superior o una utilización mayor, este personal se sentirá inclinado a pedir más de lo que indique el sistema de control, y viceversa -- cuando ocurren las circunstancias contrarias. "...tal acción no solo obstaculiza todo sistema racional, sino que am -- plía los efectos de los cambios efectivos de la demanda y - de sus variaciones al azar. En tal situación es preferible un sistema de procesamiento de datos que tome automáticamente

te las decisiones de pedidos, puesto que no reaccionará ante bases de decisión no programadas". (17)

Comparación de los Sistemas.-La diferencia esencial entre los sistemas que acabamos de analizar, P y Q es que el primero reacciona rápidamente a las fluctuaciones en la tasa de utilización, es decir, que para el sistema P todas las fluctuaciones en la demanda deben tomarse en cuenta al determinar las existencias de seguridad o de reserva, ya que el período para hacer pedidos no es flexible y cualquier fluctuación en la demanda debe satisfacerse con estas existencias que se tienen para ese objeto.

En el sistema Q necesitamos existencias de reserva solamente para el tiempo del período de adelanto.

Ya vimos que se requiere una mayor cantidad de existencias de seguridad para el sistema P que para el sistema Q. Esta mayor seguridad nos produce costos mayores de mantenimiento a través de un año. Sin embargo, el sistema de intervalo de pedido fijo tiene una ventaja que por lo menos compensa parcialmente los costos mayores de mantenimiento. Se requiere por lo general, menos trabajo de oficina en un sistema P, puesto que los niveles de inventario se checan solamente una vez durante cada intervalo de pedido. En el sistema Q los niveles de inventario tienen que observarse continuamente. De tal forma que para escoger entre los dos sistemas, deben considerarse los costos de operación del --

sistema de inventario.

A menudo es deseable agrupar los pedidos de diferentes artículos del mismo proveedor no solamente para reducir costos de pedidos sino también para reducir los costos de transporte. El sistema de intervalo de pedido fijo se adapta más a esta modalidad.

El siguiente párrafo muestra claramente lo anterior:

"En general, el sistema de pedido de cantidad fija encuentra su mayor aplicación donde no se necesita control -- muy estricto, ya sea porque hay poca actividad en este renglón y/o porque el valor del producto es bajo. Cuando la actividad es baja, el sistema de pedido de cantidad fija -- pospone la acción hasta que se pueda colocar un pedido de magnitud razonable (tal vez la cantidad económica de pedido), reconociendo así la posible importancia de los costos marginales de la formulación de pedidos. El sistema de pedido de cantidad fija requiere un registro correcto del inventario perpetuo o su equivalente, para que se pueda determinar cuando se llegue al punto de pedido sin demora notable. Cuando los proveedores requieren algún tamaño mínimo de pedido total, o imponen restricciones a la cantidad que empaacan, tenemos algunas dificultades con el sistema de pedido de cantidad fija, que considera individualmente cada producto del inventario cuando llega a su punto de pedido. El resultado es que, aunque muchos pedidos diferentes (para productos diferentes) se pueden formular al mismo proveedor

durante un período, se consideran como pequeños pedidos individuales que se embarcan individualmente con un costo de transporte relativamente elevado.

El sistema de ciclo fijo de reorden permite agrupar pedidos de distintos productos individuales que se formulan a un proveedor y aprovechar posiblemente el menor costo de transporte en grandes cantidades. El sistema de ciclo fijo responde rápidamente a los cambios de la demanda y es aplicable en general a las situaciones de gran actividad en que cobra importancia la vigilancia estrecha de los niveles de la demanda y de los inventarios. Por otra parte, el sistema de ciclo fijo de reorden requiere existencias de seguridad más grandes, ya que debemos protegernos contra la posibilidad de agotamiento de las existencias de un período más prolongado ($R+L$), en lugar del más corto, L , del sistema de cantidad fija de pedido. En general, los costos de mantenimiento del sistema de ciclo fijo de reorden serán más elevados a causa del inventario de contingencia mayor y del costo de las revisiones periódicas. Aunque se pueden determinar períodos de revisión óptimos para cada producto, normalmente será ventajoso determinar un período de revisión común para todos los productos, o para ciertas clasificaciones de productos, a fin de disfrutar de las ventajas de -- agrupar los pedidos a los proveedores comunes. El resultado es que se presta poca atención a los períodos óptimos de revisión; en lugar de ello, los períodos de revisión se fi-

jan atendiendo a otras consideraciones". (18)

II.3.-Clasificación A B C

Es importante señalar que para el control económico de los inventarios se hace necesario tomar en cuenta la relación del valor y de la utilización con el número de tipos de artículos que se llevan en el inventario.

De hecho, algunos tipos de artículos del inventario necesitan una planeación y control más costosos y rígidos, en tanto que otros tipos no requieren los mismos sistemas. En otras palabras es un desperdicio practicar el mismo grado de control sobre todos los tipos de artículos en inventario de ahí que sea conveniente, por tanto, que los diferentes tipos de artículos deban estar sujetos a distintos sistemas de planeación y control.

Con frecuencia, una pequeña proporción de los artículos que se mantienen en inventario representan una porción bastante grande de la inversión total de inventarios. Una fracción suficientemente considerable de artículos de inventario representan una mínima parte de la inversión total en inventarios. También podemos identificar un grupo intermedio de artículos que representan una porción moderada de la inversión total de inventarios.

Cuando los artículos en inventario se agrupan según las tres categorías mencionadas, tenemos lo que se conoce -

como clasificación ABC. Aunque no es posible establecer reglas generales para todas las empresas, una clasificación típica ABC podría ser como sigue:

Los artículos de mucho uso o de valor elevado que representan el 75% de la inversión total en el inventario, pero solo el 10% en inventario del número de artículos; son clasificados como del tipo A, para los cuales se puede justificar el uso de sistema de control más estricto en que se cuida mucho que los registros del inventario perpetuo se lleve correctamente y se hagan revisiones frecuentes, con lo que se obtiene una estrecha vigilancia de las tasas de demanda y de inventarios.

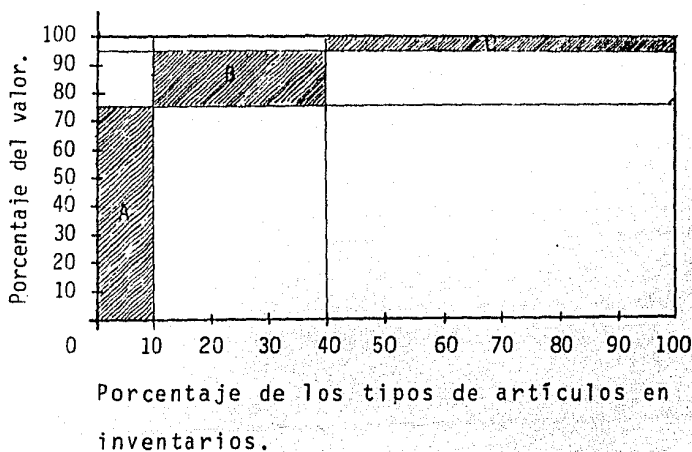
Los artículos del tipo B son de menor valor que los del tipo A, es decir, tienen un valor medio y tienen volúmenes moderados de utilización. Pueden representar el 20% de la inversión total en inventarios, y el 30% de los artículos que se mantienen en el inventario. "En consecuencia no representan una gran proporción de la inversión en el inventario y está justificado un análisis menos riguroso al estudiarlos. El control para tales artículos puede estar basado en sistemas de límite monetario o de tiempos límites". (19)

Por último, los artículos de tipo C, representan artículos de bajo valor que constituyen solo el 5% de la inversión total en inventarios, y el 60% del número total de artículos que hay en inventario. Para este tipo de artículos

la existencia de reservas puede ser alta, ya que los costos propios del inventario son muy bajos. Estos permiten la -- compra en lotes de gran tamaño, con descuentos por cantidad y también evitar los pedidos frecuentes, o sea, pueden mane-- jarse con un sistema de pedido de cantidad fija, con revi-- siones periódicas de los requerimientos. Tal sistema fun-- ciona bien y requiere atención mínima en su control.

La clasificación ABC se usa ampliamente en la indus-- tria, sin embargo, algunas empresas pueden preferir agrupar sus artículos, en inventario, en más de tres clases, aunque el principio es el mismo, Por consiguiente, no hay razones, por las cuales no se pueden crear más categorías.

En la gráfica 10 los artículos de tipo A representan el 75% de la inversión total en inventarios, pero solamente el 10% del número de artículos mantenidos en inventario. -- Los clasificados como B representan un valor menor 20%, pe-- ro con una proporción mayor de los artículos en el inventa-- rio 30% que los del tipo A. Por último la clasificación C cubre el 60% de los artículos en inventario pero éstos solo representan el 5% de la inversión total en inventarios.



GRAFICA 10.- METODO A-B-C-. DE CLASIFICACION DE INVENTARIOS.

II.4.- Descuentos en las cantidades.

Comunmente los proveedores para propiciar las compras en gran escala fijan precios a los artículos, que varían según la cantidad comprada, es decir, ofrecen un precio reducido si se piden cantidades mayores a un mínimo.

"Por supuesto estos cambios de precios afectarán en muchos casos la cantidad más económica de los lotes. El efecto se refleja directamente en diferencias del precio total de compra, costos de formulación de pedidos y costos de conservación de inventarios". (20)

En realidad, la compra en grandes cantidades tiene características favorables y desfavorables para una empresa.

De tal manera que al hacer compras en grandes cantidades se tienen las siguientes ventajas:

1) Costos unitarios más bajos, lo que produce una economía por periodo de tiempo igual a la reducción de costos -- por unidad multiplicada por el consumo y por el periodo.

2) Costos más bajos de pedido, puesto que se acepta el -- descuento, se hacen menos pedidos por unidad de tiempo y se obtiene una economía en el costo total de adquisición.

3) Menos agotamientos de existencias y costos más bajos de transportación.

Por otra parte, esta compra en grandes cantidades se topa con algunas desventajas:

1) Mayores costos cargados al inventario, ya que este -- descuento da por resultado un número más elevado de unida-- des en inventario.

2) Mayores posibilidades de deterioro y depreciación de los inventarios, así como existencias más antiguas.

Bajo tales circunstancias, debemos considerar todos -- estos factores para estimar si se deben aceptar o no los -- descuentos. "No hay duda que en los casos que x óptima ya excede la cantidad mínima necesaria para obtener el descuent o. Lo cual representaría solo una bonificación por una acción que de cualquier manera se hubiera hecho.

Si x óptima es menor que la cantidad necesaria para -- obtener el descuento, debemos determinar si los costos totales que resultan de aceptar el descuento son menores que el

de ordenar la cantidad x . Si es así, aceptamos el descuento: i no nos pasamos sin él". (21)

II.5. -Tiempos variables de demora

En muchas ocasiones, cuando son variables tanto la demanda como el tiempo de entrega del suministro, el problema de la determinación de los niveles de contingencia o existencias de seguridad se vuelve más complicado. Así cuando los tiempos de entrega son constantes, la relación que resulta entre los agotamientos de existencias y el inventario de contingencia, es sencilla y directa; cuando los tiempos de entrega son variables hacemos frente a una interconexión entre la demanda fluctuante y los tiempos de entrega fluctuantes. No obstante, con una simulación de Monte Carlo se pueden determinar los inventarios de contingencia.

"Para realizar la simulación, se necesitan datos de las distribuciones de la demanda y de los tiempos de entrega. Con estos podemos simular la demanda durante el tiempo de entrega y elaborar finalmente los requerimientos de inventarios de contingencia, según los diferentes niveles de riesgos de agotamiento de las existencias. Así, pues, al igual que antes, se puede correr un riesgo de cualquier nivel que se desee, escogiendo el nivel correspondiente del inventario de contingencia". (22)

Sin embargo, probablemente el enfoque más simple es -

el de determinar las existencias de seguridad requeridas para una tasa de utilización máxima razonable durante un tiempo de demora máximo razonable también.

Otro enfoque para determinar las existencias de seguridad cuando el tiempo de demora es una variable aleatoria es el de ensayar con diferentes valores de existencias de seguridad en un modelo de simulación en computador. Se puede llegar a un valor muy bueno de existencias de seguridad si esta simulación se hace sobre un número suficiente de períodos.

Con frecuencia encontramos una situación en que el tiempo de demora para adquirir los artículos que compramos es mayor que el tiempo promedio o fijo entre pedidos. En este caso, siempre habrá por lo menos un pedido entre pedidos. En este caso, siempre habrá por lo menos un pedido en camino, al que llamamos pedido pendiente. Al número total de unidades incluidas en pedidos pendientes lo llamamos existencias pendientes, y lo denotamos por S_{00} . Para adaptar nuestra función de transferencia a esta condición reemplazamos S_{0H} en cada caso por $S_{0H} + S_{00}$. Por ejemplo, en un sistema de inventario de tamaño de pedido fijo, la función de transferencia será: cuando $S_{0H} + S_{00} \leq RL$, pídase Q_0 unidades.

II.6.-Artículos Fabricados.

Ahora nos referimos a aquellos artículos que son manu

facturados dentro de la misma planta, artículos terminados, subensambles y partes fabricadas.

Es necesario hacer aquí una distinción, puesto que muchos procesos industriales están estructurados de tal manera que la producción es esencialmente continua, en tanto -- que en otros procesos industriales su estructura es tal que la producción es intermitente. Este es el caso en que la tasa de producción de un artículo es bastante mayor que la tasa de consumo, o en que varios productos pueden ser elaborados mediante un mismo proceso.

Por consiguiente, en este punto, el problema básico es desarrollar funciones de transferencia que determinen la cantidad más económica de un artículo, que debemos fabricar en una operación de producción. De ahí, la necesidad de saber cómo la gerencia de producción ataca el problema de decidir la cantidad económica de la orden o pedido, es decir, determinar cuántas unidades de un artículo deben producirse, para ser almacenadas un tiempo determinado.

Cantidad Económica de Pedido.

"Una de las características principales de este modelo es que presentan a la administración una serie de costos opuestos" (23); dado que si el tamaño del lote es demasiado pequeño, habrá gastos de preparación de máquinas excesivamente elevados, debido al gran número de veces que habrá de efectuar las operaciones de cambio de producción. "Los cos

tos de preparación representan los costos de elaboración de planes de producción para el artículo, de formulación de órdenes para el taller y de otros trabajos de oficina necesarios, de preparación de las máquinas y de control del flujo de los pedidos que circulan por las instalaciones manufactureras. Si el ciclo de manufactura es muy largo y el tamaño o la forma del artículo es tal que las partes se pueden manejar individualmente o en sublotes en vez de un solo lote, el pedido puede llegar al inventario en cantidades menores a medida que avanza la producción, en lugar de hacerlo de un solo golpe". (24)

Por consiguiente, debe existir un tamaño de lote tal, que la suma del costo de mantenimiento de inventarios y del costo de preparación sea mínima.

Thierauf, explica claramente ésto:

"La cantidad económica de pedido (CEP), es el tamaño de la orden que disminuye al mínimo el costo total anual de mantenimiento de inventarios y el costo de los pedidos (o en cualquier otro pedido que determine la empresa)". (25)

Lote Económico de Fabricación (aprovisionamiento Instantáneo).

La velocidad de fabricación de algunos artículos, tales como pernos, tornillos, etc., es mucho mayor que la velocidad de consumo, de manera que se puede considerar que el reaprovisionamiento ocurre instantáneamente. Esta situa

ción de inventario es idéntica, en casi todo aspecto, a la de los artículos comprados. La única diferencia real es que el costo de gestión (PC) se convierte aquí en el costo de preparación (en vez del costo de hacer pedidos). Es así, que el costo de preparación está compuesto por aquellos costos asociados con el cambio de proceso de producción y en ellos se incluyen el tiempo requerido para preparar y desarrollar las máquinas para el lote que se produce, costos de control de producción, aquí se incluyen costos de oficina y administrativos relacionados con la preparación y envío de una orden de producción de operaciones. "Una empresa incurre en costos cargados al inventario sobre los productos terminados, desde que se manufacturan hasta que se venden. Los cargos al inventario serán más altos en los productos acabados que en las materias primas, porque el inventario de productos acabados es una composición de materiales directos, mano de obra directa y gastos de manufactura fijos y variables". (26)

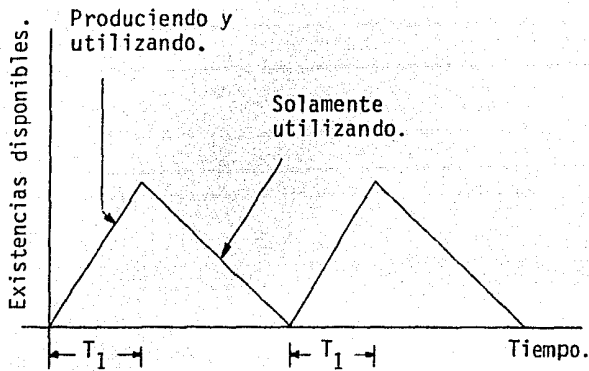
Las funciones de transferencia para artículos comprados desarrolladas en la sección anterior, son aplicables directamente a situaciones de inventarios comparables relacionadas con artículos fabricados.

El tiempo de demora (LT) es el tiempo de fabricación, para los artículos fabricados. Deben llevarse registros -- del tiempo de fabricación para cada artículo fabricado, lo mismo que para los artículos comprados. El significado de

existencias de seguridad (SS) es el mismo para artículos fabricados que para artículos comprados. Los dos tipos de sistemas, tamaño de pedido fijo e intervalo de pedido fijo, están también disponibles para el presente caso. También todo lo que hemos visto en relación con clasificación ABC, descuentos por cantidad, tiempos de demora variables, etc. son aplicables a decisiones de inventario relacionadas con artículos fabricados.

Lote Económico de Fabricación (aprovisionamiento no instantáneo)

El caso más real de problemas de inventario sobre artículos fabricados es aquel en que el reaprovisionamiento ocurre tras algún período de tiempo. La gráfica 11 ilustra la manera como se comportan las existencias disponibles en relación al tiempo, en un sistema ideal de inventarios. Obsérvese que el tiempo de demora de fabricación es cero, y que tanto la tasa de producción como la de utilización son lineales. El nivel de inventario crece durante el período T_1 , o sea, el tiempo durante el cual se fabrica el artículo.



GRAFICA 11.-UN SISTEMA DE INVENTARIO TEORICO; EL REAPROVISIONAMIENTO OCURRE A TRAVES DEL TIEMPO.

El desarrollo de una expresión para el lote óptimo de fabricación es en este caso muy similar al del modelo clásico de inventario, además de la notación definida antes, necesitamos tres símbolos más:

PR = tasa de producción anual, si el producto se fabrica continuamente durante todo el año,

MQo = lote óptimo de fabricación

T_1 = número de días requeridos para producir MQo.

La ecuación del costo total es, nuevamente, la suma de los costos de preparación y mantenimiento de inventario:

Costo total = Costo de gestión + Costo de mantenimiento

del inventario, este enfoque es el de expresar cada uno de los dos componentes del costo en términos de la variable cuyo valor óptimo estamos buscando. Por tanto, deseamos expresar los costos de gestión y de mantenimiento de inventarios en términos de MQ.

En este caso, el costo anual de gestión es idéntico al modelo clásico de inventarios:

$$\text{Costo anual de adquisición} = (PC)(D/MQ)$$

El costo anual de mantenimiento del inventario es:

$$\text{Costo anual de mantenimiento del inventario} = (CC)(\text{SOH promedio})$$

Nuestro problema es determinar el valor de la existencia disponible promedio, para este caso. Si suponemos un año de 250 días laborables, entonces durante T_1 , está creciendo SOH a una tasa diaria de $(PR-D)/250$ unidades. Esto simplemente refleja el hecho de que durante T_1 estamos produciendo artículos a una tasa mayor que aquella que se está utilizando. Si SOH crece diariamente en $(PR-D)/250$ durante T_1 , entonces crecerá por un total de $T_1(PR-D)/250$ durante la serie de producción. Por tanto:

$$\begin{aligned} \text{SOH promedio} &= 1/2 (\text{SOH máximo}) \\ &= (T_1/2)(\text{SOH máximo}) \end{aligned}$$

Obsérvese que, sin embargo, esta expresión no está en función de MQ. Podemos lograr esta expresión a través de las siguientes relaciones:

$$MQ = (\text{Tasa de producción diaria})(T_1)$$

$$T_1 = \text{MQ}/(\text{Tasa de producción diaria}) \\ = .(\text{MQ})/\text{PR } 250) = 250 \text{ MQ}/\text{PR}$$

Ahora reemplazamos este valor de T_1 en la expresión de SOH promedio:

$$\text{SOH promedio} = \frac{(250 \text{ MQ})}{(2 \text{ PR})} \frac{(\text{PR} - D)}{(250)} \\ = \text{MQ}(1 - D/\text{PR})/2$$

Así, la expresión para el costo total puede escribirse ahora de esta manera:

$$\text{TC} = ((\text{PC})(D/\text{MQ}) + (\text{CC})(\text{MQ})(1 - D/\text{PR}))/2.$$

Diferenciando TC con respecto a MQ igualando la derivada a cero y resolviendo finalmente para MQ, obtenemos:

$$\text{MQ}_0 = \sqrt{\frac{2(\text{PC})(D)}{\text{CC}(1 - D/\text{PR})}}$$

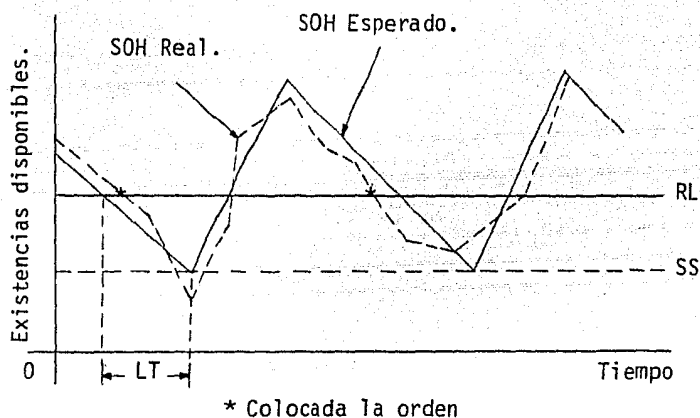
La duración óptima de una serie de producción está dada por:

$$T_1 = \text{MQ}_0/(\text{PR}/250) = 250 \text{ MQ}_0/\text{PR} \text{ días}$$

La función de transferencia para este caso sería: siempre que $\text{SOH} = 0$, inicie un ciclo de producción de T_1 días, produciendo a una tasa de $\text{PR}/250$ unidades diarias.

Las suposiciones de un tiempo cero de demora de fabricación y de una tasa lineal de utilización de la fábrica, son a menudo irreales. Para protegernos durante los tiempos de demora y contra las tasas inciertas de fabricación y de utilización, recurrimos nuevamente a las existencias de seguridad y niveles de reposición que utilizaremos

en nuestra función de transferencia, se determina exactamente en la misma forma como se hizo para artículos comprados. La gráfica 12 ilustra el comportamiento de las existencias disponibles en relación al tiempo, cuando existe un tiempo de demora en la fabricación, y las tasas de producción y utilización no son lineales.



GRAFICA 12.-SISTEMA DE INVENTARIO PARA UN ARTICULO MANUFACTURADO, CON TIEMPO DE DEMORA Y TASAS NO LINEALES DE UTILIZACION Y DE PRODUCCION.

En este modelo, en la cantidad económica de producción (o de compra) existen algunas limitaciones básicas: en cuanto a la demanda de los productos se supone uniforme y constante. En tanto a órdenes se supone que las órdenes de com

para o de producción son agotadas y reemplazadas en forma -- instantánea. En lo referente a descuentos se da por supues to que no se dispone de descuentos en la cantidad comprada. En lo tocante a costos se supone que los precios y costos - de los materiales son constantes. Los factores de costo de mantenimiento de los inventarios, como son: seguros, almace namiento e intereses de capital, son también constantes e - independientes de los niveles de inventarios.

Como consecuencia de lo anterior, pueden tenerse erro res innumerables al usarse el modelo básico. Sin embargo, - existen situaciones que se acercan a la realidad y pueden - garantizar el uso de este modelo, por ejemplo cuando se - aplica a inventarios que tienen productos standar de poco o mediano valor y son empleados en grandes cantidades tales - como artículos estacionales o de temporada, suministros y - artículos metálicos comunes.

Estos comentarios sobre las limitaciones del modelo - como instrumento analítico no significan la destrucción de la confianza en él, sino que sólo refleja las posibles limi taciones en sus aplicaciones. De hecho, "...en la práctica el uso de estas fórmulas, por lo general conduce al mejora miento de la administración de inventarios y a costos meno res". (27)

Modelo de Inventario para Varios Artículos

"No es infrecuente que el mismo equipo se utilice pa-

ra fabricar o procesar un gran número de productos diferentes de un ordenamiento cíclico" (28). De ahí que cuando deben fabricarse varios productos en serie sobre una sola instalación de equipo, o sobre una línea de producción, es a menudo inadecuado el modelo de producto único para determinar el tamaño del lote, pues cuando se aplica individualmente a cada producto, con frecuencia asigna más de un trabajo a la misma máquina durante el mismo período y puesto que la máquina no puede hacer más de un trabajo a la vez, deberá decidirse cuál trabajo se hará en primer lugar, cuál en segundo y así sucesivamente, dependiendo de la importancia de las razones técnicas o económicas del proceso de producción.

Por lo general, bajo tales circunstancias no es posible adaptarse a los valores MQ determinados para cada artículo individual, puesto que se nos agotaría completamente un artículo mientras la máquina está produciendo MQo unidades de otro. Consecuentemente la disponibilidad del tiempo compartido se convierte entonces en una restricción, a menos que el equipo se esté utilizando muy mal y exista gran cantidad de tiempo ocioso de manera que la interferencia entre las corridas de diferentes productos no constituya ningún problema.

De ahí, la importancia de desarrollar una metodología en que las corridas de producción (tamaño de lotes) de todos los productos se determinen conjuntamente para tomar en cuenta las interferencias de programación. Conceptualmente,

el problema es similar al del desarrollo de las corridas de producción para el caso de un producto, excepto que ahora - se debe determinar una duración del ciclo que reduzca al mínimo los costos totales de preparación de las máquinas más los costos de inventarios, conjuntamente para todo el grupo de productos, suponiendo que cada producto se elabora sólo una vez en cada ciclo.

Un enfoque a la solución del problema con varios productos es el de establecer ciclos de producción respectivos durante los cuales cada artículo se produce una vez. El objetivo es determinar la fracción óptima de utilización anual para producir cada artículo durante cada ciclo de producción. Considerando esta fracción óptima de utilización anual como aquella cantidad que minimiza la suma de todos los costos de preparación y sostenimiento de inventario para todos los productos, durante todo el año.

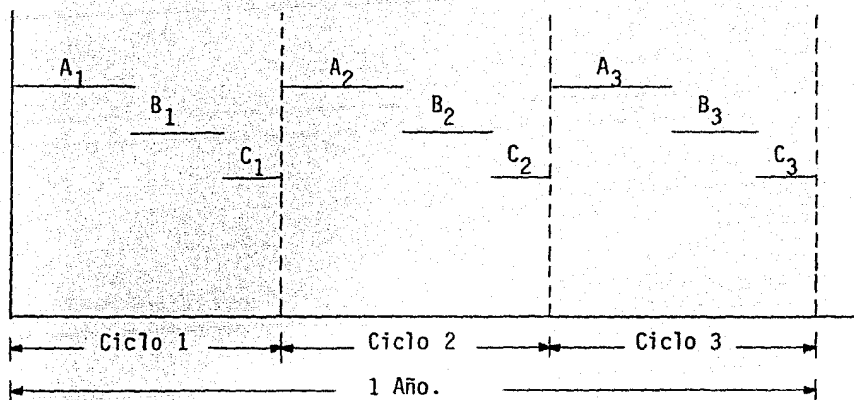
Suponiendo que se tienen tres productos, A,B,C, todos los cuales se fabrican en el mismo equipo, podríamos producir estos tres artículos en, digamos, tres ciclos de producción diferentes en el curso de un año. Si se hiciera esto, la gráfica de cargas aparecería como se muestra en la gráfica 13. A_1 indica el tiempo de producción durante el ciclo 1 dedicado al producto A, y así para los demás productos y ciclos.

Observamos las siguientes relaciones:

$$A_1 + A_2 + A_3 = A_T \quad \text{utilización total de A en un año}$$

$B_1 + B_2 + B_3 = B_T$ utilización total de B en un año

$C_1 + C_2 + C_3 = C_T$ utilización total de C en un año



GRAFICA 13.-CARTA DE UNA CARGA DE MAQUINAS PARA TRES PRODUCTOS EN TRES CICLOS DE PRODUCCION DURANTE EL AÑO.

Si añadimos la restricción de que debe producirse en cada ciclo la misma cantidad de cada producto, entonces son válidas las siguientes relaciones:

$$A_1 = A_2 = A_3 = A$$

$$B_1 = B_2 = B_3 = B$$

$$C_1 = C_2 = C_3 = C$$

La fracción de utilización anual que resulta durante cada ciclo para cada artículo es A/A_T , B/B_T y C/C_T . Obsérvese que, puesto que cada artículo se produce en cada ciclo $A/A_r = B/B_r = C/C_r$. A esto se le llama razón común: nues--

tro objetivo es determinar aquel valor de F que resulte en el costo total más bajo para todos los artículos en cuestión. Se harán necesarias por tanto las siguientes notaciones:

K = índice usado para designar un artículo particular.

TK = duración de la corrida de producción, en días para el artículo K

F = función de utilización anual producida por cada ciclo, la misma para todos los artículos.

PRK = tasa de producción anual para el artículo K (la cantidad del artículo K que el proceso podría producir en un año si no hubiera más que esto).

DK = utilización anual del artículo K

CCK = costo anual de almacenar 1 unidad del artículo K .

PCK = costo de cada preparación para el artículo K .

TCK = total del costo anual variable para el artículo K

Suponemos 250 días laborables por año.

Es preciso entonces desarrollar una ecuación para el costo total en la cual los componentes del costo se expresan en función de la variable que estamos tratando de optimizar, F en este caso. Desarrollamos en primer lugar una ecuación para el costo total de un artículo general K y luego se convierte esto en una ecuación general del costo total sumando la expresión resultante sobre K .

$TC_K = (\text{Costo anual de preparación}) K + (\text{Costo anual de sostenimiento}) K$

(Costo Anual de preparación) $K = PCK$ (Número de preparaciones) K

(Número de preparaciones) $K = DK$ (Número de unidades producidas tras cada preparación) $K = DK/(F)(DK) = 1/F$

por tanto,

(Costo anual por preparaciones) $K = PCK/F$

Esta expresión, en términos de F , es el costo anual de preparación para el producto K . Ahora debemos desarrollar una expresión similar, también en términos de F , para el costo anual de sostenimiento.

(Costo anual de sostenimiento) $K = (CC_K)(SOH \text{ promedio})_K$

$(SOH \text{ promedio})_K = (1/2)(SOH \text{ máximo})_K$

$(SOH \text{ máximo})_K = (Tasa \text{ de producción diaria})_K - (Tasa \text{ de utilización diaria})_K$
 $= (PR_K - D_K) / 250) T_K$

$(SOH \text{ promedio})_K = (1/2)(PR_K - D_K) / 250) T_K$

La expresión no está todavía en función de F . Para convertirla debe identificarse una relación fundamental entre T_K y F .

$T_K = \text{Número de unidades producidas en } T_K / \text{tasa de producción diaria.}$

$= (F)(D_K) / PR_K / 250) = 250(F)(D_K) / PR_K$

$(SOH \text{ promedio})_K = (1/2)(PR_K - D_K) / 250 \cdot 250(F)(D_K) / PR_K$
 $= (1/2)(F)(D_K)(1 - D_K / PR_K)$

(Costo anual de sostenimiento) $_K = (1/2)(F)(D_K)(1 - D_K/PR_K)CC_K$

Ahora podemos sumar las dos expresiones para obtener una ecuación del costo para el producto K :

$$TC_K = PC_K/F + (1/2)(F)(D_K)(1 - D_K/PR_K)CC_K$$

Puesto que se está proponiendo minimizar los costos - totales de inventario para todos los artículos, es imprescindible sumar ambos lados de la ecuación anterior para obtener la ecuación final del costo total para todos los artículos.

$$\sum_K TC_K = \sum_K (PC_K)/F + \sum_K \left[(1/2)(F)(D_K)(1 - D_K/PR_K) CC_K \right]$$

Obteniendo la primera derivada de la última ecuación con respecto a F, igualando la derivada a cero, y resolviendo para F, se obtiene la siguiente expresión:

$$F = \sqrt{\frac{2 \sum_K PC_K}{\sum_K [CC_K D_K (1 - D_K/PR_K)]}}$$

Esta ecuación determina la fracción óptima de la demanda anual para cada artículo que debe ser producida durante un ciclo de producción, o una corrida de producción. Para convertir la fracción de demanda anual en la cantidad -- real de cada artículo que ha de producirse en cada ciclo, - tenemos

$$MQ_K = D_K F$$

El número de ciclos (NC) en un año se determina por:

$$NC = 1/F$$

La duración de cada ciclo (CL), en meses, es:

$$CL = 12/NC$$

La función de transferencia en este caso es: cada CL meses inicie un nuevo ciclo de producción, y produzca una cantidad $MQ_K = D_K F$ para cada artículo K.

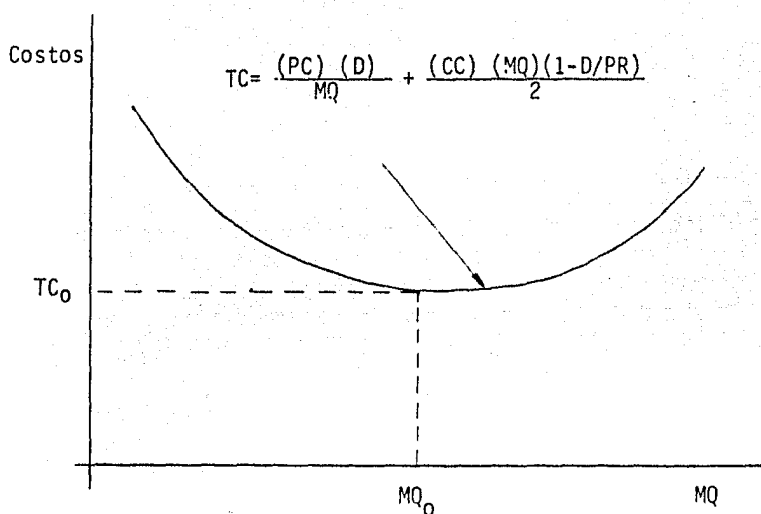
Conflictos de Programación resultantes de aplicar la fórmula del tamaño económico a artículos individuales.

Aunque es posible siempre determinar un valor MQ_0 para cada artículo, con frecuencia no es probable obtener una programación satisfactoria de la producción con base en valores MQ_0 exclusivamente. A menudo es necesario, por tanto, desviarnos de los valores MQ_0 por lo menos para algunos de los artículos.

El siguiente método determina un rango de valores Mq para cada artículo, de tal manera que el costo total de inventario resultante no es mayor que una cantidad permisible establecida con anterioridad. Una vez que se ha establecido el rango de valores MQ para cada artículo, se genera un programa de producción factible, ajustando los valores individuales de MQ dentro del rango determinado.

La función del costo total de un artículo fabricado se ilustra en la gráfica 14. Cualquier desviación del tamaño del lote óptimo. MQ_0 resulta en un aumento del costo total. Puesto que la función del costo es relativamente pla-

na en su punto más bajo, podemos usualmente desviarnos bastante de MQ_0 sin aumentar notablemente TC. Obsérvese, sin embargo, que podemos desviarnos más en la dirección de lotes mayores que en la dirección de lotes menores, con el mismo aumento en el costo total.



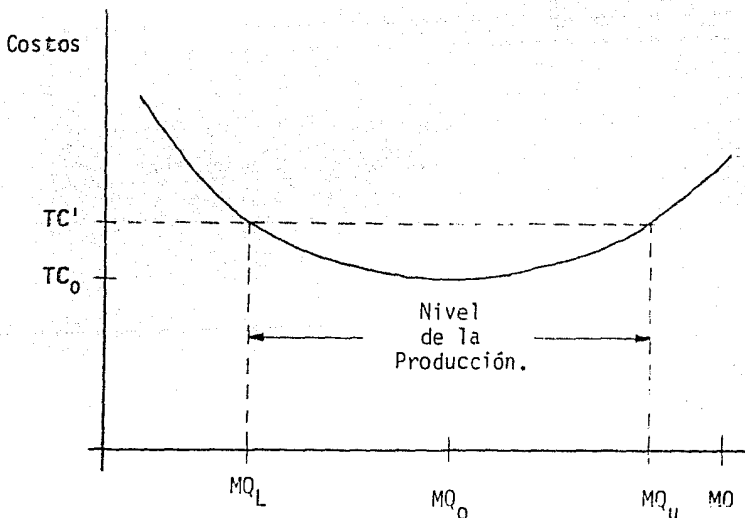
GRAFICA 14.-FUNCION DEL COSTO TOTAL DE UN ARTICULO MANUFACTURADO.

Lo que se pretende es especificar un aumento permisible en TC. La cantidad puede fijarse tanto como un porcentaje que como un límite superior del valor numérico de TC.- Si se establece como un porcentaje permisible de aumento, este se denota como $P = 1 + \% \text{ aumento}$. Si se establece como

un límite superior, TC' , sobre el valor de TC , el aumento - se determina como $p = TC'/TC_0$. Los efectos del aumento per- misible se muestra en la gráfica 15. Cualquier tamaño de - lote entre los valores MQ_L y MQ_U no hacen que TC sea mayor que el máximo permisible TC' . Nuestro problema es encontrar los valores numéricos de los límites, MQ_L y MQ_U , para un -- costo total permisible dado, TC' , o para un porcentaje de - aumento dado, p . Eilon (1962, pp.243-245) deduce las expres- siones:

$$MQ_L = MQ_0(\rho - \sqrt{\rho^2 - 1})$$

$$MQ_U = MQ_0(\rho + \sqrt{\rho^2 - 1})$$



GRAFICA 15.-CONCEPTO DEL NIVEL DE PRODUCCION

Tamaños de Inventarios Intermedios en Proceso.

En este punto nos ocupamos de piezas en proceso, considerando que cualquier interrupción en un punto del sistema de producción afectaría muy rápidamente en las etapas siguientes, determinando con esto la importancia del mantenimiento de inventarios en proceso puesto que "...los inventarios permiten que estas interrupciones puedan ser absorbidas durante algún tiempo. Esta es una de las razones importantes de por qué los inventarios de proceso dentro de la fábrica, desempeñan funciones tan significativas. En una línea de producción, la función de enlace se encuentra en un mínimo y sabemos que es perfectamente posible que toda la línea de producción se pare si nos falta de pronto el abastecimiento de un artículo crítico". (29)

De hecho, el inventario en proceso puede presentarse entre los puntos sucesivos de procesos de producción de varias etapas. Los inventarios en proceso solamente no pueden ocurrir en aquellos procesos de producción en los cuales el producto se procesa a una velocidad o tasa de flujo constante en todas sus etapas. En todos los demás casos -- pueden utilizarse los inventarios en proceso para el desacople de etapas sucesivas de producción. Solamente cuando -- disponemos de inventarios en proceso pueden operar en forma relativamente independiente, una de otras, las etapas sucesivas.

Tasas de Proceso Fijas e Iguales

Consideremos dos etapas de un proceso de producción, como las que se muestran en el diagrama 3. El producto fluye por la dirección indicada por la flecha. Cualesquier unidades del producto que se acumulen entre las dos etapas quedan en almacenamiento intermedio. El inventario acumulado fluctuará hacia arriba y hasta abajo en función de las tasas de producción de las dos etapas, las cuales son variables aleatorias.

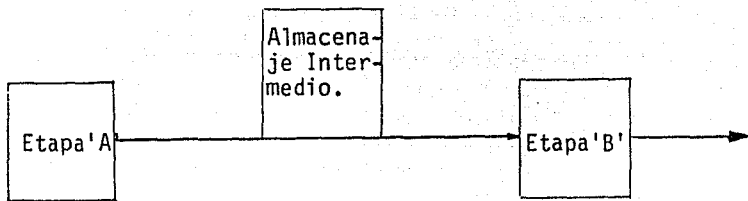


DIAGRAMA 3.-DOS ETAPAS DE UN PROCESO DE PRODUCCION, CONECTADOS CON UN ALMACENAMIENTO INTERMEDIO.

Designemos como Y_{AB} al almacenamiento intermedio entre las etapas A y B, o simplemente el número de unidades en el almacenamiento intermedio. Si la capacidad máxima de este almacenamiento es de J unidades, entonces Y_{AB} podría fluctuar entre 0 y J .

Obsérvese que si $Y_{AB} = 0$ cuando la etapa B completa el procesamiento de una unidad, entonces la etapa B estará

ociosa hasta que la etapa A le entregue la próxima unidad. Si $y_{AB} = J$ cuando la etapa A completa el procesamiento de una unidad, se mantendrá ociosa hasta tanto la etapa B termine la unidad que se encuentre procesando. El tiempo ocioso en las máquinas es costoso y usualmente deseamos evitarlo.

La cantidad de tiempo ocioso de máquina (en ambas etapas) que resulta de varias horas de operación depende bastante de J , el tamaño máximo del inventario intermedio. Si $J = 0$, entonces resultará una gran cantidad de tiempo ocioso. Si J es muy grande, entonces la acumulación de partes en proceso hará disminuir la cantidad de tiempo ocioso de máquina.

Debemos reconocer, sin embargo, que es tan solo a expensas de proveer un almacenamiento intermedio grande para acumulación de partes en proceso, como se puede lograr un tiempo menor ocioso de máquina.

Al costo de proveer este almacenamiento intermedio debemos añadir también el costo de la inversión representada por el almacenamiento en proceso. Vemos, por tanto, que este problema encaja en el marco de un problema típico de inventarios. Tenemos dos costos opuestos, y deseamos minimizar la suma de ellos. El modelo que presentamos está basado en el trabajo de Young (1967), Hunt (1956) y Buchen y Koenigsberg (1963).

Suponiendo que existe un proceso de dos etapas, como

el del diagrama 3 cada etapa con una tasa de servicio idéntica, que sigue la distribución Poisson. Puede demostrarse que e , la eficiencia de la máquina (la razón entre tiempo productivo de máquina y tiempo de operación total), es aproximadamente

$$e = \frac{J + 1}{J + 2} \quad (1)$$

Intuitivamente se puede ver que esta relación es verdadera cuando $J = 0$. En este caso, $e = 0,5$, lo que nos indica que la mitad de las veces una de las etapas estará ociosa. Puede suceder que la etapa A esté forzosamente ociosa debido a que la etapa B esté ociosa porque la etapa A no ha terminado el proceso de la unidad siguiente. (Considérese que se está suponiendo un aprovisionamiento ilimitado de -- unidades a la etapa A).

La ecuación del costo total para este modelo sería representada como sigue:

$$E(TC) = C_1 \left[\frac{e}{(1 - e)} \right] + C_2(1 - e) \quad (2)$$

donde

$E(TC)$ = costo total esperado, suponiendo tasas de producción con distribución Poisson.

C_1 = Costo de inventario por unidad, por unidad de tiempo.

C_2 = Costo de máquina ociosa, por unidad de tiempo.

e = Eficiencia de la máquina.

La primera derivada de la última ecuación se hace --

igual a cero, y resuelve para e. Al hacer esto, se obtiene:

$$e = 1 - \sqrt{C_1/C_2} \quad (3)$$

Las ecuaciones 1 y 3 pueden igualarse y reducirse para obtener la siguiente expresión para J_0 , el tamaño óptimo del inventario intermedio:

$$J_0 = \sqrt{C_2/C_1} - 2 \quad (4)$$

Para valores particulares de C_1 y C_2 , la ecuación (4) nos permite determinar con facilidad el tamaño óptimo del almacenamiento intermedio. Este valor puede ser usado después de la ecuación (2) para determinar el más bajo costo total esperado utilizando un almacenamiento intermedio de J_0 .

En Young (1967) se muestra que estos resultados pueden ampliarse a cualquier número de etapas (por ejemplo M) en un proceso de producción siempre que las tasas de servicio en todas las etapas sean igualmente variables aleatorias -- Poisson. Para M etapas, sin embargo, la ecuación:

$$J_0 = \sqrt{C_2/C_1} - 2 \text{ se cambia a:}$$

$$J_0 = M(\sqrt{C_2/C_1} - 1) - \sqrt{\frac{C_2}{C_1}} \quad (5)$$

Si obtenemos un valor negativo en la ecuación (4) o en la (5), J_0 se iguala a cero. Young (1967) también presenta un modelo para el caso en que todos los tiempos de servicio tienen una distribución normal.

Tasas de Proceso Ajustables y Desiguales.

Ahora consideremos el caso en que las tasas de procesos de dos etapas sucesivas de producción son desiguales y por lo menos una es ajustable. Suponemos también que las tasas de producción de las dos etapas son variables aleatorias con distribución Poisson X_A y X_B , con media M_A y M_B para las etapas A y B, respectivamente. Defínase N como el número de unidades en el almacenamiento intermedio, más el número de unidades que se están procesando en la etapa B. Obsérvese que cuando $N = 0$, la etapa B está ociosa, y que cuando $N > 0$, la etapa B está en operación. Para el caso en que $\mu_A < \mu_B$, puede demostrarse por la teoría elemental de líneas de espera que la función de probabilidad de N es

$$P_N = (1 - \mu_A / \mu_B) (\mu_A / \mu_B)^N \quad \mu_A < \mu_B$$

Teóricamente, no existe límite superior para el tamaño de N. En la práctica, debemos restringir el número de unidades al que podamos acomodar a la vez en el almacenamiento intermedio. Denotando por J el tamaño del almacenamiento intermedio. Claramente, cuando $N = J + 1$ (o sea, cuando el almacenamiento intermedio está repleto y una unidad está en servicio en la etapa B), la etapa A debe estar ociosa, puesto que no hay donde colocar su producción.

Nuestro enfoque en este caso consiste en especificar proporciones aceptables del tiempo total de operaciones en

las que estamos dispuestos a permitir que las etapas A y B estén ociosas. Definamos la siguiente notación:

α_A = proporción aceptable de (tiempo ocioso)/(tiempo total de operación) para la etapa A.

α_B = proporción aceptable de (tiempo ocioso)/(tiempo total de operación) para la etapa B.

Los valores de α_A y α_B , que deben especificarse para una situación dada, deben determinarse considerando la importancia relativa de las dos clases de condiciones de tiempo ocioso.

Obsérvese la siguiente relación, para comenzar nuestro análisis:

$$\alpha_B = P(N = 0) = P_0 = (1 - \mu_A / \mu_B)$$

de la cual

$$\mu_A / \mu_B = 1 - \alpha_B$$

Podemos ahora utilizar la relación de la anterior ecuación para ajustar μ_A , μ_B o ambas para el valor deseado de α_B . Una vez hayamos determinado los valores apropiados de μ_A y μ_B la función de probabilidad completa de N se determina la ecuación

$$P_N = (1 - \mu_A / \mu_B) (\mu_A / \mu_B)^N \quad \mu_A < \mu_B$$

Ahora simplemente determinamos el tamaño de J del almacenamiento intermedio que satisfaga el valor deseado de α_A . Solamente tenemos que encontrar el mayor valor entero de N tal que la suma de las probabilidades de los valo--

res de N mayores que J no sea mayor que α_A . Simbólicamente:

$$J = \max [N - 1], \text{ tal que } \sum_{i=N+1}^{\infty} P(Ni) \leq \alpha_A$$

$$= \max [N - 1], \text{ tal que } \sum_{i=0}^N P(Ni) > 1 - \alpha_A$$

Por último, es necesario aclarar que los enfoques del problema de inventarios en proceso, tasas de proceso fijas e iguales y tasas de proceso ajustables y desiguales, son solo dos entre muchos otros modelos disponibles. Ninguno de estos dos debe considerarse apropiado para todas las situaciones. Se requiere de una mayor investigación sobre el problema de inventarios en proceso para poder desarrollar funciones de transferencia útiles.

II.7.-Otras Consideraciones

Las diversas funciones de transferencia de inventarios que se desarrollaron en las secciones anteriores implican ciertas suposiciones que algunas veces son irreales en la práctica, por ejemplo, en la mayoría de nuestros modelos usamos D para expresar la demanda anual esperada de la utilización del artículo. Supusimos que la tasa de utilización sería relativamente uniforme a través del año, con solo fluctuaciones aleatorias. Esta suposición puede ser válida en muchas situaciones, pero no serlo en muchas otras.

Otra suposición implícita en los modelos presentados, es la de que no tenemos limitaciones en cuanto espacio de almacenamiento para artículos en inventario. A menudo este no es el caso, y es bastante frecuente el hecho de que una empresa se vea forzada a ordenar lotes más pequeños que --- aquellos determinados por las fórmulas para Q_0 y MQ_0 .

Una suposición similar se refiere al límite superior en cuanto a inversión en los inventarios. De nuevo, podemos vernos forzados a ordenar lotes más pequeños para no salirnos de la inversión máxima permisible en inventarios.

Estos tres aspectos ilustran las adaptaciones que con más frecuencia son necesarias en sistemas de inventarios.

II.8.-Sincronización con planificación de operaciones.

Un plan de operaciones requiere a menudo la producción irregular de ciertos artículos durante un período planificado de, digamos, un año. Los requerimientos de partes compradas y fabricadas que componen estos artículos también serán irregulares durante el período de planificación. Nuestros procedimientos de inventarios deberán ser compatibles con los requerimientos sincronizados del plan de operaciones.

Limitaciones Físicas de Espacio

Consideramos ahora el problema de una cantidad limita

da de espacio de almacenamiento para nuestros inventarios. Esta condición a menudo nos obliga a desviarnos de los valores calculados de Q_0 y MQ_0 para artículos individuales. Sin embargo, todavía deseamos minimizar el costo total, condicionado a la limitación de espacio.

Si tenemos n artículos, nuestra ecuación del costo total es:

$$TC = \sum_{i=1}^n \left[PC_i(D_i/Q_i) + CC_{\lambda} (Q_i/2) \right]$$

Definiendo K como el total de pies cúbicos de nuestra capacidad de almacenamiento y K_i como los pies cúbicos requeridos para almacenar una unidad del artículo i . Si existe una posibilidad de que los pedidos de todos los artículos lleguen al mismo tiempo, entonces se puede expresar la restricción de espacio físico en términos de los tamaños Q_i de los pedidos, como sigue:

$$\sum_{i=1}^n K_i Q_i \leq K \quad (b)$$

Si podemos suponer que los pedidos llegan de una manera preestablecida, de tal forma que la cantidad total almacenada en un momento dado permanezca aproximadamente igual, entonces la restricción de espacio toma la siguiente forma:

$$\sum_{i=1}^n (K_i Q_i) / 2 \leq K \quad (c)$$

Aquí consideramos solamente el caso expresado por la

ecuación (b) y suponemos que al recibir todos nuestros pedidos, deseamos que nuestro depósito quede completamente lleno. Esta suposición convierte la ecuación (b) en una igualdad. Después de reagrupar tenemos

$$\sum_{i=1}^n K_i Q_i - K = 0 \quad (d)$$

Ahora utilizando la técnica matemática de los multiplicadores de Lagrange para optimizar nuestra función de costo total, dentro de la restricción de limitaciones de espacio. Multiplicando la ecuación (d) por un factor λ , y la adicionamos a la función del costo total, ecuación (a).- Obsérvese que podemos hacer esta adición, puesto que simplemente estamos adicionando una cantidad cero al lado derecho. El resultado es:

$$TC = \sum_{i=1}^n PC_i(D_i/Q_i) + \sum_{i=1}^n CC_i(Q_i/2) + \lambda \left(\sum_{i=1}^n K_i Q_i - K \right) \quad (e)$$

Para minimizar la expresión original del costo total, sujeto a la restricción de espacio, debemos minimizar TC sobre Q_i y sobre λ . Esto lo logramos obteniendo la primera derivada parcial de TC en la ecuación (e), con respecto a Q_i

$$\frac{\partial TC}{\partial Q_i} = -\frac{PC_i D_i}{Q_i^2} + \frac{CC_i}{2} + \lambda K_i \quad (f)$$

Ahora igualemos a cero esta derivada parcial, y resolvemos para Q_i ,

$$Q_i = \sqrt{\frac{2PC_i D_i}{CC_i + 2\lambda K_i}} \quad (g)$$

Ahora tenemos que hallar aquellos valores de Q_i en la ecuación (g) que satisfacen simultáneamente las restricciones de espacio de la ecuación (d) 'ensayando' con diferentes valores de λ en la (g), hasta encontrar una solución satisfactoria.

Restricciones presupuestales.

Así, como a menudo encontramos limitaciones sobre espacio de almacenamiento, con bastante frecuencia se presentan también limitaciones sobre la cantidad de dinero que puede dedicarse a inventarios en un momento dado. Definamos C como el dinero que puede invertirse en inventario en un momento dado; y " c_i " como el precio por unidad de un artículo i . Expresamos la restricción presupuestal como:

$$\sum_{i=1}^n c_i Q_i / 2 - C = 0$$

El término igual a cero se multiplica luego por el multiplicador de Lagrange λ y se suma a la expresión del costo total, ecuación (a). La nueva ecuación del costo total se deriva parcialmente con respecto a Q_i , se iguala a cero, y se resuelve para Q_i . El resultado es:

$$Q_i = \sqrt{\frac{2PC_i D_i}{CC_i + \lambda c_i}}$$

En este caso se aplica también el mismo procedimiento de solución iterativa que se describió en la sección anterior.

CAPITULO III

III.1.-Ejemplo de Aplicación

En la actualidad para aplicar sistemas prácticos de inventarios se deben imponer algunos requerimientos básicos. Por ello, es fundamental que los modelos que se adapten describan el comportamiento de las variables más importantes que intervienen en una situación particular. El sistema debe reconocer la variabilidad inherente que tiene la demanda y, tal vez, los tiempos de entrega del suministro, así como predecir la manera en que variarán los inventarios con los cambios de la demanda.

También debe tomarse en cuenta que generalmente los sistemas de inventarios están incorporados a sistemas mayores, y que con frecuencia pueden intervenir y aún dominar otros factores aparte de los que normalmente influyen en los inventarios. De hecho, la mayoría de los sistemas de inventarios son de etapas múltiples, pudiendo resultar que, según las etapas, se deban elegir diversos métodos y técnicas.

Una vez elegido el sistema de inventarios, de acuerdo a las necesidades propias de la empresa, éste se debe evaluar continuamente.

"Eilon y Elmaleh utilizaron los métodos de simulación para realizar una evaluación comparativa de cinco sistemas,

incluyendo los de cantidad fija y ciclo de reorden. Como resultado recomiendan un sistema de combinación que incluye tanto una revisión periódica en cuyo momento se formula un pedido, así como un punto de pedido. En dicho sistema, en el momento de cada revisión periódica se formula un pedido cuya magnitud debe ser tal que los inventarios lleguen al punto M, como ocurre en el sistema de ciclo fijo de reorden. Sin embargo, si entre las revisiones bajan los inventarios al punto de pedido P, se formula un pedido por Q, como ocurre en el sistema de pedido de cantidad fija. Esta política resultó la mejor en términos de los niveles medios de inventarios y términos de los costos marginales de los niveles de servicio de 90 y 95 por ciento." (1)

La evaluación continua de la efectividad de la función de transferencia de inventarios es indispensable para así poder ajustar los parámetros siempre que el desempeño del sistema se desvie significativamente de los criterios de desempeño.

Es importante recordar que la clase del problema del mantenimiento de un sistema estable se encuentra en el diseño del sistema de decisión e información. Puesto que un sistema de información adecuado debe considerarse como un elemento indispensable para el buen desenvolvimiento de la empresa; tomando en cuenta que el objetivo básico de un sistema de información es contribuir al incremento de las utilidades de la empresa mediante el uso eficiente de la infor

mación disponible, proporcionando bases adecuadas para la toma de decisiones, para determinar desviaciones entre las predicciones y los resultados obtenidos.

El sistema de información debe estar en armonía con el desarrollo de la empresa, ya que está sujeto a una corriente interminable de cambios tanto internos como externos.

Sin pretender cubrir todos los aspectos y problemas involucrados en la planeación, estudio, diseño e implantación de un sistema de inventarios se presentan a continuación los datos indispensables para ejemplificar un problema de aplicación. Para ello, se hace necesario aclarar que todos los datos y cifras que se presentan son imaginarios, sin embargo se considera que las condiciones son similares a las que se pudieran presentar en una industria o compañía.

III.2.-Descripción del Problema

La empresa "A" fabrica varios cientos de productos metálicos distintos que venden a través de una cadena de distribuidores. El proceso de fabricación es relativamente sencillo aún cuando requiere un gran cuidado en la operación para obtener la calidad especificada. En conjunto, la materia prima sufre una transformación en una máquina adecuada para convertirse en un producto final. Mediante los cambios y ajustes convenientes en una máquina se pueden fa-

bricar muchos tipos de productos distintos, pues en general cada producto no necesita pasar sino por una sola máquina.

Como es natural, la producción de cada artículo se -- lleva a cabo por lotes ya que la preparación de una máquina para cambiar de un producto a otro implica gastos considerables entre los cuales se incluye: tiempo durante el cual la máquina permanece inactiva, limpieza, cambio de dados y matrices, ajustes para la nueva operación, desperdicio de material para las primeras piezas de prueba, mano de obra para las fases anteriores, etc.

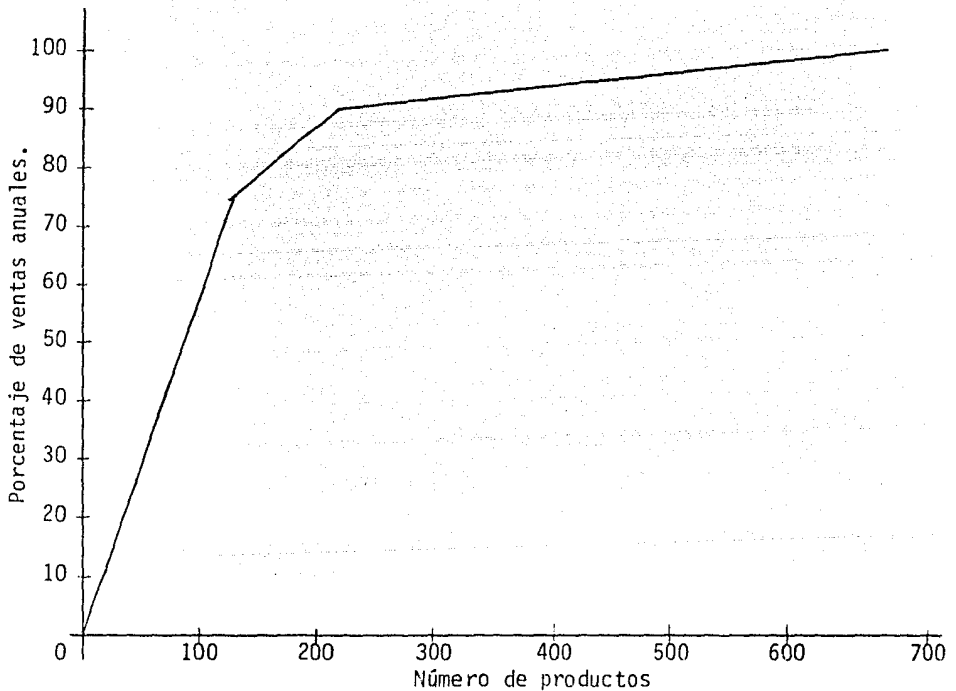
Dado el carácter aleatorio de la demanda se requiere la existencia de un inventario de cada producto a fin de regularizar la entrega de las cantidades pedidas por los clientes.

El monto total de dinero inmovilizado en forma de productos en inventario ascienden a más de \$ 10,000,000 y por ello, la empresa "A" desea estudiar la política óptima de inventario que haga mínimo el costo total que implica la -- existencia de esos inventarios. Como condiciones adicionales se plantean las siguientes:

1. Deben castigarse con severidad las rupturas o agotamientos de inventario.
2. Los resultados deben expresarse en forma de reglas de uso sencillo para su utilización en la práctica.
3. A pesar de la situación de tipo inflacionario que se desarrolla, no se desea especular con los inventarios

de productos.

En la gráfica 16, la curva permite ver en una forma inmediata que la fracción relativamente pequeña de los productos representa la mayor parte de las ventas. Así, 126 productos (18.5%) son los que comprenden el 75% de las ventas totales y 215 productos (31.5%) representan el 90% de dichas ventas.



GRAFICA 16.-NUMERO DE PRODUCTOS.

En otras palabras, las repercusiones económicas de una fracción parcial de los 680 productos no afectan en forma sensible a las operaciones de la empresa.

Esto permite separar un grupo de productos que justifiquen un estudio individual de políticas de inventario. El resto de los productos podrá englobarse en un conjunto (más o menos heterogéneo, desde luego) para el cual se definirá una política global de inventario, pero sabiendo de antemano que aún cuando esta política general sea más o menos defectuosa para ciertos productos, las implicaciones económicas de los errores resultantes eran muy pequeñas.

En el caso de estudio se seleccionaron los 126 productos que representan el 75% de las ventas, con lo cual el problema de análisis se reduce a menos de la quinta parte del problema original.

A su vez, los productos seleccionados se pueden separar en cuatro categorías distintas (2):

1. Productos con demanda estable, es decir, aquellos para los cuales hay variaciones aleatorias pero sin cambios estacionales marcados ni tampoco tendencias fuertes al aumento o disminución de su demanda.
2. Productos con clara demanda estacional
3. Productos en pleno desarrollo o decadencia cuya demanda tiene una marcada tendencia al aumento o a la disminución.
4. Productos cuya historia es muy corta pero que tienen

un desarrollo espectacular en su demanda para decrecer en forma igualmente rápida. Son, en otras palabras, productos de moda.

Cada categoría debe analizarse con un procedimiento de circulación distinto. Por ser más sencillo el método -- aplicable a la primera categoría, se ejemplificará con un producto que tiene las características correspondientes a esa categoría.

En cuanto a los costos, para el caso de estudio, el costo de preparación o reabastecimiento resultó ser de \$ 1,500,- imputable a cada orden de producción que se lanza.

El conjunto de los costos en que incurrimos por mantener inventarios (que se expresan como pesos por unidad de producto y por unidad de tiempo), puede estimarse como un porcentaje anual sobre el valor del producto. En el ejemplo analizado, este porcentaje se ha estimado en el 20% --- anual sobre el valor de cada unidad, que es de \$ 108,- a precio de distribuidor (base señalada por la dirección de la empresa A). Lo cual implica que mantener una unidad de productos en el almacén cuesta \$ 21.60 al año.

En el presente problema la consecuencia directa de -- una ruptura del inventario es un retraso en la entrega al cliente que ha solicitado el producto.

En términos generales, hay dos formas de plantear este problema:

1. Se fija un nivel de aceptación de ruptura; por ejemplo

se admite una ruptura de cada 10, o en cada 100, o en cada 1,000 pedidos recibidos, o con otros criterios similares, se admite una ruptura cada seis meses, o cada año, o cada 5 años.

2. No se fija un nivel de ruptura determinado, pero cada vez que hay una ruptura de inventario se castiga con un coto prefijado de antemano, según el criterio de la Dirección.

Para el caso actual se aceptó el segundo criterio, fijándose un castigo fuerte para la ruptura; el retraso en la entrega de una unidad de producto en un día cuesta el 50% del valor de la pieza, es decir, \$ 54 por unidad y por día.

III.3.-Análisis de la Demanda

La gráfica 17 presenta la historia de la demanda del producto estudiado.

De ella puede deducirse que dicho producto pertenece claramente a la primera categoría ya que no se aprecian variaciones estacionales y la demanda es sensiblemente constante.

Fórmulas para calcular la media y la variancia de la muestra y de la población:

Muestra

Población

Media de la Muestra:

$$\mu_{\bar{x}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \mu_i$$

$$\mu_{\bar{x}} = \mu_x$$

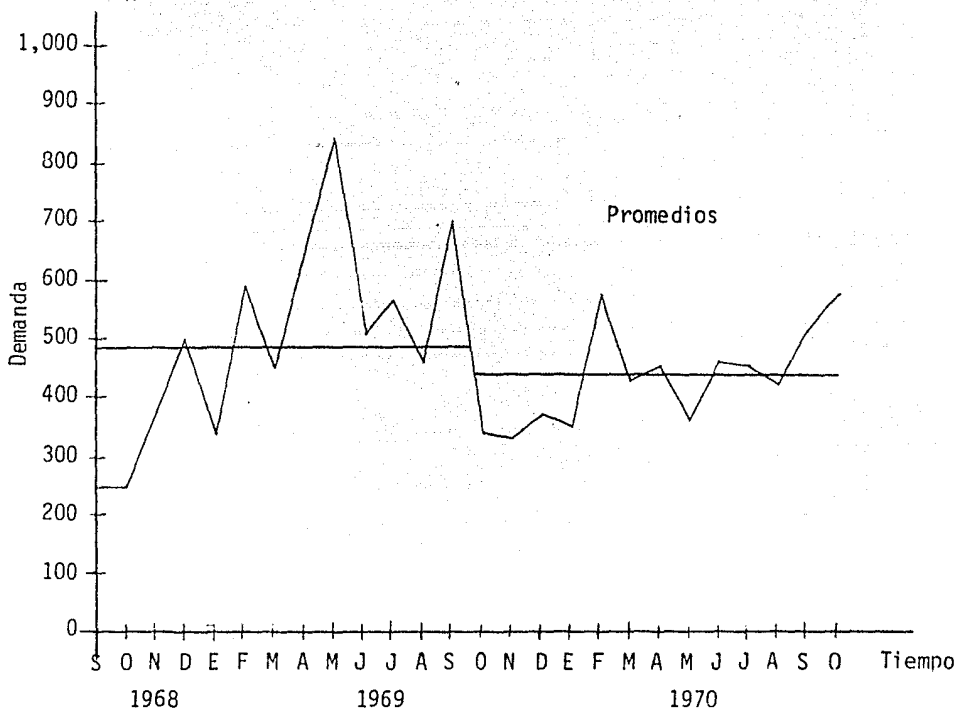
$$\mu_x = \frac{1}{x} \sum_{i=1}^n x_i$$

Variancia de la muestra:

$$\sigma_{\bar{x}}^2 = \frac{1}{n^2} \sum_{i=1}^n \mu_i^2$$

$$\sigma_{\bar{x}}^2 = \sigma_x^2$$

$$\sigma_x^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \mu_x)^2$$



GRAFICA 17.-HISTORIA DE LA DEMANDA DEL PRODUCTO ESTUDIADO.

Durante el período base (nov.1969-oct.1970) la demanda total fue de 5,274 unidades, o sea, un promedio diario de 17.6 unidades sobre la base de 300 días de trabajo por año.

Un estudio estadístico sobre las ventas diarias mostró que obedecen con bastante aproximación a una distribución normal (la conocida 'curva en campana') con una desviación estándar de 3.2 unidades.

Esto significa que la demanda diaria puede representarse mediante la expresión:

$$d = 17.6 \pm 3.2$$
$$= \mu_x \pm x$$

En esta expresión $\mu_x \pm x$ representa variaciones aleatorias de la ley de distribución normal.

III.4.-Retraso en la Entrega.

En el caso actual, 'retraso en la entrega' representa el tiempo que debe esperar una orden de producción antes de que: la máquina a la cual se destina esté lista para iniciar la producción. En efecto, en algunos casos, la máquina puede estar disponible para fabricar el producto ordenado por haber terminado su trabajo en un lote de otro producto, pero en general, habrá necesidad de esperar un cierto período de tiempo antes de poder hacer efectiva la orden de producción.

En la empresa "A" no se ha obtenido una estadística de estos tiempos se espera de las órdenes de producción. Sin embargo, se sabe que el tiempo máximo normal es de seis días.

Tanto por esta falta de información como por tener un pequeño margen de seguridad, se tomó la decisión de suponer que todas las órdenes de producción esperan seis días antes de hacerse efectivas. Por otro lado, dada la gran velocidad de las máquinas se consideró razonable la suposición de que al iniciarse la fabricación de un lote de producto, éste queda a la disposición del almacén de una forma inmediata.

III.5.-Tamaño del Lote más Económico.

Se ha indicado ya que cada orden de producción implica la fabricación de un lote de magnitud Q, pero nada se ha dicho aún sobre el número de unidades que deben integrar cada lote. Debe existir, por consiguiente, un tamaño de lote tal que la suma del costo de mantenimiento del inventario y del costo de preparación sea mínimo: este es el llamado lote más económico.

La siguiente fórmula permite calcular el tamaño del lote más económico para una demanda constante.

$$Q_0 = \sqrt{2 \frac{N}{t} \frac{C_3}{C_1}} \quad \text{o} \quad Q_0 = \sqrt{\frac{2(PC)(D)}{CC}}$$

$Q_0 = Q_0$ = número de unidades en el lote más económico o tamaño óptimo del lote.

$C_3 = PC$ = costo de preparación en pesos

$N = D$ = número de piezas en el período o; demanda (o utilización) anual del artículo.

$C_1 = CC$ = costo de mantenimiento de inventario por unidad, - por año. (en pesos)

Sobre la base de un año (300 días) y con los valores dados anteriormente, se calcula:

$C_3 = PC = \$ 1,500$

$N = D = 4,274$ unidades por año

$C_1 = CC = \$ 21.60$ por unidad por año

$t = 1$ año Con estos valores se obtiene: que

$Q_0 = 856$ unidades

Esta cantidad que equivale aproximadamente a la demanda media de dos meses, correspondería al lote más económico si la demanda fuera constante, pero como esta condición no se cumple en el presente caso, debe tomarse solo como un valor estimativo de dicho lote más económico. Más adelante - indicaremos la forma en que se puede fijar con mayor exactitud el valor de este importante factor, pero por el momento supongamos que 856 es el valor correcto.

III.6.-Cálculo del Nivel de Seguridad Optimo.

Todas las ideas anteriores han correspondido al planteamiento del problema y a la obtención de datos. Llegamos ahora a una de las partes más importantes del problema: al empleo del método de Monte Carlo para comparar entre sí a las diferentes políticas de inventario.

Sobre la base (provisional) de que el lote más económico a producir es de 856 unidades, las políticas de inventario pueden definirse en función de un solo factor: el número de unidades que constituye el nivel del almacén de seguridad.

Así podemos definir:

POLITICA 0 :	NIVEL DE SEGURIDAD DE	0	UNIDADES
POLITICA 1 :	NIVEL DE SEGURIDAD DE	50	UNIDADES
POLITICA 2 :	NIVEL DE SEGURIDAD DE	100	UNIDADES
POLITICA 3 :	NIVEL DE SEGURIDAD DE	200	UNIDADES
POLITICA 4 :	NIVEL DE SEGURIDAD DE	400	UNIDADES

Se deberá ahora evaluar por simulación el costo total correspondiente a cada una de estas políticas y elegir como la más adecuada aquella cuyo costo total sea mínimo.

Este costo será la suma de los costos de mantenimiento del inventario y de ruptura del mismo (en caso de que esto suceda) (3). De antemano podemos ver que el primero de estos costos será más alto para la política 4 que para las demás, mientras que el segundo será seguramente máximo para la política 0. (Ver tablas de políticas en anexos).

Para iniciar la simulación fijemos, en forma arbitra-

ria el número de unidades inicialmente existentes en el almacén (digamos 401 y fijemos también el número de días que van a ser simulados, por ejemplo, 300 días (1 año).

Ahora, para ejemplificar, consideremos la política 1, o sea, aquella para la cual el nivel de seguridad es de 50 unidades.

Construyamos la siguiente tabla I, cuya explicación se facilita mediante el desarrollo del proceso de llenarla. (Ver tabla en anexos).

TABLA I

DIA	DEMANDA	INVENTARIO FINAL	RUPTURA	ORDEN DE PRODUCCION.
0		401		
1	17	384		
2	19	365		
3	25	340		
4	18	322		
19	19	64		1
20	20	44		
21	17	27		
22	14	13		
23	11	2		
24	13		11	
25	18		29	
26	13	814		
27	18	796		
297	20	313		
298	20	293		
299	21	272		
300	17	255		
300	5,282	111,696	555	6

El día 0 (día anterior al comienzo de la simulación)

el inventario es, como se ha dicho, de 401 unidades.

La demanda simulada del día 1° se obtiene con ayuda de las desviaciones aleatorias normales. (4) La primera de éstas leída en la tabla es de -0.202. Luego, la demanda correspondiente es de $17.6 (-0.202 \times 3.2) = 16.95$, que se redondea a 17 unidades. Por consiguiente, el inventario al final del día 1° será de $401 - 17 = 384$ unidades.

En forma similar se prosigue para los días 2, 3, 4, etc. Al llegar el día 20, es decir, este día 20 se rompe el nivel de seguridad de 50 unidades, por lo cual es necesario lanzar una orden de producción por 856 unidades que estarán disponibles el día 26.

Mientras tanto, prosigue descendiendo el contenido del almacén de seguridad hasta el día 24 en que solo hay dos -- unidades que son insuficientes para hacer frente a la demanda de 13 unidades del día 24; es decir, se produce una ruptura de inventario por 11 unidades. Esta ruptura aumenta a 29 unidades en el día 25. Esto implica una ruptura total de 40 unidades-día.

El día 26 se reciben las 856 unidades ordenadas con lo cual la ruptura no alcanza mayores proporciones. Al finalizar este día 26 el inventario final será 856 y 29 (ruptura) y 13 (demanda) = 814 unidades.

El proceso se continua hasta el día 300.

En la parte inferior de la tabla 1 se encuentran los totales de la demanda, de los inventarios finales, de las -

rupturas y el número de órdenes de producción lanzadas.

El total de la demanda sirve como gafa para conocer la exactitud de la simulación. El valor real es de 5,274 - mientras que el valor simulado es de 5,282 unidades. La pequeña diferencia observada es de 8 unidades, (0.15%) indica que las desviaciones aleatorias utilizadas han trabajado -- bien.

Los totales de inventario y ruptura servirán para calcular los costos de mantenimiento del inventario y de ruptura, ya que:

C_1 = Costo de mantenimiento = (N° de unidades de inventario)(costo unitario de mantenimiento).

C_2 = Costo de ruptura = (N° de unidades en las rupturas) (Costo unitario de ruptura)

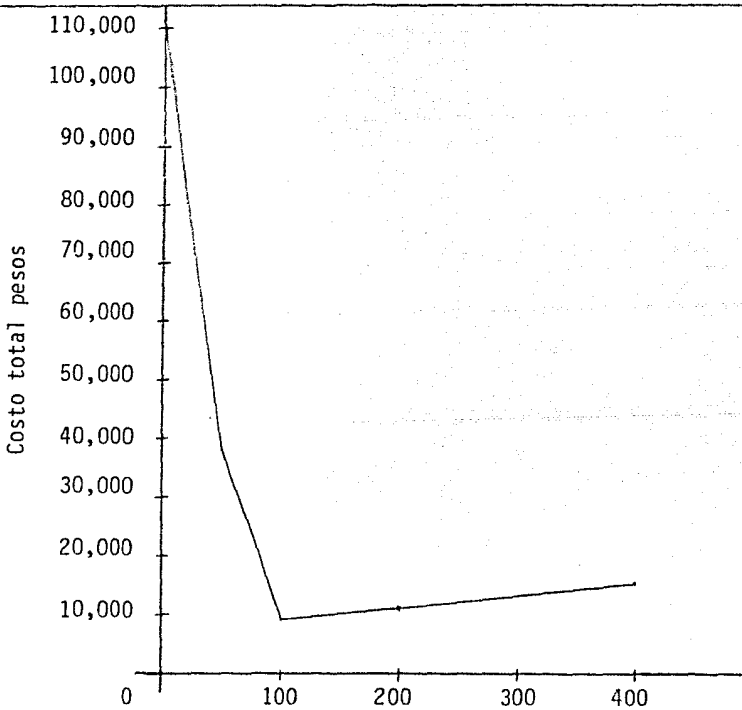
C_3 = Costo de preparación = (N° de órdenes de producción) (Costo de preparación o reabastecimiento).

La suma de estos dos costos, ($C_1 + C_2$), es el 'costo total' para la política considerada.

Con el solo cambio del nivel de seguridad, todas las políticas se analizan en esta forma. Los resultados aparecen en la tabla II y en la gráfica 18.

TABLA II

POLITICA	UNIDADES INVENTARIO	UNIDADES RUPTURA	COSTO MANTENIMIENTO	COSTO RUPTURA C_2	COSTO TOTAL C
0	98,516	1927	7,093	104,058	111,151
1	111,696	555	8,042	29,970	38,012
2	125,709	16	9,051	864	9,915
3	154,797	0	11,145	0	11,145
4	215,573	0	15,521	0	15,521



GRAFICA 18.- NIVEL DE SEGURIDAD, UNIDADES

De aquí se concluye que el nivel de seguridad óptimo es de 100 unidades.

III.7.-Reconsideración del Lote a Producir

Las determinaciones anteriores se basaron en un lote de 856 unidades. Se indicó sin embargo, que la magnitud de este es solo aproximada. Para afinar esta cifra es necesario repetir la simulación, manteniendo constante el nivel de seguridad en su valor óptimo de 100 unidades y haciendo variar el lote a producir.

Se definen entonces las políticas:

Política A : Lote a producir de 600 unidades

Política B : Lote a producir de 856 unidades (previamente analizada).

Política C : Lote a producir de 1,100 unidades

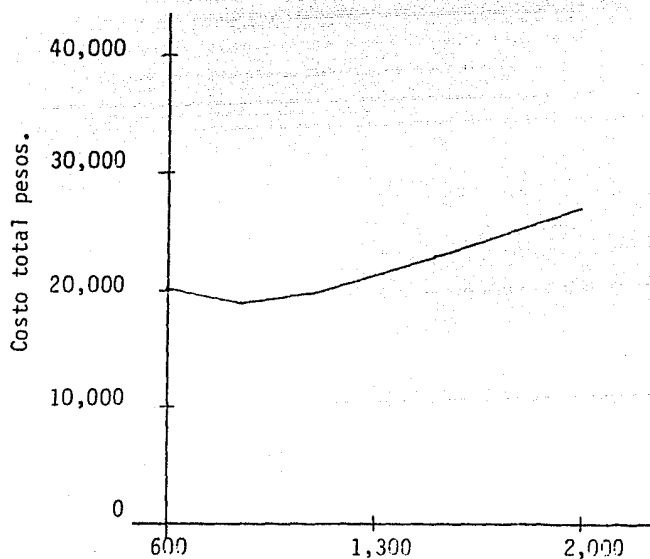
Política D : Lote a producir de 1,500 unidades

Política E : Lote a producir de 2,000 unidades.

El costo total será, para cada política, la suma de los costos de mantenimiento del inventario, de ruptura del mismo y de la preparación de máquinas. Los resultados obtenidos aparecen en la tabla III y en la gráfica 19.

TABLA III

POLITICA	COSTO MANTENIMIENTO C_1	COSTO RUPTURA C_2	COSTO PREPARACION C_3	COSTO TOTAL C
A	6,380	162	13,500	20,042
B	9,051	864	9,000	18,915
C	11,924	162	7,500	19,586
D	15,993	702	6,000	22,695
E	22,436	0	4,500	26,936



Unidades a producir

GRAFICA 19.- UNIDADES A PRODUCIR

De la gráfica 19 se deduce que el número óptimo de unidades a producir en cada lote es de 856 unidades. Esta cifra es igual a la considerada.

En teoría, podría volverse a recalcular el nivel de seguridad óptimo, pero es fácil ver que las correcciones son tan pequeñas que no vale la pena hacerlo.

Una segunda deducción interesante es la influencia relativamente pequeña que tienen las desviaciones en el número de unidades a producir sobre el costo total, según se ve en la gráfica 19. Este hecho puede tener mucha importancia si las máquinas se encuentran sobrecargadas, pues en ese caso se podrían producir lotes sensiblemente mayores con lo cual se reducirá el tiempo total requerido para preparar las máquinas sin que haya un reflejo sensible en el costo total.

III.8.-Aplicación de los Resultados

Los resultados obtenidos pueden aplicarse con facilidad en la práctica, según lo desee la Dirección de la empresa, en este caso, la empresa "A". Nótese que al conocer el nivel de seguridad de cada producto puede saberse con mucha facilidad por comparación con el inventario existente en el almacén el momento en que debe lanzarse una orden de producción y recuérdese también que se conoce la magnitud de esta orden. Para una empresa con un mínimo de mecanización en el procesamiento de información este problema es muy senc-

llo de resolver, incluso para inventarios constituidos por muchos miles de artículos distintos.

El caso de producto con demanda estacionaria o con --tendencia futura es un poco más complicado para manejar, pero sin salir de la condición impuesta a aplicarse con un método sencillo.

¿Quiere decir esto que con un sistema mecanizado de este tipo se eliminan las decisiones sobre las políticas de inventario?

En primer lugar hay numerosas condiciones que deben estar sujetas a una decisión: políticas de entrega a los --clientes, coordinación entre producción y ventas, análisis de productos de demanda anormal, detección y control de excepciones, etc.

En segundo término, se requiere una investigación periódica para conocer los resultados obtenidos con tal sistema: será indispensable decidir cuándo es conveniente hacer una revisión total o parcial de las políticas seguidas.

Por último, las actividades administrativas de planeación, integración, ejecución y control, aplicadas al control de inventarios, quedan intocables.

De hecho, solo se ha dado al ejecutivo más tiempo para desarrollar más íntegramente esas actividades, solo que se le han dado reglas de acción para tomar mejores decisiones.

NOTAS

NOTAS INTRODUCCION

- 1) Hopeman, Richard J., Producción, conceptos, ..., -
pp. 497-480
- 2) Buffa, Elwood S. y
Taubert, W.H., Sistemas de producción..., p.
101
- 3) Ibidem., p. 76
- 4) Thierauf, Robert J.
y Grosse, Richard A., Toma de decisiones por ..., p.
190

NOTAS CAPITULO I

1. Thierauf, J. Robert y Grosse, R. A. Toma de decisiones por ...
p. 189
2. Hassman, Fred, citado por Starr y Miller, Control de ..., pp. 18-19
El uso de pronósticos para la anticipación de esta --- cuantía, tiene un importante significado, puesto que la predicción o anticipa--- ción representa un orden -- más alto de habilidad y conocimiento que también de-- ben hacerse como una fun- - ción de la dirección, siem- pre que se introduce un nue- vo artículo en la línea de productos de una organiza-- ción o cuando sea necesario establecer una estrategia - en respuesta a cambios rea- les o esperados del clima - económico y político.
3. Starr y Miller, Op. cit. , p. 22
4. Buffa, Elwood, y Taubert, H. W. Sistemas de producción...,
pp. 77-78
5. Ibidem p. 76
6. Ibidem
7. Ibidem pp. 76-77
8. Starr y Miller, Op. Cit., p. 25
9. Velázquez, Mastreta, Administración de los ... ,
p. 194

10. Ofr. Hopeman, R. Op. Cit., p. 482
11. Ibidem p. 482
12. Starr y Miller, Op. cit., p. 35
13. Thierauf y Grosse, Op. cit., p. 190
14. Drucker, F. Peter,
citado por Velázquez Mastretta, Op. cit., p. 185
15. Pooler, H. Víctor,
citado por Velázquez Mastretta, Op. cit., pp. 186-187

NOTAS CAPITULO II

1. Buffa, S. Elwood y Taubert, H. Sistemas de ..., p. 119
2. Ibidem. p. 101
3. Ibidem. pp. 106-108
4. Ibidem. pp. 119-120
5. Starr, K. Martin y Miller, W.D Control de ..., p. 151
6. Velázquez, Mastretta G. Administración de ... pp. 203-204
7. Ibidem.
8. Hay que hacer notar que la cantidad fija puede determinar con la fórmula de la -- cantidad económica de pedido, o sobre alguna otra base de acuerdo con las circunstancias.
9. Starr y Miller, Op. cit., p. 152
10. Buffa y Taubert, Op. cit., p. 121
11. Starr y Miller Op. cit., p. 159
12. Bock y Holstein, citados por Velázquez Mastretta, Op. Cit., p. 204
13. Starr y Miller, Op. cit., p. 152
14. Hopeman, J. R., Producción: conceptos..., p 501

15. Bock y Hostein, citados por Velázquez Mastretta, Op. cit., p. 204
16. Buffa y Taubert, Op. cit., p. 126
17. Ibidem pp. 126-127
18. Ibidem. pp. 128-129
19. Hopeman, J. R., Op. cit. p. 509
20. Buffa y Taubert, Op. cit. pp. 85-86
21. Starr y Miller, Op. cit. p. 116
22. Buffa y Taubert, Op. cit., pp. 111-112
23. Thierauf, J. R.,
et. all., Toma de decisiones ..., p.192
24. Buffa y Taubert, Op. cit., pp. 88-89
25. Tierauf y Grosse, Op. cit., p. 193
26. Ibidem pp. 216-217
27. Hopeman, J. R., Op. cit., pp. 495-496
28. Buffa y Taubert., Op. cit., p. 91
29. Ibidem. pp. 32-33

NOTAS CAPITULO III

1. Buffa, Elwood S., y Taubert William H, Sistemas de producción e ... p. 129
2. Las categorías que se mencionan no están separadas en una forma nítida, pues existen productos que pueden tener características mixtas.
3. El costo de preparación no interviene pues hemos supuesto que el lote a producir, en este caso - 856 unidades, es el mismo para todas las políticas.
4. Kaufman, Arnold Tablas.-Desviaciones aleatorias normales pp. 156-157

CONCLUSIONES

En una sociedad de libre empresa como la nuestra, la administración de una empresa, como se señala al principio de esta investigación, no puede saber con anticipación -- cuál será la demanda de sus productos, ni puede esperarse -- tampoco que se sepa con exactitud cuáles serán sus costos -- y utilidades, basándose en una demanda incierta. Bajo tales circunstancias la administración debe desarrollar los -- mejores pronósticos de adquisición de materia prima, costos y ventas para lo cual toma decisiones óptimas apoyadas en -- esos cálculos. El logro de ésto requiere precisamente la -- aplicación de un buen plan de desarrollo que a su vez necesita del conocimiento de numerosos elementos sobre los proyectos existentes y sobre los potenciales.

Por ello, al plantear el problema se tomó en consideración la necesidad de tener un completo conocimiento del -- mismo, de tal manera que se lograra un plan uniforme, factil -- ble y óptimo para poderse adaptar a las necesidades concretas y reales de una nueva empresa. Esto nos dió por resultado entender que un plan no puede ser formulado en ausen-- -- cia tanto de una planificación de proyectos como de una correcta evaluación económica.

Por tal motivo, se puede deducir que los inventarios representan una función primordial ya que desempeñan múlti-- -- ples funciones en el mercado, producción, promoción y dis--

tribución de los productos, así como representan los medios de absorción de diversos eventos perturbadores tales como: las variaciones al azar en el precio de las materias primas, las variaciones en la demanda y las que ocurren en el tiempo de los flujos de provisión, manufactura y distribución. Asimismo facilitan la promoción de los productos al aumentar su disponibilidad; permiten una mejor utilización de las instalaciones productivas, creando varios productos diferentes en lotes de tamaño razonable. Y por último, lo más importante, ofrecen un programa de producción más económico - al mismo tiempo que más aceptable, hablando socialmente, en el momento en que la producción tenga mayor estabilidad a lo largo del año. Todo ello crea la necesidad de resaltar la trascendencia de la función de los sistemas de inventarios como elemento imprescindible y vital dentro de la administración y funcionamiento de cualquier empresa industrial.

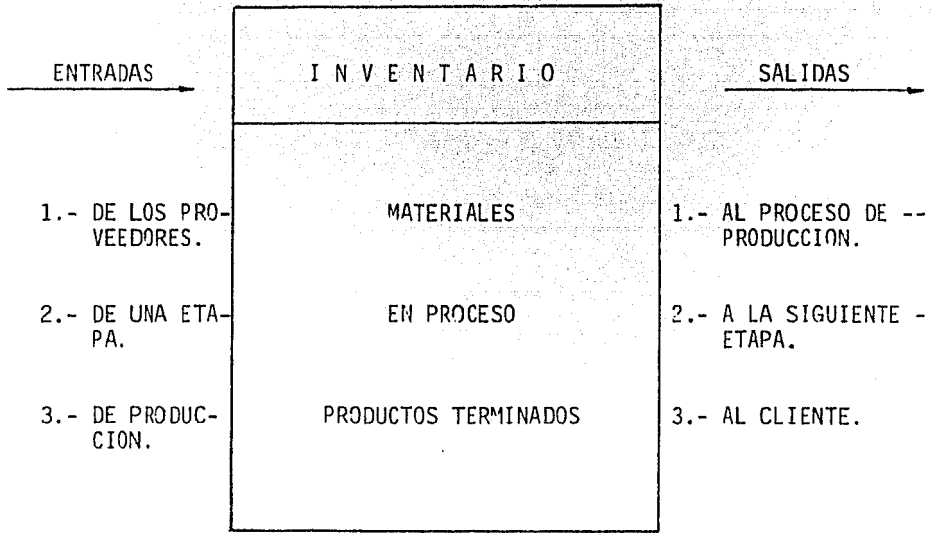
La planificación y control de inventarios se desarrolla, por lo tanto, en forma más eficaz al estar estrechamente relacionada con los demás sistemas que se realizan dentro de la empresa, ya que ésta al perseguir como fin principal una mayor productividad, una minimización en los costos, - y por ende, una mayor obtención de utilidades, hace que el control de las operaciones se realice en forma oportuna, -- con lo que se logra detectar las variaciones existentes. De ahí que sea menester evaluar constantemente la efectividad

de nuestro sistema de inventarios, el cual debe estar planeado de acuerdo a las exigencias propias de la empresa, y ajustar los parámetros, siempre que el desempeño del sistema se desvie significativamente de los criterios de desempeño. -- Pues es preciso que los sistemas y proyectos funcionen de manera que rindan cada año una utilidad lo más alta posible, así como el lograr una minimización en los costos totales.

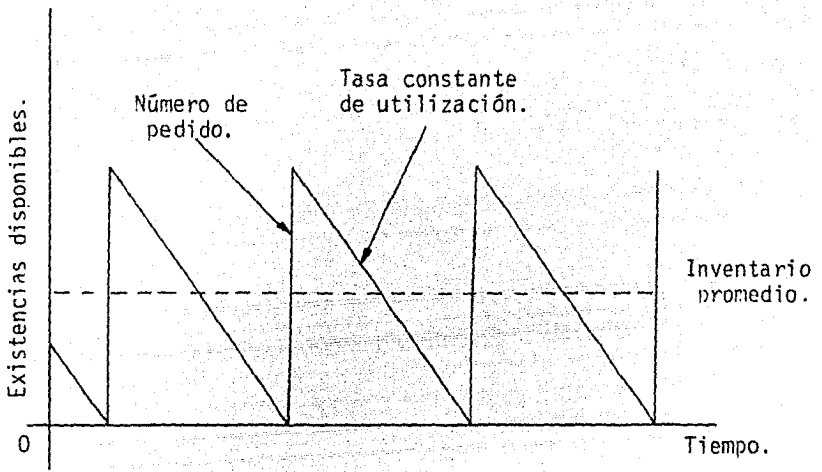
Por último, diremos que el papel del ingeniero industrial es imprescindible, puesto que es él quien debe buscar los últimos avances en lo que a sus funciones propias se refiere, para con ello, adquirir conocimientos relativos a -- otras áreas que redunden en beneficio de la empresa,

ANEXOS

GRAFICAS



GRAFICA 1.- REPRESENTACION DE ENTRADA / SALIDA DE LOS TRES TIPOS DE INVENTARIOS.



GRAFICA 2.- UN SISTEMA DE INVENTARIO TEORICO.

DIAGRAMAS

DIAGRAMA 1.- COSTOS RELEVANTES EN LOS INVENTARIOS

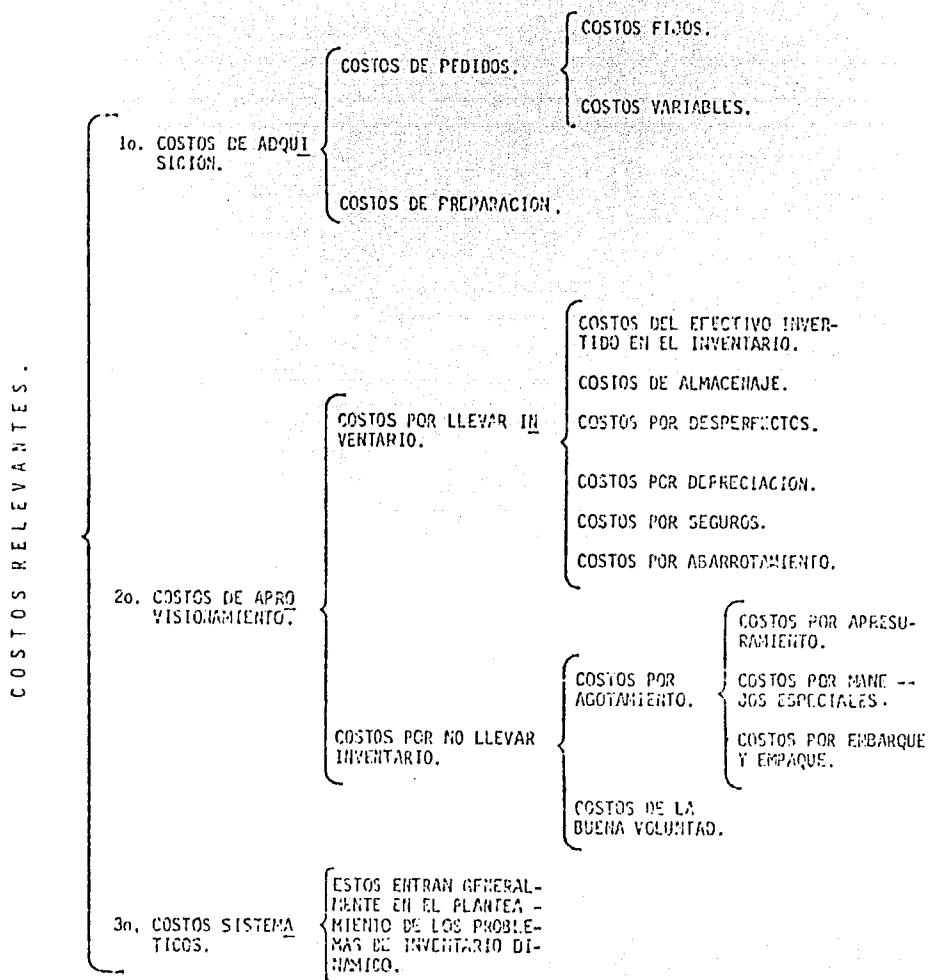
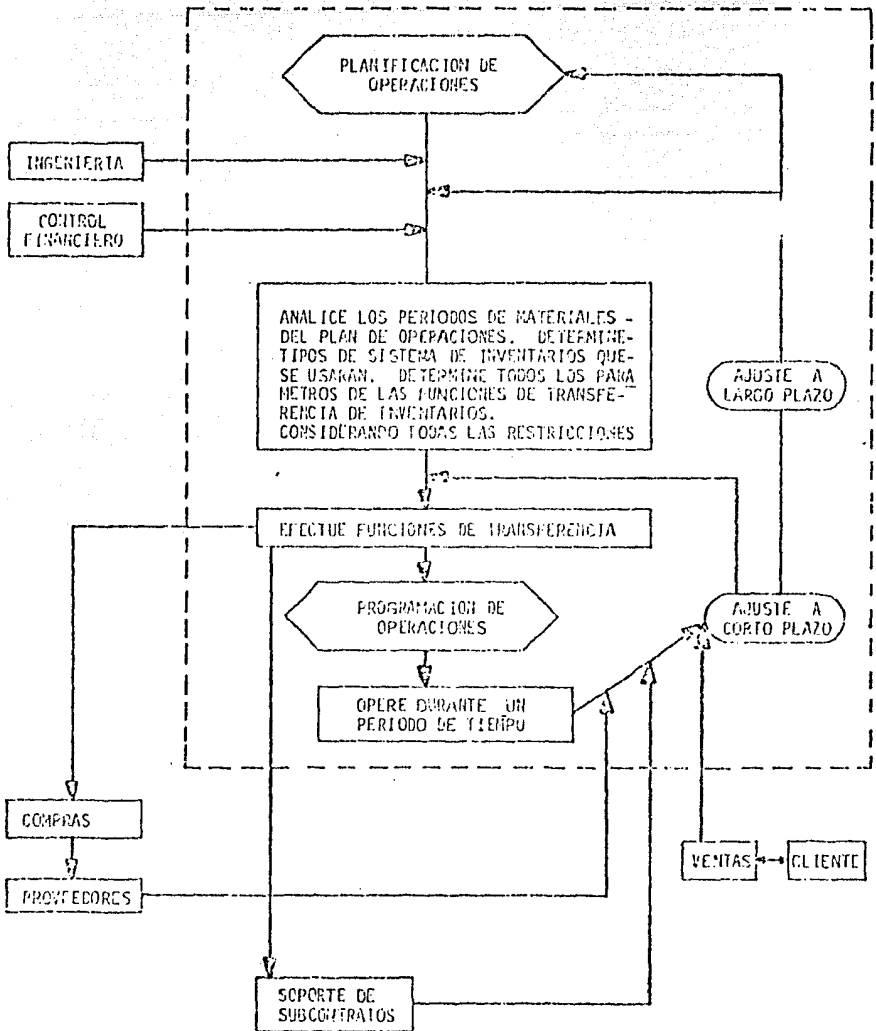


DIAGRAMA 2.- RELACIONES DE LA FUNCION DE INVENTARIOS.



TABLAS

TABLA IV.

Desviaciones aleatorias normales, $\frac{z - \bar{z}}{n} = 0$ $\frac{z - \bar{z}}{n} = 1$

.202-	1.303-	.671-	.196-	.018-	1.565	.284-	.622-	2.073	.481
.470	1.103-	.176	1.099	.092-	.482-	.543	.218-	1.683-	2.856
2.417	1.181	.168-	.278-	.560	1.847-	.061-	.578	.513	2.014
.260	.580-	.539	.955	1.128-	.730	.979	1.812	.195	1.322-
.353-	.151-	1.592-	1.213-	.189	1.074-	.678-	.412-	.165	.101
2.555-	.712-	.567	.085-	1.792	1.116	.252	1.676-	.121	.346
.666	.149-	1.359	.760-	.214	.446	.682	.584	.126-	.662
.077	.526	.783-	1.950-	.854	.084	.552	.757-	1.108-	.578
1.365-	.027-	.251-	.273-	.494	.022-	.383	1.253-	.728-	.194
1.833	.154-	1.804	.454-	.103	.759	.054	.504-	.066	1.647
.308	2.537	1.220	1.250-	.371-	1.210	.906	.608-	1.261-	.519
.768	.132	1.464	.478-	.182	1.752-	.864	.483	1.793-	.349-
.957-	.265	.724	.055	.885	.379-	.694	1.448-	.672-	.209
.094-	.957-	.373-	.792-	.086	.134-	1.493	.210-	1.830	.109-
.148	.539-	.327	.362	.245-	1.194	.746-	.242	.197	1.375
.661-	.654-	.379-	.759-	.804	.282	1.317-	.219-	.318-	.560-
1.231	.337-	.125-	1.373-	.535-	.119	.775	.254-	.598	1.200
1.117-	.871-	.187-	.543-	.421	.311	.493	.574	.145-	2.332-
.551	.335	1.746-	.235	1.455	.251	1.024	.062	.009	.676
.743	1.076	.766	.052-	1.194	.517	.401-	1.292	.280-	.540
.329-	.277	1.736	.175	.401-	.665	.479	1.322	.072	.867-
1.264-	.970	.639-	.761-	.502-	1.553-	.249	.119	.065-	.812-
2.092-	1.610	1.423-	1.071-	.642	.759-	2.276-	.133	.976-	1.525
1.447-	.154	1.464	.032	1.076-	.327	.378-	.055	.521-	1.400-
.018	.533	.558	.593	.737-	.189	1.876-	.140-	1.380-	.303-
1.445-	1.357	1.657-	.637-	1.447-	.548	.423-	.398	.167	.147
.002	1.537	.113	1.008-	1.080	.772-	.368-	.260-	2.146	.539-
.576	1.201-	.108-	.334	.659	1.192	.119	1.861	.856	.018-
.108	.335-	.228	.166	1.159-	1.099	.914-	.462-	1.132	.266-
.233	1.043-	.852	.746-	.046	.395	.735	1.526-	1.065	1.450
1.239-	.155	.090	1.139	2.823	.811	1.372-	.647	.858	.740-
.928-	.802	.043-	.463-	.985	.395-	.386	.465	.372-	.273-
.670-	.821-	1.092-	1.062	.601	2.369	1.557-	.814-	.220-	.012-
.643	1.339	1.287	.446	.642-	.593	.366	.640	.850-	.847
2.503	.162-	1.125	1.241-	2.226	1.063	.085	.016	.786	.766-
.895	2.238-	1.711	.640	.057-	.088-	.031-	1.184	1.550	.417
.070-	1.367-	.659-	1.025-	.475	.059	.792-	.468	.284	1.185-
.891	.903-	.213-	1.847	.223	1.640-	.772-	.324	.013-	1.757
1.170	.340-	.295-	.451	1.021	1.073-	.073	.477-	.397	1.292-
.139	.205	.665	.336	.790	.851-	.935	.502-	.650	.754
.591	1.342-	1.194	1.428	1.470-	1.702-	.450-	.668-	.217	1.161
.487-	.792-	1.453	1.465-	.350	.796	2.186-	.461	.848	.236-
1.048-	2.550-	.241-	.103-	1.365-	.065-	2.523-	1.270	.914	.157-
.984	.357	.563	1.177-	.371	.624-	.614-	.666	1.292	.776
1.217	.976	1.516-	.737-	.018	.768-	.712	1.091-	.812	.456-
1.008-	.849-	1.272-	.903	1.152-	2.081-	.157	.798	2.132-	.297-
.596-	.219-	.726-	.417-	.254-	.625	.599	.276	1.505	.672
.315-	.993-	1.768	.592	.640	.677	.965-	1.066	1.128-	.657
1.441-	1.171	.192-	.315-	1.724	1.131	.001-	.342-	.039	1.486
.413	.269-	.662	.085	.849-	.207-	.396	2.358-	.045-	.087-

(Extracto de una tabla de la Rand Corporation)

Los números negativos no están precedidos, sino seguidos del signo (-).

TABLAS DE POLITICAS

DEMAN- DA.	INVEN- TARIO FINAL.	RUPTU- RA.	ORDEN DE PRODUCC.	DIA.	DEMAN- DA.	INVEN- TARIO FINAL.	RUPTU- RA.	ORDEN DE PRODUCC.	DIA.	DEMAN- DA.	INVEN- TARIO FINAL.	RUPTU- RA.	ORDEN DE PRODUCC.
17	316			201	18	321			251	21	259		
21	295			202	17	304			252	16	243		
17	278			203	19	285			253	17	231		
21	257			204	14	271			254	20	211		
14	243			205	18	253			255	14	197		
17	226			206	17	230			256	21	176		
16	211			207	18	212			257	19	157		
11	200			208	20	192			258	18	139		
17	183			209	19	173			259	18	121		
16	167			210	18	155			260	20	101		
14	153			211	16	139			261	14	87		
16	137			212	18	121			262	12	75		
18	119			213	20	101			263	16	59		
15	104			214	18	83			264	17	42		
19	85			215	17	66			265	21	21		
15	70			216	20	46			266	19	2		
13	57			217	16	30			267	18		16	1
16	41			218	19	11		11	268	19		35	
18	23			219	22			32	269	18		53	
17	6		1	220	21			48	270	19		72	
18		12		221	16			64	271	20		92	
15		27		222	16			84	272	13		105	
14		41		223	20			98	273	15	736		
18		59		224	14				274	19	717		
19		78		225	15	743			275	18	699		
15		93		226	13	730			276	19	680		
14	749			227	21	709			277	15	665		
19	730			228	20	689			278	21	644		
18	712			229	14	675			279	21	623		
15	697			230	18	657			280	19	604		
21	676			231	25	631			281	20	584		
16	660			232	21	610			282	16	568		
21	639			233	20	590			283	26	542		
19	620			234	17	573			284	19	523		
14	606			235	25	548			285	21	502		
20	586			236	17	531			286	17	485		
14	572			237	19	512			287	18	467		
24	548			238	18	494			288	12	455		
19	529			239	21	473			289	14	441		
19	510			240	20	453			290	15	426		
22	488			241	13	440			291	14	412		
13	475			242	19	421			292	20	392		
17	458			243	13	408			293	17	375		
14	444			244	19	389			294	16	359		
15	429			245	18	371			295	15	344		
20	409			246	14	357			296	11	333		
16	393			247	17	340			297	20	313		
19	374			248	20	320			298	20	293		
17	357			249	23	297			299	21	272		
16	339			250	15	282			300	17	255		
553	16171	310	1		913	16236	337	1		883	15830	373	1

NIVEL DE SEGURIDAD: 9 UNIDADES.

POLITICA: "9"

LOTE DE PRODUCCION 856 UNIDADES.

DIA.	DEMAN- DA.	INVEN- TARIO FINAL.	RUPTU- RA.	ORDEN DE PRODUC.	DIA.	DEMAN- DA.	INVEN- TARIO FINAL.	RUPTU- RA.	ORDEN DE PRODUC.	DIA.	DEMAN- DA.	INVEN- TARIO FINAL.	RUPTU- RA.	ORDEN DE PRODUC.
0		401												
1	17	384			51	13	372			101	15	364		
2	19	365			52	14	358			102	18	346		
3	25	349			53	21	337			103	17	329		
4	12	322			54	16	321			104	19	310		
5	16	306			55	17	304			105	13	297		
6	5	297			56	15	289			106	19	278		
7	20	277			57	17	272			107	22	256		
8	18	259			58	19	253			108	15	241		
9	13	246			59	18	235			109	17	224		
10	23	223			60	17	218			110	23	201		
11	19	204			61	26	192			111	22	179		
12	20	184			62	18	174			112	22	157		
13	15	169			63	18	156			113	20	137		
14	17	152			64	25	141			114	16	121		
15	18	134			65	16	125			115	19	102		
16	15	119			66	16	109			116	16	86		
17	22	97			67	17	92			117	17	69		
18	14	83			68	15	77			118	17	52		
19	19	64			69	19	58			119	12	40		
20	20	44			70	21	37			120	20	20		
21	17	27			71	19	19		1	121	23			1
22	14	13			72	21		2		122	16			
23	11	2		1	73	23		25		123	13		3	
24	13		11		74	18		43		124	22		32	
25	16		29		75	19		62		125	19		54	
26	13		42		76	22		84		126	12		73	
27	18		60		77	23		107		127	18		85	
28	19		79		78	14	735			128	17	753		
29	13		97		79	16	719			129	18	736		
30	18	741			80	14	705			130	20	718		
31	14	727			81	18	687			131	18	698		
32	15	712			82	20	667			132	17	680		
33	15	697			83	15	652			133	14	663		
34	20	677			84	22	630			134	22	649		
35	26	651			85	17	613			135	21	627		
36	20	631			86	10	603			136	23	606		
37	17	614			87	13	590			137	15	583		
38	20	594			88	15	575			138	17	568		
39	21	573			89	17	558			139	17	551		
40	18	555			90	18	540			140	20	534		
41	19	536			91	13	527			141	21	514		
42	16	520			92	15	512			142	22	493		
43	14	506			93	9	503			143	17	471		
44	21	485			94	19	484			144	19	454		
45	21	464			95	21	463			145	12	435		
46	14	450			96	15	448			146	24	422		
47	16	434			97	17	431			147	15	408		
48	17	417			98	14	417			148	23	393		
49	13	404			99	21	396			149	17	370		
50	19	385			100	17	379			150	20	353		
												333		

872

16485

318

1

862

16973

323

1

902

16821

266

1

NIVEL DE SEGURIDAD: 50 UNIDADES.

POLITICA: "1"

LOTE DE PRODUCCION 856 UNIDADES.

DIA.	DEMAN- DA.	INVEN- TARIO FINAL.	SUPU- TA.	ORDEN DE PRODUCC.	DIA.	DEMAN- DA.	INVEN- TARIO FINAL.	SUPU- TA.	ORDEN DE PRODUCC.	DIA.	DEMAN- DA.	INVEN- TARIO FINAL.	SUPU- TA.	ORDEN DE PRODUCC.	DIA.	DEMAN- DA.	INVEN- TARIO FINAL.	SUPU- TA.	ORDEN DE PRODUCC.	DIA.	DEMAN- DA.	INVEN- TARIO FINAL.	SUPU- TA.	ORDEN DE PRODUCC.	
0		401																							
1	17	384			51	13	372			101	15	364			151	17	316				201	16	321		
2	19	365			52	14	358			102	16	366			152	17	295				202	17	304		
3	25	340			53	21	337			103	17	329			153	21	276				203	19	285		
4	18	322			54	16	321			104	19	310			154	21	257				204	14	271		
5	16	306			55	17	304			105	13	297			155	14	243				205	14	253		
6	9	297			56	15	289			106	19	278			156	17	226				206	23	230		
7	20	277			57	17	272			107	22	256			157	15	211				207	16	212		
8	19	259			58	19	253			108	15	241			158	11	200				208	20	192		
9	13	246			59	18	235			109	17	224			159	17	183				209	17	173		
10	23	223			60	17	218			110	23	201			160	16	167				210	18	155		
11	19	204			61	26	192			111	22	179			161	24	153				211	16	139		
12	20	184			62	18	174			112	22	157			162	16	137				212	19	121		
13	15	169			63	18	156			113	20	137			163	13	119				213	23	101		
14	17	152			64	15	141			114	16	121			164	15	104				214	19	83		
15	18	134			65	16	125			115	19	102			165	19	85				215	17	66		
16	15	119			66	16	109			116	16	86			166	15	70				216	20	46		
17	22	97			67	17	92			117	17	69			167	13	57				217	16	30		
18	14	83			68	15	77			118	17	52			168	16	41				218	19	11		
19	19	64		1	69	19	58			119	12	40			169	16	23				219	21			
20	20	44			70	21	37			120	20	20			170	17					220	11			
21	17	27			71	18	19			121	23				171	18					221	16			
22	14	13			72	21				122	16				172	25					222	16			
23	11	2			73	22				123	13				173	14					223	15			
24	13				74	18				124	22				174	18					224	24			
25	18		11	29	75	19				125	19	783			175	19	797				225	25	758		
26	13				76	22	772			126	12	771			176	15	763				226	13	730		
27	18	814			77	23	749			127	18	753			177	14	749				227	21	709		
28	19	736			78	14	735			128	17	736			178	19	730				228	20	689		
29	18	717			79	16	719			129	13	718			179	18	712				229	14	675		
30	14	741			80	14	705			130	20	698			180	15	697				230	18	657		
31	18	727			81	18	687			131	18	680			181	21	676				231	26	631		
32	15	712			82	20	667			132	17	663			182	16	660				232	21	610		
33	15	697			83	15	652			133	14	649			183	21	639				233	20	590		
34	20	677			84	22	630			134	22	627			184	19	620				234	17	573		
35	26	651			85	17	613			135	21	606			185	14	605				235	25	548		
36	20	634			86	15	603			136	23	583			186	20	586				236	17	531		
37	17	614			87	12	590			137	15	568			187	14	572				237	19	512		
38	20	594			88	15	575			138	17	551			188	24	548				238	18	494		
39	24	573			89	17	558			139	17	534			189	19	529				239	21	473		
40	18	555			90	18	540			140	20	514			190	19	510				240	20	453		
41	13	536			91	13	527			141	21	493			191	22	488				241	13	440		
42	16	520			92	15	512			142	22	471			192	13	475				242	19	421		
43	14	506			93	9	503			143	17	454			193	17	458				243	13	408		
44	21	485			94	19	484			144	19	435			194	14	444				244	23	389		
45	21	464			95	21	463			145	13	422			195	15	429				245	18	371		
46	24	450			96	15	448			146	24	408			196	20	409				246	24	357		
47	16	434			97	17	431			147	19	393			197	16	393				247	17	340		
48	17	417			98	19	417			148	23	370			198	19	374				248	20	320		
49	13	404			99	21	396			149	17	353			199	17	357				249	23	297		
50	19	385			100	17	379			150	20	333			200	18	339				250	15	282		

872 19631 40 1 262 18494 132 1 902 18375 108 1 850 18509 80 1 213 18558 91 1 803 18129 104 1

DIA.	DEMAN- DA.	INVEN- TARIO FINAL.	SUPU- TA.	ORDEN DE PRODUCC.	DIA.	DEMAN- DA.	INVEN- TARIO FINAL.	SUPU- TA.	ORDEN DE PRODUCC.	DIA.	DEMAN- DA.	INVEN- TARIO FINAL.	SUPU- TA.	ORDEN DE PRODUCC.	DIA.	DEMAN- DA.	INVEN- TARIO FINAL.	SUPU- TA.	ORDEN DE PRODUCC.	DIA.	DEMAN- DA.	INVEN- TARIO FINAL.	SUPU- TA.	ORDEN DE PRODUCC.	
0		401																							
1	17	384			41	13	372			101	15	364			151	17	316			201	18	321			
2	19	365			42	14	358			102	18	366			152	21	295			202	17	304			
3	25	340			43	21	337			103	17	329			153	27	278			205	19	285			
4	19	322			44	16	321			104	19	310			154	21	257			204	14	271			
5	16	306			45	17	304			105	15	297			155	14	243			205	15	253			
6	9	297			46	15	289			106	15	278			156	17	226			206	15	230			
7	25	277			47	17	272			107	22	256			157	15	211			207	18	212			
8	18	259			48	19	253			108	15	241			158	11	200			208	20	192			
9	13	246			49	18	235			109	17	224			159	17	183			209	19	173			
10	23	223			50	17	218			110	23	201			160	16	167			210	18	155			
11	19	204			51	26	192			111	22	179			161	14	153			211	16	139			
12	20	184			52	18	174			112	22	157			162	16	137			212	18	121			
13	15	169			53	18	156			113	20	137			163	18	119			213	20	101			
14	17	152			54	15	141			114	16	121			164	15	104		1	214	18	83			
15	18	134			55	16	125			115	19	102			165	19	85			215	17	66			
16	15	119		1	56	16	109			116	15	86		1	166	15	70			216	20	46			
17	22	97			57	17	92			117	17	69			167	13	57			217	16	30			
18	14	83			58	15	77			118	17	52			168	16	41			218	19	11			
19	19	64			59	19	58			119	12	40			169	18	23			219	22				
20	20	44			60	21	37			120	20	20			170	17	6			220	21	824			
21	17	27			71	18	19			121	23	20			171	19	844			221	16	808			
22	14	13			72	21				122	16	837		3	172	15	829			222	16	792			
23	11	658			73	20	831		2	123	13	824			173	14	815			223	20	772			
24	13	845			74	18	813			124	22	802			174	18	797			224	14	758			
25	18	827			75	19	794			125	19	783			175	13	778			225	15	743			
26	13	814			76	22	772			126	12	771			176	15	763			226	13	730			
27	18	796			77	23	749			127	13	753			177	14	749			227	21	709			
28	19	777			78	14	735			128	17	736			178	19	730			228	20	689			
29	18	759			79	16	719			129	18	718			179	18	712			229	14	675			
30	18	741			80	14	705			130	20	698			180	15	697			230	16	657			
31	14	727			81	18	687			131	15	680			181	21	676			231	26	631			
32	15	712			82	20	667			132	17	663			182	16	660			232	21	610			
33	15	697			83	15	649			133	14	643			183	21	639			233	20	590			
34	20	677			84	22	630			134	22	627			184	19	620			234	17	573			
35	26	651			85	17	613			135	21	606			185	14	606			235	25	548			
36	20	631			86	10	603			136	23	583			186	20	586			236	17	531			
37	17	614			87	13	590			137	16	568			187	14	572			237	15	512			
38	20	594			88	15	575			138	17	551			188	24	548			238	18	494			
39	21	573			89	17	558			139	17	534			189	19	529			239	21	473			
40	18	555			90	18	540			140	20	514			190	19	510			240	20	453			
41	19	536			91	13	527			141	21	499			191	22	488			241	13	440			
42	16	520			92	15	512			142	22	493			192	13	475			242	14	421			
43	14	506			93	15	503			143	17	474			193	17	458			243	12	408			
44	21	485			94	19	484			144	19	454			194	14	444			244	15	389			
45	22	468			95	21	463			145	13	435			195	15	429			245	14	371			
46	14	450			96	15	448			146	14	422			196	20	409			246	11	357			
47	10	434			97	17	431			147	15	408			197	16	393			247	17	340			
48	17	417			98	14	417			148	23	370			198	19	374			248	20	320			
49	13	404			99	21	386			149	17	353			199	17	357			249	23	297			
50	19	385			100	17	379			150	20	333			200	18	339			250	15	282			

DIA.	DEMAN-DA.	INVEN-TARIO FINAL.	RUPTU-RA.	ORDEN DE PRODUCCION.	DIA.	DEMAN-DA.	INVEN-TARIO FINAL.	RUPTU-RA.	ORDEN DE PRODUCCION.	DIA.	DEMAN-DA.	INVEN-TARIO FINAL.	RUPTU-RA.	ORDEN DE PRODUCCION.	DIA.	DEMAN-DA.	INVEN-TARIO FINAL.	RUPTU-RA.	ORDEN DE PRODUCCION.	DIA.	DEMAN-DA.	INVEN-TARIO FINAL.	RUPTU-RA.	ORDEN DE PRODUCCION.
17	384					171	15	452			181	17	148		201	18	497			251	23	179		
19	365					182	18	434			182	17	127		202	17	480			252	16	163		
25	340					183	21	417			183	17	110		203	19	461			253	12	151		
18	322					184	13	398			184	21	89		204	14	447			254	20	131		
6	306					185	13	385			185	14	75		205	18	429			255	14	117		1
9	297					186	19	366			186	17	58		206	23	406			256	21	96		
20	277					187	22	344			187	15	43		207	18	388			257	19	77		
18	259					188	15	329			188	11	32		208	20	368			258	18	59		
13	246					189	17	312			189	17	15		209	19	349			259	18	41		
23	223					190	23	289			190	18	599		210	18	331			260	20	21		
11	204					191	22	267			191	24	585		211	16	315			261	14	7		
12	200					192	22	245			192	16	569		212	18	297			262	12	595		
15	169					193	20	225			193	18	551		213	20	277			263	16	579		
14	152					194	16	209			194	15	536		214	18	259			264	17	562		
15	134					195	19	190			195	19	517		215	17	242			265	21	541		
15	119					196	16	174			196	15	502		216	20	222			266	19	522		
22	97					197	17	157			197	13	489		217	16	206			267	18	504		
15	83					198	17	140			198	16	473		218	19	187			268	19	485		
15	64					199	15	122			199	16	455		219	22	169			269	19	467		
20	44					200	21	108		1	200	12	108		220	21	150			270	19	448		
21	27					201	23	85			201	12	85		221	15	128			271	20	428		
21	14					202	21	69			202	15	405		222	16	112			272	13	415		
23	11					203	22	56			203	14	391		223	20	92			273	15	400		
24	589					204	22	34			204	18	373		224	14	78			274	19	381		
25	18					205	19	282			205	19	354		225	15	63			275	18	363		
25	13					206	22	260			206	15	339		226	13	50			276	19	344		
25	18					207	27	19			207	19	585		227	19	277			277	15	329		
25	19					208	23	174			208	14	568		228	20	29			278	21	308		
23	503					209	16	207			209	18	550		229	14	565			279	21	289		
31	18					210	24	193			210	20	530		230	18	577			280	19	268		
31	14					211	18	175			211	18	512		231	26	551			281	20	248		
31	15					212	20	155			212	17	495		232	21	530			282	16	232		
33	15					213	15	140			213	14	481		233	20	510			283	26	206		
34	26					214	22	118			214	22	459		234	17	493			284	19	187		
35	395					215	21	101		1	215	21	438		235	25	468			285	21	166		
31	20					216	30	91			216	23	415		236	17	451			286	17	149		
31	17					217	37	78			217	15	400		237	19	432			287	18	131		
34	20					218	15	63			218	24	383		238	18	432			288	12	119		
33	21					219	17	46			219	17	366		239	21	414			289	14	119		
43	16					220	18	28			220	20	346		240	20	393			290	15	90		1
41	13					221	13	15			221	21	325		241	13	360			291	14	76		
42	15					222	15	600			222	22	303		242	19	341			292	20	56		
43	14					223	9	591			223	17	286		243	13	328			293	17	39		
44	21					224	19	572			224	19	267		244	19	309			294	16	23		
44	11					225	23	551			225	13	254		245	18	291			295	15	8		
46	16					226	15	536			226	34	240		246	14	277			296	11	597		
47	16					227	17	519			227	16	225		247	17	260			297	20	577		
48	17					228	14	505			228	17	202		248	20	240			298	20	557		
43	15					229	21	484			229	17	185		249	23	217			299	21	536		
50	19					230	17	467			230	18	165		250	15	202			300	17	519		

NIVEL DE SEGURIDAD: 100 UNIDADES.

POLITICA: "2"

LOTE DE PRODUCCION: 856 UNIDADES.

DIA.	DEMAN- DA.	INVEN- TARIO FINAL.	RUPTU- RA.	ORIGEN DE PRODUCC.	DIA.	DEMAN- DA.	INVEN- TARIO FINAL.	RUPTU- RA.	ORIGEN DE PRODUCC.	DIA.	DEMAN- DA.	INVEN- TARIO FINAL.	RUPTU- RA.	ORIGEN DE PRODUCC.	DIA.	DEMAN- DA.	INVEN- TARIO FINAL.	RUPTU- RA.	ORIGEN DE PRODUCC.	DIA.	DEMAN- DA.	INVEN- TARIO FINAL.	RUPTU- RA.	ORIGEN DE PRODUCC.					
0		401																											
1	17	384			51	13	372			101	15	364			151	17	316			201	18	321			251	23	259		
2	19	365			52	14	358			102	18	340			152	21	295			202	17	304			252	16	243		
3	25	340			53	21	337			103	17	329			153	17	278			203	19	295			253	12	231		
4	18	322			54	16	321			104	19	310			154	21	257			204	14	271			254	20	211		
5	16	306			55	17	304			105	13	297			155	24	243			205	18	253			255	14	197		
6	9	287			56	15	289			106	19	278			156	17	226			206	22	230			256	21	176		
7	20	277			57	17	272			107	22	256			157	15	211			207	14	212			257	19	157		
8	19	259			58	19	253			108	15	241			158	11	200			208	20	192			258	18	139		
9	13	246			59	18	235			109	17	224			159	17	183			209	19	173			259	18	121		
10	23	223			60	17	218			110	23	201			160	16	167			210	18	155			260	20	101		
11	19	204			61	26	192			111	22	179			161	14	153			211	16	139			261	14	87		
12	20	184			62	18	174			112	22	157			162	16	137			212	18	121			262	12	75		
13	15	169			63	14	156			113	20	137			163	18	119			213	20	101			263	16	59		
14	17	152			64	15	141			114	16	121			164	15	104		1	214	18	83			264	17	42		
15	18	134			65	16	125			115	19	102			165	19	85			215	17	66			265	21	21		
16	15	119		1	66	16	109			116	16	86			166	15	70			216	20	46			266	19	2		
17	22	97			67	17	92			117	17	69			167	13	57			217	16	30			267	18	840		
18	14	83			68	15	77			118	17	52			168	16	41			218	19	11			268	19	821		
19	19	64			69	19	58			119	12	40			169	18	23			219	22				269	18	803		
20	20	44			70	21	37			120	20	20			170	17	6			220	21	824			270	19	784		
21	17	27			71	18	19			121	23			3	171	18	844			221	16	808			271	20	764		
22	14	13			72	21	12		2	122	16	837			172	15	829			222	16	792			272	13	751		
23	11	658			73	25	631		2	123	13	824			173	14	815			223	20	772			273	15	736		
24	13	845			74	19	813			124	22	802			174	18	797			224	14	758			274	19	717		
25	18	827			75	19	794			125	19	783			175	19	778			225	15	743			275	13	699		
26	13	814			76	22	772			126	12	771			176	15	763			226	13	730			276	19	680		
27	18	796			77	23	749			127	18	753			177	14	749			227	21	709			277	15	665		
28	19	777			78	14	735			128	17	736			178	19	730			228	20	699			278	21	644		
29	19	759			79	16	719			129	18	718			179	18	712			229	14	675			279	21	623		
30	18	741			80	14	705			130	20	698			180	15	697			230	19	657			280	19	604		
31	14	727			81	18	687			131	18	680			181	21	676			231	26	633			281	20	584		
32	15	712			82	20	667			132	17	663			182	16	660			232	21	610			282	16	568		
33	15	697			83	15	652			133	14	649			183	21	639			233	20	590			283	26	549		
34	19	677			84	22	630			134	22	627			184	19	620			234	17	573			284	19	523		
35	26	651			85	17	613			135	21	606			185	14	606			235	25	548			285	21	502		
36	26	631			86	19	603			136	23	606			186	20	586			236	17	531			286	17	485		
37	17	614			87	13	590			137	15	588			187	14	572			237	19	512			287	18	467		
38	20	594			88	15	575			138	17	551			188	24	548			238	18	494			288	12	455		
39	21	573			89	17	558			139	17	534			189	19	529			239	21	473			289	14	441		
40	18	555			90	18	540			140	20	514			190	19	510			240	20	453			290	15	426		
41	19	536			91	13	527			141	21	493			191	22	488			241	13	440			291	14	412		
42	16	520			92	15	512			142	22	471			192	13	475			242	14	423			292	20	392		
43	14	506			93	9	503			143	17	454			193	17	458			243	12	406			293	17	375		
44	21	485			94	19	484			144	19	431			194	14	444			244	19	389			294	16	359		
45	27	464			95	21	463			145	13	435			195	15	429			245	19	371			295	15	344		
46	14	450			96	15	448			146	14	408			196	20	409			246	19	357			296	11	333		
47	10	434			97	17	431			147	15	393			197	16	393			247	17	340			297	20	313		
48	17	417			98	14	417			148	23	370			198	19	374			248	24	320			298	20	293		
49	13	404			99	21	396			149	17	353			199	17	357			249	23	297			299	21	272		
50	19	385			100	17	379			150	19	333			200	18	339			250	15	282			300	17	255		
872		22159	0	1	862		20932	2	1	902		20838	3	1	850		20997	0	1	913		20190	11	1	883		20993	0	1

DIA.	DEMAN- DA.	INVEN- TARIO FINAL.	RUPTU- RA.	ORDEN DE PRODUCT.	DIA.	DEMAN- DA.	INVEN- TARIO FINAL.	RUPTU- RA.	ORDEN DE PRODUCT.	DIA.	DEMAN- DA.	INVEN- TARIO FINAL.	RUPTU- RA.	ORDEN DE PRODUCT.	DIA.	DEMAN- DA.	INVEN- TARIO FINAL.	RUPTU- RA.	ORDEN DE PRODUCT.	DIA.	DEMAN- DA.	INVEN- TARIO FINAL.	RUPTU- RA.	ORDEN DE PRODUCT.
1		401																						
2	17	384			31	13	616			001	15	852			151	17	1098			211	18	197		
3	14	365			32	14	602			002	19	836			152	21	1027			212	17	180		
4	25	340			33	21	581			003	15	817			153	17	1010			213	15	171		
5	26	322			34	10	565			004	15	738			154	21	989			214	18	147		
6	16	306			35	17	548			005	14	785			155	18	975			215	18	129		
7	9	297			36	15	533			006	14	766			156	17	958			216	18	106		
8	20	277			37	17	516			007	22	744			157	15	943			217	18	88		
9	12	259			38	19	497			008	15	729			158	11	932			218	20	68		
10	13	246			39	18	479			009	17	712			159	17	915			219	19	49		
11	23	223			40	17	462			010	21	689			160	16	899			220	18	31		
12	19	204			41	26	436			011	22	667			161	14	885			221	16	15		
13	20	184			42	16	418			012	22	645			162	16	869			222	18			
14	15	169			43	18	400			013	20	625			163	18	851			223	20	1077		
15	16	152			44	15	385			014	16	609			164	15	836			224	18	1059		
16	15	134			45	16	369			015	19	590			165	19	817			225	17	1042		
17	22	119		1	46	16	353			016	16	574			166	15	802			226	20	1022		
18	14	83			47	17	336			017	17	557			167	13	789			227	16	1006		
19	19	64			48	15	321			018	17	540			168	16	773			228	19	987		
20	19	64			49	19	302			019	12	528			169	18	755			229	22	965		
21	20	44			50	21	281			020	20	508			170	17	738			230	21	944		
22	17	27			51	18	263			021	23	485			171	18	720			231	16	928		
23	14	13			52	21	242			022	16	469			172	15	705			232	16	912		
24	11	1102			53	23	219			023	13	456			173	14	691			233	20	892		
25	13	1089			54	18	201			024	22	434			174	18	673			234	20	878		
26	2	1071			55	19	182			025	19	415			175	19	654			235	15	863		
27	13	1058			56	22	160			026	12	403			176	15	639			236	13	850		
28	18	1040			57	23	137			027	18	385			177	14	625			237	21	829		
29	19	1021			58	14	123			028	17	368			178	19	606			238	20	809		
30	18	1003			59	16	107		1	029	18	350			179	10	588			239	24	795		
31	18	985			60	14	93			030	20	330			180	15	573			240	19	777		
32	14	971			61	18	75			031	18	312			181	21	552			241	21	751		
33	15	956			62	20	55			032	17	295			182	16	536			242	21	730		
34	15	941			63	15	40			033	14	281			183	21	515			243	20	710		
35	20	922			64	22	18			034	22	259			184	19	496			244	17	692		
36	25	895			65	17	1			035	21	238			185	14	482			245	25	668		
37	20	875			66	10	1091			036	23	215			186	20	462			246	17	651		
38	17	858			67	13	1078			037	15	200			187	14	448			247	19	632		
39	20	838			68	15	1063			038	17	183			188	24	424			248	18	614		
40	21	817			69	17	1046			039	17	166			189	19	405			249	21	593		
41	18	799			70	18	1028			040	20	146			190	19	386			250	20	573		
42	19	780			71	13	1015			041	21	125			191	22	364			251	19	560		
43	16	764			72	15	1000			042	22	103		1	192	13	351			252	14	541		
44	14	750			73	9	991			043	17	86			193	17	334			253	14	528		
45	21	729			74	13	972			044	19	67			194	14	320			254	19	511		
46	21	708			75	21	951			045	13	54			195	15	305			255	18	491		
47	16	694			76	15	936			046	14	40			196	20	285			256	14	477		
48	16	678			77	17	919			047	15	25			197	16	269			257	17	460		
49	17	661			78	14	905			048	23	2			198	21	250			258	20	440		
50	13	648			79	21	884			049	17	1085			199	17	233			259	23	417		
51	19	629			100	17	867			050	20	1065			200	18	215			260	19	402		

1

NIVEL DE SEGURIDAD, 100 UNIDADES.

POLITICA: "D" LOTE DE PRODUCCION 15 UNIDADES.

DIA.	DEMAN-DA.	INVEN-TARIO FINAL.	RUPTU-RA.	ORDEN DE PRODUCCION	DIA.	DEMAN-DA.	INVEN-TARIO FINAL.	RUPTU-RA.	ORDEN DE PRODUCCION	DIA.	DEMAN-DA.	INVEN-TARIO FINAL.	RUPTU-RA.	ORDEN DE PRODUCCION	DIA.	DEMAN-DA.	INVEN-TARIO FINAL.	RUPTU-RA.	ORDEN DE PRODUCCION	DIA.	DEMAN-DA.	INVEN-TARIO FINAL.	RUPTU-RA.	ORDEN DE PRODUCCION				
0		401																										
1	17	384			51	13	1016										121	15	152	1	151	17	748					
2	19	365			52	14	1002										102	18	174	2	152	21	750					
3	25	340			53	21	981			1							103	17	117	3	153	17	710					
4	18	322			54	16	965										104	19	98	4	154	21	669					
5	16	306			55	17	948										105	15	85	5	155	14	675					
6	9	297			56	15	933										106	19	66	6	156	17	658					
7	20	277			57	17	916										107	22	44	7	157	15	643					
8	18	259			58	19	897										108	15	29	8	158	11	632					
9	13	246			59	18	879										109	17	12	9	159	17	615					
10	23	223			60	17	862										110	23	1489	10	160	16	599					
11	19	204			61	26	836										111	22	1467	11	161	14	585					
12	20	184			62	18	818										112	22	1045	12	162	16	569					
13	15	169			63	18	800										113	20	1425	13	163	18	551					
14	17	152			64	15	785										114	16	1409	14	164	15	536					
15	18	134			65	16	769										115	19	1390	15	165	19	517					
16	15	119		1	66	16	753										116	16	1374	16	166	15	502					
17	22	97			67	17	736										117	17	1357	17	167	13	489					
18	14	83			68	15	721										118	17	1340	18	168	16	473					
19	19	64			69	19	702										119	12	1328	19	169	18	455					
20	20	44			70	21	681										120	20	1308	20	170	17	438					
21	17	27			71	18	663										121	23	1295	21	171	18	420					
22	14	13			72	21	642										122	16	1269	22	172	15	405					
23	11	1502			73	23	619										123	13	1256	23	173	14	391					
24	13	1489			74	18	601										124	22	1244	24	174	18	373					
25	18	1471			75	19	582										125	19	1234	25	175	19	354					
26	13	1458			76	22	567										126	17	1215	26	176	15	339					
27	18	1440			77	23	550										127	18	1195	27	177	14	325					
28	19	1421			78	14	523										128	17	1168	28	178	19	306					
29	18	1403			79	16	507										129	18	1150	29	179	18	288					
30	18	1385			80	14	493										130	20	1130	30	180	15	273					
31	14	1371			81	18	475										131	18	1112	31	181	21	252					
32	15	1356			82	23	455										132	17	1095	32	182	15	236					
33	15	1341			83	15	440										133	14	1081	33	183	21	215					
34	20	1321			84	22	418										134	22	1061	34	184	19	196					
35	26	1295			85	17	418										135	21	1059	35	185	14	182					
36	20	1275			86	10	401										136	23	1038	36	186	20	162					
37	17	1258			87	13	379										137	15	1000	37	187	14	148					
38	20	1238			88	15	363										138	17	983	38	188	24	124					
39	21	1217			89	17	346										139	17	966	39	189	19	105					
40	18	1199			90	18	328										140	20	946	40	190	19	86					
41	19	1180			91	13	315										141	21	925	41	191	22	64					
42	16	1164			92	15	300										142	22	903	42	192	13	51					
43	14	1150			93	9	291										143	17	886	43	193	17	34					
44	21	1129			94	13	291										144	19	866	44	194	14	20					
45	21	1108			95	21	272										145	13	857	45	195	15	5					
46	14	1094			96	15	251										146	14	834	46	196	20	1485					
47	16	1078			97	17	236										147	15	825	47	197	18	1469					
48	17	1061			98	14	219										148	23	802	48	198	19	1450					
49	13	1048			99	21	184										149	17	785	49	199	17	1433					
50	19	1029			100	17	167										150	20	765	50	200	18	1415					
P:77	40191	0	1		29162	0	0			302	46911	0	1		850	24417	0	1		913	47443	0	0		883	34042	13	1

SIMBOLOGIA

SIMBOLOGIA

TC	=	Costo total
PC	=	Costo de Gestión para cada pedido, (costo - de preparación)
CC	=	Costo de mantenimiento de inventario por -- unidad, por año.
D	=	Demanda o utilización anual del artículo
Q	=	Cantidad pedida en cada pedido (tamaño del lote).
Qo	=	Tamaño óptimo del lote
SOH	=	Nivel de existencias disponibles de seguridad.
N	=	Número esperado de pedidos durante el año, para el cual "D" es la demanda esperada.
T	=	Tiempo promedio (en meses) entre pedidos; - tiempo de fabricación de artículos.
RL	=	Nivel de reposición
LT	=	Se expresa en meses (tiempo de demora en <u>me</u> ses)
Xmax	=	Tasa máxima de utilización
μ	=	Tasa promedio de utilización durante el pe- ríodo de demanda.
SS	=	Existencias de seguridad
K_{α}	=	Desviación normal estandar para un valor es- perado de α

σ_M	=	Desviación estandar de la demanda mensual = $(\sigma_D)(\sqrt{1/12})$
RP_1 RP_2	=	Puntos fijos de reposición de los pedidos
IMAX	=	Inventario máximo deseado
α	=	Proporción aceptable de situaciones de agotamiento de existencias.
OI	=	Intervalo compuesto de pedido
OIo	=	Intervalo de pedido en meses
SOO	=	Existencias Pendientes
PR	=	Tasa de producción anual, si el producto se produce continuamente durante todo el año
MQo	=	Lote óptimo de fabricación
T_1	=	Número de días requerido para producir MQo
K	=	Índice usado para designar un artículo particular
TK	=	Duración de la corrida de producción, en días para el artículo K
F	=	Función de utilización anual producida por cada ciclo, la misma para todos los artículos.
PRK	=	Tasa de producción anual para el artículo K que el proceso podría producir en un año si no hubiera más que esto.
DK	=	Utilización anual del artículo K (demanda - anual)
CCK	=	Costo anual de almacenar una unidad del artf

culo K.

- TK = Número de unidades producidas en T_K tasa de producción diaria.
- NC = Número de ciclo, en meses.
- MQ_K = Cantidad real de cada artículo que ha de producirse en cada ciclo.
- CL = Duración de cada ciclo, en meses.
- $n!$ = Ordenes posibles para producir "n" artículos en un ciclo.
- e = Eficiencia de la máquina (la razón entre tiempo productivo de máquina y tiempo de operación total).
- E(TC) = Costo total esperado, suponiendo tasas de producción con distribución de Poisson.
- C_1 = Costo de inventario por unidad, por unidad de tiempo ó costo de mantenimiento.
- C_2 = Costo de máquina ociosa, por unidad de tiempo ó costo de ruptura
- J_0 = Tamaño óptimo del inventario intermedio.
- X_A, X_B = Variable aleatorias con distribución Poisson
- μ_A, μ_B = Medias
- N = Número de unidades en el almacenamiento intermedio.
- J = El tamaño del almacenamiento intermedio
- $\leq A$ = Producción aceptable de (tiempo ocioso)/(Tiempo total de operación) para la etapa A.

...

- α B = Proporción aceptable de (tiempo ocioso)/(Tiempo total de operación) para la etapa B
- K = Total de pies cúbicos de nuestra capacidad de almacenamiento.
- K_i = Como los pies cúbicos requeridos para almacenar una unidad del artículo i
- Q_i = Restricción de espacio físico en términos de los tamaños Q_i de los pedidos.
- C = Dinero que se ha invertido en un momento dado.
- c_i = Como precio por unidad de un artículo i.
- λ = Multiplicador de Lagrange
- ρ = Límite sobre el tamaño del lote
- μ_A = Tasa de proceso desajustable
- μ_B = Tasa de proceso ajustable
- MQ_L = Valores numéricos de los dos límites para un costo total permisible dado TC' o ρ' para un porcentaje de aumento dado.
- MQ_u = Límite sobre el tamaño del lote
- P_N = Probabilidad de N unidades
- C_3 = Costo de preparación
- PC_K = Costo de cada preparación para el artículo K
- TC_K = Total del costo anual variable para el artículo K.

BIBLIOGRAFIA

- BUFFA, Elwood S., y
TAUBERT, William H., Sistemas de Producción e Inventarios.
1a. rp. México, Limusa, 1978 576 p.
- HOPEMAN, Richard J., Producción, conceptos, análisis y control. 6a. ed.
México, Continental, 1980. 699 p.
- KAUFMAN, Arnold., Métodos y Modelos de la Investigación de Operaciones, Tomo I.-6a. Ed. México, ----
C.E.C.S.A., 1979, 565 p.
- KAUFMAN, Arnold y
R. FAURE Invitación a la Investigación de Operaciones. 8a. ed.
México, C.E.C.S.A., 1977, 312 pág.
- MAYNARD, H. B. Manual de Ingeniería de la producción industrial. s/d
México, Reverté, 1978
- OSTLE, Bernard Estadística Aplicada
7a. ed. México, LIMUSA, 1981, 629 pág.
- SHAMBLIN, James E., y
STEVENS, Jr. G.T., Investigación de Operaciones. s/d
México, McGraw-Hill, 1976. 423 p.
- STARR y MILLER, Control de Inventarios, 4a. ed.
México, Diana, 1978. 435 p.
- THIERAUF, Robert J. y
GROSSE, Richard A., Toma de decisiones por medio de investigación de operaciones. 3a. rp.
México, Limusa, 1976. 560 p.
- TRUJILLO, Juan José, Elementos de Ingeniería Industrial
3a. ed.
México, Limusa, 1977. 283 p.
- VELAZQUEZ, Mastretta, Administración de los sistemas de producción. 3a. ed.
México, Limusa, 1976. 290 p.