

24  
2ej

# UNIVERSIDAD AUTONOMA DE GUADALAJARA

INCORPORADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
ESCUELA DE ADMINISTRACION, CONTABILIDAD Y ECONOMIA

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



"CONTROL DE INVENTARIOS"

SEMINARIO DE INVESTIGACION  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
LICENCIADO EN CONTADURIA  
P R E S E N T A :  
FERNANDO OSCAR URIBE DELGADO  
GUADALAJARA, JAL., 1988



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.

I N D I C E

	Página
• INTRODUCCION . . . . .	1
• ANTECEDENTES . . . . .	2
• CAPITULO 1. CONCEPTOS DEL CONTROL DE INVENTARIOS. . . . .	3
I. Definiciones. . . . .	4
II. Conceptos básicos . . . . .	7
III. Estructura de los problemas de los Inventarios. . . . .	12
IV. El problema actual. . . . .	16
V. Los objetivos que tiene la formación de Inventarios . . . . .	19
• CAPITULO 2. ELEMENTOS DEL CONTROL DE INVENTARIOS. . . . .	23
I. Definir objetivos . . . . .	24
II. Definir políticas . . . . .	25
III. Desarrollo de planes y normas . . . . .	26
IV. Delegación de responsabilidades . . . . .	27
V. Elementos del estudio de inventarios. . . . .	28
VI. Magnitud de la inversión en inventarios y números de artículos en existencia . . . . .	31
VII. Control de los costos de las existencias de reserva del estudio . . . . .	32
VIII. Control de los costos del error de pronósticos del estudio . . . . .	37
IX. Elección de la muestra para el estudio de evaluación. . . . .	43
• CAPITULO 3. EL ESTUDIO DE INVENTARIOS:	
PROYECTO DE LOS PROCEDIMIENTOS PARA TOMAR DECISIONES . . . . .	49
I. Análisis de sistemas. . . . .	50
II. Efecto de los muchos artículos. . . . .	53
III. El efecto de los muchos lugares . . . . .	55
IV. El efecto de los muchos departamentos . . . . .	57
V. Discusión general de los diagramas de operación . . . . .	60
VI. Discusión general de los modelos de entradas y salidas. . . . .	64

I N D I C E

---

	Página
* CAPITULO 4. METAS DE UN CONTROL DE INVENTARIOS. . . . .	69
I. Inventario mediante pronóstico de ventas. . . . .	70
II. Fases para la planeación de un nivel óptimo. . . . .	71
* CAPITULO 5. ESTUDIO DEL PROCESO DE DATOS:	
PROYECTO DE LOS PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN. . . . .	72
I. El costo de un pedido. . . . .	73
II. Comparación del proceso de datos perfecto, con el <i>perfecto</i> <i>dico</i> . . . . .	76
III. Capacidad y la carga. . . . .	79
IV. Sistemas para el proceso de datos con carga incompleta. . . . .	80
V. Sistema de inventarios regulados. . . . .	82
VI. Sistema de inventarios autorregulados. . . . .	91
VII. Controles para pronósticos y actualización. . . . .	94
* CONCLUSIONES . . . . .	102
* BIBLIOGRAFÍA . . . . .	104

## INTRODUCCION

Los inventarios son, uno de los renglones más importantes y significativos en el balance general de una empresa. Es por ello que considero de gran importancia hacer un estudio detallado de su valuación y control ya que de una eficiente administración de inventarios depende en gran parte el buen funcionamiento de una entidad económica. Muy comúnmente el empresario invierte grandes cantidades de dinero para tener sus almacenes saturados de mercancía, pero no toma en cuenta -- infinidad de factores que con el tiempo van a afectar su economía muy notablemente y todo esto a consecuencia de un sistema o método mal empleado o no sujeto a la actualidad.

Este es un conflicto que se presenta en nuestros días a consecuencia de la inflación, pero la profesión contable, se preocupa día a día por crear nuevos métodos y sistemas de control para dar seguridad al empresario y brindar a la administración de una empresa la información más confiable para la toma de decisiones. Asimismo, constantemente, se están innovando estos métodos para adecuarlos al problema inflacionario que actualmente vivimos.

Es por esto, que a continuación indicaré el tratamiento y estudio correspondiente a los métodos de valuación y control de los inventarios.

## A N T E C E D E N T E S

El primer antecedente que tenemos en nuestro país en relación con el control de inventarios data de la época de los aztecas, pues tanto los mercaderes como los encargados de cobrar los tributos juzgados por ellos registraban sus mercancías en códices por medio de signos.

Por lo que respecta a Europa no se tiene conocimiento de un control de inventarios sino hasta principios del siglo XIV, siendo en -- Florencia, Venecia y Génova, ciudades en que tuvo su florecimiento el comercio, en donde los autores afirman que ya se utilizaba la teoría de la partida doble en el campo de la contabilidad a base de los libros de inventario encontrados y que influyen en forma directa en el control de inventarios.

Esta teoría fue ideada por el monje franciscano Fray Lucas Pacioli, quien publicó su obra en la ciudad de Venecia en el año de 1494 y en su libro de matemáticas incluía el sistema de contabilidad a base de los libros de inventarios, borrador, diario y mayor; dándose en él la aplicación de las reglas para llevar cada uno de ellos.

En la misma época pero en la ciudad de Florencia se hicieron dos cubrimientos de algunos datos de registro que se utilizaron para el control de inventarios, generalizándose su uso en Venecia adaptado -- por el hecho el nombre de "Sistema Veneciano".

Así vemos que a mediados del siglo pasado y con el desarrollo de la economía mundial, teniendo como resultado cambios en el campo de la contabilidad, afectó por lo mismo el control de inventarios que ha mejorado con la aplicación de nuevas técnicas, auxiliándose con las -- máquinas.

**C A P I T U L O 1**

**CONCEPTOS DEL CONTROL DE INVENTARIOS**

## 1. DEFINICIONES

Nuestro tema es el grupo de métodos matemáticos y cualitativos - conocidos con el nombre de teoría del inventario. A primera vista, -- las palabras "teoría del inventario" parecen prácticamente evidentes, y el dar una definición semeja una redundancia. En cuanto a "teoría", difícilmente sería necesario aclarar su significado, e "inventario" - trae inmediatamente a la mente un acoplo de alguna clase de mercancía materiales. El problema del vendedor al menudeo, o el del fabricante, puede tomarse como modelo. Para vender un artículo debe mantener existencias del mismo para satisfacer la demanda. Al agotarse sus existencias hará un pedido, o producirá el artículo para poder seguir satisfaciendo su demanda. Siendo ésta la naturaleza de un inventario, se deduce que su teoría debe tratar de la lógica en que se hace o debe basarse este procedimiento. Entonces, pudiera ser una definición la siguiente: (1) la teoría del inventario trata de la determinación de los procedimientos óptimos de adquisición de existencias de artículos para satisfacer la demanda futura. La recolección de la enorme variedad de mercancías, de las cuales algunas veces se encargarse de mantener existencias, sugiere que se presentará un número considerable de casos especiales dentro de la teoría definida de esta manera, pero parece ser que la definición es lo suficientemente amplia para abarcarlos a todos.

Es suficiente una poca de reflexión para indicar que quizá no fuimos lo bastante imaginativos al hacer nuestra definición. Como ejemplo, vamos a considerar dinero, que no es una mercancía. Los clientes de los supermercados solicitan que en éstos les saquen los cheques de sus sueldos. Al principio de cualquier día de trabajo estos pagos representan una demanda futura de efectivo y el gerente de la tienda debe disponer de los fondos necesarios para satisfacer los pagos diarios. Ampliando la misma idea un poco más, parece que las --

(1) Estructura Analítica de los Probl. de Inventario.  
Ed. Diana, página 10. Starr y Miller.

compañías tienen un problema más usual de los inventarios en los que hemos llamado nuestra definición. Podemos esperar que la teoría de los inventarios tuviera también algo que decir respecto a estos problemas.

Evidentemente es fácil modificar nuestra definición para que incluya existencias de dinero. Todo lo que necesitamos hacer es modificar nuestras especificaciones sobre inventarios que tratan de existencias de mercancías. El dinero, aunque no es una mercancía, es ciertamente tangible y podemos cambiar nuestra definición al respecto. Sin embargo, el capital de trabajo no es tan tangible como el dinero y de usaríamos incluir esta clase de problemas en nuestra teoría. Cuesta un poco de trabajo encontrar problemas análogos que traten de cosas bastante tangibles. Al construir una planta nueva es necesario fijar la capacidad de la misma de manera que satisfaga las futuras demandas del producto. Al firmar un préstamo a largo plazo se está eligiendo un espacio que satisfaga la futura demanda de espacio, sea ésta una vivienda o una oficina comercial. En los almacenes de departamentos debe disponerse de un inventario de tiempo de vendedoras para satisfacer la futura demanda de los clientes. Un ferrocarril debe determinar el número de asientos, digamos para el trayecto de Nueva York a Chicago. Los asientos representan las existencias disponibles para satisfacer la demanda futura, lo cual es un problema típico del inventario. Estos ejemplos podrían multiplicarse indefinidamente. Todos ellos tienen en común la característica que los define de ser tema de la teoría de inventarios: las existencias de cualquier cosa, sea o no tangible, que satisfaga una demanda futura.

Esta definición es suficientemente general y descriptiva para satisfacer las necesidades de este libro; sin embargo, añadiremos un comentario más en este punto. Hasta ahora nada se ha dicho respecto a costos, valores, y en realidad no hemos mencionado las características económicas. Por supuesto, tendremos ocasión de discutir estos aspectos en su debido momento. No obstante, claro está, que prácticamente todos los inventarios, sean o no cosas tangibles, tienen valor económico. El reconocer este hecho nos permite formular una alternativa de la definición, pero equivalente, que coloque el problema de los inventa-

rios en una perspectiva diferente. Dicha definición la sugirió (2) - Fred Hanssman: "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) Discusión sobre la teoría de inventarios. Desde un punto de vista de la investigación de operaciones.  
L. Ackoff. Ed. Russell.

## II. CONCEPTOS BASICOS

## VENTAS.

1. La administración moderna se enfrenta al reto de coordinar la distribución y la producción.
2. La naturaleza del volumen de artículos producidos obedece a la demanda del mercado cuando las operaciones de venta tienen utilidades atractivas.
3. Los artículos producidos deben llegar al lugar de consumo más apropiado y oportunamente.
4. Los artículos deben venderse a un menor precio por la calidad que se ofrece, de acuerdo con las necesidades del mismo mercado y de las ofertas de la competencia.
5. Los costos de promoción, ventas y distribución deben ser proporcionales a los beneficios que aportan al estado final de utilidades.
6. Las ventas no deben exceder la capacidad de producción de la planta.
7. Los compromisos de entrega a clientes deben ajustarse a la programación de la producción, o bien a las existencias en almacén de productos terminados.
8. Las políticas de ventas afectan directamente a las operaciones de producción, abastecimiento y control de los inventarios.
9. Las políticas de producción deben ser congruentes con las de ventas y deben basarse en las siguientes variaciones:
  - a) Producción de una o varias unidades para un solo cliente, de acuerdo con las especificaciones, el diseño, los planos y las muestras proporcionadas por dicho cliente o diseñadas en especial para él. Los materiales y las partes componentes se com--

pran después de recibido el pedido.

- b) Productos de línea que se fabrican después de recibir el pedido de un cliente o los pedidos de varios clientes para un mismo - modelo.
- c) Producción intermitente de lotes para una existencia de productos terminados: Requiere un control de las existencias de materiales y partes componentes correlacionadas con los pronósticos de ventas, con estudios de lotes económicos y puntos de recorden.
- d) Producción continua programada en volumen y tiempo (petróleo, - productos químicos, etc.) Se requiere llevar un control de -- existencias de materiales de acuerdo con los programas de producción.
- e) Producción periódica de muestras o pruebas de nuevos productos. Requerimiento de materiales por órdenes especiales de compra y almacenamiento de materiales a corto plazo.
- f) Producción intermitente o continua de lotes por temporadas o eg taciones del año. Requiere cuidadoso estudio de requerimiento - anticipados de producción, de abastecimiento y almacenamiento - de materiales.

Estas políticas requieren un análisis de:

- . clientes,
- . territorios,
- . canales de distribución,
- . almacenes descentralizados,
- . volumen de pedidos de los clientes,
- . variedad de artículos,
- . política de tiempos de entrega después de recibido un pedido de cliente,
- . política de índices o límites de rechazo por control de calidad, por parte de los clientes,
- . ciclos de entaciones, y

- . ciclos de ventas especiales (como promociones, ciclos escolares, etc.)

#### PRODUCCION.

Los conceptos básicos de producción que afectan directamente a la administración de los inventarios son:

1. Se produce para satisfacer necesidades de ventas.
2. No pueden realizarse ventas que superen la capacidad de producción, ni tampoco producirse en exceso respecto de la demanda que pronostica el departamento de ventas.
3. Hasta donde el mercado, la capacidad financiera de la empresa y el tipo de maquinaria y facilidades de producción lo permitan debe haber un mínimo de diversificación en los productos, pues a mayor diversificación mayores son los problemas de abastecimiento y también mayor es la inversión en inventarios.

Las causas que más comúnmente justifican la diversificación en la producción pueden ser las siguientes:

- a) Utilización máxima de la maquinaria y las instalaciones.
- b) Máximo aprovechamiento de las habilidades y del tiempo del personal de producción.
- c) Aprovechamiento de la maquinaria, de las instalaciones y del tiempo del personal en producción cuando los artículos de línea están fuera de estación de ventas.
- d) Deseos de expansión de la empresa para conquistar el mercado con mayor variedad de productos.
- e) La necesidad de producir artículos de gancho para impulsar artículos de mayor utilidad en las ventas.

f) Las necesidades de nivelar fluctuaciones en ventas de productos de línea, por períodos de estaciones del año, promociones especiales de clientes, distribuidores, períodos de vacaciones, entrada a los colegios, etc.

Continuando con los conceptos básicos de producción, tenemos:

4. Los productos deben estandarizarse hasta donde sea posible cuando son de línea, para almacenarse antes de su venta. Los cambios de diseño o ingeniería afectan directamente los planes de abastecimiento y las existencias en los almacenes.
5. La clasificación y codificación de los productos, así como de sus componentes en partes y materiales, son técnicas en que se basa el buen control de la producción. Este control de clasificación y codificación en producción es indispensable para el control de las existencias.
6. El sistema de clasificación y codificación debe ser idéntico en al macenos, producción, contabilidad de costos y control de inventarios. Cada empresa adopta su propio sistema, considerando que debe servir al mayor número de personas dentro y fuera de la empresa.
7. El sistema de codificación debe ser tan sencillo que pueda ser comprendido por el personal no especializado. Debe evitarse todo misterio y cualquier complejidad en su diseño y aplicación; hasta el simple estibador o ayudante de almacén, debe comprenderlo con facilidad.
8. La producción debe planearse con anticipación, de acuerdo con los pronósticos de ventas y con las tendencias de demanda que acusen los consumos de almacén, de productos terminados.
9. La programación detallada debe ser conocida con bastante anticipación por el departamento de compras, o bien por el ejecutivo que lleva el control de los inventarios.
10. Las producciones deben programarse para reducir los costos de pre-

paración, estudiándose los lotes más económicos de producción.

11. Los cambios en producción que por circunstancias imprevistas haya que hacer respecto de lo programado, deben darse a conocer al departamento de programación, al departamento de compras y al directivo encargado del control de inventarios.

#### CONTROL DE INVENTARIOS.

El control de inventarios ciertamente merece la atención de la alta dirección de una empresa; especialmente cuando se encuentra ésta en una etapa de crecimiento y de expansión de sus actividades en el mercado.

La dirección puede y debe alarmarse cuando encuentre una gran parte de su capital de trabajo invertido en materias primas, materiales en proceso y productos terminados. Examinando el activo circundante de los balances de ciertas compañías, algunas de tamaño mediano, - otras grandes, no resulta raro descubrir entre un 25% y un 30% del capital total invertido en los inventarios. Si la compañía está fuertemente respaldada en lo económico puede decirse que este exceso es un desperdicio de esfuerzo y de costos de intereses sobre el capital. Si la empresa se encuentra escasa de fondos y en apuros económicos para cumplir con otros compromisos de operación del negocio, un exceso en inventarios la pone en riesgo de operar con pérdidas o, cuando menos, en un plan estático, sin porvenir en el creciente mercado que otros aprovechan.

### III. ESTRUCTURA DE LOS PROBLEMAS DE LOS INVENTARIOS

En nuestra definición ya se descubrió el esqueleto del problema de inventario típico, pero podremos obtener un mejor concepto del mismo si le añadimos un poco de carne en la forma de una discusión más amplia que servirá para definir mejor el problema del inventario en sí, lo que también hará resaltar las divisiones naturales dentro del campo general de la teoría de inventario. La multitud de casos especiales que existen dentro de la teoría de los inventarios son el resultado directo de las diferencias entre los problemas prácticos de inventarios. Estas diferencias, a su vez, provienen de las variaciones en los componentes principales del problema general de inventarios. Se dedicará esta sección a hacer una discusión de esta estructura.

En nuestra definición se llama la atención sobre dos aspectos del problema del inventario: el de obtener una mercancía o cosa en cuestión y la demanda futura. Cada uno introduce alguna diferencia importante entre los problemas del inventario. Vamos a considerar primero la demanda. Evidentemente, se presentará algún nivel específico de la misma en cualquier punto dado en el tiempo. Pero cuando deba tomarse la decisión de inventario, la cuestión es lo que sepamos referente al nivel de la demanda futura. Siguiendo la costumbre tradicional en la teoría de las decisiones, podemos resumir convenientemente las posibilidades con relación a nuestro conocimiento de la demanda futura en tres categorías: primera: en las que podemos conocer exactamente cuál va a ser la demanda futura. Este no es un caso muy frecuente, pero puede ilustrarse con la construcción de un rascacielos con respecto al inventario de traves de acero. En este caso podemos saber exactamente cuántas traves vamos a necesitar durante cada semana que dure la construcción. A este caso se le llama problema de inventario con certidumbre. Segunda: podemos conocer la distribución probabilística de la demanda futura. Existe la posibilidad de que se disponga de esta información para el artículo en cuestión si se cuenta con registros de la demanda anterior. Un ejemplo pudiera ser el inventario de-

llantas para una flota de taxímetros, o el inventario de pan de un supermercado. A este caso se le llamaría problema de inventario con riesgo. Tercera: podríamos ignorar la probabilidad de los niveles que alcanzaría la demanda futura. Verosimilmente la ignorancia completa es tan rara como la completa certidumbre y discutiremos las maneras en las que puede usarse la información parcial; pero por ahora, resulta útil presentar este caso extremo como una posibilidad. Un ejemplo podría ser el problema de inventario de la capacidad de una planta para fabricar un producto nuevo para el que no existen analogías de mercado. A este caso se le llamaría problema de inventario con incertidumbre. Estas son entonces las tres clases esencialmente diferentes de problema de inventario con relación a nuestro conocimiento de la demanda futura.

Los procesos de adquisición introducen dos clases de diferencias. Generalmente, existe algún retraso entre la hora que se hace un pedido y la hora en que la mercancía o cosa en cuestión se recibe realmente en el inventario. La primera diferencia es en tal sentido. En algunas clases de problemas de inventario el retraso es constante. En otros problemas de inventario existe una distribución probabilística en los retrasos posibles. Esta diferencia tiene importantes consecuencias en el análisis del problema de inventario. La segunda divergencia proviene del hecho de que algunas compañías ordenan la mercancía en cuestión a un abastecedor fuera de la compañía, mientras que otras compañías producen ellas mismas las mercancías a otra fracción de la misma entidad. Esta diferencia tiene un efecto fundamental en el análisis del problema de inventario, porque la compañía autosuficiente debe considerar el efecto de las políticas empujadas para hacer sus pedidos, no solamente con respecto al inventario, sino también con relación al proceso de producción. En otras palabras: el problema de inventario en las compañías autosuficientes es posiblemente más complicado que el de las compañías que se abastecen de otras.

Nuestra definición no señala directamente una tercera diferencia importante entre los diversos problemas de inventario. Esta diferencia se origina de que algunas decisiones de inventario se hacen esen-

cialmente una sola vez, en tanto que otras son simplemente fases de un proceso continuo de tales decisiones. Es fácil encontrar ejemplos de ambas clases. Una decisión relativa a la capacidad de una planta debe hacerse cuando se planea ésta por primera vez. Mientras que sus ampliaciones pueden hacerse después, o pueden construirse otras; además una decisión así quizá esté tan distante en el tiempo, que se justifique considerar cada una de estas decisiones como independientes entre sí. Durante una estación determinada es posible reemplazar algunas clases de mercancías o artículos de moda; por tanto, el inventario total que se desea debe obtenerse como un primer pedido. Estos son ejemplos de decisiones que se toman una sola vez. Por otra parte, el mayor número de problemas de inventario de las tiendas de departamentos y de los supermercados permiten hacer pedidos repetidos de la misma mercancía, y por consiguiente tienen la naturaleza de proceso continuo de decisiones de inventario. Esta diferencia no debe considerarse como absoluta. Prácticamente, cualquier decisión de inventario podría clasificarse como perteneciente a una serie de decisiones semejantes, si transcurre un tiempo suficientemente largo al tomarlas. No obstante, la diferencia sigue siendo importante. En el proceso continuo, el éxito de una decisión tiene un efecto inmediato en las subsiguientes y es necesario tomar este efecto en cuenta en el análisis. Para esto se requiere una especie de análisis dinámico. En las decisiones únicas no es necesario considerar el efecto de la decisión en las subsiguientes. Lo que permite utilizar análisis estáticos, con la correspondiente simplificación en comparación con el caso dinámico.

Existe todavía una diferencia importante en el caso de los procesos para tomar decisiones para inventarios dinámicos repetidos. Esta diferencia proviene del hecho de que en algunos problemas de inventario de este tipo la magnitud de la demanda está ligada al tiempo típicamente en la forma de una distribución constante probabilística de la demanda. En otros problemas de inventario no es éste el caso y la distribución probabilística de la demanda varía con el tiempo. Esta diferencia es importante, principalmente a causa de nuestras limitaciones analíticas. Las complicaciones matemáticas del análisis en el-

caso en que la distribución de la demanda varía con el tiempo son tales, que es mucho más difícil obtener resultados fácilmente utilizables. Nos encontramos generalmente en terreno mucho más seguro cuando podemos suponer una distribución fija a la demanda en el tiempo.

Estas son, entonces, las diferencias más importantes entre los problemas de inventario. Vamos a resumirlas:

1. Conocimientos de la demanda: certidumbre, riesgo, incertidumbre.
2. Métodos para obtener la mercancía: fuente exterior, o interior.
3. Los procesos de decisión: decisiones únicas = estáticas, o repetidas = dinámicas.
4. La comodidad analítica en el caso dinámico: la distribución de demanda fija en el tiempo o distribución de demanda variable.
5. Retraso de pedidos: retraso de tiempo constante o en distribución probabilística.

Existen otras numerosas distribuciones que conducen a la multitud de casos especiales. Algunos de ellos pueden haber quedado incluidos en nuestra lista. Sin embargo, pensamos que las demás diferencias tienen menos importancia, con una excepción trascendental que haremos notar en el párrafo siguiente. Estas diferencias provienen, por ejemplo, de las bodegas múltiples con y sin sistema central de pedidos, - cascadas de inventarios de materias primas a través de los inventarios en proceso a los inventarios de artículos terminados, pedidos de varios artículos a un abastecedor, etcétera. En nuestra siguiente controversia y análisis tendremos la ocasión de discutir algunos casos especiales, pero por el momento es suficiente hacer notar su existencia.

Todavía no hemos mencionado una diferencia muy importante entre los diferentes problemas de inventario. Esta es la cuestión de los costos relevantes, que entran en nuestro análisis de cualquier problema específico de inventario. Sin embargo, la discusión de los costos tiene tal importancia crucial para todo el tema, que merece que se trate por separado, y volveremos pronto sobre el tema.

#### IV. EL PROBLEMA ACTUAL

A medida que crecen los negocios y se trata de administrar en forma cada vez más científica, los gerentes encuentran más complejos y más grandes sus problemas, así como una mayor presión en la toma de sus decisiones.

Las decisiones por intuición ya no compiten con las que ahora toman los directivos modernos, que se basan en el examen de hechos reales a través de datos oportunos, del estado de sus negocios y mediante el análisis técnico y matemático de sus operaciones.

El papel de estos directivos está enfocado a la toma de decisiones, de las cuales depende el curso de acción futura de la organización, tanto a corto como a largo plazo. Son sus decisiones las que definen la relación entre el riesgo, los costos y las utilidades. Estas decisiones tienen que ver con una variedad creciente de problemas físicos, humanos y organizacionales; tienen que contender con mercados y canales de distribución, planeación financiera, políticas de personal, planes de expansión de las instalaciones de producción y almacenamiento, políticas de abastecimiento de materiales, así como con el control de la mano de obra y otros aspectos no menos complejos e importantes. Los conceptos de control automático y de procesamiento de datos son productos de una tecnología jamás imaginada por los precursores de la administración científica y que ahora constituyen el plan de cada día de administrador. Lo mismo podemos decir de los avanzados conceptos de estadística y de modelos matemáticos para la solución de problemas, que son cada vez más aceptados y aplicados en los negocios.

Poré todas las teorías no son otra cosa sino ayudas, o diremos herramientas que maneja el ejecutivo para tomar decisiones más racionales con riesgos precalculados que maximizan las posibilidades de éxito. Las decisiones dependerán en todo caso no solamente de estas ayudas, sino también de la experiencia y del criterio, elementos in-

sustituibles en todo ejecutivo.

Los problemas se hacen más grandes y complejos cuando hay que -- preguntarse: ¿qué datos son los necesarios? ¿qué técnicas de análisis han de aplicarse? y ¿son o no completos y oportunos los datos?

En la administración de los inventarios encontramos que los niveles de inversión en los inventarios absorben el porcentaje mayor del activo circulante. En algunos casos conocidos, de empresas que se jactan de una buena organización, algunas de ellas de buen tamaño y con un lugar muy destacado entre nuestras industrias, se sufre la falta de efectivo por tener excesos en existencias de materiales, de productos en proceso y de productos terminados. Lo incomprensible es que, a pesar del exceso de inversión en las existencias, su producción se demora porque se carece de algunos materiales en sus almacenes. La situación se agrava cuando el exceso de inventarios debilita la disponibilidad de fondos para las operaciones normales de la empresa, y se tiene que recurrir a pagar intereses por préstamos que reducen las -- utilidades.

La gerencia se pregunta: ¿por qué nos encontramos cortos de dinero?, y los directivos de producción: ¿por qué nos encontramos cortos de existencias? En este dilema se encuentra un gran número de hombres de negocios que tratan de estabilizar el buen servicio a los -- clientes, aumentar sus ventas y mantener la inversión en inventarios dentro de un nivel razonable. Estos problemas, que son característicos de la antigua "administración por intuición", llevan a los directivos a preguntarse: ¿con qué frecuencia debemos ordenar?, ¿cómo podemos adivinar lo que hay que producir cuando nuestras ventas son inciertas?, ¿qué políticas de compra hay que seguir para reducir los inventarios y disminuir a la vez las incidencias de faltantes que elevan los costos de producción y merman nuestras ventas?

El alcance de esta obra solamente llega a dar a estos directivos ciertas herramientas prácticas para tomar decisiones con riesgos calculados y planear anticipadamente sus operaciones de ventas, produc--

ción y abastecimiento. Tales herramientas de ninguna manera sustituyen totalmente a la experiencia y el buen criterio, sino que respaldan las decisiones con cálculos que disminuyen las incertidumbres, - así como sus riesgos, y proporcionan bases lógicas para sentar políticas de abastecimiento y control.

## V. LOS OBJETIVOS QUE TIENE LA FORMACION DE INVENTARIOS

Hasta ahora, en todas nuestras discusiones se ha supuesto tácitamente que los costos y/o utilidades eran una medida completamente satisfactoria del resultado del análisis de los problemas de inventario. En otras palabras, hemos conjeturado que los objetivos de la compañía pudieron medirse satisfactoriamente, cuando menos por lo que respecta a las decisiones de inventario, expresados en dólares. Ahora bien, muchos problemas de decisión de los ejecutivos, que no son los que se refieren al inventario, pueden formularse en forma cuantitativa, y es interesante el caso en el que con frecuencia los dólares no sirven para medir satisfactoriamente el grado de bondad de los objetivos que intervienen. ¿No pudiera ser cierto esto también en el caso de problemas de decisión de inventarios?

Parece claro que la respuesta a esta pregunta es afirmativa. Para algunos problemas de inventario los dólares de costo o de utilidad pueden no ser una medida satisfactoria del resultado. Sin embargo, -- también parece bastante cierto que la inmensa mayoría de problemas de inventarios prácticos son de una clase en la que los dólares son una medida real del resultado. Existe una probabilidad mucho menor de necesitar una medida diferente en los problemas de inventario que para las otras clases de problemas de decisión. Vamos a utilizar estos postulados para justificar la concentración de nuestra atención en los problemas de inventario en los que los dólares representan la medida adecuada del resultado. Por tanto, será conveniente discutirlos un poco más.

Primero, en muchos problemas de inventarios, en los que entra o no la decisión, ¿cuándo no serían los dólares una medida satisfactoria del resultado? Existen dos maneras fundamentales en las que puede suceder esto. La primera razón fundamental es que el objetivo del que toma las decisiones simplemente no puede expresarse en dólares. -- Tal es el caso, por ejemplo, cuando el objetivo de una compañía es obtener la participación máxima posible en el mercado, o cuando el obje

tivo de una compañía es obtener la participación máxima posible en el mercado, o cuando el objetivo del personal que toma las decisiones - que tiene que hacer. Es poco probable este caso en problemas de decisión de inventario, por la razón de que los inventarios no son metas u objetivos en sí. El caso típico es aquél en el que deseamos satisfacer una demanda de cierta cuantía o para uso propio y queremos hacerlo tan económicamente como sea posible. En otras palabras: la utilización de los dólares como medida del resultado forma parte integrante de la mayoría de los problemas de inventario. La segunda razón fundamental por la que los dólares pueden no ser la medida adecuada del resultado en el problema general de decisión es que la utilidad en dólares del que toma la decisión puede no medirse por el número de dólares. Este será típicamente el caso cuando una proporción considerable de los recursos del que toma la decisión corre un riesgo en el problema de decisión dado. Pierre Massé ha sugerido que hay tres clases de casos:

1. La cantidad que corre el riesgo es solamente un pequeño porcentaje del total de recursos. En este caso los dólares son la medida adecuada del resultado.
2. La cantidad que corre el riesgo es un porcentaje suficientemente grande (quizá el 5 por ciento) para constituir un apotamiento serio de los recursos en el caso de la mala suerte. En este caso se necesita alguna medida de la utilidad, quizá el logaritmo de la cantidad en dólares.
3. La cantidad que corre el riesgo es tan grande, que su pérdida sería equivalente a una bancarrota. En este caso Massé sugiere que la única medida adecuada de la utilidad es la probabilidad de la misma bancarrota.

Estos casos no se consideran en función de los valores esperados. La cuestión es saber si una línea de conducta específica tiene algunas consecuencias que puedan acarrear pérdidas de los órdenes de magnitud indicados. Como uno puede siempre encontrar alguna remota posi-

bilidad de grandes pérdidas en cualquier línea de conducta, es importante añadir a la clasificación de Massé una calificación sugerida -- por Borel. Esta se refiere a que en los asuntos humanos existen probabilidades de tan pequeña categoría, que son lo suficientemente pequeños para ignorarlos, por lo que simplemente suponemos que los eventos correspondientes son imposibles. Borel razona con la eventualidad de eventos que ignoramos en nuestros planes, como la de que le caiga a uno un rayo, para deducir que las probabilidades menores de uno en un millón (.000001) pueden ignorarse. Ahora, en función de las decisiones en los problemas de inventario, podemos evidentemente pensar en los casos de los tipos 2 y 3 de la clasificación de Massé. Sin embargo, es indudablemente cierto que la inmensa mayoría de los problemas prácticos de inventario contienen solamente porcentajes marginales de recursos con riesgo. Es por esta razón por la que no nos importan mucho otros problemas de inventario más que aquellos en los que podamos recibir satisfactoriamente los resultados en dólares de costo o de utilidad.

Ya hicimos notar que los inventarios no son típicamente metas -- por sí mismos. ¿Cuáles son, entonces los objetos fundamentales para los que sirven? Kenneth Arrow clasifica los objetivos en tres clases, sugeridas por Keynes, como los motivos para mantener existencias o -- efectivos: motivos de trámite, precautorios y especulativos. 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 tanto, los inventarios se llevan con el objeto de compensar la falta de sincronización. El motivo precautorio proviene 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. Podemos notar que este motivo operará 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 si se espera que los costos cambien. En estas circunstancias, pueden obtenerse ganancias -

manteniendo inventarios a un precio inferior hasta obtener el precio más elevado.

En nuestro análisis utilizaremos especialmente esta triple descomposición. Los motivos comerciales y precautorios son básicos para nuestra armazón analítica e introduciremos el motivo especulativo cuando nos parezca conveniente. Debe notarse que para el problema usual de inventario el motivo especulativo es de menor importancia que los otros dos. En realidad, muchas compañías establecen líneas de inventarios específicamente para evitar la operación con este motivo. Por ejemplo, consideremos una compañía que utiliza la soya como materia prima. Los precios típicamente variables de la soya, o de la mayor parte de los productos agrícolas, proporcionan una amplia oportunidad para mantener inventarios para especulación. No obstante, muchas compañías cubren sus compras de tal forma que no pueden obtener ninguna ganancia por especulación y, por supuesto, no pueden soportar ninguna pérdida por dicho motivo. Bajo estas circunstancias, el motivo de especulación no existe y puede ignorarse en la formulación analítica del problema de inventario.

## CAPITULO 2

### ELEMENTOS DEL CONTROL DE INVENTARIOS

## 1. DEFINIR OBJETIVOS

Los objetivos ya fijados por la compañía deben actualizarse, ya que constituyen una base administrativa que debe ser constantemente revisada debido a las variantes que presentan en su desarrollo. No pueden darse aquí modelos, ya que cada empresa tiene una organización distinta y sus capacidades económicas, así como sus facilidades de ventas y de producción, son diferentes. Sin embargo, se mencionan a continuación algunas que sí son comunes para la mayoría de las compañías:

- a) Tener el mínimo de inversión en existencias, en materias primas y partes componentes, en materiales en proceso y en productos terminados.
- b) Mantener el nivel de las existencias de materias primas y partes componentes de manera tal que las operaciones de producción no sufran demoras por faltantes.
- c) Tener el mínimo posible de inversión en existencias de productos terminados.
- d) Mantener el nivel de existencias de productos terminados de acuerdo con la demanda de los clientes, para así dar un servicio de entrega oportuno.
- e) Descubrir a tiempo los materiales o productos que no tienen movimiento, y los que se han deteriorado o son ya obsoletos en el mercado.
- f) Establecer una buena custodia en los almacenes para evitar fugas, despilfarros o maltrato por descuido.
- g) Estar alerta ante los cambios en las demandas del mercado.

## II. DEFINIR POLITICAS

Las empresas que se manejan con éxito y tienen buenas utilidades son las que planean bien y con anticipación todas sus decisiones y -- operaciones. Una de las bases principales de la prevención es el est ablecimiento de las políticas que han de regir las operaciones futuras.

Solamente se pueden mencionar algunas políticas comunes a varias empresas, que nos sirven de ejemplos para el control de inventarios - ya que, como hemos visto, cada compañía adopta las suyas propias de - acuerdo con sus características, como cuando se confecciona un traje - a la medida:

- a) Determinar si las ventas son sobre pedido o sobre las existencias - en los almacenes, para establecer las políticas adecuadas de pro - ducción y de almacenamiento de productos terminados.
- b) Debe definirse la política de niveles de existencias de acuerdo - con las altas y las bajas de estaciones del año o según las altas - y las bajas en períodos de producción.
- c) Es necesario determinar si la mercancía se almacenará en un solo - almacén, en la fábrica o en los almacenes de distribución, en dis - tintas áreas de la ciudad o del país.
- d) De acuerdo con las posibilidades económicas de la empresa, deben - definirse las políticas que fijan los límites para compras adelan - tadas por riesgos de escasez de materiales o por conocimiento de - futuras alzas de precios.
- e) Las políticas deben establecer los sistemas de abastecimiento y - producción mediante pronósticos de ventas o niveles parejos norma - lizados para todo su período, o para un año.

## 111. DESARROLLO DE PLANES Y NORMAS

De acuerdo con los objetivos y las políticas que se hayan establecido, se deben formalizar los planes de acción:

- a) desarrollo de planes a corto plazo;
- b) desarrollo de planes a largo plazo;
- c) determinación de planes por periodos estacionales;
- d) desarrollo de planes de incrementos en ventas y producción;
- e) desarrollo de planes para ocupar maquinaria nueva;
- f) planes de ocupación de personal y de utilización de maquinaria en lapsos de baja producción;
- g) establecimiento de niveles de existencia de acuerdo con los presupuestos;
- h) adopción de normas para la periodicidad de las compras de cada producto;
- i) determinación de normas para los puntos económicos de producción o de compra;
- j) establecimiento de las normas de costos de abastecimiento, de mantenimiento de existencias en los almacenes y de pérdidas en producción por falta de materiales, por pérdidas en ventas por no surtir pedidos a tiempo o debidas a cancelaciones, y
- k) determinación de las normas de rotación de:
  - productos terminados,
  - productos en proceso,
  - partes componentes para ensamble,
  - materias primas, y
  - herramientas y materiales auxiliares.

## IV. DELEGACION DE RESPONSABILIDADES

Debe organizarse la planeación y el control de los inventarios, delegando las funciones de:

- a) requerimiento,
- b) compras,
- c) registros de existencias,
- d) estadísticas y cálculos de puntos de reorden y lotes económicos,
- e) decisiones sobre periodicidad, puntos de reorden y lotes económicos de compras,
- f) decisiones sobre variaciones a normas establecidas en el inciso e),
- g) auditoría y control de los sistemas en la organización,
- h) custodia de almacenes,
- i) programación y control de la producción, y
- j) pronóstico de ventas y producción.

## V. ELEMENTOS DEL ESTUDIO DE INVENTARIOS

¿Qué es lo que interviene en el estudio de un sistema de inventarios? Para empezar, se necesita una decisión engendrada por incomodidad con el estado de cosas presente y basada en la creencia de que puede obtenerse una economía sustancial distribuyendo tratamientos -- curativos en el campo del inventario. Ciertamente es aparente que la administración dirigirá sus esfuerzos en otras direcciones si existiera la probabilidad de obtener resultados mayores en otros campos. Las investigaciones para mejorar la eficiencia y la efectividad están limitadas por los recursos de tiempo, de personal adecuado y del dinero de que la administración pueda disponer. Además, se necesita una planeación y una supervisión para que la investigación no vaya a crear problemas en la operación y en el personal. El cuidado que hay que tener para evitar trastornos tiene un costo definido asociado que de por sí debe estar balanceado contra el costo de los trastornos. Estos costos son en realidad pequeños. No pueden obtenerse de los asientos contables. Puede uno darse cuenta con facilidad por qué la administración ignora el análisis formal y prefiere utilizar su intuición y experiencia para determinar qué campos de las operaciones de la compañía pueden tener una investigación más fructífera.

A menos que la administración tenga una razón definida para hacerlo de otra manera, se aconseja que se haga una evaluación del sistema presente antes de proceder al nuevo sistema. De esta forma puede determinarse si debe o no cambiarse el sistema actual, en qué sentido y en qué extensión debe cambiarse.

El costo del estudio de evaluación no es recuperable si al término se interrumpe la investigación. Esta decisión de detener la investigación es siempre lógica si el costo total de las economías en el nuevo sistema no proporciona una utilidad mejor para el capital invertido en el estudio que el capital empleado en alguna otra forma. --  
 Así, el criterio es:

$$\frac{\text{Economías anuales obtenidas con el estudio de inventario}}{\text{Costo del estudio de inventario}} \geq Cc$$

en la que Cc es igual a la mayor utilidad sobre la inversión que la administración puede obtener si invierte su dinero en otra forma. El objeto del estudio de evaluación es proporcionar estimaciones a priori en ambos factores en el primer miembro de la ecuación anterior. La estimación del Cc es el manejo de la administración. queda, sin embargo, dentro del campo de la ciencia administrativa ayudar al ejecutivo a determinar un Cc apropiado.

Las economías y costos se calculan para que cubran el mismo intervalo.

La única manera de que los costos del estudio de inventario sean recuperables es a través de las economías de la corriente de tiempo. Por tanto, el criterio que aparece anteriormente puede no ser del todo satisfactorio si las economías obtenidas con el estudio son de corta vida. Esta condición quizás prevalezca si los resultados del estudio de inventario no son transferibles a las líneas de los nuevos productos con las que se intenta sustituir la mezcla actual de los mismos. Bajo estas circunstancias, la compañía tiene la facultad de preferir un criterio diferente. Por ejemplo, puede ser el objetivo un período de tres años en el que no haya ganancias ni pérdidas. En tal caso, podemos escribirlo así el criterio 2:

$$\frac{\text{Economías necesarias al valor presente (por n años)}}{\text{Costos del estudio de inventario}} \geq 1$$

en la que  $n = 3$ .

Este criterio puede usarse también cuando los beneficios de un estudio de inventario son aplicables a la compañía durante un período de tiempo largo. Generalmente, los costos fijos de un estudio de inventario que se van a hacer principalmente para sufragar los gastos de un grupo de investigación no tienen que repetirse. El grupo determina y establece métodos de análisis y reglas para tomar decisiones que funcionan en una variedad de casos, siendo todos ellos previri-

bles en el futuro de la compañía. Es probable que los costos variables del estudio se repitan conforme se van añadiendo nuevos artículos a la línea de productos y tan pronto como los artículos que se llevan en existencia se actualizan. Puede tomarse en cuenta esta circunstancia calculando el costo del estudio como costo fijo más el valor actual (para  $n$  años) de los componentes variables.

Es asimismo posible usar un criterio a muy largo plazo. Aquí, la administración declara que está preparada para aceptar un estudio de inventario si el valor actual de las economías (para toda la vida) es como sigue: criterio 3:

$$\frac{\text{Economías necesarias al valor actual (para toda la vida)}}{\text{Costo del estudio de inventario}} \geq r$$

en la que  $r \geq 1$ . Aquí también podemos tratar el estudio de costo compuesto de componentes fijas y variables. Es decir, un costo fijo más el valor actual de los componentes de la variable basado en la corriente para toda la vida.

Es evidente que cada uno de los criterios que hemos dado conducirán a decisiones diferentes. Nuestro objeto en este caso ha sido establecer firmemente que el estudio de inventario comienza en el manantial anónimo de una prerrogativa de la administración. Y en la exigente tradición de la Orden de Jarretera: *Honni soit qui mal y pense* (mal haya quien mal piensa). Por otra parte, es deber de la administración suministrar los criterios necesarios para que sus objetivos no sean ambiguos.

VI. MAGNITUD DE LA INVERSION EN INVENTARIO Y  
NUMERO DE ARTICULOS EN EXISTENCIA.

La referencia al tamaño de una compañía es demasiado ambigua para que sirva para clasificar las compañías con respecto a sus problemas de inventario. Cuando menos, deberíamos especificar la posición de cada compañía en función del tamaño de su inversión en inventario y del número de artículos diferentes que intervienen. Una compañía -- que maneja un solo artículo puede soportar el costo de obtener muchísima información concerniente al patrón de la demanda y al tiempo de adelanto para ese artículo. También es probable que el criterio del ejecutivo sea muy eficiente para determinar el mejor pedido posible y los procedimientos de almacenaje para el artículo sin tener que recurrir a estudios formales. Sin embargo, si la inversión en inventario en el artículo es muy grande, entonces los pequeños errores de criterio se amplificarán para producir costos importantes de oportunidad.

VII. CONTROL DE LOS COSTOS DE LAS EXISTENCIAS  
DE RESERVA DEL ESTUDIO.

Hemos visto ahora que en principio, y hasta cierto grado en la práctica, es posible controlar el costo de un estudio de inventario. También es verosímil estimar los costos de estudio y las economías -- tanto probables como necesarias. Pero hemos limitado el alcance de -- nuestro análisis al tema de la cantidad óptima del pedido. Como resultado, habremos subestimado el tamaño de las economías potenciales que pueden derivarse de un estudio de inventario.

Además de las pérdidas que resultan por seguir políticas ineficaces en los pedidos, debemos considerar también las pérdidas que provienen del nivel incorrecto de las existencias de reserva y las pérdidas ocasionadas por los errores de predicción. Aunque estas pérdidas están relacionadas entre sí, no son interdependientes. Es completamente posible tener predicciones perfectas poseyendo todavía en existencia reservas equivocadas. Por otra parte, la determinación de las -- existencias de reserva pueden acusar exactamente el nivel de servicio deseado, mientras que la incapacidad para predecir creará lo mismo -- problemas de exceso como de falta de existencias.

Trataremos, una vez más, de demostrar que los costos de estudiar estas partes del problema están, hasta cierto punto, bajo el control de la administración. Y, como antes es razonable equilibrar los costos de estudio (calificados con el criterio de una utilidad aceptable) contra los costos probables.

El nivel de servicio puede precisarse siguiendo el propio criterio. O puede estimarse el costo por falta de existencia y de él deducir el nivel de servicio adecuado.

Se ha demostrado que el nivel de servicio,  $\alpha$ , puede derivarse de los costos de tenencia y de los costos por faltas de existencias, o, inversamente, el costo por falta de existencias, puede fijarse su-

gún el nivel de servicio observado o elegido, y un  $C_c$  especificando, -  
 es decir,

$$c_c = \frac{c_c^*}{c_c^* + C_u} = \frac{1}{1 + \frac{C_u}{c_c^*}}$$

Si siguiendo nuestro patrón anterior, suponamos que  $K_5 C_u$  sea nues-  
 tra estimación del costo real de falta de existencia,  $C_u$ . Semajante,  
 imaginemos que  $K_6 c_c^*$  sea nuestra estimación del costo de tendencia --  
 real,  $c_c^*$ .

Entonces, nuestra  $c_c$  estimada es  $c_c^*$ :

$$c_c^* = \frac{K_6 c_c^*}{K_6 c_c^* + K_5 C_u} = \frac{1}{1 + \frac{K_5 C_u}{K_6 c_c^*}}$$

Supongamos

$$p = \frac{C_u}{c_c^*} \quad \text{y} \quad \lambda = \frac{K_5}{K_6}$$

De donde

$$c_c = \frac{1}{1+p} \quad \text{y} \quad c_c^* = \frac{1}{1+\lambda p}$$

Por tanto,

$$c_c - c_c^* = \frac{1}{1+p} - \frac{1}{1+\lambda p}$$

Se recordará que:

$$c_c = \int_y^{\infty} f(y) dy$$

en la que  $f(y)$  es la distribución de la demanda durante el tiempo del  
 periodo de adelanto y el límite inferior  $y$  es  $K_0$  distante de  $\bar{y}$ . ( $\bar{y}$  es  
 el promedio de la demanda en el tiempo del periodo de adelanto y  $\sigma$  es

la desviación estándar). Observamos:

Estimación perfecta:

$$(\alpha - \alpha'_2) = 0$$

Cuando

$$\mu = 1$$

Subestímese la protección necesaria:

$$(\alpha - \alpha'_2) > 0$$

puesto que

$$\alpha'_2 = \int_{y+a}^{\infty} f(y) dy \quad y \quad \mu > 1$$

Subestímese la protección necesaria:

$$(\alpha - \alpha'_3) < 0$$

mientras que

$$\alpha'_3 = \int_{y-b}^{\infty} f(y) dy \quad y \quad \mu < 1$$

En casi todas las formas de las distribuciones de la demanda que es probable encontrar (incluyendo, por supuesto, la exponencial, la Poisson a la normal) la distribución disminuye monótonicamente en extremo. Por consiguiente, para errores equivalentes (+y-) en el nivel de servicio, de un valor cierto de  $\alpha$ ; es decir  $(\alpha - \alpha'_2) = (\alpha'_3 - \alpha)$ , esperamos que  $b < a$ . Podemos establecer que para estos errores equivalentes (+ y -) en el nivel de servicio, que:

$$(K_2 - K) \geq (K - K_3)0$$

El costo de tenencia de las existencias de reserva es  $(cC_1 K_2)$  para cualquier  $j$  estimada. Cuando se sobrestima la protección necesaria obtenemos una economía potencial que puede hacerse corrigiendo la estimación de  $\alpha$ ;

$$\text{Economía potencial} = cC_1 \sigma (K_2 - K)$$

Y cuando se subestima la protección necesaria por la misma cantidad, tenemos:

$$\text{Economías potenciales} = cC_1 \sigma (K - K_2)$$

Es aparente que existe un potencial mayor de economía para sobrestimaciones que pueden corregirse que para subestimaciones que también pueden corregirse.

Es con esta relación con la que podemos ganar un control adicional sobre el costo del estudio de inventario. Por tanto:

1. Escójanse artículos para estudiar que tengan un costo precio elevado,  $c$ , y con gran variabilidad en su demanda. No debe sorprendernos el que estos dos factores importantes en nuestro análisis. Mas puede resultar algo inesperado que el uso,  $z$ , no tenga importancia directa aquí. Por supuesto, el empleo probable se acusa en la desviación estándar de la distribución de Poisson. Sin embargo, permanece el hecho de que los artículos de poca demanda con gran modificación pueden contribuir con importantes economías del tipo que estamos discutiendo -- aquí. La experiencia con una variedad de niveles de demanda indica que la variabilidad puede tender a aumentar conforme disminuye el nivel de la demanda. Cuando esto es cierto, el mayor potencial de economías que es posible obtener reduciendo el nivel de las existencias de reserva tiene más probabilidades de concentrarse entre los artículos de poca demanda. Además, podemos notar que el precio elevado está casi siempre asociado con la demanda reducida y que igualmente es conveniente para grandes economías potenciales. De lo que podemos deducir-

que la fano de existencias de reserva de un estudio de inventario -- afecta, cuando menos, a algunos de los artículos que, de acuerdo con nuestras reglas de agrupamiento, ordinariamente no trataríamos en forma intensiva mientras se investigan las cantidades óptimas de los pedidos.

En consecuencia, cada compañía tendrá su propia agrupación de -- artículos que espera que contribuya en mayor cantidad a la economía. Cuando la agrupación del costo de los pedidos no coincide con el de las existencias de reserva, tiene opción la compañía para aceptar un costo de estudio adicional. En este caso, las economías netas pueden determinarse para cada tipo de estudio.

2. Escójase para su estudio artículos que tengan mayor probabilidad de estar asociados con una sobrestimación de la protección necesaria. Estos son los casos en que  $M > 1$ . Es decir, en los que los errores al estimar el costo de faltantes en existencias se comentan en el sentido de exagerar este costo. O, al mismo tiempo, debemos elegir artículos en los que el error que se comenta al estimar tanto el precio como la tasa de tenencia tiendan a subestimar estos factores.

Cuando más, las advertencias anteriores sólo son lineamientos generales. Pero formulan condiciones con las que la administración puede estructurar lo mismo su estudio de evaluación como el estudio de inventario a escala natural. Proporcionan un grado de control, basado en los principios más usuales.

VIII. CONTROL DE LOS COSTOS DEL ERROR DE PRONOSTICOS  
DEL ESTUDIO.

El tema de las economías potenciales que pueden obtenerse al mejorar el pronóstico, requiere un conocimiento extenso de esta materia. No obstante, con el objeto de redondear nuestra discusión sobre el control del estudio de los costos, examinaremos brevemente algunos aspectos acerca de la contribución que el mejoramiento de los pronósticos puede hacer a la economía.

Las estimaciones del nivel de servicio afectan el factor  $K$  en la expresión  $(\bar{L.T.} + K\sigma)$ . Aquí  $\bar{L.T.}$  es la demanda probable en el período del tiempo de adelanto y  $K\sigma$  es el nivel de las existencias de reserva.

Por otra parte, las predicciones afectan el valor de  $\bar{L.T.}$  y frecuentemente el valor de  $\sigma$ . El caso más evidente de esto último es cuando la demanda en el período del tiempo de adelanto tiene una forma Poisson o exponencial. Hemos examinado ya el efecto que produce la estimación incorrecta de la demanda en las economías que produce la cantidad pedida. Podemos suponer que el factor de error,  $K_4$ , es de la misma magnitud cuando estamos estimando la demanda en el período de tiempo de adelanto. Entonces, encontramos que, en el caso de que sea Poisson, la  $\sigma$  estimado, o sea  $s$ , se relaciona a la  $\sigma$  real por la raíz cuadrada de  $K_4$ . Así:

$$s = \sqrt{K_4} \sqrt{\bar{L.T.}} = \sigma \sqrt{K_4}$$

Para el caso exponencial tendríamos,

$$s = K_4 \bar{L.T.} = \sigma K_4$$

Las economías probables que se obtienen en el costo de tenencia al corregir la estimación de la demanda para una distribución del tipo Poisson cuando  $K_4 > 1$  serían:

$$eC_4 K_4 (\sqrt{K_4} - 1) = eC_4 K \sqrt{\frac{1}{2}} \text{ I.T. } (\sqrt{K_4} - 1)$$

que serán siempre menores que las economías posibles que pueden obtenerse al corregir la estimación de la demanda en una distribución del tipo exponencial, a saber:

$$eC_4 K_0 (K_4 - 1) = eC_4 K \bar{K} \text{ I.T. } (K_4 - 1)$$

En consecuencia, los esfuerzos gastados en dos artículos que difieren solamente con respecto a la forma de las distribuciones de su demanda en el período de tiempo de adelanto darán por resultado niveles de economía básicamente diferentes. En este caso, la comparación conduce a preferir los artículos que están distribuidos exponencialmente.

Hablando en general, las predicciones se refieren a niveles de demanda previos y rara vez a las distribuciones anticipadas de esas demandas en el futuro. Sin embargo, cuando  $\sigma$  es una función de la demanda probable, debe darse importancia a las clases de distribuciones que existen y los esfuerzos de predicción pueden dirigirse a aquellos artículos que es más verosímil que produzcan economías mayores.

Otro factor de importancia es el tamaño del intervalo de tiempo para el que se hace la predicción. Es manifiesto que al aumentar el período de tiempo, el tamaño del error potencial de pronóstico se acrecienta. Por tanto, aquellos artículos cuyas predicciones se hacen con menor frecuencia tienen mayor probabilidad de producir economías sustanciales. Luego debe pensarse este hecho contra las causas por las que se hayan hecho infrecuentes predicciones; por ejemplo, el poco uso de la inversión, el patrón estable de la demanda, y así sucesivamente.

En la práctica, se encuentra a cada instante que los errores de predicción son la causa del mayor porcentaje total de economía potenciales. Haciendo un muestreo representativo de artículos puede hacer-

se una buena estimación del grado en que pagarán los procedimientos mejorados de predicción por el costo de estudiar el problema. La demanda prevista para cada artículo  $F(w_j)$  se compara con la demanda real  $D(w_j)$  en la que  $w_j$  es el  $j$ -ésimo intervalo de longitud  $w$ .

Tenemos,

$$F(w_j) - D(w_j) = \xi(w_j)$$

y  $\xi(w_j)$  es el término de error que corresponde al intervalo  $j$ -ésimo de longitud  $w$ . Es bastante sencillo construir una distribución  $f\{\xi(w)\}$  de tal manera que,

$$\int_{-\infty}^{\infty} f\{\xi(w)\} d\xi(w) = 1$$

y, por supuesto, podemos obtener el valor medio,  $\xi(w)$  y la variación  $\sigma_{\xi}^2$ .

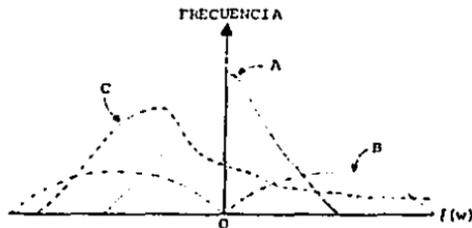
El hecho de que el valor medio pueda ser cero es de poca importancia. Los errores de predicción no se anulan entre sí. La figura siguiente ilustra tres distribuciones diferentes que tienen una media igual a cero. Estas distribuciones A, B y C poseen áreas diferentes concentradas sobre distintos puntos de la escala.

Cuando  $\xi(w)$  es positiva, se dispone en existencia de cantidades excesivas. Cuando  $\xi(w)$  es negativa, resultan faltas de existencia. El mejorar las predicciones da por resultado contracciones en la distribución a ambos lados del punto cero. Es mejor considerar el error de la distribución en función del punto cero de la escala que en función del punto de valor medio, porque al pasar a través de la frontera del cero cambia el costo aplicable.

Entonces,

$$\begin{aligned} \text{La economía potencial} = & \xi_1(w, L.T.) \left\{ cC_1 \int_0^{\infty} \xi(w) f[\xi(w)] d\xi(w) \right\} \\ & + \xi_2(w, L.T.) \left\{ cU_2 \int_{-\infty}^0 \xi(w) f[\xi(w)] d\xi(w) \right\} \end{aligned}$$

En la que  $\xi_1(w, L.T.)$  y  $\xi_2(w, L.T.)$  son constantes para un tamaño dado de  $w$  y del tiempo de adelanto. Lo que describe la extensión en que las predicciones mejoradas producen economías para la clase de sistema de inventario que se usa, y el alcance en que las predicciones pueden mejorarse por el método de predicción empleado. El primer término es el componente de economía potencial por exceso de existencias que ocurre cuando la predicción es mayor que la demanda real. El segundo término es el componente de falta potencial de existencias, que sucede cuando la predicción es menor que la demanda real. Es bastante claro que el mayor potencial de economía se encontrará en los artículos de precio elevado que tengan grandes castigos por faltas de existencias y que posean una  $cU$  tan grande como sea posible.



- \* Tres distribuciones diferentes, A, B y C cuyos errores medios de predicción son iguales a cero ( $w$  = tamaño del error de predicción para un intervalo de longitud  $w$ ).

Aunque es difícil, a priori, identificar positivamente en un sentido específico en aquellos artículos que tienen una variación grande en el error, es bastante razonable indicar unas cuantas de las clases de consideraciones que pueden aplicarse. Por ejemplo, los artículos que tienen una distribución de tiempos de adelanto constante, producirá una dispersión mayor en la distribución del error múltiple. Los artículos que se agrupan para fines de predicción, en los que la demanda total anticipada se reparte entre los miembros de las clases (por el color, tamaño, etcétera), producirá un cambio más grande en el error.

Sería conveniente concluir demostrando la gran importancia que tiene la variación del error. Cuando se hace una predicción de la demanda probable en el periodo de tiempo de adelanto, debería por lo menos incluir una estimación de la mudanza posible de la demanda en el mismo periodo. Esta es la base con la que se elige el punto para volver a hacer pedidos en un sistema en el que éstos se hacen por una cantidad fija razonable. También es la base sobre la que se establece el nivel de existencias máximas en un sistema cíclico de pedidos fijos razonables. De este modo, supongamos que el punto correcto para volver a hacer pedidos,  $P$ , ha sido determinado por el análisis de datos históricos:

$$P = \bar{z} L.T. + K(\sigma z L.T.)$$

en la que  $\bar{z} L.T.$  es la demanda probable en el periodo del tiempo de adelanto, y  $\sigma^2 z L.T.$  es el cambio de la demanda en el mismo periodo. El cálculo del punto en que hay que volver a hacer pedidos, basado en la predicción, se llamará  $P^*$ .

$$P^* = \hat{z} L.T. + K(\sigma \epsilon F)$$

$\hat{z} L.T.$  es la estimación de la demanda en el periodo de tiempo de adelanto y  $\sigma^2 \epsilon F$  es la variación de la distribución del error de predicción. Luego, sumando un número de periodos de predicción:

$$\begin{aligned} \sum_t (P^* - P) &= \sum_t (FzL.T. - \overline{zL.T.}) + K \sum_t (\sigma \{F - \sigma^2 L.T.\}) \\ &= \sum_t zL.T. + K \sum_t (\sigma \{F - \sigma^2 L.T.\}) \end{aligned}$$

Si la predicción se hace al nivel de la demanda probable,  $\overline{zL.T.}$ , y la distribución de la demanda se describe correctamente y es estacionaria, entonces el primer término  $\sum_t zL.T.$  será igual a cero. Es decir los errores se anulan. Además, en las condiciones anteriores,  $\sigma \{F - \sigma^2 L.T.\} = \sigma zL.T.$  Lo que debe ser cierto ya que nuestra predicción se mantiene constante y la diferencia entre los valores reales y los previstos será precisamente la variación de la demanda real con la relación a su valor probable. Por tanto, la suma de los términos  $(P^* - P)$  sobre las repetidas predicciones será igual a cero y no resultarán costos adicionales en las existencias ni tampoco habrá economías. Pero podrá haber una economía en las predicciones si  $\sigma \{F$  puede hacerse menor que  $\sigma zL.T.$  eligiendo el sistema de predicción adecuado en que se utiliza toda la información posible. Cuando menos, esperamos obtener una diferencia de cero. Mas es perfectamente verosímil hacerlo en forma peor. Por ejemplo, si se han hecho regularmente predicciones por individuos cuyos intereses son parciales respecto a su objetividad y si ha hecho las predicciones un comité bien intencionado, pero sin información, y así sucesivamente, es posible por completo que un simple análisis estadístico de la distribución de la demanda produzca economías importantes. Por tanto, es necesario actualizar la variación de cuando en cuando, y el costo en que se incurre debe ciertamente incluirse en el estudio de inventario.

## IX. ELECCION DE LA MUESTRA PARA EL ESTUDIO DE EVALUACION

Es aparente que pueden hacerse estimaciones de las economías y de los costos de estudio y que es importante que se incluyan los artículos correctos en éste. Una compañía con sólo unos cuantos artículos puede rápidamente estudiar todo el alcance que el estudio puede tener. Las compañías con tan pocos artículos son, en realidad, pájaros raros. La capitalización y los niveles de los volúmenes de ventas son malos guías cuando se trata de describir la clase de compañías -- que almacenan pocos artículos. El tipo de industria parece una clasificación más adecuada. Si consideramos los abarrotes, las droguerías, las librerías, etcétera, nos damos cuenta de que incluso los negocios pequeños de menudeo llevan en existencia un asombroso número de artículos. Los pequeños de menudeo llevan en existencia un asombroso número de artículos. Los pequeños fabricantes que producen un producto -- sencillo deben pensar cuidadosamente respecto a su inventario de mantenimiento antes de situarse entre la clase de organizaciones que tienen muy pocos artículos que les den lugar a preocuparse.

Entonces, estamos plenamente justificados si incluimos un tema -- tan prosaico como el tamaño de la muestra que debe usarse en el estudio. Primero, ¿cómo conseguimos la muestra? Se nos ocurren cuando se nos tres maneras diferentes. Podemos hacer un catálogo de todos los -- números de las existencias y obtenemos al acaso una muestra de ellos. Este es un método aceptable siempre que tengamos la seguridad de que la muestra es aleatoria.

Luego analizaremos esta muestra según las diferentes características que hemos estado describiendo.

Otro procedimiento de muestreo es elegir al acaso días del año. -- Todos los artículos de los que se tenga un comprobante de ventas en -- los días elegidos se anotan en una lista y la frecuencia con la que -- se demandan los artículos pueden entonces calcularse. Este procedi- -- miento de muestreo producirá una muestra que es parcial en el sentido

del mayor empleo. Los artículos de poco uso rara vez aparecerán. Tal método tiene la ventaja de presentar actividad y transacciones en vez de la situación general del inventario.

El tercer procedimiento de muestreo debe utilizarse con precaución. La administración selecciona aquellos artículos que ella cree que representen la gama de los patrones. Algunas veces se usa otro sistema más directo. La administración elige clases de artículos que se ajustan a su noción referente al sitio en el cual pueden efectuarse importantes economías. Dentro de cada clase se escoge una muestra -- no necesariamente empleando los procedimientos de muestreo, y haciendo la evaluación de una prueba se asignan economías calculadas para esta categoría. El último procedimiento tiene muchas fallas que son demasiado aparentes para insistir en ellas. Sin embargo, estos métodos no deben descartarse porque se presentan situaciones en las que son aplicables.

¿Qué podemos decir respecto al tamaño de la muestra? Vamos a considerar este problema en función de las clases a-b-c que representan los diferentes niveles de  $pc$ . Extraemos una pequeña muestra aleatoria del catálogo. Cada uno de los artículos elegidos se clasifica entonces de acuerdo con su anual (o trimestral, etcétera) como a, b ó c. Pueden usarse más clases cuando vareza necesario. Como resultado de esta pequeña muestra hacemos estimaciones de probabilidad  $P_a$ ,  $P_b$ , y  $P_c$ ; es decir, la probabilidad de sacar un artículo a, b ó c.

Si es suficiente esta pequeña primera muestra, tenemos que confiar en que las estimaciones  $P_a$ ,  $P_b$  y  $P_c$  quedan cada una de ellas dentro de una amplitud limitada, como  $P_a \pm \Delta$ . La amplitud  $\pm \Delta$  es el intervalo de precisión necesaria en la que  $\Delta$  se expresa como fracción decimal. Llamaremos a este intervalo el nivel de precisión necesario. Ahora debemos elegir también un nivel de confianza que, como éste, nos proporcione la seguridad que necesitamos para que los valores reales de  $P_a$ ,  $P_b$  y  $P_c$  queden dentro de la amplitud especificada de precisión.

Usando los parámetros de la distribución binomial podemos establecer la siguiente relación:

$$n_j = \left(\frac{K}{\Delta}\right)^2 p_j (1 - p_j)$$

en la que

$n_j$  = tamaño indicado de la muestra para el grupo  $j$ -ésimo,

$K$  = número de desviaciones estándar que se necesitan para producir un nivel de confianza determinado.

$\Delta$  = fracción decimal que indica la amplitud de precisión especificada.

$p_j$  = frecuencia observada del grupo  $j$ -ésimo expresada como fracción decimal del número total de artículos observados.

Es también conveniente mencionar que el método que se demuestra aquí puede ser útil igualmente para determinar los tamaños de las muestras durante el estudio real del inventario. Y puede emplearse para precisar el tamaño necesario de una fase de Montecarlo o de simulación.

Se obtiene una especificación que exige más precisión cuando la amplitud se establece como un porcentaje fijo del valor "verdadero".- Entonces tenemos:

$$p_j (1 + \Delta) = p_j + K \sqrt{\frac{p_j (1 - p_j)}{n_j}}$$

que nos da:

$$n_j = \left(\frac{K}{\Delta}\right)^2 \left(\frac{1 - p_j}{p_j}\right)$$

Cuando  $N$  es grande en relación a  $n_j$ ,  $K = c$ . No obstante, al hacerse  $N$  menor con respecto al tamaño de la muestra  $n_j$ ,  $K$  aumenta rápidamente de volumen. Como  $K$  es el múltiplo efectivo de la desviación estándar, su magnitud determina el nivel de confianza. Así, cuando se especifica un nivel de seguridad de 95.4 por ciento, observamos que  $K = 2$ . En nuestro análisis resulta claro que el nivel de confianza aumenta al disminuir  $N$ , manteniendo constante el intervalo de precisión y la dimensión de la muestra.

Observamos que en general, si  $N/n_j \geq 10$ , un nivel específico de seguridad del cual no deberá abusarse demasiado. Abajo de este límite, estaremos muestreando en exceso, y para evitar esta situación podemos usar el planteamiento más complicado con  $K$ ,  $\Delta$ ,  $N$  fijos y muestra  $n_j$  observada. Luego utilizamos un procedimiento iterativo para obtener un nuevo  $n_j$ .

Debe decirse una palabra respecto al esquema de clasificación para los grupos a, b, c, ...etcétera. No es siempre conveniente agrupar los artículos por el nivel de. Algunas veces podemos desear clasificar por la variación de la demanda, pronosticando el carácter (como en artículos para temporada y para fuera de temporada), por la índole del tiempo de adelanto, por las diferencias del nivel de servicio, y así sucesivamente. Todas estas clasificaciones son perfectamente legítimas. Las agrupaciones deben diseñarse de manera de que el costo esencial y los factores potenciales de economía queden intactos para su análisis. Pueden usarse combinaciones de factores a diferentes niveles. Estos grupos deben proyectarse de manera que se excluyan mutuamente entre sí, y tomados en conjunto deberán formar parte de él la totalidad del número de artículos en existencia.

Otro aspecto del problema de muestreo, que afecta mucho al costo del estudio, es la cantidad de historia del pasado que hay la obligación de estudiar para cada artículo. En general, el número de datos que van a usarse en el estudio de evaluación deben ser suficientes para acusar las variaciones estacionales y tendencias; normalmente es bastante con un período de dos años. Además, tiene la responsabilidad

de aislar y separar porciones de los datos que puedan agruparse bajo el mismo número de las existencias. Por ejemplo, el artículo puede haber sido rediseñado o bien recibido una promoción especial en algún tiempo durante el intervalo que cubren los datos.

Nuestra discusión sobre el tamaño de la muestra revela, una vez más, que en un campo en el que la intuición y el criterio se aplican con tanta frecuencia, es totalmente razonable formalizar el problema de manera que sea posible tomar decisiones inteligentes que puedan, cuando menos, guiar la intuición de la administración. Aún la evaluación intuitiva de un sistema de inventario puede proceder con bases más racionales si el ejecutivo no confía en una visita al cuarto de las existencias y un cuidadoso examen de las tarjetas. Si se presenta al ejecutivo el grupo correcto de tarjetas (que sean representativas) tienen ocasión de ahorrarse, cuando menos, el esfuerzo que se necesita para generalizar partiendo de una muestra mal tomada.

CASOS PRACTICOS

## CAP. II. ELEMENTOS DEL CONTROL INTERNO

Precisión de  $\pm 3\%$ 

Nivel de seguridad de 95.4%

1ª Selección de 50 artículos

$$P_a = 0.60$$

$$P_b = 0.30$$

$$P_c = 0.10$$

$$K = 2$$

$$\text{Fórmula} = n_j = \left(\frac{K}{V}\right)^2 P_j (1 - P_j)$$

Nivel de confianza de 95.4

$$N_a = (2/0.03)^2 (0.60)(0.40) = 1,067$$

$$N_b = (2/0.03)^2 (0.30)(0.70) = 933$$

$$N_c = (2/0.03)^2 (0.10)(0.90) = 400$$

**1,067**

Es la muestra más grande para evaluar.

**C A P I T U L O 3**

**EL ESTUDIO DE INVENTARIOS;  
PROYECTO DE LOS PROCEDIMIENTOS  
PARA TOMAR DECISIONES**

## I. ANALISIS DE SISTEMAS

Nuestro método proporciona un medio para investigar sistemas com plots así como los procedimientos con que se efectúan. Es justo decir que el rápido desarrollo del uso de este recurso para los estu- dios de inventario puede atribuirse a las ventajas que tiene el pro- yectar procedimientos de inventario que puedan efectuarse con una com putadora. En la literatura reciente han aparecido varias discusiones sobre la aplicación de análisis de sistemas a los problemas de inventarios, pero una buena parte de estas referencias aparecen en artículos dedicados especialmente a las computadoras y al proceso electrónico de datos, o EDP. La importancia de la teoría de los sistemas para el análisis de inventarios no deben subordinarse al empleo de una com putadora. Los beneficios que pueden obtenerse aunque no utilice el pro- ceso electrónico de los datos son importantes.

Al proseguir, vamos a tratar los niveles diferentes de sistemas de análisis, empezando primero con descripciones de los sistemas en conjunto, entrando después en los detalles más finos, hasta examinar finalmente los porrenores que utiliza la computadora.

Los sistemas de análisis se han conocido y utilizado en otras actividades desde hace mucho tiempo. Los ingenieros han empleado su forma de pensar y han aplicado sus métodos en muchos campos de la ingeniería. Sin embargo, como reciente cosecha han aparecido la gran aplicación de la teoría de los sistemas a los problemas comerciales de muchas clases, incluyendo los inventarios.

No hay nada sorprendente, revolucionario o misterioso en los sig temas de análisis. El procedimiento puede resumirlo mejor la palabra sistemático. El arte y la ciencia tienen mucho en común. No obstante, sus caminos parecen separarse cuando surge la cuestión de la interpre tación sistemática del detalle. El arte de tomar decisiones a nivel de ejecutivo está similarmente en conflicto con los lineamientos de la administración científica. Aunque el conflicto es en su mayor par-

te ilusorio, en empeño responsable de la aversión por parte de mucha gente -de la que no están exentos los ejecutivos- a ser completamente sistemáticos cuando esta conducta es la indicada. Cualesquiera que puedan ser las razones fundamentales, el hecho es que muchas personas tiendan a evitar la carga de seguir laberintos aparentemente sin fin del detalle. Este hecho ha sido sin duda un gran inconveniente para el uso efectivo del análisis sistemático en las operaciones comerciales, institucionales y gubernamentales.

Todos podemos reconocer que el principio de Herbert Simon de la racionalidad confinada es una descripción razonable del enfoque que da el hombre a los problemas complejos. Es decir, la racionalidad del hombre opera dentro del marco de un modelo simplificado de la situación real. El cerebro del hombre no es capaz de asimilar y tomar en cuenta todos los factores que pudieran ser relevantes para el campo de un problema determinado. El que resuelve problemas, o toma de decisiones es incapaz de concebir la totalidad de un sistema complejo y no puede, por tanto, emplear todos los factores de la evidencia lógica en su matriz de resultados cerebral. Por esto, descarta la mayor parte de los factores. Llega a sus conclusiones tomando como base -- unos cuantos de aquéllos, elegidos de alguna manera cuidadosamente -- porque parecen ser los más importantes.

Sin embargo, existen problemas que resueltos de esta manera producen decididamente malos resultados. Generalmente éstos son problemas en los que todo el método debe considerarse en conjunto para poder designar los componentes. Por ejemplo, los sistemas de armamentos, los proyectiles guiados y las operaciones automáticas de las fábricas son también demasiado complejas para poderlas satisfacer por medio de soluciones racionales confinadas. Pueden existir de miles de componentes en los que cada uno de ellos tal vez sea capaz de destruir la eficiencia total del sistema. Una pregunta natural sería: ¿Por qué no atacamos cada componente como subsistema? Estos subsistemas pueden reducirse al punto en el que la capacidad confinada del que toma las decisiones quizá compita con eficacia con el limitado grado de complejidad

dad del subsistema, y la respuesta es que para algunos sistemas podemos hacerlo. Pero en la mayor parte de los mismos que interesan al -- ejecutivo no podemos llevarlo a cabo. Los sistemas de inventario son de este último tipo. Esto se debe a que existen varias razones y brevemente explicaremos algunas de ellas.

## II. EFECTO DE LOS MUCHOS ARTICULOS

Una de las razones fundamentales es que la mayor parte de las compañías tienen existencias de más de un artículo. Ya mencionamos anteriormente los efectos de agrupar artículos con respecto a los costos de los pedidos, rapidez de las entregas, y así sucesivamente. Ahora es conveniente que nos extendamos acerca de estas nociones. Como demostraremos, pueden existir muchas clases de dependencias entre los artículos: un hecho que sólo puede ignorarse a riesgo del que toma las decisiones. El efecto de los muchos artículos se sienta de varias maneras. El estudio del costo aumentará en forma monótona al acrecentarse el número de artículos que se incluyen en el estudio. Se encontrarán aumentos bruscos de costos y otras discontinuidades cuando se requiere un modelo de nuevo tipo. Esto incluye los casos en que se emplean diferentes rutinas para predicciones y diversos programas para el proceso de datos. Nuestra discusión hace resaltar el hecho de que las dependencias enlapan las características de los artículos con la ganancia probable del estudio. Lo que impide tratar cada artículo como un componente separado.

Otra cuestión de importancia en una situación realista es, que el capital de la compañía no es limitado. El hecho de tener muchos artículos en existencia influye en nuestras decisiones con respecto a cómo podríamos emplear el capital que se dispone para invertirlo en inventario. Cuando existe un presupuesto de capital, debemos elegir entre los artículos de un modo muy práctico. En consecuencia, es imposible considerar los artículos como componentes individuales, donde cada uno de ellos pudiera optimizarse por separado.

Hemos hablado respecto a la dificultad de obtener el costo por faltantes y el costo de pedidos con entrega diferida. Pero el problema es todavía más difícil de lo que se indicó. Consideremos el hecho de que el cliente se vaya a otra parte a comprar un artículo que en nuestra compañía se ha agotado o que nunca vuelva a adquirir el artículo otra vez. Supondremos que al mismo tiempo ha estado comprándonos

otros artículos como igualmente el que no le pudimos surtir. El nunca nos comprará otra vez ninguno de los otros artículos. Dicho de manera más formal, la política de inventario de cada artículo influye en la de cualquier otro artículo. Así, un elevado nivel de inventario en -- cigarrillos puede asegurar una demanda continua de periódicos, revistas, artículos de escritorio, etcétera. Quizá sea esencial para la de manda normal de otros artículos una gran inversión en inventario de -- mercancías que puedan conducir a pérdidas. También se presentan depon dencias de este tipo general, como mencionamos en la parte I, cuando se dispone de espacio limitado para almacenamiento por el que compli- ten todos los artículos, o cuando pueden ordenarse combinaciones de -- artículos con el fin de obtener descuentos o tarifas de fletes por -- carro entero, y así sucesivamente.

### III. EL EFECTO DE LOS MUCHOS LUGARES

Otro factor que interviene por la necesidad de considerar todo el sistema de inventario como una entidad completa es la existencia de muchos lugares; es decir, el efecto de muchos lugares. En este caso, una compañía que tiene cuatro o cinco bodegas que hacen pedidos por separado perderán algunas de las ventajas que son inherentes a una bodega central. Al mismo tiempo ganará otras ventajas. Algunas de las desventajas serán el aumento en los costos de procesar datos y una inversión total en inventario mayor. Algunas ventajas son costos de embarque inferiores y mayor control. En cada caso las ventajas se comparan con las desventajas para las diferentes formas de organización de las bodegas. Por ejemplo, la compañía pudiera desear tener un almacén central, siendo sucursales el resto. Otra posibilidad sería tener dos almacenes principales dando servicio cada uno de ellos al grupo de almacenes que se le asigne. En consecuencia, puede verse que los lugares múltiples, tengan la forma de almacenes o fábricas, impiden a la compañía tomar una decisión a priori para considerar la demanda total por un artículo como la suma de las demandas de cada lugar. También impide adoptar una decisión a priori para tratar las demandas que se producen en puntos separados como si fueran generados por artículos individuales. Deben considerarse las diferentes posibilidades en función de todo el sistema. Este problema es especialmente complicado por el hecho de que los parámetros de los costos rara vez son los mismos en cada lugar. De suerte que un costo por faltante en un almacén de poca importancia con un volumen de ventas bajo será -- apreciablemente menor que el costo por falta de existencias en una bodega principal con un gran volumen de cuentas. Los precios pueden ser diferentes en cada sitio debido a las diferencias en transportes e impuestos, y con toda seguridad el costo de hacer los pedidos es posible que no sea el mismo en cada una de las localidades.

De manera que de nuevo nos vemos forzados a reconocer que si no consideramos todo el sistema, sino, por el contrario, instauraremos planes de inventario en cada lugar, no es probable que optimicemos el

funcionamiento total del inventario de la compañía.

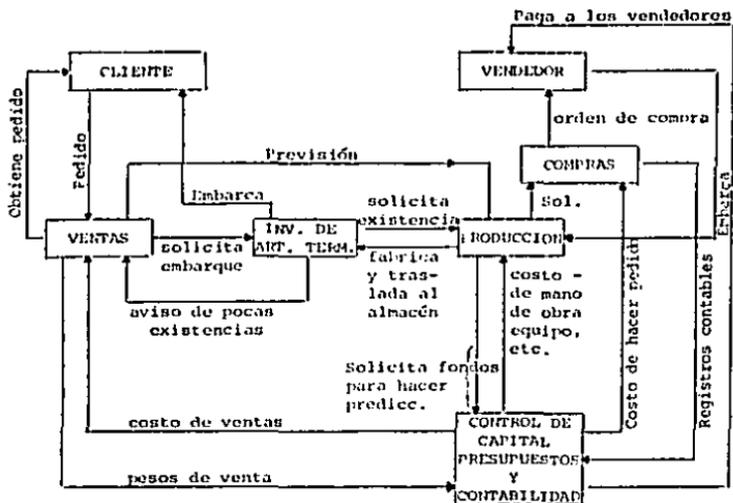
Podríamos extendernos mucho más para seguir demostrando en qué forma el procedimiento simple de inventario que trata a cada artículo como una entidad abusa en sí del principio de optimalidad. Pero si empezamos considerando todo, aún el analista de sistemas más paciente puede volverse loco. Quizá eventualmente podríamos hacerlo, pero no ciertamente en esta etapa de nuestra evolución de práctica de inventario. Sin embargo, esto no significa que tengamos que llegar al otro extremo. Las interacciones y dependencias que parezcan importantes deberán tratarse con sentido sistemático. Los métodos de programación lineal permiten hacer mucho a este respecto. Para un análisis intensivo es esencial una computadora, ya que el número de alternativas que deben investigarse es enorme, aunque el método de programación dinámica tenga éxito reduciendo el número total de alternativas que de otra manera tendrían que considerarse.

#### IV. EL EFECTO DE LOS MUCHOS DEPARTAMENTOS

Vamos ahora a investigar una fuente fundamental más de dependencias entre los componentes. A ésta la llamaremos el efecto de los muchos departamentos. Aquí también, debido a que existe una variedad de conexiones, el sistema de inventario, como el sistema de proyectiles, etcétera, no pueden reducirse con éxito a subsistemas sencillos independientes. Como hicimos notar anteriormente, en estos sistemas el proyecto óptimo de cada componente puede destruir totalmente la eficacia u operabilidad del sistema completo. Con respecto a los muchos departamentos el concepto de los sistemas es esencial ya que el proyecto óptimo individual de cada departamento podría producir estragos en los resultados totales. La investigación de operaciones, tal como se aplica a la teoría del inventario, se ha hecho especialmente conocida del efecto de los muchos departamentos, y en esencia los modelos de inventario tratan este aspecto de las interdependencias de los componentes. Los costos que se producen en los diferentes departamentos se equilibran, como igualmente el costo de los pedidos, el de almacenaje y castigos por merma. Si los modelos no atraviesan las fronteras de la organización, no tendrán ningún valor.

Vamos a considerar este aspecto del sistema de inventario con más detalle. Usando el dibujo siguiente podemos explorar con mayor claridad la cuestión de cómo el proyecto óptimo de los departamentos separados produce conflictos, caos y monstruosidades sistemáticas.

El diagrama siguiente es una posible representación de los diagramas de operación. Con cada componente asociamos ciertas medidas de eficacia.



Por ejemplo, el gerente de ventas desea maximizar la cantidad de dólares de las ventas menos los costos de las mismas, o puede tener como objetivo la maximización del volumen de ventas. En cualquier caso, su funcionamiento se mide por la capacidad de la organización para vender. La calidad del gerente de inventarios se calibra en función de los niveles de las existencias que mantiene y por la forma en que evita los faltantes. El gerente de producción desea minimizar su registro de costos y, por tanto, la medida de su calidad está relacionada con el número de instalaciones que utiliza, sus costos de mano de obra y por sus inventarios en proceso y los de materias primas. La asignación de capital está también sujeta a medidas de eficacia. Aquí el objetivo es maximizar los dólares que entran procedentes de las ventas y minimizar los dólares que circulan hacia afuera para la producción, ventas, compras, etcétera. Con o sin el diagrama, vemos que los objetivos de cada componente no son enteramente compatibles. Tam-

bién observamos que desde el punto de vista de las medidas de eficacia de los componentes, éstas son formas estereotipadas mal usadas. Los objetivos de todo el sistema no pueden satisfacerse permitiendo que cada componente funcione en oro de sus propios intereses. El gerente de ventas con una fuerza de demanda fija tiene que vender menos en ciertas épocas para evitar los costos de entrega diferida, de la rapidez, de la pérdida de la buena voluntad, costos de horas extras, fuerza de trabajo irregular, etc. Así, una buena medida de la eficacia de su funcionamiento debe incluir la repercusión de sus acciones en otros departamentos. Seméjantemente, el gerente de inventarios debe estar preparado para tener cierto aspecto algo perfecto según sus propias normas. El nivel de existencia quizá tenga que ser un poco más elevado de lo que al parecer sería necesario en ciertos tiempos, de suerte que los costos de preparación puedan reducirse o aligerarse los requisitos de la fuerza de trabajo. Por otra parte, podrá estar de acuerdo con el gerente de ventas cuando éste último se queje de que se están quedando sin existencias con demasiada frecuencia porque la plana mayor se muestra renuente a invertir más capital en el inventario. Pero no importando cómo se siente personalmente, en bienestar de la compañía debe hallarse donde su lealtad reside fundamentalmente. Por consiguiente, debe aceptar el hecho, en alguna convención de gerentes de inventario, de que no puede discutir lo magnífico de su récord de servicios. Se aplica la misma clase de razonamientos a la producción, compras, finanzas, etcétera. Concluiremos esta discusión diciendo lo que ahora nos parece obvio, si es que no lo era antes. Son únicamente razonables las medidas sistemáticas de eficacia en aquellos casos en que los componentes no son independientes entre sí sino que están íntimamente ligados unos a otros por una red de conexiones; el carácter de éstas tienen una gran importancia y discutiremos este tema en una variedad de contextos. Esta vez, sin embargo, evitaremos teorizar respecto a las redes de sistemas y descenderemos a la utilización práctica del método de los sistemas.

## V. DISCUSION GENERAL DE LOS DIAGRAMAS DE OPERACION

La clave de los procedimientos en que se emplean los sistemas es la buena voluntad para explorar concienzudamente los detalles de uno de ellos. Más tarde demostraremos cómo el ingenio es un ingrediente - para estudiar con éxito los sistemas, pero a pesar de cuanto valor se atribuya al ingenio, este es inútil si no se hace una paciente investigación de cada componente del sistema. Luego demostraremos también en qué forma puede aplicarse la técnica cuantitativa al análisis de sistemas. De nuevo, una vez más, la eficiencia del enfoque cuantitativo depende totalmente de lo completo y correcto de los detalles de la red del sistema.

El medio que usamos para representar el detalle es el diagrama de operaciones. Hay muchas clases de estos diagramas. Los diagramas de procesos se han utilizado durante años para obtener una distribución eficiente de las plantas y para simplificar el trabajo. Los diagramas de operación se usan para descomponer un trabajo en sus componentes básicos, y algunas veces la minuciosidad del detalle que se necesita es tan fina que se hace la distinción entre los movimientos de los dedos y los de la muñeca. En la ingeniería industrial se emplean otras clases de diagramas de operación, que consiste en diagramas para combinaciones de hombres y máquinas, diagramas de ensamble y varias clases de diagramas de Gantt. Todos éstos son recursos familiares que emplean las gerencias de producción y por su propia naturaleza, como a manera de diagramas de operación. Pero no se clasifican como verdaderos sistemas de análisis, a menos que comprendan todos los sistemas y no solamente un componente del sistema. En nuestra discusión anterior sobre los sistemas reconocemos que un sistema, por definición, debe abarcar todos los elementos que están interrelacionados y los que son mutuamente dependientes. Por tanto, la construcción de un diagrama de operación puede proporcionar el nivel de detalle necesario sin satisfacer el concepto de sistema. Al mismo tiempo, los sistemas de análisis se ven empujados a proseguir sin utilizar los diagramas de operaciones. Por ende, los diagramas de operación son requi

sitos necesarios, pero no suficientes, del sistema de análisis.

Sin importar qué forma de diagrama de operaciones se use, la característica básica y distintiva es que muestre las operaciones en serie. Para la distribución de la planta el diagrama de operaciones puede estar arreglado especialmente, mientras que el diagrama para operadores únicamente se emplea la dimensión de tiempo. Todos los diagramas de operaciones indican una secuencia ordenada con el tiempo. El diagrama anterior muestra uno ordenado con el tiempo, pero es demasiado abstracto para proporcionar mucha información útil. El objetivo -- que tiene para nosotros dibujar un diagrama de operación a escala -- grande como el de qué manera nos puede ayudar un vistazo general del sistema para que no se nos pasen desapercibidos componentes que afectan el sistema que va a estudiarse. No es raro que un factor que se ignora, que se olvida o que se escapa deja de conocerse en una fecha posterior de la forma más desagradable.

Vamos a hacer notar unos cuantos detalles respecto al diagrama anterior. Primero, las conexiones que unen las diferentes clases de actividades no todas transmiten lo mismo. Por algunas de ellas pasan datos, por otras pasan materiales, e incluso por otras pasa dinero. Un diagrama de operación completo mostraría hombres, máquinas, e incluso decisiones, etcétera. En otras palabras, todos los elementos de un sistema tienen sus respectivos canales. La circulación en cualquiera de los canales puede afectar la de otro canal, aunque los canales conduzcan diferentes clases de cosas. Por ejemplo, el departamento de ventas envía una orden de embarque a la bodega, responde a esta corriente de información con otra de artículos terminados.

Segundo, la transmisión por cada canal rara vez es continua. Generalmente se repite esporádicamente a intervalos. Nótese la conexión de la predicción entre la producción y las ventas, que pueden operar sólo una vez cada trimestre. Por otra parte, cuando el departamento de producción solicita materias primas al de compras:

1. La conexión transmite esporádicamente si se usa un punto en que -

hay que volver a hacer pedidos (sistema de inventario de cantidad fija).

2. La conexión transmite periódicamente en un ciclo fijo si se utiliza un sistema de inventario con períodos fijos de inspección.
3. La conexión puede transmitir continuamente en un proceso industrial continuo; por ejemplo, cuando la producción es la de una refinería de petróleo y la demanda de petróleo crudo se satisface por medio de un oleoducto de conexión a los campos petroleros.

Tercero, si el diagrama anterior es una representación de conexiones de una organización especial. No es precisamente una buena disposición. Podría ser un plano de la situación actual o, igualmente, el plano de un sistema propuesto. Aunque se necesita paciencia para detallar el sistema actual, hay que tener ingenio para cambiar la disposición de los componentes, cambiar las conexiones, cambiar la frecuencia y la calidad de las transmisiones, añadir nuevos componentes, etcétera, a fin de mejorar las operaciones con respecto a las medidas de eficacia elegidas por la administración. Entre los muchos objetivos que pueden existir, la supresión de la duplicación y la reducción de los retrasos críticos son familiares de análisis de sistemas.

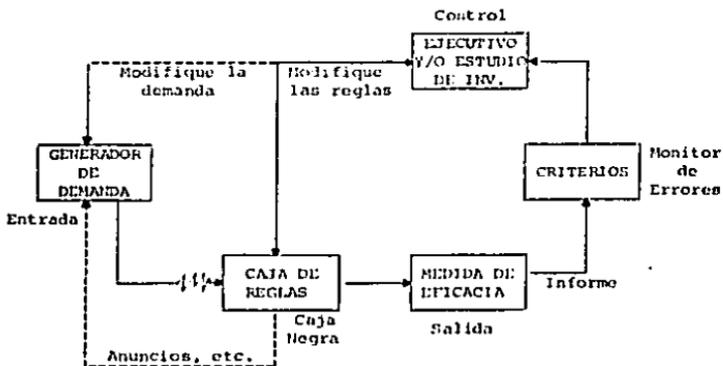
En el diagrama anterior podemos observar una representación muy condensada. Por ejemplo, el inventario almacenado obtenido de los vendedores ni siquiera aparece. Por tanto, puede suponerse que se encuentra dentro de la caja de producción. Si la conexión de embarque de los vendedores se ha conectado a las compras y entonces podría darse por sentado que la función de compra absorbió el almacén de inventario. Se necesitaría una conexión adicional para llevar materiales del departamento de compras al de producción y a todos los demás lugares que quieren ese servicio. En el diagrama hay un gran número de trámites están ocultos por los componentes generalizados y las conexiones. Hemos llamado a este diagrama principal de operaciones a causa de que no se detallan componentes complejos ni las corrientes múltiples (por consiguiente, es principal) y se presentan simplemente como cajas. En

resumidas cuentas, esta clase de diagramas hace resaltar la extensión en vez de la importancia. No existe criterio específico con respecto a la cantidad de detalle que debe aparecer en un diagrama de operación. Debe ser solamente el suficiente para resaltar la finalidad que se hace. Cuando la intención es utilizar programación y codificación para la computadora esto debe ser muy detallado. El diagrama -- maestro y sus cuadros de detalle, juntos forman un conjunto que puede usarse con eficacia para estudiar el problema de inventario.

## VI. DISCUSION GENERAL DE LOS MODELOS DE ENTRADAS Y SALIDAS

El estudio del sistema de inventarios se usa para dos objetivos diferentes y no deseamos confundirlos. Dichos objetivos son:

1. Para elegir las mejores reglas con objeto de tomar decisiones considerando el sistema en conjunto.
2. Para aumentar la eficacia en los procesos del sistema en conjunto, una vez que se ha elegido un grupo adecuado y satisfactorio de reglas.



SISTEMA DE INVENTARIO DE RETROALIMENTACION

Vamos a examinar cuidadosamente cada uno de sus componentes. Para empezar tenemos un generador de demanda que es lo que entra a nuestro sistema. El generador de demanda es el análogo de un mercado y el patrón de compras con el tiempo es la señal generada. La razón por la que hablamos de un generador de demanda en vez de un mercado, que es lo que se trata de representar, estriba en que cuando hayamos proyectado un aparato que pueda imitar o simular el patrón del mercado, en-

entonces podremos hacer el experimento del laboratorio equivalente. La información del mercado real nos llega en tiempo real. Es decir, se necesita un año para obtener los datos de un año. Con el generador de señales de demanda podemos, efectivamente, plegar el tiempo y producir 50 años de datos en unos cuantos minutos.

La demanda se aplica a una caja de reglas. La caja de reglas contiene un grupo de circuitos que es completamente análogo a la política de inventario de la compañía. Cada artículo tiene su propia caja de reglas y, por supuesto, su propio patrón de entrada de demanda. -- Otra manera de decir esto es que la caja de reglas y los modelos de inventarios son equivalentes.

De la caja de reglas obtenemos la salida, que consta de varios componentes. Cada componente es una medida diferente de la eficacia de la caja de reglas para la señal de demanda dada. Con respecto al problema de inventario, las medidas de eficacia incluirían el nivel de servicio alcanzado, el número necesario de pedidos, el promedio de inversión de inventario y el costo de hacer funcionar el sistema. El anterior diagrama muestra que en la caja de reglas se reseñan los informes que describen las medidas de eficacia. Por tanto, las medidas de eficacia que van a usarse son parte de la política de inventario. -- Un sensor de errores sirve de monitor a las medidas de eficacia e informa de todas las discrepancias entre los resultados actuales y los criterios o normas que son los objetivos de la administración. Cuando probamos dos sistemas tenemos en esencia dos cajas de reglas diferentes. Se alimenta el mismo patrón de demanda de cada una y las medidas respectivas de eficacia se reportan para cada una. Digamos que una es el sistema actual y la segunda el sistema propuesto. El sensor de errores o monitor comparará los dos sistemas usando la salida de uno (que es generalmente el sistema actual) como el criterio o patrón con relación al cual puede evaluarse el segundo sistema. Si el error acumulado es favorable al sistema propuesto, entonces la caja de reglas -- proyectada se sustituirá por el actual. Quizá no sea un perfeccionamiento suficiente, o puede suceder por el contrario, que el sistema --

propuesto sea una desmejora. En ese caso, la caja de control necesita  
rá más estudio y nuevo diseño.

Si el sistema es de operación y no se está probando entonces --- cuando las medidas de eficacia satisfacen el criterio, se emite una señal de cero ( es decir, no es señal) y el control no se alerta para entrar en acción. El sistema funciona continuamente de esta manera -- hasta que ocurre algún cambio o hasta que surge un conjunto de condiciones de poca probabilidad. Entonces, el monitor de errores emite -- una señal que puede hacer parecida a una indicación de emergencia. Se espera que el gerente de inventarios vea de lo que se trata y determine lo que debe hacerse. Con un sistema de este tipo el ejecutivo queda en libertad de proseguir en sus deberes, en los cuales puede omitirse en tal caso las reglas básicas de inventario. Se llama al gerente solamente cuando ocurren discrepancias suficientemente importantes. A esta clase de sistemas se les denomina con frecuencia gerencia por excepción. Que es, en efecto un sistema regulado por monitores que -- funciona por sí solo, utilizando política administrativa prefabricada y reproducibles y reglas de decisión, hasta que el sistema encuentre factores que no puede manejar. Evidentemente, el principio de la sistematización del grupo de estudio de inventario está también en la caja de control. Basándose en lo que se aprende respecto a las medidas de eficacia se hacen cambios en la caja de decisiones o de reglas. -- Estos cambios continúan hasta que se diseña una caja de reglas satisfactoria.

El circuito cerrado,

Caja de reglas → Medidas de eficacia → Criterio  
→ Caja de reglas → Caja de, -  
control.

se llama circuito de regeneración. Los circuitos regeneradores son de extrema importancia en cualquier análisis de sistemas. Nos familiarizaremos mucho con ellos al seguir nuestra discusión, con frecuencia -- la clase de señal que se regenera puede usarse para controlar la salida



que el generador de demanda produce una fluctuación estacional, entonces es factible evitar grandes discrepancias entre el criterio y la medida de eficacia aumentando la publicidad oportunamente. Si la situación puede anticiparse formalmente, en ese caso hay la posibilidad de idear reglas que pudieran asignar automáticamente sumas de dinero mayores y menores para publicidad, promoción, etcétera. Si no, podrá llamarse de vez en vez al ejecutivo para que ayude a estabilizar la fuerza de trabajo con acciones calculadas para influir en el generador de demanda. Ambas líneas punteadas son tipo de conexiones de regeneración que son parte de los circuitos de regeneración.

Existen algunos circuitos de regeneración que no aparecen en el diagrama. El hecho de que estén ocultos en cajas que pueden atribuirse al bajo nivel de detalles del diagrama de operación. Sabemos, cuando necesitamos el análisis de estos circuitos, que podemos sacarlos de la obscuridad solamente si conocemos como trabajan. Si deseamos -- probar diferentes reglas de decisión, deben ser explícitas, detalladas y coherentes.

Estos requisitos son los mismos que se usan en la especialidad de la ingeniería eléctrica y que abundaron en el modelo de entradas y salidas. Los ingenieros electricistas llaman a la caja de reglas la "caja negra". Le dicen así porque los detalles de las redes de circuitos o se oscurecen o permanecen en vez de especificarse. Esto es también nuestro caso. Utilizando el análisis de sistemas pueden explotarse las relaciones entre las entradas y las salidas y también compararse un conjunto de objetivos de control con las salidas reales. Por otra parte, las salidas obtenidas en una caja de reglas especificadas pueden evaluarse sin conocer nada respecto a la forma real de las entradas. Además, pueden proyectarse cajas de decisiones y de control, que permita lograr los objetivos.

**C A P I T U L O 4**

**M I T A S D E U N C O N T R O L D E I N V E N T A R I O S**

## 1. INVENTARIO MEDIANTE PRONOSTICO DE VENTAS

Para fijar las metas de un control de inventarios es necesario:

1. Conocer el pronóstico razonable de ventas para cada producto o -- para cada grupo simiil de productos.
2. Con base en este pronóstico, programar los inventarios de productos terminados para asegurar un servicio oportuno a los clientes, con un mínimo de costos en la administración.

## 11. PASOS PARA LA PLANEACION DE UN NIVEL OPTIMO

Es necesario un plan logístico para establecer las políticas que determinen cuánto y cuándo reabastecer los almacenes de materiales y de productos terminados.

Los pasos a seguir para tal propósito son:

- 1° Hacer un análisis de los inventarios mediante el sistema de clasificación A, B, C.
- 2° Obtener del departamento de contabilidad los datos necesarios para calcular el costo de abastecimiento de materiales por parte de los proveedores, o de productos de la fábrica.
- 3° Obtener el departamento de contabilidad los datos para calcular el costo de mantenimiento de existencias en los almacenes.
- 4° Calcular el lote económico de producción, o de compra, con los datos proporcionados por contabilidad, empleando fórmulas de sistemas determinísticos.
- 5° Fijar políticas de puntos de reorden empleando fórmulas de sistemas probabilísticos.
- 6° Determinar las cantidades óptimas de reserva mediante cálculos probabilísticos.
- 7° Establecer políticas de seguridad y prever riesgos de faltantes debidos a cálculos probabilísticos.
- 8° Determinar un equilibrio entre costos de faltantes y costos de excedentes en las existencias.

**C A P I T U L O 5**

**ESTUDIO DEL PROCESO DE DATOS:  
PROYECTO DE LOS PROCEDIMIENTOS  
DE OPERACION**

## 1. EL COSTO DE UN PEDIDO

En nuestros modelos de inventario nos referimos al costo de un pedido en forma más bien festiva. Demostraremos también que podrían hacerse políticas de inventario razonables aunque se desconociera el costo de los pedidos. Se supuso que el costo por pedido era muy pequeño, o cuando menos que lo era con respecto al modelo de colas. Todo lo que se dijo era razonable, al menos tal como iban las cosas, pero algunas de éstas no se dijeron.

El costo de un pedido está compuesto de:

1. El costo del manejo en los trámites de salida.
2. El costo de manejo en los trámites de recepción.
3. El de manufactura y envío del pedido.
4. El costo del despacho.
5. El costo de actualizar.
6. Costos administrativos e indirectos.
7. Otros costos.

Usamos  $C_r$  para determinar la cantidad óptima del pedido,  $X_0$ . Esto es cierto en el modelo Q. En el modelo P utilizaremos  $C_r$  para obtener el período óptimo entre inspecciones.

Existen varias clases de dependencias, pero la única que nos importa es el costo del trámite de salida. En vez de andar con rodeos vamos a establecer una forma general para el costo de un pedido:

$$C_r = V_r + P_r = \frac{X_0 C_1}{v} + P_r$$

en la que:

$Vr$  = costo variable por pedido,

$Pr$  = el costo de hacer un solo trámite de salida,

$G_1$  = costos fijos por pedido,

$v$  = número promedio de unidades por trámite de salida.

Podemos determinar  $G_1$  usando métodos de muestreo de trabajo. La mayor parte de los costos que figuran en la lista pueden precisarse de esta manera. Cada artículo estaría caracterizado por su propio  $v$ . Para algunos productos el número promedio de unidades sacadas cada vez pudiera ser una docena; para otros, una unidad quizá fuese lo característico.

Primero, vamos a considerar el modelo Q. Este es un sistema de inventario perpetuo. Por tanto, cada trámite incluyendo los de salida, se hacen uno por uno conforme van siguiendo. La cantidad total que se saca entre puntos sucesivos de hacer pedidos es  $x_0$ . Así, si el número promedio de unidades por trámite de salida es igual a uno, entonces  $x_0$ , que son diferentes trámites de salida, deben procesarse. Si, por otra parte,  $v = x_0$ , en ese caso debe procesarse en único trámite de salida. Evidentemente, el costo por pedido varía con el tamaño de  $x_0/v$ . Pero esto no afecta la determinación de la cantidad óptima del pedido. El componente de costo, que aumenta linealmente con  $x$ , produce una constante cuya derivada es cero. Es decir,

$$\begin{aligned} \frac{dT.C.}{dx} &= \frac{d}{dx} \left[ \frac{cC_1 x}{2} + \left( \frac{xG_1}{v} + Pr \right) \frac{x}{x} \right] = \frac{d}{dx} \left( \frac{cC_1 x}{2} + \frac{xG_1}{v} + Pr \frac{x}{x} \right) \\ &= \left( \frac{cC_1}{2} - \frac{Prx}{x^2} \right) = \left( \frac{cC_1}{2} - \frac{cPr}{x^2} \right) = 0 \end{aligned}$$

De manera que éste es  $Pr$  al que habíamos estado llamando  $C_r$ .

Con el modelo P, los trámites de salida pueden acumularse durante el periodo de inspección. En la fecha de la inspección se reúnen y se suman para obtener la cantidad total sacada. La carga de trabajo es evidentemente menor que la tarjeta de existencias, debe conciliarse una sola vez con los volantes de trámite y se hace un solo asiento.

A pesar del costo inferior por trámite de salida en el modelo P en comparación con el del modelo Q, existe, sin embargo, un componente del costo de pedidos que varía con el número de trámites, y el número de trámites que ocurren en un período se relacionará directamente con la longitud del período. Por consiguiente, nuestros comentarios con respecto a los trámites de salida y el modelo Q pueden también aplicarse al modelo P.

Pueden sacarse dos conclusiones. Primera, el costo por pedido - que normalmente aplicamos al deducir las cantidades óptimas y períodos entre pedidos es solamente parte del costo total. Esta es la parte fija del costo por pedido. Visto de otra manera, es el componente variable del costo total del pedido. Como el último punto puede producir una poca de confusión, vamos a volver a exponer la situación. Los costos que son independientes del tamaño de la cantidad del pedido y del número de pedidos por año, por ejemplo,  $rc_1/v$ , son componentes variables del costo por pedido y componentes fijos del costo total. Se acostumbra llamar al componente de costo fijo o variable según el papel que desempeña en el costo total. En consecuencia, es patente que parte del costo del pedido nunca aparece en el planteamiento ordinario de inventario. Esto no es necesario. Pero es ciertamente un factor de consideración del costo total. Su importancia radica en las comparaciones entre sistemas.

Segunda, la operación del modelo P es más barata. La ventaja del costo del modelo P está oculta en los costos fijos que ordinariamente no aparecen en el planteamiento del inventario. En efecto, a primera vista el modelo P parece que tiene una operación más costosa, ya que es probable que tenga un  $C_v$  ligeramente más elevado (costo variable) que el modelo Q. Como la clase de costos que no aparecen son aquellos que son invariables con la frecuencia de los pedidos y su tamaño, deben medir las responsabilidades fijas del sistema de hacer pedidos. El resto del costo total debe indicar con precisión las responsabilidades variables del sistema de hacer pedidos. Juntos examinan las demandas totales que el sistema de hacer pedidos debe satisfacer.

## 11. COMPARACION DEL PROCESO DE DATOS PERMITO CON EL PERIODICO.

Analicemos de nuevo la expresión  $zG_1/v$ .  $z$  y  $v$  son características de cada artículo. Para hacer una representación más general podemos añadir el subíndice  $j$ . Entonces tenemos:  $z_j G_1/v_j$ , en la que indica el  $j$ -ésimo artículo. Y:

$$\sum_j \frac{z_j}{v_j} = \text{número total de trámites de salida al año.}$$

Ahora supongamos que  $G_1$  es igual al costo de hacer un trámite de salida con el modelo Q y demos por sentado que  $G_2$  es idéntica al costo de hacer un trámite de pedido con el modelo P. El último costo  $G_2$  será mucho menor que  $G_1$ . Consiste solamente en añadir la cantidad de una salida a un total de operación o en registrar la dosis de salida en el teclado de una máquina. El costo de ajustar la tarjeta de existencias, de analizar los resultados, etcétera, son costos variables, lo que depende del número de períodos de inspección al año. Estos costos transportan al factor  $Fr$  (o  $Cr$ ) para el modelo P. Por otra parte, con el modelo Q el factor  $Fr$  es menor, ya que los costos de los trámites de salida por año son independientes del intervalo entre pedidos. ¿Qué efecto tiene esto? Reemplazando  $Fr$  con nuestro familiar  $Cr$  y con referencia a la fórmula del tamaño económico.

$$x_0 = \left( \frac{2zCr}{cCv} \right)^{\frac{1}{2}}$$

observamos que  $x_0$  será mayor para el modelo P que para el Q, siendo lo mismo todo lo demás.

Siempre ha existido una gran confusión respecto al significado del costo del pedido, y con esta discusión se intenta llegar al corazón de la cuestión para evitar que pueda seguir esta confusión aquí. También se tiene el propósito de presentar el punto de vista de que -

el detalle práctico fundamental que diferencia un modelo de inventario de otro es la rutina del proceso de datos que requiere el modelo.

Procedentemente se ha demostrado que los errores en estas estimaciones se diluyen mucho y producen sólo cambios relativamente pequeños en el costo total variable. Esto es cierto hasta que tomemos un punto de vista sistemático que requiere la consideración tanto de los costos fijos como de los variables. Las diferencias de costos desde un punto de vista de planeación pueden ser muy engañosas si no tomamos en cuenta los costos fijos. Observando que el componente variable del costo total de los pedidos es \$x para el modelo Q y aproximadamente de \$y para el modelo P, un pequeño aumento que hace que transcurra un período algo más largo entre pedidos. Es decir:

$$t_Q = \frac{12}{n_Q} = \frac{12}{z} \times \frac{Q}{O} = 12 \sqrt{\frac{2Cr}{cCz}}$$

y

$$t_P = \frac{12}{n_P} = \frac{12}{z} \times \frac{P}{O} = 12 \sqrt{\frac{2(Cr + \Delta)}{cCz}}$$

cuando

donde  $t_Q$  = intervalo probable en meses entre pedidos usando el modelo Q,

$t_P$  = intervalo en meses entre pedidos usando el modelo P,

$n_Q$  = número probable de pedidos por año usando el modelo Q,

$n_P$  = número de pedidos al año usando el modelo P,

$\Delta$  = costo variable adicional resultante del uso del modelo P.

¿Cómo podremos interpretar el resultado? Podemos dar a conocer el intervalo más largo entre pedidos del modelo P como la ganancia neta producida por el departamento para el proceso de datos. La ganancia se obtiene como resultado del aumento de capital necesario invertido en el inventario. Sabemos que el costo adicional de hacer pedidos,  $\Delta$ , que aparece en la ecuación del modelo P dada con anterioridad, es algo así como la ficción, ya que en realidad representa un traslado de costo de la categoría fija a la variable. Está implícito en el-

proyecto de sistemas con ciclos de pedidos fijos que se convertirán - en tantos costos como sea posible al tipo de componente de costo de tipo variable donde pueda controlarse. El control aumenta conforme -- eliminamos las demandas aleatorias en el sistema de proceso y, por el contrario, se sujetan estas demandas a un programa previamente especificado. Los costos de los pedidos que podemos controlar pueden entonces equilibrarse contra los sistemas de costos que se oponen, los cuales están también bajo nuestro control. No tiene caso equilibrar costos que no están bajo nuestro control. El costo del aumento del control puede atribuirse a inversiones en inventario adicionales de dos clases: 1) al aumento que ocurre en  $x_0$  cuando se usa un ciclo fijo - en los pedidos, y 2) un aumento en las necesidades de existencias de reserva. Lo trataremos por separado. Nuestra suposición inicial, que después moderaremos, es que las existencias de reserva necesarias del modelo P y el modelo Q son tan parecidas que pueden ignorarse.

Evidentemente, a la compañía no le gustaría aceptar estos costos adicionales a menos que se pudiera demostrar que se obtendrá una ganancia. La ganancia total que resulta por el aumento del control en - el proceso de datos puede ser grande, pero no es posible garantizarla de ninguna manera. No obstante, puede resultar una importante ganancia negativa o pérdida.

### III. CAPACIDAD Y LA CARGA

La suma de los costos fijos y variables de los pedidos — que — el costo total de los mismos — representa la carga para el proceso de datos expresada en dólares, en cualquier modelo. Este tanto de dinero se necesita para la operación del sistema de inventario.

Vamos a repasar por un momento la manera como obtenemos los costos fijos y variables de los pedidos. Se estudió el trabajo que tenía que hacerse. El tiempo necesario para hacer el trabajo, compuesto de muchos elementos individuales, se midió. Normalmente, cada tipo de elemento del trabajo tiene su propia escala de pagos, de suerte que los tiempos individuales se multiplican por las escalas de pago correspondientes y se deducen un costo total para hacer los pedidos sumando todos los elementos de tiempo individuales. La cifra que obtenemos de esta manera es la carga en dólares. La carga de trabajo se especificaría sumando el número de horas del proceso que se necesita — dentro de cada grupo de escala de pago. Podríamos en tal caso deducir la carga total en horas o también hacer una de las múltiples categorías mostrando la manera en que está distribuida la carga. El hecho es entonces que una compañía puede no estar en posición de tomar la carga que se indica. Por otra parte, puede encontrar que tiene exceso de personal o de mecanización para cualquier carga indicada.

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

#### IV. SISTEMAS PARA EL PROCESO DE DATOS CON CARGA INCOMPLETA.

Cuando una carga probable que es menor que la capacidad fija de un sistema de proceso de datos, o más específicamente, del departamento de pedidos, ¿qué efecto produce el costo del tiempo ocioso en la optimización total del sistema? Dicho de otra manera, ¿cómo afecta la utilización incompleta del sistema de proceso de datos en la política de inventario en nuestra compañía? Es importante hacer notar aquí que se supone que la capacidad es fija e invariable. Esto no es un caso raro. Mientras la compañía tenga algún control sobre el tamaño de su departamento de pedidos en sus reflejos son lentos para ajustarse a los nuevos requisitos que disminuyen el tamaño del sistema. Pueden darse muchas explicaciones, pero la más evidente es el desagradable aspecto del despido al por mayor. Se afecta la moral de la compañía, se hace mella en las relaciones con la comunidad, y si existen sindicatos se provocan discusiones más agrias. De manera que la compañía gradualmente absorberá la capacidad ociosa combinando los trabajadores a otras labores en tanto se representan por sí mismas otras oportunidades y, al mismo tiempo, el agotamiento natural del cambio hace el resto del trabajo. Inflexible como pudiera parecer un sistema basado en la computadora es todavía más rígido. La compañía invierte en una computadora o la renta. Después de asignarle todo el trabajo posible puede haber exceso de tiempo ocioso. La única manera de eliminar este tiempo ocioso de la computadora es ofrecer el mismo a otras compañías. Esto, por supuesto, es un negocio en sí y muchas compañías no gozan del privilegio de ser compañías con servicio de computadora. Otra alternativa es dejarla ociosa; pero, con respecto al sistema de inventario, ¿es ésta la mejor alternativa posible? La respuesta es generalmente, no.

Si queremos saber cuánto se economiza, si es que se economiza algo, utilizando por completo la capacidad para procesar datos. Tiene varias ventajas, suponemos que existe un promedio de costo por ahora-

para describir lo que se paga al personal, del que se supondrá que -  
trabaja con el mismo promedio de intensidad. Se aplicará la misma cla-  
se de suposición a las clases de equipo del sistema de computación. -  
De esta manera podemos evitar las clases múltiples de trabajo o de --  
equipo para obtener la carga, la capacidad y el costo del ocio.

## V. SISTEMA DE INVENTARIOS REGULADOR

Un regulador bien proyectado ajustará y equilibrará las operaciones entre los componentes de un sistema. Al hacerlo estará totalmente orientado hacia la meta. En otras palabras se halla implícito que debemos saber qué estamos regulando y con qué objeto lo estamos haciendo. Idealmente desearíamos que el regulador minimice costos o maximice ganancias. Pero el problema de unificar todos los elementos y de establecer reglas con las que se maximicen la probabilidad de alcanzar las metas, es, por lo general, desordenadamente difícil. Un simple regulador no puede alcanzar la altura satisfactoria para afrontar los elevados niveles de la complejidad del sistema que es inherente al panorama macroscópico de una organización. En consecuencia, el concepto de auto regulación total ha evolucionado para satisfacer los requisitos impuestos por sistemas complejos con metas definidas con precisión. Estos avances más recientes en la teoría del control se basan en la orientación de la meta y en la diferencia entre el estado que existe y el estado que se desea. La discrepancia, hasta cierto punto, es el error. Las reglas de decisión se proyectan como funciones del error. La meta del sistema puede, por tanto, definirse como la optimización de alguna función particular del término error. La regulación del error es el concepto básico de los sistemas de los proyectiles -- telodirigidos, de los pilotos automáticos y de una variedad de "verdaderas" autómatas. Habiendo definido un sistema regulado por el error, puede caracterizarse en mayor grado según su tipo y nivel de perfección. Las definiciones en este punto se hacen algo arbitrarias, especialmente cuando empezamos a hablar de servomecanismos y verdaderas autómatas.

Muchos sistemas poseen características que les dan la apariencia de ser automáticos aunque en realidad sólo son mecanizados. Estos sistemas parece que son automáticos en el sentido de que una máquina vendedora que entrega un artículo si se encuentra correctamente ajustada parece ser automática. Las máquinas de este tipo pueden ser muy complicadas, sirviendo muchas clases de artículos diferentes y aceptando

monedas de diversas denominaciones, de las cuales pueden dar el cambio correcto. Sin embargo, nuestras nociones del comportamiento automático han avanzado muchísimo más de esto punto y la máquina vendedora se ha relegado a la categoría de equipo mecanizado. Tanto los modelos de inventario como los sistemas que hasta ahora hemos tratado poseen varios grados de mecanización. Estos modelos se han proyectado para que admitan señales (como las demandas y tiempo de adelanto). En efecto, han sido preproyectadas con la intención de que se suministren al sistema ciertas clases de señales. (Comárese con la máquina que cambia monedas). Si la esperanza es falsa; por ejemplo, si el tiempo de adelanto es cinco veces mayor que el esperado, entonces el sistema pierde la facultad de autoajustarse a las nuevas condiciones. No está proyectado para producir salidas satisfactorias en cualquier condición que puedan ocurrir. Le falta poder de adaptación.

El sistema que estamos presentando ahora posee poder de adaptación y se acomoda a nuestro concepto actual de sistema automático. Debido a que éste es un meta-modelo con menos significado práctico y más importancia conceptual, no deseamos incluir éste con nuestros otros modelos de inventario. Además, representa una síntesis de muchos elementos, donde no es el menor la noción de un regulador. Finalmente, este sistema capta la esencia de las relaciones entre el sistema de decisión y el sistema de operación. Por consiguiente, sentimos que la mayor utilidad proviene de haber pospuesto esta discusión hasta ahora.

Muchos diferencian este modelo de inventario de todos los discutidos anteriormente. Mencionaremos unas cuantas de estas diferencias. Primera, el modelo básico de servo-control originado en ingeniería eléctrica y en el campo de la electrónica. Ningún otro modelo puede presumir de este parentesco. La principal aplicación del modelo sigue siendo en el campo original, en el que constituyen la base del proyecto de autómatas autoguiados y sistemas de control de acomodamiento. Segunda, la adaptación al inventario del modelo de control es menos importante por sus características de operación que por sus contribu-

ciones conceptuales. Tercera, éste es el único modelo que puede ser totalmente autorregulado.

Una cuarta diferencia entre la entrada y la salida y ajusta su propia caja de reglas de tal manera que pueda producir el patrón de conducta deseado. No compara la salida con algún criterio almacenado en el interior. Por el contrario, responde dinámicamente a una amplia gama de entradas y utiliza el principio de la regeneración para crear las modificaciones necesarias en las salidas. En esto radica el elemento fundamental de estos sistemas de control. Existen reglas para monitorear la señal del error y para transformar esta medida de discrepancia. Se requiere un canal de regeneración eficiente que conduzca información respecto a la salida al sensor de errores, de allí a la unidad de control para mudar la señal de error y por último regresar al sistema para modificar la salida. La salida modificada se regenera de nuevo y se compara con la entrada. Se mide un nuevo término de error y se usa para cambiar la salida. El proceso continúa indefinidamente; es decir, hasta que la unidad de control obtiene sus objetivos inherentes. El sistema espera cualquier alteración, como un cambio en la entrada, para reestimar su función de control.

Evidentemente, la clave del funcionamiento del sistema radica en las reglas con las que funciona la unidad de control. De manera que — a diferencia de nuestros modelos anteriores, que son estáticos — a pesar del hecho de ser sensibles a los errores y también regenerativos, los servo-sistemas son dinámicos. Las reglas no sólo expresan los objetivos del sistema, sino que incorporan lo que ocurre con lo que se desea. El diagrama siguiente representa un sistema de control de inventario regenerativo regulado. Los símbolos que usaremos se explican en el diagrama siguiente. Se notará que la entrada aparece como demanda y la salida puede ser la producción o la cantidad pedida. Es manifiesto que la diferencia entre la entrada y la salida representa el aumento o disminución del nivel de inventario que sucede en el tiempo  $t$ . Por tanto el término de error mide la tasa de cambio de nivel de inventario. Después continúa con que la suma de los términos

de error sobre el tiempo es igual al faltante de inventario o nivel de pedidos con entrega diferida en el tiempo  $t$ . Vamos a sacar ventaja de la claridad que puede obtenerse de la simulación de un ejemplo.

Supondremos que existe una demanda constante de unidades al día. El tercer día de la semana la demanda, inesperadamente, se dobla. -- Nuestra regla de control será:

$$P_{t+1} = f(\epsilon_t) = \left( \frac{1}{2} \epsilon_t + P_t \right) = \frac{1}{2} P_t + \frac{1}{2} D_t$$

Es decir, la unidad de control produce una señal igual a la mitad de la cantidad pedida y recibida en existencia durante el período  $t$  más la mitad de las unidades demandadas durante el intervalo. Nuestro sistema está inicialmente en equilibrio o, lo que implica que producimos o pedimos

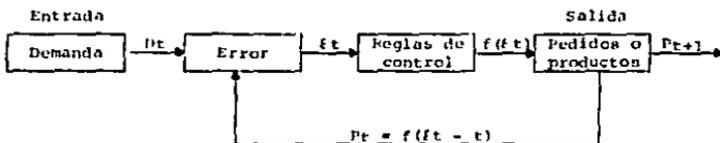


Diagrama esquemático del sistema de inventario regulado regenerativo.

$D_t$  = señal de entrada a la hora  $t$  = demanda en el período  $t$ .

$P_t$  = señal de salida a la hora  $t$  = unidades producidas en el período  $t$ .

$\epsilon_t$  = error medido a la hora  $t$ .

$\epsilon_t = (D_t - P_t)$

$f(\epsilon_t)$  = señal de error modificado a la hora  $t$ .

$P_{t+1} = f(\epsilon_t)$

dos unidades al día. (Los valores iniciales de la demanda y de la pro

ducción pueden tener cualquier tamaño incluyendo cero). Muchas veces, por conveniencia analítica, se considera que el sistema empieza en cero, pero esta simplificación no se necesita para nuestra simulación.

El hecho de que se utilizaran la sensibilidad al error y la regeneración no evitó los catastróficos resultados. Vamos a traducir esta discusión en el lenguaje de inventario más específico.

$$P_{t+1} = M - E[1] + \{t = X_0 + \{t$$

en la que  $M$  es el nivel máximo de existencias como anteriormente se definió para el modelo  $P$ ;  $E[1]$  es el nivel probable de inventario -- (S.O.H. + S.O.O.), cada vez que hay que volver a hacer pedidos; de manera que,  $M - E[1]$  es igual a la cantidad factible que hay que pedir,  $X_0$ . Cuando este modelo de control recibe un pulso de entrada, se establece en el sistema una oscilación no amortiguada.

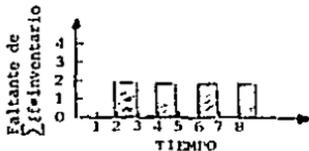
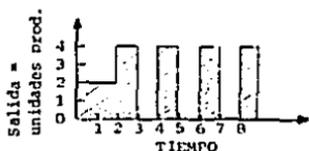
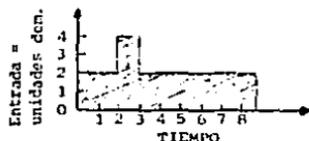
$$P_{t+1} = M - E[1] + \sum_0^t \{t = X_0 + \sum_0^t \{t$$

Examinando esta ecuación se ve que tiene todas las características de un modelo  $P$ , en el que el ciclo de pedidos es de una unidad de tiempo y  $E[1]$  incorpora a S.O.O. El hecho del que el control ahora se ejerza como una función en la que entra un error es claramente una diferencia fundamental de proyecto.

Ya sabemos cómo se comporta el modelo  $P$  cuando sucede un pulso de demanda arriba del nivel de la demanda probable. Se cuenta con la existencia de reserva para la protección contra faltantes de existencias en el inventario originados de esta manera. La existencia de reserva se devuelve a su nivel original acrecentando el siguiente período que se haga. Esto se observó en nuestra simulación del modelo  $P$ . Descamos ahora investigar el comportamiento del modelo  $P$  cuando la señal de entrada generada por nuestro generador de demanda no proviene ya de una distribución estacionaria. En otras palabras, ¿qué podemos decir respecto al funcionamiento del modelo  $P$  cuando la media de

La distribución de la demanda aumenta o disminuye una cantidad fija? Esta es la forma de entrada que llamamos función escalonada. ¿Cómo se comporta el modelo P cuando la demanda posible crece con el tiempo? Denominamos a esta función como la entrada con tendencias. Sabemos -- que nuestro primer modelo, que no se basaba en la suma de los términos de error, funcionaba mal cuando la entrada tenía la forma de tendencia.

En vez de hacer una simulación tras otra para averiguar cómo se comporta el modelo P, podemos usar un método matemático que transforma nuestra ecuación de la diferencia, siendo bastante sencillo investigar los efectos de las distintas formas de las entradas en el comportamiento del modelo P. Nuestro objetivo es seguir el nivel de inventario a lo largo del tiempo. Como en todos los análisis de sistemas, debemos saber cuáles son nuestros objetivos antes de que podamos conseguir algunos beneficios. El método que aplicaremos lo conocen -- los ingenieros de control con la transformada z. (Por tanto, por razón que se explican en la nota inserta que hay a continuación, lo lla



Sistema de inventario regulado, regenerativo con regla de control:  $f(t) = X_0 + t$  y entrada pulsante.

haremos una  $z$  transformada). Está específicamente proyectado para resolver problemas en un sistema en que los datos se obtienen por muestreo. Nuestro sistema es con datos de muestreo por la siguiente razón. Solamente a intervalos discretos se dispone la información concerniente al nivel de existencias. Es como si un relevador cerrara una vez cada tantos periodos de tiempo. Cuando el relevador cierra, se transmite información respecto al nivel de existencias. Cuando el relevador está abierto no hay circulación de la información. Así, aunque las extracciones puedan hacerse con frecuencia, no se dispone de información respecto al nivel exacto de las existencias excepto en los intervalos reportados.

La base en que se apoya la  $z$ -transformada son muy sencillas. Al escribir  $D_t$  queremos expresar que  $D$  toma diferentes valores en cada periodo de tiempo,  $t$ . Si la progresión de los valores de  $D_t$  es errática no existirá forma conveniente de presentación. Sin embargo, si la distribución de la entrada se postura como un pulso que ocurre una vez la vez, podemos escribir:  $D_t = \bar{D} + \Delta$ , para un solo valor específico de  $t$  y  $D_t = \bar{D}$  para todos los demás valores de  $t$ . Si la alteración de la entrada es un escalón, podemos redactar:  $D_t = \bar{D}$ ,  $t < \tau$  y  $D_t = \bar{D} + \Delta$ ,  $t \geq \tau$ . Es evidente que cuando  $t \geq \tau$  la entrada salta a  $\bar{D} + \Delta$ , si consideramos la forma de la tendencia para la entrada tenemos:

$$D_0 = \bar{D}, \quad D_1 = \bar{D} + \Delta, \quad D_2 = \bar{D} + 2\Delta, \dots, D_m = \bar{D} + m\Delta$$

Finalmente, aunque pueden estimarse muchos casos, poseemos la variación estacional o forma de entrada sinusoidal. Aquí, por ejemplo:

$$D_0 = \bar{D} (1 + \text{sen } (0) \frac{\pi}{4}) = \bar{D}$$

$$D_1 = \bar{D} (1 + \text{sen } (1) \frac{\pi}{4}) = \bar{D} + 0.707 \bar{D} = 1.707 \bar{D}$$

$$D_2 = \bar{D} (1 + \text{sen } (2) \frac{\pi}{4}) = \bar{D} + \bar{D} = 2 \bar{D}$$

y así sucesivamente.

Cada modo de entrada sigue un patrón regular que puede representarse en la forma de una serie de potencias. Así:

Pulsos:

$$F(t) = \Delta, 0, 0, 0, \dots$$

$$F(z) = (1)z^0 + (0)z^1 + (0)z^2 + \dots$$

Escalón:

$$F(t) = \Delta, \Delta, \dots, \Delta, \dots$$

$$F(z) = (1)z^0 + (1)z^1 + (1)z^2 + \dots$$

tiene la bien conocida convergencia

$$F(z) = \frac{1}{1-z}$$

Tendencias:

$$F(t) = 0, \Delta, 2\Delta, 3\Delta, 4\Delta, \dots$$

$$F(z) = (0)z^0 + (1)z^1 + (2)z^2 + \dots$$

$$= z \left[ (0)z^{-1} + (1)z^0 + (2)z^1 + (3)z^2 + \dots \right]$$

Se notará que la serie que está dentro de los paréntesis en el segundo miembro es la derivada de la serie de entrada en escalones. Por tanto, tomamos la derivada

$$\frac{d}{dz} \left[ \frac{1}{(1-z)} \right] = \left[ \frac{1}{(1-z)^2} \right]$$

y

$$F(z) = \left[ \frac{1}{(1-z)^2} \right] = \left[ \frac{1}{(1-z)^2} \right]$$

Exponencial:

$$F(t) = 1, e^{-a}, e^{-2a}, e^{-3a}, \dots$$

$$F(z) = (1)z^0 + (e^{-a})z^1 + (e^{-2a})z^2 + \dots$$

Podemos escribir la forma cerrada directamente:

$$F(z) = \frac{1}{1 - e^{-a} z} = \frac{e^a}{e^a - z}$$

Utilizando el método anterior es posible obtener z-transformadas para todos los casos que podamos encontrar.

## VI. SISTEMAS DE INVENTARIOS AUTORREGULADOS

Los dos puntos débiles del modelo P son: primero, su falta de respuesta a los cambios y nuevas tendencias en la demanda, y segundo, su incapacidad para sufrir retrasos sin producir grandes oscilaciones.

Por supuesto, una vez que se conocen estas cuestiones, el modelo P puede ser un modelo eficiente de inventario. Los retrasos deben controlarse, y cualquier demora que exista debe proyectarse de manera -- que no se produzcan oscilaciones.

La razón por la que el modelo P no puede hacer un trabajo mejor es el hecho de que  $H$ , es el nivel máximo, es invariable. Esta es la -- causa por la que se ha llamado estático al modelo P. Sin embargo, el principio de la autorregulación elimina esta condición. Comparemos -- las dos ecuaciones siguientes:

$$I_{t+1} = H - E(I) + \frac{t}{O} I t$$

$$I_{t+1} = H - E(I) + \frac{t}{O} I t + \frac{t}{O} \frac{t}{O} I t$$

La primera es, por supuesto, nuestro modelo P. La segunda es el modelo que se ha llamado super P. Vemos que el segundo modelo tiene un término con doble suma. Es la suma de faltante de inventario con -- el tiempo. Tenemos:

$I t$  = unidades faltantes por día

$$\sum_t I t = \text{unidades faltantes}$$

entonces,

$$\frac{\sum_t I t}{t} = \text{unidad días faltantes}$$

De manera que este factor adicional introduce un medio de valuar los castigos por faltantes no solamente en unidades faltantes, sino en unidades faltantes por largo tiempo. De forma semejante, no sólo tenemos unidades en exceso del nivel elegido, sino que poseemos unidades en demasía durante un período de tiempo. En esta medida de la unidad de tiempo que actúa para modificar el nivel de referencia,  $M$ . En efecto, en el segundo modelo, el nivel  $M^1$ , es la que

$$M^1 = M + \frac{t}{\Delta} - \frac{t}{\Delta} \{t\}$$

Así, cuando el número de días de faltantes aumenta, el nivel  $M^1$  sube con ellos. Cuando aumenta el número de días de existencias en exceso, el nivel  $M^1$  baja. Por supuesto, lo que esto significa realmente es que las existencias de reserva se han hecho variables y también una función de la suma de las unidades de tiempo.

Ahora, haremos otro cambio más. Volveremos a escribir la ecuación de nuestro autorregulador:

$$P_{t+1} = X_0 + A \sum_0^t \{t\} + B \sum_0^t \frac{t}{\Delta} \{t\}$$

Que nos da un elemento de control adicional con respecto a las características de autorregulación de  $M$ . El nivel  $M$  puede interpretarse como sigue:

$$M^1 = M + A \sum_0^t \{t\} + B \sum_0^t \frac{t}{\Delta} \{t\} - \frac{t}{\Delta} \{t\} = M + (A-1) \sum_0^t \{t\} + B \sum_0^t \frac{t}{\Delta} \{t\}$$

De manera que el faltante de inventario se convierte en una unidad inmediatamente. En el período que sigue se tendrá un exceso de -- una unidad y, por ende, el inventario vuelve al nivel deseado. La salida salta a dos unidades en demasía de la salida normal en el período que sigue a la extracción. Luego se reduce -- en una unidad -- ha

ta ser menor que la salida normal en el siguiente período. Después -- vuelve a la normal. Este patrón de respuesta se conoce como amortiguamiento crítico. Es la contestación más rápida que el sistema puede hacer sin mitigarse demasiado. En vista de esto, uno generalmente preferiría el amortiguamiento crítico, pero para estar en lo cierto sería necesario hacer un análisis de costos correspondientes. Podemos simular varias respuestas diferentes que este sistema proporcionará cuando A y B toman diversos valores.

En caso de oscilación divergente es, con toda seguridad, la pesadilla de un gerente de inventarios. Quizá por comparación la oscilación de amplitud constante no parezca ser muy mala. Pero esto es pura ilusión, a menos que la amplitud sea sumamente pequeña. La extensión -- estará relacionada con la variación de la distribución de la demanda o de la distribución del error probable. Si es grande entonces las -- oscilaciones pueden ser catastróficas. Tanto el amortiguamiento excesivo como el crítico parece que son permisibles. El caso del amortiguamiento excesivo, sin embargo, nunca satisface del todo la demanda de impulsos. En un período de tiempo largo el faltante de inventario se reduce a casi cero. No obstante, el amortiguamiento crítico restituye el nivel de existencias a su valor original y en forma relativamente rápida. Esta es la razón por la que en estos casos preferimos -- el amortiguamiento crítico a las demás alternativas.

Esta es la razón por la que hemos insistido en la importancia -- del control sobre los retrasos.

Sin un estudio de sistemas que incluyan el proceso de datos y la transmisión de éstos como parte integrante de las investigaciones, el comportamiento anticipado del sistema de inventario "mejorado" puede sorprender a algunos y producir consternación a otros.

## VII. CONTROL: PARA PRONOSTICOS Y ACTUALIZACION

Incluso el supermodelo no proporcionará la clase ideal de sistema de inventario. Los modelos ordinarios P y Q son más vulnerables -- que los del tipo autorregulado y, por tanto, los retrasos en el sistema deben controlarse cuidadosamente y su existencia justificarse emp librando los costos. pero cómo es posible proteger el sistema contra la variedad de formas de entradas que pueden ocurrir?

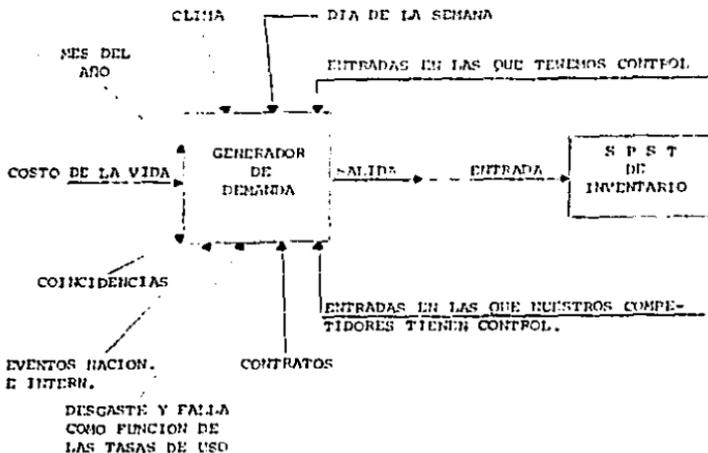
La respuesta es que los procedimientos adecuados para el pronóstico y actualización logran mucho acerca de los defectos y riesgos de estos modelos de inventario. Vamos a considerar el pronóstico primero.

El problema puede plantearse en esta forma: Dado un generador -- desconocido de demanda, ¿qué podemos indagar respecto al mismo? Generalmente no nos es posible abrirlo y estudiar la forma en que trabaja. Si tenemos una demanda contractual, sabemos cómo labora el generador. El problema es el de mantener el número correcto de partes de repuestos para una máquina; el generador de demanda se conocería cuando se sigue una política de mantenimiento preventivo, pero se comprenderíamos si se practica mantenimiento curativo. Cuando la demanda se orig ina en el mercado, muy poco puede decirse concerniente a la constru ción del generador de demanda que sea realmente útil. ¿Cómo nos l arreglamos entonces para pronosticar? Comúnmente hacemos un rodeo al problema estructural. Por el contrario, tratamos de observar las rela ciones entre la entrada y la salida. El nombre comercial de una entra da. El dinero gastado en publicidad y promoción, las maniobras de com petencia y el estado de la economía son también entradas.

Si importar el tiempo que se estudie un sistema, sólo una peque ña parte del total de entradas pueden aislarse. Afortunadamente la ma yor parte de los sistemas son insensibles, relativamente, a la mayo ría de las entradas. Esto reduce el tamaño del problema que debe estu diarse, pero aunque se encuentre que nada más unas cuantas entradas --

juegan un papel principal, el problema se complica por factores como la existencia de umbrales, que cuando se exceden conducen a reólicas-externas. Los sistemas que poseen una curva de respuesta plana pueden tener efectos resfracos cuando acontecen ciertas combinaciones de la entrada. El sistema puede moverse dinámicamente de un estado de estabilidad a otro que nunca volverá a su condición anterior. Las transiciones pueden ocurrir, por ejemplo, cuando una de las entradas toma un valor extremo, alterando con ello el sistema de demanda.

Como hemos hecho notar, algunos sistemas de demanda no parecen ser especialmente sensibles en toda la amplitud de los valores que estas entradas pueden tomar. Parecen ser casi independientes de la gran variedad de entradas a las que están expuestos. Cuando consideramos que redes regenerativas se hallan operando en el sistema, este hecho no nos sorprende absolutamente nada. Un solo pulso de entrada pro



EL SISTEMA GENERADOR DE DEMANDA

emocional podría provocar un comportamiento de repetir compras y, además, el consumidor llega a ser una fuente auto-generadora de entrada. Puede llevar amigos y conocidos dentro del generador de demanda mucho después del pulso de entrada sencillo. La existencia de muchos generadores internos, que continúan operando con o sin más simulación externa, quizá diese por resultado una salida estable que es relativamente inmensible a las entradas externas. Los sistemas de este tipo poseen todas las características de un sistema con inercia. Por otra parte, algunos sistemas son muy sensibles a pequeños cambios en las entradas, pero si están presentes suficientes entradas, los efectos pueden tender a anularse entre sí y el sistema considerarse estable. Para vez sabremos cómo se logra la estabilidad, pero debemos saber si existe. Y también debemos saber cuando deja de existir. Para este objeto, el criterio de Shewhart, tal como se aplica el control estadístico de la calidad, puede servir como definición adecuada de estabilidad. Como este es un criterio bien conocido, que es posible obtener de muchas fuentes, sin embargo es tan sutil para tratarse correctamente en forma abreviada. Al mismo tiempo, como demostraremos, la definición es arbitraria, ya que existen otras formas de estabilidad. El problema es de sistematizar, más el conocimiento de esta cualidad no es especialmente útil. En última instancia podemos definir estabilidad como algo que posee "un patrón de comportamiento regular". El criterio de Shewhart es, en tal caso, una clase de estabilidad.

#### ACTUALIZACION:

Se ha demostrado que los retrasos pueden ser muy costosos. Las demoras en la transmisión y proceso de datos presentan un falso panorama de las existencias disponibles. El resultado quizá produzca un comportamiento raro y costos anormalmente elevados. De igual manera, las tardanzas en descubrir cambios en las formas de la entrada y adaptarlas a éstos pueden invalidar el sistema de inventario. La actualización es el procedimiento para reconocer cambios e incorporarlos en las reglas de decisión. No solamente deben actualizarse la demanda y

el tiempo de adelanto, sino también los costos de los pedidos, los de tenencia, los precios pagados por las existencias, descuentos actuales, errores de pronóstico y niveles de servicio, que están igualmente sujetos a cambios.

El intervalo óptimo para actualizar es en sí una cuestión de -- equilibrar costos marginales. El costo total de actualización disminuye cuando aumenta el intervalo de actualización. ¿Cuál es el costo para equilibrar? Es todo el conjunto de costos sistemáticos asociados a los retrasos. Hemos tratado de definir varios de éstos conforme progresamos. Por supuesto, hay otros pero uno sólo debe comprometerse estudiando únicamente los que parezcan ser más relevantes. En cualquier caso es probable que los costos de retraso aumenten exponencialmente. Si se ha elegido un periodo para actualización, es posible imputar un costo por el retraso. Así,

$$T.C_t = \sum r t^k + \frac{UT}{t}$$

donde  $T.C_t$  = costo total por el periodo  $T$ ,

$\sum r$  = el costo del retraso por el total del tiempo del periodo,

$k$  = constante,

$U$  = costo por ciclo de actualización,

$t$  = número de periodos de tiempo en el ciclo de actualización.

Derivado e igualado a cero la expresión resultante.

$$\frac{\partial T.C_t}{\partial t} = \sum r t^{k-1} - \frac{UT}{t^2} = 0$$

De donde,

$$t_0 = \left( \frac{UT}{\sum r} \right)^{\frac{1}{k+1}}$$

Vemos que si  $k$  es mayor que uno, el ciclo óptimo de actualización so-

ría muy pequeño. Además, si se usa una computadora, entonces  $U$  será relativamente exiguo y, de nuevo, el indicado es un ciclo corto. Si  $t$  se elige por intuición, el costo impuesto por el retraso será:

$$C_r = \frac{UT}{k+1}$$

Cuando menos puede darse esta información al gerente de inventarios.

Aún cuando se trata de una cosa tan sencilla como un parámetro, al igual que el precio, puede alterar significativamente el funcionamiento del sistema si se estima sin precisión. Los costos de tenencia, tanto de uso normal como los de las existencias de reserva, indicarán el sistema contable que se está empleando; por ejemplo, GEP5, PEP5, etcétera. Aunque las economías en hacer los pedidos son relativamente insensibles a las malas estimaciones, los costos de las existencias de reserva y los errores de pronóstico no son tan insensibles. La suma total de los costos de retraso deben equilibrarse, por tanto, contra los costos de actualización.

Para poder deducir los costos de actualización es nuevamente necesario embarcarse en la paciente exploración del detalle. Vamos a hacer una lista de pasos que se requieren para preparar el diagrama de operación adecuado para la posible rutina de actualización en la que los términos con apóstrofo representan estimaciones actualizadas:

1. Información en la memoria, o archivada:

- a) Demanda anual probable =  $E\{z\}$
- b) Punto de volver a pedir =  $P$ .
- c) Error de pronóstico probable =  $E\{f\}$
- d) Variación del error de pronóstico =  $\sigma^2\{f\}$ .
- e) Tiempo de adelanto probable =  $E\{T.A.\}$

- f) Variación del tiempo de adelanto =  $\sigma^2 T.A.$
- g) Promedio de precio pagado por unidad para todas las unidades - en existencia =  $\bar{c}$
- h) Costo por pedido = Cr
- i) Tasa de costo anual de tenencia = Cc
- j) Factor de servicio especificado =  $\alpha$
- k) Toda la información que justifique los parámetros anteriores.

2. Rutina de actualización,  $X_0$ :

- a) Orden del ejecutivo: Cúmbiese Cr, Cc, si se ordena ( $0'_{r}$ ,  $C'_{c}$ )
- b) Usando el método (PEPS), primeras entradas-primeras salidas, - réstense las unidades extraídas al precio pagado. Súmense las - unidades recibidas al precio pagado. Calcúlese el nuevo  $\bar{c}$
- c) Entrada = Cantidad extraída en el mes =  $Q \cdot I$ .
- d) Calcúlese el nuevo  $E[z]'$  con cualquiera de los métodos de pronóstico que se usen.
- e) Compútese el nuevo  $X_0 = (2E[z]'C'_{r}/C'_{c})^{1/2}$

3. Rutina de actualización; punto de volver a pedir:

- a) Entrada = tiempos de adelanto obtenidos.
- b) Modifíquese  $E[T.A.]$  y  $\sigma T.A.$ , ( $E[T.A.]'$ ,  $\sigma T.A.$ )
- c) Calcúlese el nuevo tiempo de adelanto máximo razonable =  $T.A.'$  máx. Que es el nuevo  $E[T.A.]' + K$ , es el nivel de protección - especificado T.A. por  $\alpha$  (T.A. máx. se expresa como fracción - del año).

- d) Obténgase la demanda probable en el período T.A. máx.; por ejemplo, el nuevo  $E[z]' \times T.A.' \text{ máx.}$
- e) Compárese la predicción del último período  $E[z]$  con 0.1. y úsese el error para lograr el nuevo  $E[z]'$  y  $\sigma_t$ , ( $E[z]'$ ,  $\sigma_t'$ ).
- f) Si el nuevo  $E[z]'$  es grande, regrésese al paso 2c) e inventifúese el método para pronosticar. Si el nuevo  $E[z]'$  es razonable, cámbiase al paso siguiente.
- g) Consígase la variación de la distribución del error en el período T.A. máx. Este es,

$$\sigma_t' (T.A.' \text{ máx.}) = \sigma_t' \sqrt{T.A.' \text{ máx.}}$$

- h) Calcúlese el nuevo punto de volver a pedir, donde  $K_2$  es el nivel de protección especificado para las existencias de reserva.

$$P' = E[z]' T.A.' \text{ máx.} + K_2' \sigma_t' \sqrt{T.A.' \text{ máx.}}$$

- i) Confróntese la nueva existencia de reserva con la vieja. Así,-

$$(K_2' \sigma_t' \sqrt{T.A.' \text{ máx.}} - K_2 \sigma_t \sqrt{T.A. \text{ máx.}}) = q$$

ESTUDIO DEL PROCESO DE DATOS

$$\text{Fórmula } X_0 = \left( \frac{2VC_1}{CC_1} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$X = 1,200$  unidades por año.

$V = 12$  unidades por trámite de salida.

$C_1 = 50.10$  por trámite

Costo de lo pedido = ?

Costos variables por pedido es de 2.00

$C = \$4.00$

$C_c = 0.12$

$$X_0 = \sqrt[3]{\frac{2(1200)(2)}{4(0.12)}} = 100 \text{ unidades}$$

$$\text{Costo total del pedido} = \left[ \frac{1200}{12} (0.10) + \frac{2.00 (1200)}{100} \right] = 34.00$$

$$\text{Costo de lo pedido} = \boxed{34.00}$$

## CONCLUSIONES

De acuerdo con todo lo expuesto en este trabajo de investigación deseando sea de gran utilidad para todas las personas que lo consulten, mencionaré a continuación las conclusiones finales a las que llegué después de haber tratado este tema, que en la actualidad es de gran importancia, sobre todo en nuestro país ya que los inventarios juegan un papel muy importante dentro de nuestra contabilidad y en la subsistencia de las empresas comercializadoras y productoras.

Cabe hacer una sugerencia a las personas que están relacionadas en el ramo industrial y comercial ya que de un buen control y vigilancia constante dentro de sus inventarios, así como teniendo un buen método de valuación adecuado brindará mayor seguridad a la dirección para la toma de decisiones de la empresa.

En este trabajo de investigación las técnicas de control de inventarios no sirven para subsistir el buen criterio de quien toma las decisiones respecto de cuándo o cuántas compras para mantener un nivel adecuado de inventarios, de una inversión mínima y del menor costo posible, sino que este trabajo constituye una herramienta necesaria para manejar políticas del control de inventario que ayuden a correlacionar las variaciones de la demanda y el abastecimiento.

En este trabajo se exponen de manera sencilla un estudio acerca de las técnicas para la toma de decisiones en el control de inventarios.

Dentro de los capítulos se incluyen sistemas para determinar el tamaño óptimo de los lotes de compra y de producción así como también se incluyen sistemas para establecer políticas de máximos, mínimos y puntos de reorden, se incluyen métodos para comparar sistemáticamente los riesgos de existencia en exceso contra los riesgos de faltantes, así como estimar las posibilidades futuras de demanda.

El renglón de inventarios es uno de los más importantes y signi-

ficativos en la economía de una empresa, es por eso que este trabajo lo realicé con el fin de dar a conocer la importancia que representa un eficiente método de control de inventarios.

## BIBLIOGRAFIA

• ENFOQUES PRACTICOS PARA PLANEACION Y CONTROL DE  
INVENTARIOS

Alfonso García Cantú  
Editorial Trillas

## • CONTROL DE INVENTARIOS, TEORIA Y PRACTICA

Starr y Miller  
Editorial Diana

• ESTUDIO PRACTICO DEL METODO DE VALUACION DE INVENTARIOS  
DENOMINADOS (UEPS MONETARIO 1987-1990)

C.P. Roberto Muñoz Narvaez  
Editorial Calidad Efina