



79
2ej

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
" CUAUTITLAN "**

"LA METODOLOGIA DE ADMINISTRACION DE
INVENTARIOS APLICADA A LOS DEPOSITOS
DE VACUNA EN LA CAMPAÑA DEL COLERA
PORCINO EN EL ESTADO DE GUANAJUATO".

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

P R E S E N T A :

GABINO PACHECO PEREZ

DIRECTOR DE TESIS:

M.V.Z. ANTONIO GONZALEZ ORIGEL
M.V.Z. MARIO ALBERTO VELASCO JIMENEZ



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

I N D I C E

Objetivo.	pag. 1
Introducción.	pag. 2
I.- Definición de cadena fria.	pag. 8
1.1.- Niveles de la cadena fria.	pag. 11
1.2.- Equipo de la cadena fria.	pag. 14
1.3.- Control de inventario y de calidad.	pag. 17
II.- Distribución por valores.	pag. 19
2.1.- Renglón.	pag. 19
2.2.- % Acumulado.	pag. 19
2.3.- Código.	pag. 20
2.4.- Descripción.	pag. 20
2.5.- Valor demanda anual.	pag. 20
2.6.- Valor demanda acumulada.	pag. 20
2.7.- Ultimo renglón.	pag. 20
2.8.- % Demanda acumulada.	pag. 20
III.- Modelos y Sistemas de Inventarios.	pag. 22
3.1.- Clasificación de los modelos de inventarios.	pag. 24
3.2.- Clasificación de los sistemas de inventarios.	pag. 27
3.3.- Costo de inventarios.	pag. 28
3.3.1.- Costo de compra.	pag. 28
3.3.2.- Costo de ordenar.	pag. 29
3.3.3.- Costo de conservación.	pag. 31

3.4.- Modelo del lote económico (E O Q).-----	pag. 33
3.5.- Sensibilidad.-----	pag. 41
IV.- Manejo de la Incertidumbre.-----	pag. 45
4.1.- Cuando no se conoce el costo por faltantes.-----	pag. 47
4.2.- Cuando se conoce el costo por faltantes.-----	pag. 54
4.3.- Un modelo de período fijo de reorden.-----	pag. 57
4.4.- Cálculo del período de reorden.-----	pag. 58
4.5.- Cálculo del punto hasta el que se ordena.-----	pag. 59
V.- Pronósticos de Demanda.-----	pag. 63
5.1.- Pronósticos de Demanda de Inmunógeno.-----	pag. 65
5.1.1.- Promedios deslizantes.-----	pag. 65
5.2.- Suavización Exponencial.-----	pag. 71
VI.- Cálculo del Inventario de Seguridad.-----	pag. 91
VII.- Conclusiones.-----	pag. 97
VIII.- Bibliografía.-----	pag. 98

OBJETIVO:

El proposito esencial de los inventarios en un programa de vacunación animal es fundamental ya que permite separar las diversas etapas de las operaciones. El inventario de vacunas separa al productor de estos inmunógenos de los eventos operativos del programa, permite tener inventarios adecuados a las demandas y a la calendarización de vacunaciones, tomando en consideración un probable brote epizootico y por último al separar al productor de consumidores permite un adecuado control de conservación de los productos.

En resumen se puede concluir en cuatro puntos:

- 1.- Protección contra incertidumbres.- Es decir, predecir la demanda en cuanto a la posibilidad de que haya faltantes de vacuna, tomando en cuenta el costo de la existencia adicional de la misma.
- 2.- Permitir que las compras y su almacenamiento sean económicas.
- 3.- Cubrir cambios anticipados en demandas y soportar los programas de vacunación.
- 4.- Permitir un adecuado almacenamiento de los biológicos. (2, 4)

INTRODUCCION:

-Aspectos Generales de Campaña:

El Cólera Porcino en el país se constituyó, durante largo tiempo, es el principal obstáculo zoonosanitario para el desarrollo de la porcicultura en muchas zonas del territorio mexicano.

El 25 de marzo de 1980, en el Diario Oficial de la Federación, se publicaron el acuerdo y el programa mediante los cuales se establece en el territorio nacional --con carácter obligatorio y permanente -- la campaña Nacional contra el Cólera Porcino.

El establecimiento y ejecución de medidas de lucha contra el Cólera Porcino llevados a cabo en forma sistemática, obedecen a un programa bien definido y, sobre todo, a una activa participación del Gobierno Federal a través de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, así como de los Gobiernos de los Estados y, muy especialmente de los productores de cerdos de todo el país.

Esta conjunción de esfuerzos producirá resultados alentadores, al grado de que en el momento actual es razonable pensar en que la reactivación de la campaña oficial existente podría, en el corto y mediano plazo, erradicar y liberar a la

piara de esta enfermedad en gran parte del territorio nacional, donde la premisa fundamental que debe prevalecer es un extraordinario esfuerzo de los sectores involucrados en la industria porcícola. (7)

-Elementos Teóricos:

a) Orígenes de las prácticas de inventariado y su transformación en el tiempo.

¿Cuántas personas instruidas sabían en el día de hoy que hace tan sólo cuatro siglos, contar con los dedos era el único equipo de que disponía el hombre de cultura media para calcular y que los secretos del "boulrier" (especie de "abaco" o "tabla de calcular") no eran accesibles sino a los calculadores profesionales de la época?

No hay ninguna duda de que fueron sus propios dedos los que le enseñaron al hombre a contar y a extender la serie de los números naturales. El "cálculo digital" gozaba de mucho crédito en la Edad Media; e incluso actualmente, sirve de auxiliar a muchas más personas de lo que se pudiera creer. Fue así como apareció el censo (llamado también "empadronamiento" o "recuento"), operación complicada que saca provecho no sólo del procedimiento (mucho más simple) del apareamiento, sino también de la selección de un patrón.

En los pueblos primitivos (25000 - 5000 A.C.), medir y contar fueron las primeras actividades matemáticas del hombre

Haciendo marcas en los troncos de los árboles lograban, estos primeros pueblos, la medición del tiempo y el conteo del número de animales que poseían; así surgió la Aritmética. (5)

b) Importancia de los sistemas de inventarios y su aplicación en Sanidad Animal.

El contar hoy en día con nuevas y avanzadas técnicas en servicios computarizados, son de gran utilidad en diversos programas zoonosanitarios, como en este caso la aplicación de un sistema científico para la administración del inventario en los depósitos de vacuna contra el cólera porcino en el Estado de Guanajuato. Y así darle una aplicación práctica. (1)

c) La Teoría de los inventarios.

La importancia que se le debe dar a la administración de inventarios como metodología aplicable en la administración de campañas zoonosanitarias es fundamental para los depósitos de biológicos, en la cadena fría de una campaña de vacunación. En este caso, debido a que el inventario tiene caducidad en cuanto a su calidad, así como al programa de vacunación, requiere gran cantidad de recursos de capital, lo cual influye determinante en el desarrollo de una campaña. La administración de inventarios en la cadena fría de un programa zoonosanitario tiene gran relación sobre la determinación de los objetivos de la campaña, particularmente en las operaciones de programación y fi--

nanciamiento de estas actividades. Cualquier tipo de operación necesita de un inventario para cubrir los objetivos de una vacunación eficiente de acuerdo a lo programado. (5)

Es indispensable pues, acudir a las nuevas técnicas y disciplinas disponibles en la actualidad, sobre todo en investigación de operaciones o administración científica, especialmente ahora que su aplicación puede ser más amplia y eficaz al utilizar los servicios de computadoras. (11)

La adopción de un sistema científico para la administración del inventario de los depósitos de agentes inmunógenos en la campaña contra el Cólera Porcino en Guanajuato, no elimina los riesgos inherentes a esta actividad, pero si los reduce sustancialmente y permite además, la toma de decisiones más inteligentes, automáticas y rutinarias para la administración de la campaña. (5, 11)

En esta metodología existen objetivos en conflicto que deberán considerarse, existe la tendencia a tener inventarios en un nivel bajo para conservar recursos de capital, el área operativa requiere inventarios altos para evitar cualquier contingencia. (7)

La administración de inventarios debe de equilibrar estos objetivos en conflicto y administrar los niveles de vacunas de acuerdo con los objetivos de campaña en forma integral.

En base a lo anterior, consideraremos el inventario de inmunógenos contra el Cólera Porcino como una provisión de vacunas que tiene como objetivo soportar el programa de vacunación y la demanda aleatoria de estos biológicos. (1)

El objetivo básico de la administración del inventario en los depósitos de vacuna en la campaña es estabilizar las operaciones internas de la misma, a base de parámetros flexibles y establecidos en forma tal, que respondan a las expectativas de una demanda previamente pronosticada. En forma tanto determinista como probabilista. (5)

El hecho de enfrentarse a variaciones altas en estas operaciones de un período a otro, afecta desfavorablemente aspectos laborales, financieros y administrativos, así como las técnicas de la campaña. (2,5)

Las dos incógnitas esenciales de un sistema de inventario en los depósitos de la cadena fría son, el ¿ Cuánto ? y ¿ Cuándo ? comprar los inmanógenos. (4)

Los problemas de decisión en la administración de inventarios incluyen aspectos como: Cantidad de inventarios, puntos de reorden, cuánto y cuándo ordenar, modelos y sistemas de control que deberan usarse. En el cálculo de las reglas de decisión tenemos varios tipos de costos de inventarios por considerar: a) Costo de los biológicos; b) Costo de ordenar la producción o la compra de biológicos; c) Costo de mantener en cadena fría los biológicos; d) Costo por faltantes y que permitan la diseminación del Cólera. (1)

El objetivo económico en la metodología de la administración de la cadena fría es reconciliar el conflicto entre los factores que intervienen y lograr un equilibrio económico y operativamente adecuado entre ellos.

Los costos relevantes que se deben de incluir son

aquellos que varían directamente con la decisión que se vaya a tomar. (3)

A pesar de que la inmunización a veces se considere un método barato o sencillo para prevenir las enfermedades transmisibles, no es nada simple en lo que respecta a organización, provisión y administración, sobre la base de una cobertura continua e integral. Con objeto de que todo el plan tenga éxito es fundamental la cadena fría, en cuanto a eficacia y eficiencia de sus funciones. (4)

d) La cadena fría y su relación con los inventarios.

El aspecto de protección de las vacunas constituye probablemente un punto básico en todo el programa, porque es la garantía del producto en uso y una de las claves para su éxito en la campaña. Todo descuido a este nivel resulta muy grave por las pérdidas económicas y el despilfarro de recursos al administrar miles de dosis de un producto que no inmuniza. (9)

I. DEFINICION DE CADENA FRIA:

Es el sistema logístico, que comprende el personal, equipo y procedimientos para transportar y mantener los biológicos a temperaturas adecuadas, desde el lugar de fabricación hasta las unidades de producción porcinas que habrán de ser inmunizadas. La cadena es vital, ya que las vacunas son sensibles a los cambios de temperatura, es un elemento esencial en todo programa zosanitario. Hasta en una campaña bien organizada y que llega a un elevado porcentaje de unidades de producción previstas, puede ser ineficaz y socavar la confianza en el sistema de atención en Sanidad Animal, si los agentes inmunogénicos que se utilizan no son activos debido a refrigeración o manipulación inadecuada en algún eslabón de la cadena. (4)

En la práctica ocurren varios hechos que atentan contra la adecuada conservación de los biológicos bajo refrigeración, que es preciso evitar:

- a) El servicio no cuenta con refrigeradores.
- b) Si cuenta, aparecen atestados de varios productos inclusive bebidas heladas para el personal.
- c) Las vacunas extraídas del refrigerador permanecen un tiempo exagerado a la temperatura ordinaria, que no se computa.

- d) Se mantienen en circulación vacunas que han pasado su fecha de caducidad.
- e) El refrigerador está mal usado y peor distribuido, se abre muchas veces al día, etc.
- f) El transporte de los biológicos se descuida.

Cualesquiera de estos factores o la combinación de varios puede afectar gravemente el poder antigénico de las vacunas e invalidar todo el programa zoonosanitario. Por ello el administrador debe estar pendiente de mantener todas las precauciones y supervisar el personal que ejecuta el programa, a fin de cuidar la buena conservación de las vacunas. (9)

Hay cuatro elementos esenciales en la cadena fría:

- 1) Personal para organizar y dirigir la distribución de vacuna.
- 2) Equipo para almacenarla y transportarla.
- 3) Procedimientos de manipulación sistemáticos y seguros.
- 4) Programa de orden y recórden en base a las necesidades de la campaña y caducidad de las vacunas, así como política financiera de la misma.

Se debe de indicar el tiempo máximo de almacenamiento y las temperaturas de las diferentes marcas y dosis de vacunas que se utilizarán en la campaña en las diversas etapas de la cadena fría.

Por ejemplo:

Condiciones de temperatura y tiempo máximo de almacenamiento:

Vacunas (Lab)	Almacén Central	Transporte a la zona (X)	Almacén de la zona (X)	Transporte	Unidad de Producción ó Municipio	Equipo Móvil

Se deberá solicitar a los diferentes laboratorios que participen en la campaña, los datos correspondientes sobre la estabilidad de sus vacunas y condiciones de almacenamiento. (9)

1.1.- Niveles de la cadena fría.

En la campaña, la cadena fría consta de tres niveles, a saber:

- 1) Central (Unión Regional de Porcicultores).
- 2) Zonal (Asociaciones de Porcicultores).
- 3) Equipo Móvil y Unidades de Producción (Granjas, Rancherías) y Explotaciones de tipo Artesanal (Traspatio).

En todos los niveles debe haber instalaciones suplementarias de almacenamiento de vacunas, en previsión de que se averíe el equipo. En ciertos casos pueden utilizarse las instalaciones de refrigeración que no pertenecen a los servicios de Sanidad Animal del Estado de Guanajuato como por ejemplo;

Equipo del sector Salud, depósitos de alimentos o cervcerías, etc. El estudio de su rendimiento puede ser útil para el diseño de sistemas de distribución eficaces, puesto que existe mucha similitud en los problemas de administración que se presentan. (9)

El Almacén Central: generalmente se encuentra en la capital del Estado o en una Ciudad importante y recibe la vacuna del productor por la vía más eficaz.

Estas instalaciones están concebidas para almacenamiento de grandes cantidades de biológico por largos períodos. El equipo necesario comprende una cámara frigorífica, donde se puede enfriar, capaz de mantener temperaturas de 4 a 8°C o una serie de refrigeradores y congeladores adecuados para mantener temperaturas de -20°C. Además, es necesario contar con un equipo de fuerza eléctrica auxiliar, termómetros, registros de tem-

peraturas y un sistema de alarma.

Si el transporte de las vacunas es por vía más rápida y segura, entonces la llegada de las vacunas al sitio de recogimiento (cuando no es en las instalaciones de la Unión), plantea situaciones singulares y problemáticas, ya que puede haber fallos graves y costosos de la cadena fría en el sitio destinado.

Serán de utilidad las precauciones siguientes:

1) En los contratos de compra de biológico deben figurar disposiciones de notificación de manera que los fabricantes avisen antes del embarque a una persona, oficina y dirección específica.

2) Debe haber una persona encargada y un vehículo disponible para recibir cada envío del inmunógeno. Los empleados competentes del lugar de recepción deberán notificar a esta persona la llegada de un envío.

3) Debe prepararse la documentación necesaria con antelación para que el despacho en la zona de recepción se efectúe sin demora. (9)

El Almacén de la Zona o Regional: esta por lo general en el municipio donde se localiza la Asociación de Porcicultores. La vacuna se puede transportar desde el almacén central en vehículos refrigerados o neveras grandes (recipientes con aislamiento) con suficientes bloques de hielo para mantener la vacuna a la temperatura adecuada durante todo el trayecto (Cajas de Poliuretano). (9)

El equipo del almacén de la Asociación Local (Zona X) comprende refrigeradores y congeladores dotados de termómetros y de ser posible, registradores de temperatura y sistemas de alarma. Las vacunas pueden guardarse en ese almacén hasta tres meses. (9)

El Almacén en las Unidades de Producción: Estas explotaciones a veces disponen de un refrigerador de 4 a 8°C, no siempre con capacidad de congelación. De ser así, de este almacén se puede abastecer de vacuna a las explotaciones de tipo artesanal (Servicios Satelites de la zona). Cuando la acción en la periferia es importante será necesario disponer a este nivel de un congelador para producir bloques o bolsas de hielo destinadas a las cajas refrigerantes. El refrigerador del centro deberá mantenerse continuamente con un termómetro. Un problema importante es que este refrigerador suele ser el único del que dispone el personal del centro. En consecuencia, se la abre a menudo con el riesgo de que baje la temperatura y se deteriore la vacuna. Es preciso implantar una disciplina estricta se debe de fijar una advertencia en el refrigerador, y los supervisores, además de la vacuna, deberán de inspeccionar el contenido del refrigerador en cada visita.

Para transportar vacuna a las explotaciones de traspatio (Equipo móvil) podrían usarse neveras más pequeñas o cajas portátiles con bloques de hielo. Las vacunas se pueden guardar en esas cajas hasta 48 hrs. o en neveras más grandes hasta 200 hrs. La caja más pequeña que existe ha sido diseñada

para una sola sesión de inmunización, y mantiene las vacunas en buenas condiciones hasta 28 hrs. a 43°C (Temperatura del exterior). Las sesiones de vacunación pueden planificarse de manera que, coincidan con la llegada de las vacunas del almacén de la Asociación (X Zona). La vacuna sobrante se puede devolver al almacén, a condición de que todavía dure el frío en la caja. (9)

1.2.-Equipo de la Cadena Fria

Para que la cadena fria funcione bien, la organización, el adiestramiento y la motivación de los encargados son: probablemente más importantes que el equipo usado. No obstante, si este es adecuado y eficaz permitirá proteger mejor las vacunas, simplificar las tareas, reducir el mantenimiento y emplear más eficazmente el personal.

Se han hecho muchos adelantos en el mejoramiento del equipo de la cadena fria y la disminución de los costos. Ahora se pueden adquirir refrigeradores pequeños y eficaces de queroseno (parafina). También existen neveras donde se pueden almacenar vacunas a 4°C durante una semana con una temperatura de 42°C en el exterior. Entre las nuevas tecnologías se encuentran los refrigeradores que necesitan sólo ocho horas de electricidad al día; congeladores que pueden proveer 40Kg de hielo por día para las neveras; una lampara prácticamente irrompible para los refrigeradores de queroseno, y congeladores que funcionan con bombonas especialmente diseñadas para elaborar bloques de hielo para las neveras. (9)

Al escoger una nevera o una caja portátil para vacunas hay que tener en cuenta varios factores:

- 1) El volumen mínimo necesario para transportar vacunas.
- 2) La capacidad del recipiente para mantener el frío, o sea, el período durante el cual se pueden almacenar las vacunas a una temperatura de entre 4 y 8°C. Ese período se reduce a la mitad cuando el recipiente se abre con frecuencia.
- 3) El peso del recipiente en relación a la modalidad de transporte.
- 4) La disponibilidad de bloques de hielo que quepan ajustados en la caja o nevera, y
- 5) La durabilidad del recipiente.

En muchas ocasiones el personal encargado de la distribución de vacunas a los diferentes almacenes; con frecuencia no sabe que el número y la disposición de los bloques de hielo en la caja portátil influyen considerablemente en el mantenimiento de la temperatura apropiada para la vacuna.

Los refrigeradores con puerta delantera, corrientes en muchas partes, protegen menos las vacunas contra las altas temperaturas exteriores que los modelos con tapa en la parte superior, debido a que en las primeras se escapa aire frío cada vez que se abre la puerta. En el modelo con tapa superior, el aire frío tiende a permanecer dentro aún cuando este abierta la tapa. Los congeladores comerciales adaptados para vacuna tienen las siguientes ventajas sobre los modelos domésticos de puerta delantera. (9)

- 1) Mejor aislamiento;
- 2) Menor escape de aire frío;
- 3) Mejor configuración de espacio interior, y
- 4) Menores variaciones de temperatura en el interior.

Para que sean eficaces los congeladores y refrigeradores deben estar en la parte más fresca del edificio a la sombra en un lugar bien ventilado y apartado de las fuentes de calor.

Cuando se llenan de agua y se congelan bolsas y tubos plásticos y se colocan contra las paredes de un congelador adaptado (denominado refrigerador revestido de hielo) pueden mantenerse temperaturas de almacenamiento con poco voltaje o con sólo ocho horas de corriente cada 24 horas, aunque la temperatura ambiente sea de 43°C. (9)

En diversas campañas se indica que los riesgos de deterioro de la vacuna son; mayores en las Unidades de Producción (Granjas) y las de tipo Artesanal (Traspatio). Con frecuencia el personal de esos niveles tienen muchas funciones y no puede supervisar continuamente el equipo de almacenamiento de vacuna. Aun en condiciones óptimas, el equipo exige atención y mantenimiento preventivo. Los requisitos principales de mantenimiento son: la verificación y limpieza diaria y semanal, tareas tediosas o que pueden parecer secundarias a un personal sobrecargado de trabajo. El problema se complica en los lugares donde el concepto de mantenimiento preventivo de la maquinaria es mal conocido. Se puede enseñar y estimular al personal mediante cursos de capacitación sobre el uso, la reparación y el correcto mantenimiento del equipo de la cadena fría.

En la actualidad los refrigeradores no duran más de 3 años, debido a la irregularidad de la corriente eléctrica y las fallas del mantenimiento y el clima. De hecho, algunas llegan averiadas al lugar de destino. En general, entre el 30 y el 50% de los refrigeradores y congeladores no funcionan. Es difícil mantener buenos sistemas de reparación, y se recomienda contratar los servicios de una empresa privada para controlar esos problemas. (9)

1.3.-Control de Inventario y de Calidad

Deberá llevarse un registro de los envíos de biológicos en todos los niveles del sistema, señalando los problemas en los informes resumidos a los administradores del programa. Estos han de saber cuanta vacuna se utiliza y se necesitará, dónde se encuentra y dónde debería estar. Deben de estar en condiciones de detectar obstáculos y prever las necesidades con mucha antelación. Habrá de registrarse la fecha de fabricación y el origen de la vacuna en hojas de recuento, y seguir la pista completa de cada lote.

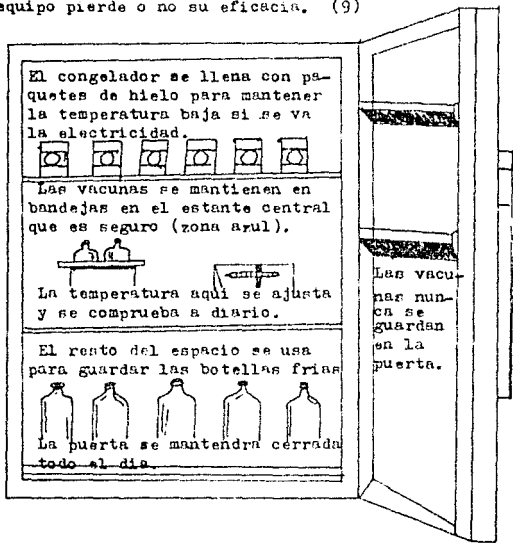
La administración de vacunas ineficaces es un malgasto de recursos, no contribuye a reducir la existencia del problema, cabe seguir su pista en el sistema y remontarse a la causa.

Los indicadores sirven para varios fines:

- 1) Atraen la atención de los fabricantes y de las personas encargadas del transporte y el almacenamiento.

- 2) Indican exactamente los puntos donde ha fallado la cadena fria, y
- 3) Determinan la responsabilidad por la falla, sea del equipo o de los encargados de la cadena fria

Los administradores necesitan saber de qué clase de equipo disponen, dónde se encuentra y como funciona. Los supervisores han de verificar si se cumplen los requisitos normales de mantenimiento. Los encargados del almacén deberán saber si el equipo pierde o no su eficacia. (9)



II.- DISTRIBUCION POR VALORES

La demanda individual de las vacunas en cuanto a dosis, deberá seguir una curva de distribución normal de tipo logarítmico. Esta característica implica que una cantidad pequeña de inmunógeno de diferentes dosis representa un alto valor de la demanda total, e inversamente, un número grande de inmunógeno corresponda a un pequeño porcentaje del valor de la demanda sumada de todas las vacunas de las diferentes dosis.

Podemos aprovechar el darle un tratamiento diferente a cada vacuna de las diferentes dosis, de acuerdo al valor de su demanda por los porcicultores, lo cual nos reduce la cantidad de esfuerzos y los costos a ellos vinculados. (5)

2.1.- RENGLO.- Es simplemente el número progresivo de cada renglón de la tabulación, equivalente a una "X" presentación de la vacuna en cuanto a dosis. En este ejemplo estamos suponiendo que el número total de vacunas de "X" dosis (1, 3, 5, 10, 25, 50 dosis). Tiene 7 presentaciones.

2.2.- % ACUMULADO.- Representa el porcentaje acumulado de renglones con relación al total, Ejemplo:

1 ^{er} Renglón	$\frac{1}{7} \times 100$	= 14.285%
2 ^o Renglón	$\frac{2}{7} \times 100$	= 28.571%
Ultimo Renglón	$\frac{7}{7} \times 100$	= 100%

2.3.- CODIGO.-Este se incluye para propósitos de identificación, a la dosis "X" de vacuna.

2.4.- DESCRIPCION.- La descripción de la vacuna (Tipo de presentación). Vacuna de 10 dosis, de 5 dosis, etc.

2.5.- VALOR DEMANDA ANUAL.-Se toma como base estadística 12 meses de historia y se computa el valor en pesos, a costo, de esa demanda histórica de un año.

El primer renglón corresponde al inmunógeno con el más alto valor de demanda anual y así sucesivamente hasta llegar al último renglón (N°7 en este ejemplo), ocupado por el inmunógeno cuyo valor de demanda anual es el menor.

En este ejemplo, suponemos que la suma de las demandas de las siete diferentes presentaciones del inmunógeno considerado asciende a \$.

2.6.- VALOR DEMANDA ACUMULADA.- Es el valor acumulado de la demanda.

Ejemplo:	1 ^{er} Renglón	35000.000 + 0 = 3500.000
	2 ^o Renglón	3500.000 + 2950.000 = 6450.000
	3 ^{er} Renglón	1900.000 + 6450.000 = 8350.000
		etc.

2.7.- ULTIMO RENGLON.- Corresponde a la suma de todas las demandas individuales de inmunógeno \$.

2.8.- % DEMANDA ACUMULADA.- Es el porcentaje del valor acumulado de la demanda en cada renglón, con relación al valor total de la misma. Ejemplo:

1 ^{er} Renglón	$\frac{3500.000 \times 100}{15000.000}$	= 23.3%
2 ^o Renglón	$\frac{6450.000 \times 100}{15000.000}$	= 43.0%

Con base en esta tabulación, se constituyen tres grupos, cuyos rangos típicos de valores se indican a continuación.

Grupo	% del número de vacunas.	% del valor de la demanda anual.
A	5 - 10%	70 - 85%
B	10 - 20%	10 - 20%
C	70 - 85%	5 - 10%

El grado de control para los biológicos correspondientes a cada grupo se aplicará a nivel máximo para el grupo "A", a nivel normal para el grupo "B" y a nivel mínimo para el grupo "C".

La tabulación de distribución de valores de demanda, se puede graficar. Donde se incluyen ahí varias curvas típicas al sistema del inventario en cuestión. (5)

Esta tabulación de valores permite además, la identificación de vacunas obsoletas en el inventario, ya que éstas no acusarán ninguna demanda en el año de historia considerado. En estos casos se forman cuatro grupos A, B, C, D y se procede a determinar el inventario de las vacunas "D", con el fin de eliminarlos del inventario de la cadena fría, en alguna forma (Modificación para ser utilizables, etc.).

Ejemplo de estos casos;

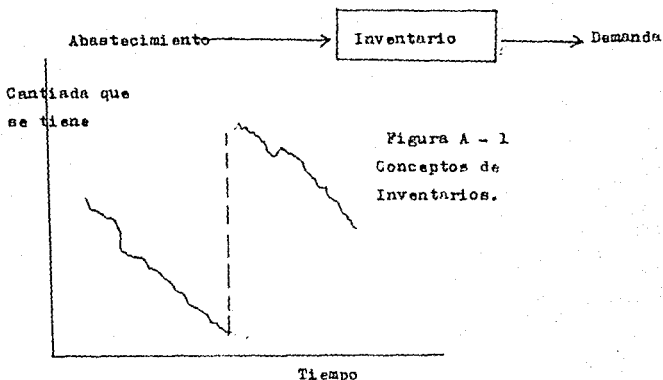
Grupo	% del número de vacunas.	% del valor de la demanda anual.
A	8%	80%
B	20%	15%
C	65%	5%
D	7%	-
	100%	100%

III.- MODELOS Y SISTEMAS DE INVENTARIOS.

La necesidad de una metodología de administración de inventarios en los depósitos de vacuna de la cadena fría de un programa zoonosanitario como el de la campaña contra el Cólera Porcino, surge de las diferencias entre el tiempo y la localización de la demanda y el abastecimiento del inmunógeno. Desde el punto de vista de los productores el inventario de la vacuna en la cadena fría debe contener el equipo necesario para mantener el número requerido de inmunógeno que se demande durante la campaña. De hecho la vacuna nunca deberá quedar fuera de existencia. Es necesario hacer un balance entre los costos del inventario y el servicio al porcicultor. (5)

En la figura A - 1 se ilustran los conceptos de inventarios. La cantidad de inmunógeno que se tiene en inventario se comporta de manera cíclica. Comienza en un nivel alto y la cantidad se reduce conforme se sacan las unidades. Cuando el nivel baja se coloca una orden, la cual al recibirse eleva de nuevo el nivel de inventario y el ciclo se repite. La cantidad de inventario se controla con el tiempo y la cantidad de cada orden. Así, las dos decisiones básicas en el inventario son:

- 1) Cuanta vacuna ordenar y
- 2) Cuando ordenar.



Es conveniente dividir el estudio del sistema de inventario de inmunógenos de la cadena fría en dos categorías, 1) Demanda y tiempo de entrega Deterministas y 2) Demanda y/o tiempo de entrega Probabilistas. Analizando la primer categoría en la cual tanto la demanda como el tiempo de entrega son conocidos y constantes. En cambio el sistema que tiene demanda y tiempo de entrega probabilistas incluyen incertidumbre y riesgo para el administrador del programa zosanitario de la campaña contra el Cólera Porcino.

El sistema del inventario de la cadena fría puede ser tan variado e implicaría varias consideraciones que sería imposible desarrollar modelos para todas las situaciones posibles. (5, 11)

3.1.- CLASIFICACION DE LOS MODELOS DE INVENTARIOS

Los modelos de inventarios pueden agruparse en dos grandes categorías:

- 1) Modelos de cantidad fija de reorden
- 2) Modelos de período fijo de reorden

El manejo de un modelo de cantidad fija de reorden se muestra en la figura A - 2 La demanda de inmunógeno se satisface a partir del inventario que se tiene. Si éste no es adecuado entonces la orden se satisface después o la cadena de la vacunación del programa se pierde. Cada vez que se hace un retiro de vacuna de los depósitos de la cadena fría, el balance del inventario se ajusta para mostrar continuamente el estado actual.

Cuando el inventario baja a un punto de reorden establecido, se coloca una orden de reabastecimiento del inmunógeno. Como las órdenes de reabastecimiento son siempre por la misma cantidad, éste se llama Modelo de cantidad fija de reorden. (5)

El modelo de período fijo de reorden se muestra en la figura A - 3 De nuevo la demanda del inmunógeno por el porcicultor se satisface con el inventario que se tiene y los faltantes traen como resultado ya sea, el satisfacerlos después, con los consecuentes problemas epizootiológicos principalmente y problemas para la preservación de la vacuna por caducidad, por faltantes en la cadena fría. Pero aquí no existe una actualización perpetua de los registros de inventario en los depósitos de la campaña. En su lugar, se hacen revisiones periódicas a intervalos fijos de tiempo. Cuando se hace una revisión, la cantidad que se tiene (más la cantidad ordenada menos los faltantes),

se compara con el máximo deseado y se hace un pedido de inminó-
geno por la diferencia. (5)

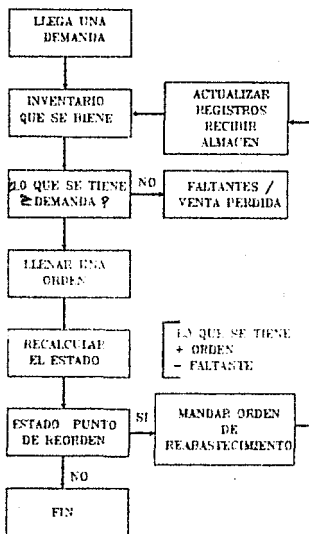


Figura A - 2

Modelo de cantidad fija
de reorden.

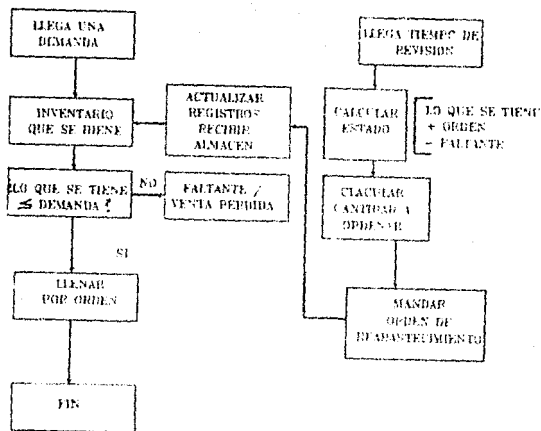


Figura A - 3
Modelo de período fijo
de reorden.

Ambos modelos responden a las preguntas básicas de Cuándo y Cuánto ordenar. Difieren en que cada uno proporciona una respuesta fija a una pregunta y una respuesta variable a la otra. (5)

3.2.- CLASIFICACION DE LOS SISTEMAS DE INVENTARIOS

Consideramos tres tipos importantes de inventarios:

- a) Orden repetitiva, demanda independiente.
- b) Una sola orden, demanda independiente.
- c) Orden repetitiva, demanda dependiente.

Analizando el primer tipo. Esta es la situación más común. Los sistemas de una sola orden, como lo sería la del equipo necesario para la cadena fría. Los sistemas con demanda dependiente surgen más bien en esta situación ya que dependiendo del censo porcícola del Estado va a depender la demanda de la vacuna durante la campaña, así como del programa de vacunación que se aplique según el grado de microbismo existente en cada unidad. (5)

Otra forma de clasificar el sistema de inventario de vacunas en la cadena fría es por su relación con la secuencia completa de la producción porcícola del Estado (Censos).

Los abastecimientos o suministros incluyen, además de las vacunas; termómetros, neveras, refrigeradores, cámaras frigoríficas, certificados de vacunación, etc.

Los materiales nos referimos a artículos complementarios que tienen siempre una demanda dependiente.

La predecibilidad de la demanda de la vacuna también es importante para clasificar el sistema de inventario aplicado a los depósitos de la cadena fría. En esta parte del sistema haremos mención de los recursos del inventario aplicado a los depósitos de la cadena fría con demanda constante, como serían las vacunas mismas, certificados de vacunación, jeringas, neve-

ras, etc.

El tiempo de entrega de alguno de los artículos en los depósitos de vacuna de la cadena fría, es la diferencia entre el momento en que se coloca una orden y el momento en que se recibe. En muchos casos esto será más o menos predecible y puede suponerse constante. Sin embargo, si varía aleatoriamente causa las mismas dificultades analíticas que la demanda variable. (6)

3.3.-COSTO DE INVENTARIOS

En la administración de campañas zoonosanitarias, los inventarios tienen un beneficio mixto. Ya que se incurre en costos al adquirir los biológicos para mantener el inventario, consumiendo recursos que pueden invertirse en otros aspectos de la campaña. Por otra parte se mejora el servicio al poricultor al mantener el número adecuado de vacunas en almacén siempre que lo demande. El reto para el administrador es alcanzar el nivel deseado de servicio a los poricultores a costos mínimos.

3.3.1.- COSTO DE COMPRA

Es claro que el costo de la compra de las diversas dosis de inmunógeno necesario en los depósitos de la cadena fría es importante.

Es la labor de activación una vez colocada la orden de compra de vacuna, orientada a que los biológicos se reciban en la fecha convenida u ofrecida por el proveedor.

Esta labor por su importancia implica llamadas telefónicas, telegramas y aún viajes a las instalaciones del proveedor.

dor (Laboratorios). Todo esto implica un costo. (6)

3.3.2.- COSTO DE ORDENAR

Este costo es el que se incurre al colocar una orden de compra de vacuna. Es un costo fijo que se expresa en pesos por orden.

Si las diversas dosis de la vacuna para la cadena fría los abasteciera un solo laboratorio este costo se reduciría, pero si intervienen más de dos laboratorios los costos se incrementan. Si las vacunas se hacen a las dosis requeridas por la Unión Regional de Porcicultores y este es caro, la preparación de las especificaciones (parte del costo de ordenar) pue de costar miles de pesos. (Figura A - 4a)

Los costos de ordenar incluyen:

Costo de Pedir:

a) Elaboración de la solicitud de compra de vacuna.

Corresponde a lo que cuesta elaborar una solicitud de compra del inmunógeno, por concepto de salarios, prestaciones parte proporcional por depreciación del equipo de la cadena fría y equipo de oficina, teléfono, electricidad, papelería, formas impresas, etc. (5)

Lo aconsejable es calcular el costo total de la sección y dividirlo entre el promedio de solicitudes elaboradas al año.

b) Proceso de la solicitud de compra de vacuna y colocación de la orden de compra de biológico.

Comprende la recepción de la solicitud, obtención de cotizaciones, selección de proveedores (Laboratorios), colo-

cación y entrega de la orden de compra de vacuna.

c) Activación de la orden de compra.

Es la labor de activación una vez colocada la orden de compra del biológico, orientada a que las vacunas se reciban en la fecha convenida u ofrecida por el proveedor.

Esta labor, por su importancia, implica llamadas telefónicas, telegramas y aún viajes a las instalaciones (Laboratorios).

d) Recepción de las vacunas.

Implica la recepción física de los biológicos en los diferentes depósitos destinados en el Estado, Su acomodo final, el conteo de los mismos y la elaboración del informe de recepción. Esta es otra actividad de tipo general.

e) Análisis, inspección y control de calidad.

En los depósitos de la cadena fría se revisan al recibirse las vacunas con el fin de verificar que lleguen en buen estado.

Hay que seleccionar algunas para fines de análisis. El costo de éste análisis es específico para el buen funcionamiento de una campaña zoonosanitaria.

Pero como el control de calidad es específico e incluye el valor de las muestras utilizadas por las pruebas de control de calidad y de las muestras de retención que deben darse.

f) Registros y Archivos.

Comprende la operación de registro y archivo en todos los depósitos de vacuna en el Estado.

Este es un costo de tipo general.

3.3.3.- COSTO DE CONSERVACION

Este se deriva de la inversión que se mantiene en el inventario de los depósitos de vacuna. Es un costo variable que se expresa como un porcentaje de un periodo sobre el valor del inventario. Para computar este costo en un período definido por ejemplo; el tiempo de caducidad de la vacuna, se establece el valor del costo en términos porcentuales, aplicandose al inventario anual promedio, dividido por doce meses.

El costo de mantener se utiliza únicamente para propósitos de inventarios. Este costo está integrado por una serie de rubros, los cuales varían en su valor absoluto en forma directamente proporcional a la variación del valor del inventario ya que están expresados en terminos porcentuales. Estos rubros son:

- 1) Interés sobre el capital invertido en el inventario.

Si parte de la inversión en inventarios pudiera liberarse, como consecuencia de una reducción del valor del inventario ocasionada por una administración más eficaz del mismo, esa suma liberada se podría colocar en valores de renta fija, obteniendose un determinado rendimiento.

2) Almacanaje.

Es el espacio utilizado para almacenar físicamente las vacunas, tiene un determinado costo como depreciación, o como arrendamiento (equipo ajeno a la Unión o Asociaciones), ya que la refrigeración en los diversos depósitos aumenta el costo. No se consideran aquí los costos fijos del almacén, como; sueldos a supervisores, servicios (agua, teléfono, electricidad, etc.), acarreo de vacunas, etc.

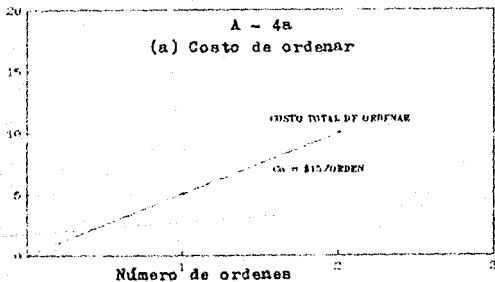
3) Obsolescencia.

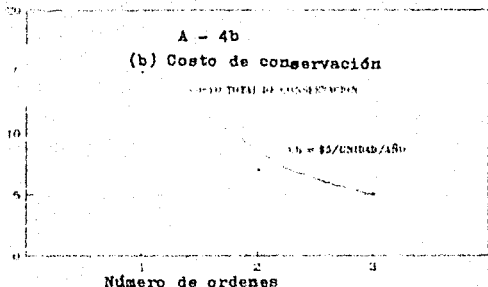
Puede ocasionar que algunas vacunas, más que nada algunas presentaciones en cuanto a dosis que se conviertan en obsoletas en un momento dado padiendo obtenerse o no un valor de rescate.

4) Deterioro (o Caducidad).

El almacenamiento y el manejo inadecuado causan deterioro en algunas vacunas y algunas presentaciones en cuanto a dosis, lo cual constituye un costo. (5)

COMPORTAMIENTO DEL COSTO DE INVENTARIOS





(a) El costo por orden permanece constante y los costos totales aumentan linealmente con el número de ordenes.

(b) El costo total es el producto del costo unitario de conservación por el nivel de inventario promedio. Si el número de ordenes crece, el inventario promedio decrece, con lo cual se reducen los costos totales de conservación. Puede imaginarse que el número de ordenes se aumenta hasta que se hace un pedido por cada unidad que se demanda, en este punto no existe ningún inventario. (5, 6)

3.4.- MODELO DEL LOTE ECONOMICO (EOQ).

El primer modelo que se considerará es un modelo de cantidad fija de reorden. Con este tipo de modelo es necesario determinar la cantidad fija que se debe ordenar cada vez y un punto de reorden que indique cuándo se debe hacer el pedido.

Para simplificar el análisis se harán las siguientes suposiciones:

- 1) La demanda de artículos, equipo y vacuna para la cadena fría en la campaña es uniforme (constante y continua).
- 2.- El abastecimiento se recibe todo junto, no en partes (global).
- 3.- El tiempo de entrega es constante.
- 4.- Todos los costos son constantes.

Aunque éstas suposiciones muy pocas veces, si es que alguna, son ciertas a la larga, con frecuencia son aproximaciones razonables a corto plazo.

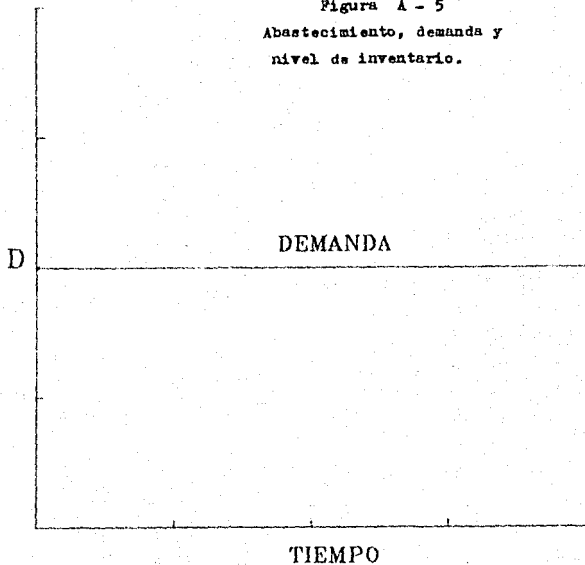
El modelo del lote económico (EOQ) se desarrollo en particular para esta situación. (6)

EL MODELO EOQ.

Un enfoque común para desarrollar el modelo de inventario de la cadena fría es obtener una expresión matemática para los costos totales y después buscar el mínimo. Para hacer esto es necesario conocer la demanda (censos), el abastecimiento, el inventario promedio y los costos. Con base en las cuatro suposiciones anteriores, en la figura A - 5 se muestra el abastecimiento, la demanda y el nivel de inventario a través del tiempo.

CANTIDAD

Figura A - 5
Abastecimiento, demanda y
nivel de inventario.



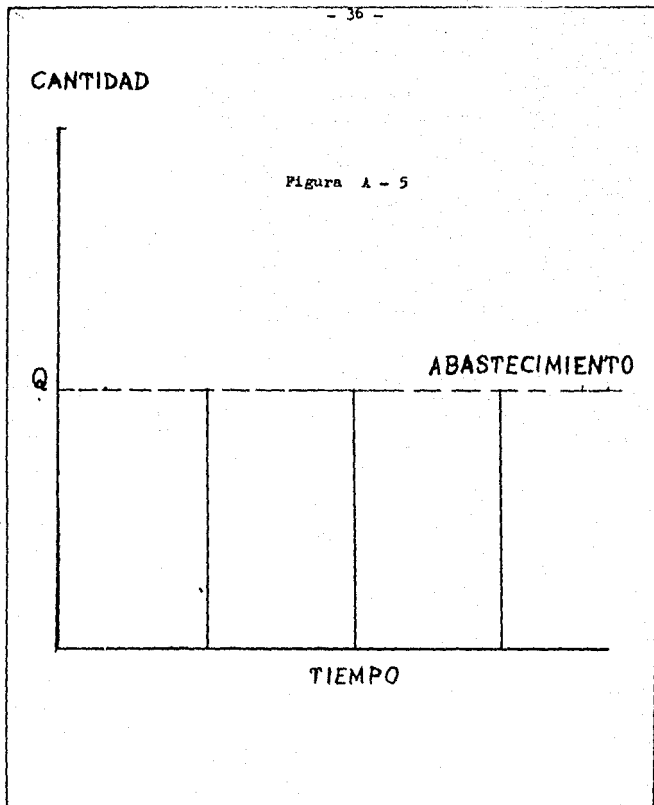
CANTIDAD

Figura A - 5

Q

ABASTECIMIENTO

TIEMPO



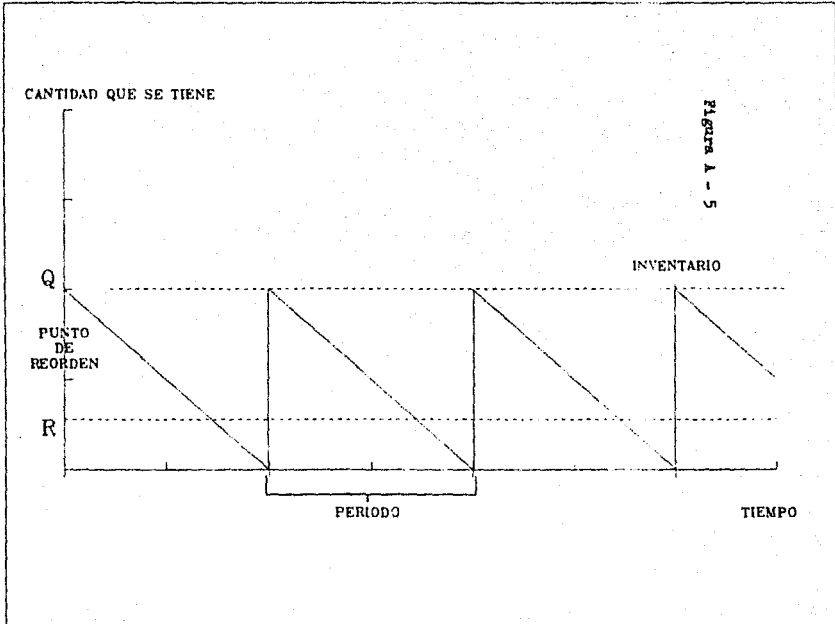


FIGURA 1 - 5

La demanda es uniforme con D unidades por unidad de tiempo. Se reciben Q unidades de abastecimiento global. El nivel de inventario de la cadena fría comienza en un punto pico de Q unidades y declina en forma estable hasta un punto de reorden (R), en este momento se coloca una nueva orden de Q unidades. Cuando se recibe la orden, el nivel de inventario regresa a su punto pico y el ciclo se repite. Como el tiempo de entrega es constante, no hay razón para que ocurran faltantes. Puede omitirse el costo de compra, ya que también es constante (no hay descuentos por cantidades grandes).

Los únicos costos que se van a considerar son el costo de ordenar y el costo de conservación. Así:

Costo total de inventario = costo de ordenar + costo de conservación

En general se usa un año de operación como el período de análisis del inventario. Se pondrá todo en una base anual, aunque puede usarse cualquier período.

Observando primero el costo de ordenar:

Costo anual de ordenar = número de ordenes x costo de una sola orden.

Si la demanda total anual es D unidades por año y se están ordenando Q unidades cada vez, entonces:

$$\text{Número de ordenes por año} = \frac{D}{Q}$$

Si C_0 representa el costo anual de conservación. Este sería:

Costo anual de mantener inventario promedio \times Costo de conservación/unidad/año.

Supóngase por un momento que pueden combinarse los costos de almacenamiento, la caducidad de la vacuna y de capital invertido en un solo costo de conservación del inventario C_h . Queda la tarea de determinar el nivel de inventario promedio. Para cualquier patrón triangular como el del inventario de la figura A - 5, el promedio en un período de un año es la mitad de la altura máxima. Como esta altura es Q , el nivel de inventario promedio es $Q/2$ y:

$$\text{Costo anual de conservación} = \frac{Q}{2} C_h$$

Ahora puede expresarse el costo total como:

$$\text{Costo anual de inventario} = \frac{D}{Q} C_o + \frac{Q}{2} C_h$$

La metodología para encontrar el mínimo, considera cualquier valor dado de D , C_o y C_h , puede encontrarse, por prueba y error, el valor de Q que minimice el costo total. Sin demostración, los costos totales se minimizan cuando la cantidad que se ordena cada vez es:

$$Q = \sqrt{\frac{2 D C_o}{C_h}}$$

- en donde: D = Demanda de vacuna en unidades
 C_o = Costo de comprar vacunas
 C_h = Costo de conservación de vacuna por año
 Q = Cantidad a ordenar

Esta fórmula da la cantidad óptima que se debe ordenar cada vez que se hace un pedido de la cadena fría. ¿ Que pasa con el punto de reorden ? Como se supuso que el tiempo de entrega es constante, sólo se tiene que igualar el punto de

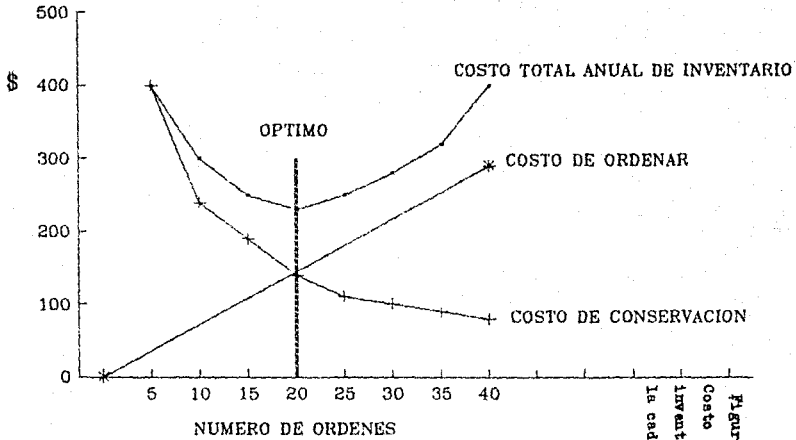


Figura A - 6
 Costo anual de
 inventario de
 la cadena fría.

reorden y la demanda que ocurrirá durante el período de entrega. Esto se llama de tiempo de entrega. Matemáticamente;

Si L = Tiempo de entrega en días

D = Demanda anual

R = Punto de reorden

entonces: $R = \frac{D \cdot L}{365}$ Unidades

La única advertencia que debe hacerse es que la demanda y el tiempo de entrega tienen que estar en la misma escala de tiempo. (6)

3.5.- SENSIBILIDAD

El modelo EOQ es un resultado fundamental y el más importante en la teoría de inventarios en la campaña contra el Cólera Porcino en Guanajuato. Representa las relaciones clave que son vitales para el control apropiado del inventario de la cadena fría. En la figura A - 6 se muestra una de estas relaciones. Donde se aprecia que el costo de inventarios óptimo (mínimo) ocurre cuando el costo de ordenar anual es igual que el costo de conservación anual. Esto siempre es cierto para el modelo EOQ, pero puede no ser el caso para otros modelos. (3)

Nótese que el costo total no es muy sensible cerca del punto óptimo. Es decir, los costos totales están por debajo de \$ 250 para cualquier número de órdenes entre 10 y 40. Esto corresponde a un intervalo para la cantidad que se debe ordenar de 200 unidades hasta 50 unidades. Esto se vuelve importante al estimar los costos de conservación u ordenar. En el peor de los casos un error del 100% en cada uno de estos

EOQ UNIDADES

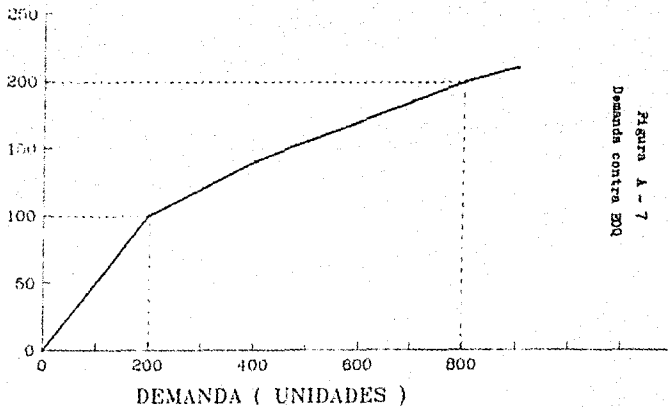
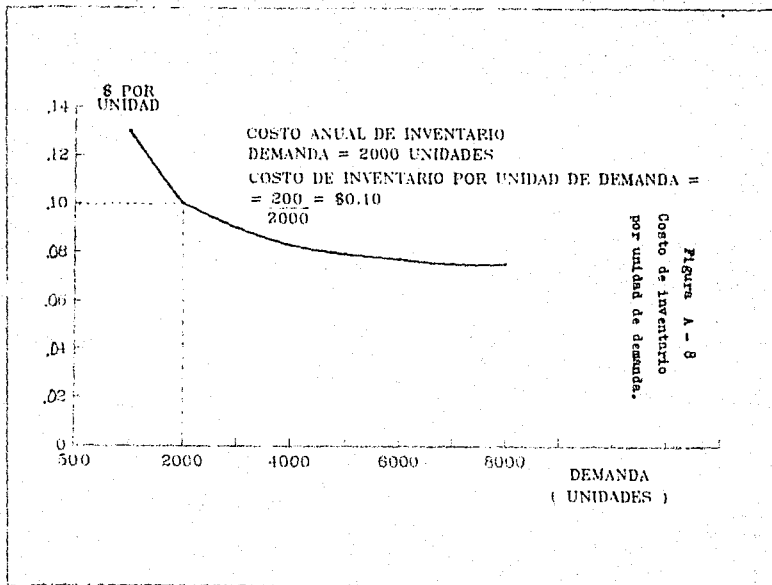


Figura A - 7
Demanda contra EOQ



costos cuando mucho causaría un 25% de aumento en los costos totales del inventario de la cadena fría. (5)

En la figura A - 7 se muestra otra relación importante, la que media entre la cantidad que se debe ordenar de vacuna en la cadena fría y la demanda (censo porcino). La demanda se debe cuadruplicar (a 8000), sólo para tener que duplicar la cantidad que se debe ordenar. Es decir, un 100% de aumento en la cantidad que se debe ordenar. Como el nivel de inventario promedio es la mitad del EOQ, esto significa que no se tiene que duplicar el inventario para satisfacer la doble demanda; sólo se necesita un 40% de aumento. (3)

Esto muestra las ventajas del balance en el inventario de la cadena fría en la campaña contra el Cólera Porcino en Guanajuato. La figura A - 8 representa este mismo efecto en términos del costo de inventario por unidad de demanda.

IV.- MANEJO DE LA INCERTIDUMBRE

Estudiaremos los sistemas del inventario de la cadena fría en la campaña contra el Cólera Porcino que tienen demanda incierta o probabilística, como será la que exista entre el sector porcícola no organizado. Se supone que se conoce la distribución de probabilidad para la demanda de la vacuna de la cadena fría, pero que esa demanda es impredecible en un período dado. Con frecuencia, este es el caso cuando se trata de la distribución de la vacuna y la mayoría de los servicios. (6)

La incertidumbre al predecir la demanda significa que siempre existe la posibilidad de que haya faltantes, es decir, de quedar sin vacuna en el almacén. El riesgo puede reducirse teniendo un inventario grande, pero nunca puede eliminarse. La tarea de administrar el inventario en la campaña es balancear el riesgo de faltantes y el costo de la existencia adicional.

En el transcurso de la campaña, el sistema del inventario y el costo de quedar sin vacuna en el almacén, no se conoce con exactitud. En estos casos, la administración debe tomar una decisión subjetiva en cuanto al riesgo que se correrá. En los casos en que el costo de un faltante puede determinarse, es posible obtener las políticas óptimas del inventario. (6)

Existen muchos factores que deben considerarse al administrar el sistema de inventario de la cadena fría en la campaña contra el Cólera en Guanajuato; riesgo de faltantes, costos, registros, almacenamiento físico, demanda y el número de inmunógeno que se va a manejar. Se examinan algunos de estos factores y como influyen en la selección del modelo del inventario de la cadena fría en la campaña.

En este trabajo aplicaremos los siguientes puntos:

- 1.- Aplicaremos el modelo de cantidad fija de reorden cuando los costos por faltantes sean conocidos o desconocidos.
- 2.- Aplicar el modelo de período fijo de reorden cuando se conocen los costos por faltantes.

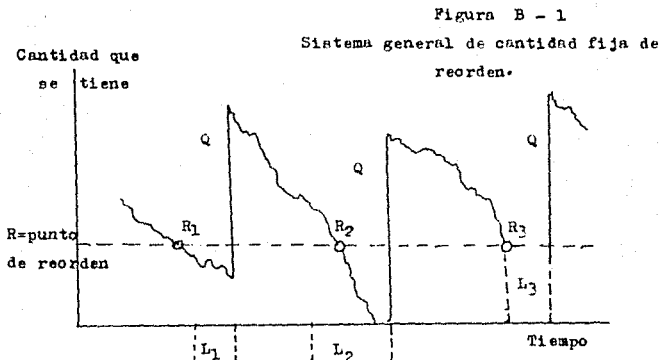
Dos modelos de cantidad fija de reorden.

La operación de un modelo de cantidad fija de reorden en el inventario se muestra en la figura B - 1

Se permite que la demanda y el tiempo de entrega varíen aleatoriamente y se supone que el abastecimiento es global. Cuando el inventario decrece hasta el punto de reorden (R), se coloca un pedido por una cantidad fija (Q). Como el tiempo de entrega y la demanda varían, la cantidad que se tiene en el momento en que se recibe la orden también varía. Sin duda, pueden ocurrir faltantes, como se muestra durante el período L_2 . Si se aumenta el punto de reorden, se reduce la posibilidad de faltantes pero el costo de conservación aumenta.

El reto es encontrar el mejor intercambio entre el

riesgo de faltantes y el aumento en el costo de conservación. Lograr esto depende de que se conozcan o no los costos de faltantes. El caso en que no se conocen es más sencillo y se considerara primero. (6)



4.1.-Cuando no se conoce el costo por faltantes

Sera necesario calcular tanto la cantidad fija de reorden como el punto de reorden del inmutógeno de la cadena fría. Para encontrar la cantidad de reorden, se usa el modelo básico EOQ desarrollado anteriormente. Los faltantes se ignoran y se supone que la incertidumbre de la demanda es despreciable. Con la demanda promedio:

$$Q = \sqrt{\frac{2DC_a}{C_h}}$$

en donde

Q = Tamaño del lote económico en unidades

D = Demanda promedio en unidades por año
 C_o = Costo de ordenar en pesos por orden
 C_h = Costo de conservación en pesos por unidad
por año.

Este puede parecer un procedimiento extraño, pero podemos considerar la situación en el momento de hacer el pedido para la cadena fría. El inventario que se tiene es igual que el punto de reorden. El punto de reorden se ha escogido (como se verá en un momento) de manera que pueda pasar con seguridad el tiempo de entrega y el inventario promedio en el momento de recibir la orden sea cero. Otra manera de pensar en esto es que, como los cálculos del punto de reorden toman en cuenta el tiempo de entrega, se está a salvo al ignorar el tiempo de entrega para encontrar la cantidad de reorden. (3)

Una vez que se hace a un lado el tiempo de entrega, el problema se parece mucho al del modelo básico EOQ; minimizar la suma de los costos de ordenar y de conservación. La variación en la demanda de las diferentes dosis de vacuna de la cadena fría, causa que varíe el tiempo que transcurre entre las órdenes; cuando la demanda es alta, los costos de ordenar son altos y los costos de conservación son bajos. Cuando la demanda es baja se cumple lo contrario. Sin embargo, a la larga, estas variaciones se promedian. Así, puede aplicarse el concepto de valor esperado y seleccionar la mejor cantidad en promedio que debe ordenarse. Esto se hace encontrando el EOQ con la demanda promedio para la cantidad de vacunas que deben existir en la cadena fría. (6)

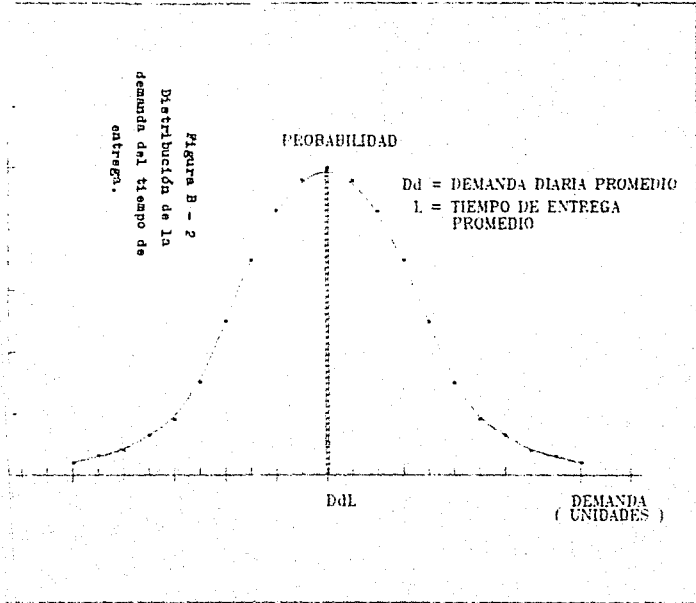


Figura B - 2
Distribución de la
demanda del tiempo de
entrega.

Como encontrar el punto de reorden. No existe una manera de encontrar el punto de reorden óptimo cuando no se conocen los costos de faltantes. En su lugar se usan los conceptos de inventario de seguridad y nivel de servicio para hacer un juicio sobre un riesgo de faltantes aceptable. También se toma en cuenta el hecho de que la posibilidad de quedar sin insumo en almacén existe solo durante el tiempo de entrega. Para entender esto hay que analizar la figura B - 1. Cuando el nivel del inventario está arriba del punto de reorden, como antes de colocar el pedido R_1 , no hay posibilidad de quedar sin existencias en la cadena fría. Cuando el nivel baja al punto de reorden, se coloca un pedido y comienza el período de entrega. Solamente durante estos períodos (L_1, L_2, L_3) existen posibilidades de faltantes. Entonces, para determinar el punto de reorden sólo es necesario conocer la distribución de la demanda en el Estado durante el período de entrega. Esto se llama demanda del tiempo de entrega. (8)

En la figura B - 2 se muestra un ejemplo de demanda del tiempo de entrega. Aquí se muestra una distribución normal centrada en la demanda promedio del tiempo de entrega D_dL en donde D_d es la demanda diaria promedio. Si el punto de reorden se iguala a la demanda diaria del tiempo de entrega, el inventario que se tiene en el momento de recibir una orden será cero, en promedio. Pero la mitad de las veces será más que cero y la mitad de las veces será menos que cero, es decir, habrá faltantes. Como casi siempre una posibilidad del 50% de quedar sin existencias es muy alto, se debe agregar un inventario de seguridad. (11)

El efecto del inventario de seguridad de la cadena fría se muestra en la figura B - 3. El punto de reorden se incrementa para proporcionar mayor protección contra los faltantes durante el período de entrega. La fórmula para el punto de reorden se convierte en:

$$R = D_d L + B$$

en donde

R = Punto de reorden

D_d = Demanda diaria promedio en unidades

L = Tiempo de entrega promedio en días

B = Inventario de seguridad en unidades

La cantidad del inventario de seguridad de la cadena fría está basada en la decisión zoonosanitaria sobre el nivel de servicio. El nivel de servicio es la probabilidad de tener vacuna en almacén cuando se necesita. La administración debe hacer un juicio intuitivo de cuál debe ser esta probabilidad; no puede derivarse matemáticamente. Los niveles de servicio en general varían del 80 al 99%. Esto significa que la posibilidad de quedar sin biológico en el almacén varía entre un 20 y un 1%. Una vez que se escoge el nivel de servicio, la cantidad de inventario de seguridad que se necesita se encuentra como se muestra en la figura B - 4. (8)

Con una tabla para la distribución normal, se encuentra el valor de Z que corresponde al nivel de servicio deseado. Para un nivel de servicio del 95% $Z = 1.64$. El inventario de seguridad de la cadena fría está dado, entonces, por:

en donde B = Inventario de seguridad en unidades y/o desviación estándar de la demanda del tiempo de entrega. (11)

Por ejemplo en la figura B - 4

$$B = (1.64) (20) = 32.8 \text{ ó } 33 \text{ unidades}$$

El punto de reorden es:

$$R = D_d L + B$$

$$= (10) (5) + 33 = 83 \text{ unidades.}$$

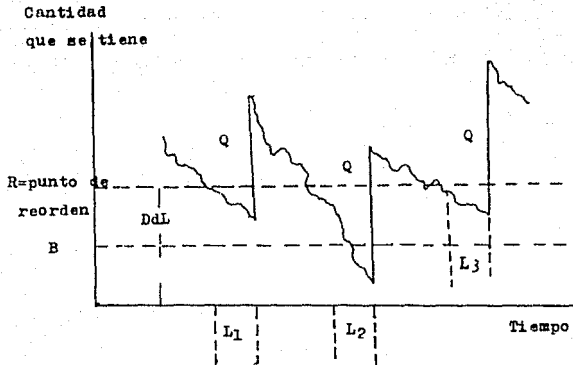
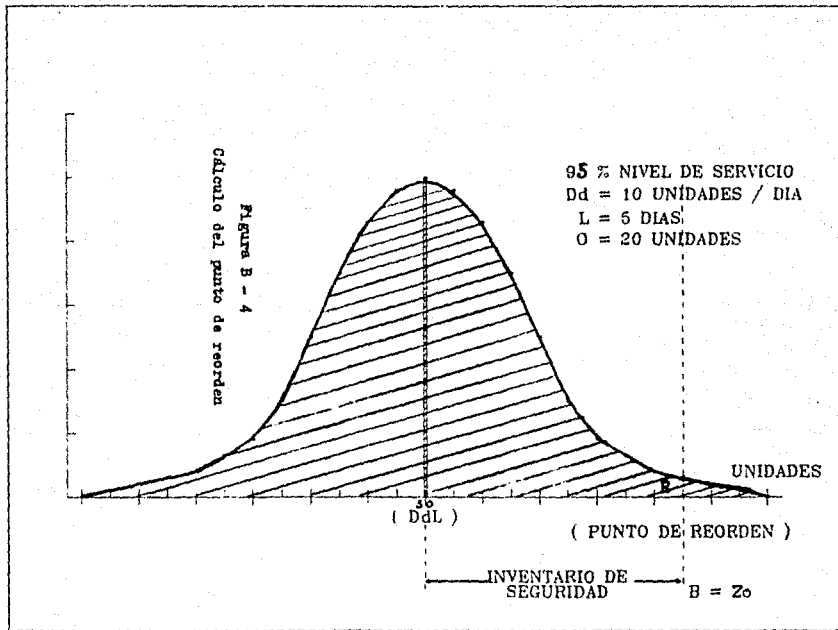


Figura B - 3

Efecto del inventario de seguridad.



4.2.- Cuando se conoce el costo por faltantes

Cuando los costos por faltantes en la cadena fría se conocen, es posible optimizar tanto la cantidad de reorden como el punto de reorden. El razonamiento básico que respalda el procedimiento es el mismo que se usó para desarrollar el modelo EOQ. Todos los costos del inventario de la cadena fría se expresan en términos de la cantidad que debe ordenarse y el punto de reorden y después se minimiza su suma. Se puede hacer una aproximación sencilla. (6, 11)

La cantidad que debe ordenarse se calcula con el modelo básico EOQ con la demanda promedio. En realidad, esto da una cantidad que debe ordenarse un poco menor que la óptima. La razón es que los costos por faltantes tienden a aumentar el tamaño de la orden para reducir el número de órdenes. Recuérdese que la posibilidad de faltantes surge sólo cuando se hacen los pedidos (en el período de entrega), así las probabilidades totales disminuyen si hay menos órdenes. Pero es obvio que los costos de conservación se elevan si hay menos órdenes. El efecto neto es que el valor óptimo es muy poco diferente del valor aproximado del EOQ.

Para encontrar el punto de reorden se aplica el concepto de costo marginal. Cada vez que el punto de reorden se incrementa en 1 unidad, el costo de conservación aumenta y el costo por faltantes disminuye. Debe haber un punto de cruce entre estos dos costos que proporcione el mejor punto de reorden. Esto ocurre cuando los dos costos marginales son iguales.

Costo marginal de mantener = Costo marginal por faltantes. (11)

El costo esperado de mantener el punto de reorden en 1 unidad (costo marginal de conservación) es igual que el costo de conservación (C_h) multiplicado por la probabilidad de que no haya faltantes. (Cuando ocurre un faltante no hay costo de conservación). Si P representa la probabilidad de que la demanda sea menor que el punto de reorden, es decir, de que no ocurran faltantes, para ser precisos:

D_dL = Demanda promedio del tiempo de entrega

R = Punto de reorden

P = Probabilidad $\left[D_dL \leq R \right]$

Entonces el costo marginal de conservación = $C_h P$

El costo marginal de faltantes durante cada período de entrega para la cadena fría es igual que el costo del número de unidades que faltan multiplicando por la probabilidad de un faltante, o sea:

$$(1 - P) C_B$$

en donde C_B = Costo unitario por faltante

Como puede ocurrir un faltante cada vez que se hace un pedido, el costo anual por faltantes depende del número de órdenes. Con una demanda anual de D y una cantidad que debe ordenarse Q , el número promedio de órdenes es D/Q , es decir.

$$\text{Número promedio de órdenes por año} = \frac{D}{Q}$$

Así.

$$\text{Costo marginal por faltantes} = (1 - P) C_B \frac{D}{Q}$$

Igualando los dos costos marginales y resolviendo

para P:

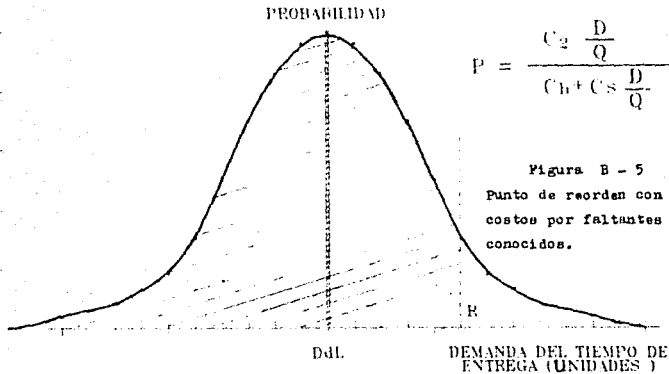
$$C_h P = (1 - P) C_s \frac{D}{Q}$$

$$C_h P + P \frac{D}{Q} C_s = \frac{D}{Q} C_s$$

$$P = \frac{\frac{D}{Q} C_s}{C_h + \frac{D}{Q} C_s}$$

Esto da una probabilidad crítica. Entonces, el punto de reorden se selecciona como se muestra en la figura B - 5. Con la distribución de probabilidad de la demanda del tiempo de entrega, se escoge R tal que:

$$\text{Probabilidad } [D_{dL} \leq R] = P = \frac{\frac{D}{Q} C_s}{C_h + \frac{D}{Q} C_s}$$



4.3.- Un modelo de período fijo de reorden

Con un modelo de período fijo de reorden se verifica el balance de inventario de los recursos de la cadena fría a intervalos fijos de tiempo y se coloca una orden por la diferencia entre el balance que se tiene y el punto hasta el que se ordena. Como el período de revisión es fijo, puede ocurrir un faltante en cualquier momento durante el período de revisión como se muestra en la figura B - 6.

Modelo de período fijo de reorden.

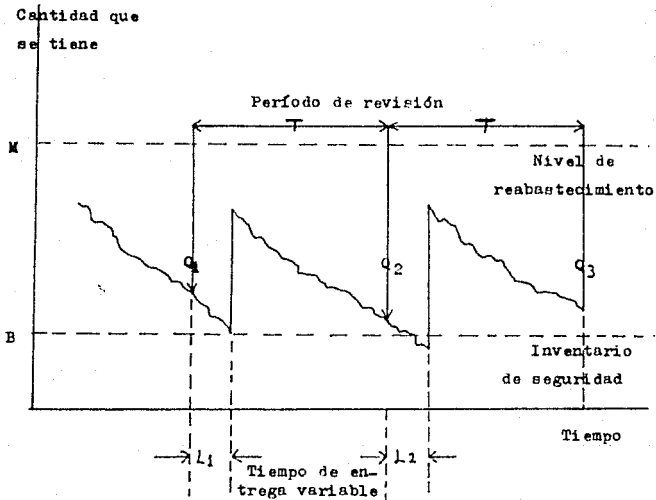


Figura B - 6

Esto es diferente de los modelos anteriores, en que los faltantes podían ocurrir sólo durante el período de entrega. Como resultado, el inventario de seguridad debe ser mayor, si se quiere proporcionar el mismo nivel de servicio.

En el modelo que se presenta se supone que la demanda tiene distribución normal, la demanda del tiempo de entrega se distribuye normalmente y los costos de faltantes no se conocen. Para encontrar el período óptimo para ordenar, se ignora toda incertidumbre y se aplica el modelo del intervalo económico de reorden (EOQ). Después se aplica el concepto de nivel de servicio determinado administrativamente para encontrar el punto hasta el que se ordena. (3)

4.4.- Cálculo del período de reorden

No tomando en cuenta la incertidumbre, puede aplicarse la ecuación siguiente para encontrar el intervalo económico de reorden:

$$T = \sqrt{\frac{2 C_o}{D C_h}}$$

en donde T = Período de reorden (años)

D = Demanda promedio (unidades/año)

C_o = Costo de ordenar (pesos/orden)

C_h = Costo de conservación (pesos/unidad/año)

Se recordará que el modelo EOQ se deriva del modelo EOQ. Como antes, se usará el concepto de valor esperado y se basará el período de reorden en el promedio a la larga. (3)

4.5.- Cálculo del punto hasta el que se ordena

Cuando se estudió el modelo de período fijo de reorden con demanda y tiempo de entrega constantes, se encontró que el nivel hasta el que se ordena es igual que la demanda durante el período para ordenar más la demanda del tiempo de entrega. Reescribiendo esta ecuación para convertir todo en días:

$$M = D_d (T = L)$$

en donde M = Punto hasta el que se ordena (unidades)
 D_d = Demanda promedio diaria (unidades/día)
 L = Tiempo de entrega promedio (días)
 T = Período de reorden (días)

Esta ecuación se aplica al caso de demanda y tiempo de entrega incierta. Lo único que se debe de agregar es el inventario de seguridad de la cadena fría para reducir el riesgo de faltantes (véase la figura B - 7). Con la misma lógica que se presentó antes, se escoge un nivel de servicio. O probabilidad de tener existencias. Esta probabilidad se usa, entonces, con la distribución de la demanda para encontrar la cantidad de inventario de seguridad. Pero, ¿ qué distribución de demanda se usa ? Con el modelo de cantidad fija de reorden se usó la demanda del tiempo de entrega. Sin embargo, ahora pueden ocurrir faltantes en cualquier momento del período. Entonces, se necesita la distribución de la demanda del período de revisión, como se muestra en la figura B - 8, con el fin de evitar ese riesgo.(2)

Suponiendo que la demanda del período de revisión se distribuye normalmente, se usa el nivel de servicio para leer la tabla normal estándar y encontrar el valor correspondiente de Z. Entonces:

$$B = \text{Inventario de seguridad} = Z_0$$

en donde σ = Desviación estándar de la demanda del período de reorden.

Así, el punto hasta el que se ordena está dado por:

$$\begin{aligned} M &= D_d (T + L) + B \\ &= D_d (T + L) + Z_0 \end{aligned}$$

En la figura B - 9 se muestra esto en un diagrama.

Por conveniencia, la distribución está centrada en $D_d (T + L)$ y no en la demanda promedio del período de revisión.

Cantidad fija
de reorden.

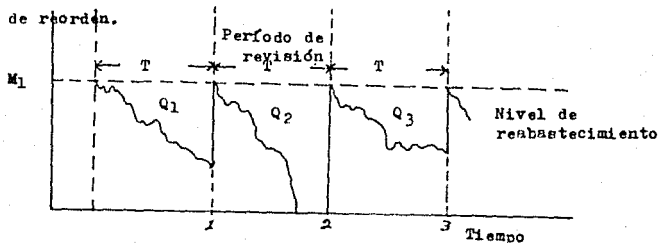
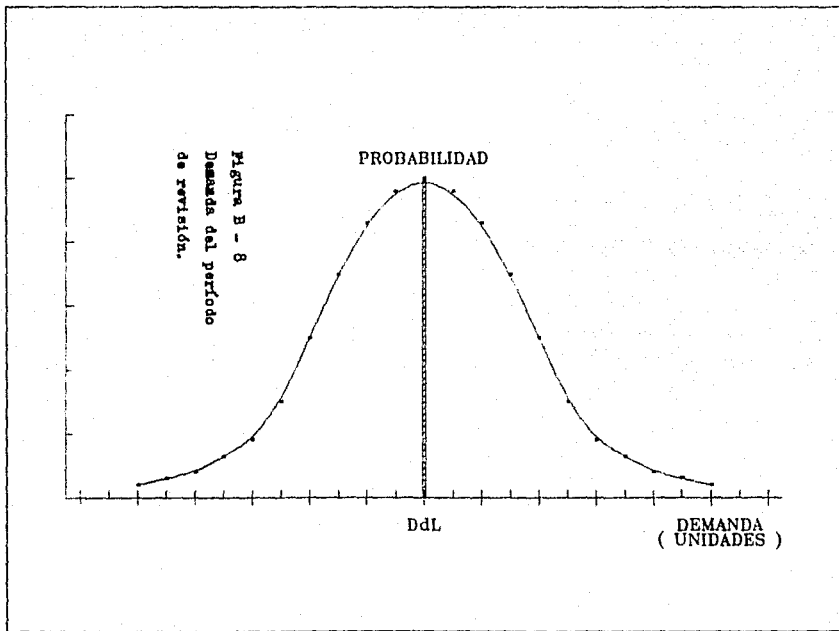


Figura B-7

Un sistema sin inventario de seguridad y tiempo de entrega cero.



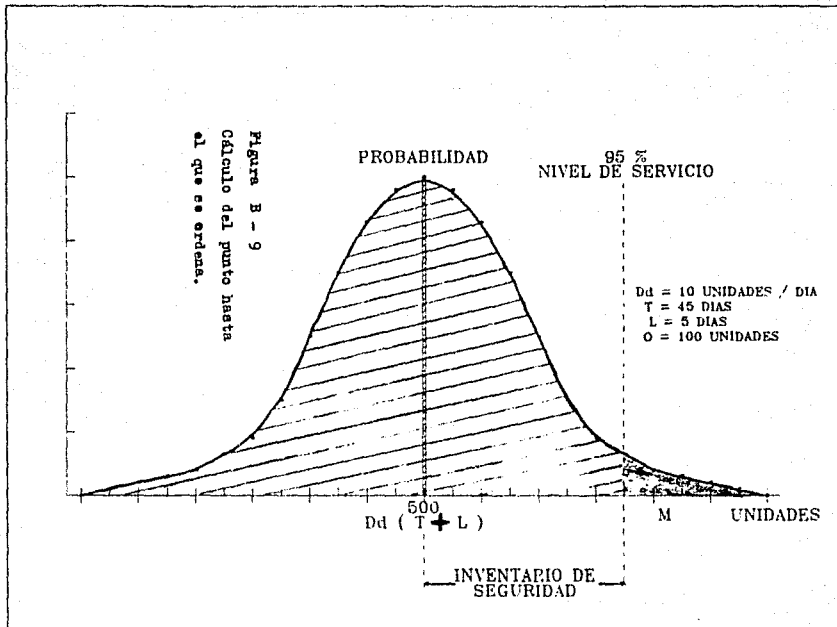


Figura B - 9
 Cálculo del punto hasta
 al que se ordena.

V.- PRONOSTICOS DE DEMANDA

Los pronósticos de demanda de la vacuna, son fundamentales en la operación de la campaña contra el Cólera Porcino ya que afectan directamente el servicio a los porcicultores.

El grado de eficiencia del método empleado de pronóstico sera directamente proporcional a la efectividad de la campaña, al nivel de servicio proporcionado por el inventario y a la magnitud del propio inventario de la cadena fria.

Las técnicas de pronóstico han venido evolucionando a buen ritmo, ya que los métodos tradicionales son altamente subjetivos, por lo que requieren de mucho tiempo y son bastante deficientes ya que son de caracter intuitivo.

Es importante destacar que el pronóstico de la demanda de vacunas que integran el inventario de la cadena fria, en este caso un pronóstico a corto plazo (generalmente mensual) es de gran importancia, ya que constituye la cimentación sobre lo que está sustentado el sistema de administración del inventario de la cadena fria. (9)

Todos los parámetros utilizados en este sistema están calculados con base en el pronóstico de demanda de biológico.

El pronóstico nos proporciona el:

- Niveles de inventario de seguridad
- ¿ Cuándo ? -Puntos de reorden
- Y el ¿ Cuánto ? -Inventario promedio
- Lote económico de compra.

De ahí que debemos utilizar un método de pronóstico eficiente para la vacuna contra el Cólera Porcino en la cadena fría.

Las técnicas modernas para pronosticar a corto plazo la demanda son de tipo estadístico e invariablemente utilizan datos históricos. En realidad lo que hacen es extrapolar el pasado hacia el futuro.

El objetivo básico de estas técnicas es pronosticar la demanda del biológico con el mayor grado posible de exactitud, lo cual trae como consecuencia una estabilización en el cálculo de un período del pronóstico del inventario, evitando variaciones bruscas de período a período y facilitando la labor del administrador del inventario de la cadena fría. (9)

Es pertinente mencionar que estos métodos estadísticos no sustituyen las decisiones de las autoridades de la campaña sino que las facilitan a base de presentar datos consistentes. Si el administrador sabe de factores externos o internos que pueden afectar el pronóstico estadístico, debe modificarlo.

La demanda de la vacuna estará condicionada por el programa establecido para la campaña contra el Cólera Porcino, por las autoridades encargadas de la misma en el Estado de Guanajuato; Unión Regional, Asociaciones Regionales, Sanidad Animal, SARH y Comisión Nacional de Porcicultores de la CNG. (9)

5.1.- Pronósticos de Demanda de Inmunógeno

Analizaremos dos métodos más usuales de pronósticos a corto plazo.

5.1.1.- Promedios Deslizantes.

i) Básicamente existen tres tipos de demanda:

a) Horizontal:

Es una demanda con fluctuaciones pequeñas hacia arriba y hacia abajo, cuyo promedio más o menos es una recta horizontal.

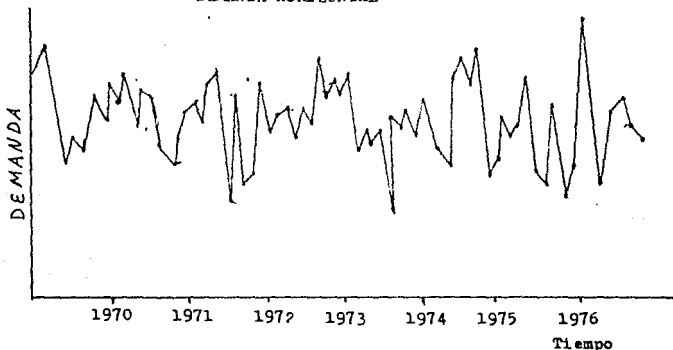
b) Con Tendencia:

Es una demanda con una marcada tendencia de incremento (positivo) o de decremento (negativo).

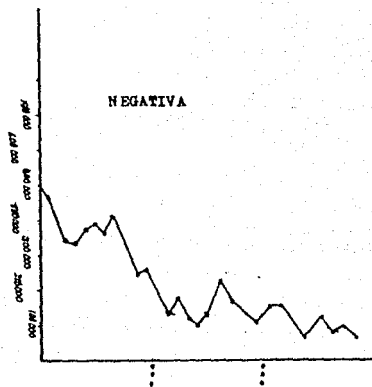
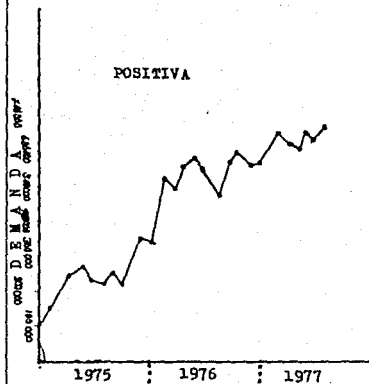
c) Estacional o Cíclica:

Es una tendencia que al través de varios años consecutivos presenta valles o picos más o menos en las mismas épocas de cada año. Puede ser horizontal o con tendencia.

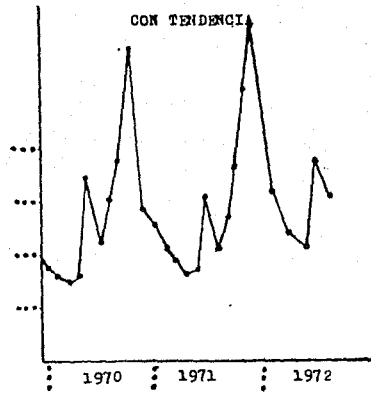
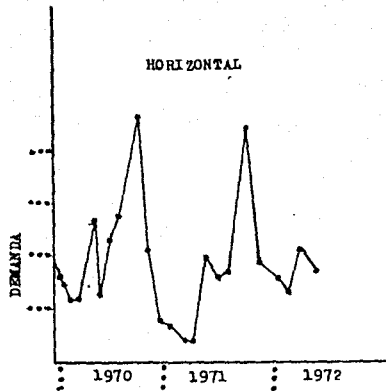
DEMANDA HORIZONTAL



DEMANDA CON TENDENCIA



DEMANDA ESTACIONAL



2) Metodología:

El método de promedios deslizantes consiste en un simple promedio aritmético de valores de demanda de biológico real correspondientes a un número seleccionado de meses anteriores.

Supongamos que vamos a pronosticar la demanda del mes de Julio y que seleccionamos seis meses de historia cuyas demandas son:

Enero	2000	Unidades	en	Miles
Febrero	1800	"	"	"
Marzo	1600	"	"	"
Abril	1800	"	"	"
Mayo	2400	"	"	"
Junio	2400	"	"	"

$$\text{Pronóstico Julio} = \frac{20 + 18 + 16 + 18 + 24 + 24}{6} = 2000 \text{ U en M}$$

Termina el mes de Julio y su demanda real es de 2600 unidades; el error es de -600 unidades.

Para pronosticar la demanda de Agosto consideramos los últimos seis meses, es decir, de Febrero a Julio, y obtenemos:

$$\text{Pronóstico Agosto} = \frac{18 + 16 + 18 + 24 + 24 + 26}{6} = 2100 \text{ U en M}$$

Y así sucesivamente para los siguientes meses.

Para seleccionar el número de meses a promediar, se toma por lo menos un año de historia y se simula una demanda ya conocida, utilizando diferente número de meses, que puede ser entre tres y doce. Se compara el pronóstico simulado con

la demanda real y se selecciona el número de meses que corresponda al mínimo error.

Supongamos que vamos a simular el pronóstico del mes por año y cuya demanda real ya conocemos, utilizando los valores de demanda de vacuna de los doce meses correspondientes a 1980.

DEMANDA REAL

Enero, 1980	2000 U en Miles
Febrero	2200 " " "
Marzo	2400 " " "
Abril	1800 " " "
Mayo	2200 " " "
Junio	1400 " " "
Julio	1600 " " "
Agosto	2000 " " "
Septiembre	2800 " " "
Octubre	3000 " " "
Noviembre	3000 " " "
Diciembre	2800 " " "
Enero, 1981	2400 U en Miles.

a) Con tres meses de historia (Oct., Nov, y Dic.)

Pronóstico Enero / 81

$$\frac{3000 + 3000 + 2800}{3} = 2933.3 \text{ U en Miles}$$

b) Con cuatro meses de historia (Sep., Oct., Nov., Dic.)

$$\frac{2800 + 3000 + 3000 + 2800}{4} = 2900 \text{ U en Miles}$$

c) Con cinco meses de historia (Ago., Sep., Oct., Nov., Dic.)

$$\frac{2000 + 2800 + 3000 + 3000 + 2800}{5} = 2722.2 \text{ U en Miles}$$

j) Con doce meses de historia (Ene., Dic.).

$$\frac{2000 + 2200 + 2400 + 1800 + 2200 + 1400 + 1600 + 2000 + 2800 + 3000 + 3000 + 2800}{12} = 2277.7 \text{ U en Miles.}$$

Conocemos la demanda real de un mes X del año, y de 24 unidades y la comparamos con los pronósticos simulados.

Nº de meses Promediados	Pronóstico Mes X año y	Error
3	2933.3	+ 530
4	2900.0	+ 500
5	2722.2	+ 320
6	2533.3	+ 130
7	2377.7	- 0.30*
8	2355.5	- 0.50
9	2299.9	-110
10	2300.0	-100
11	2299.9	-110
12	2277.7	-130

No se considera el signo (+ o -) del error, sino unicamente la magnitud del mismo, por lo que debe seleccionarse el número de meses que corresponde al error mínimo, es decir, siete, en este caso particular. (9, 10)

3) Características del Método.

Este es un método fácil y sencillo que cualquier persona puede utilizar, aunque tiene la desventaja de requerir muchos datos en archivo (manual o computadora), lo cual incrementa su costo y su manejo.

Por otra parte no considera demandas con tendencia ni estacionales, lo que constituye una limitación.

De cualquier forma, es un método razonablemente aceptable para pronósticos a corto plazo y que puede ser fácilmente procesado en forma manual. (10)

5.2.- Suavización Exponencial

Este es el método más moderno y eficaz que puede emplearse para pronosticar a corto plazo.

Incorpora la teoría de retroalimentación, a base de comparar el pronóstico calculado de demanda con la correspondiente demanda real de ese mismo mes. Se calcula la diferencia entre estos dos valores (error de pronóstico) y se retroalimenta a la entrada del sistema con el fin de reducir esta diferencia en el siguiente mes. (8)

Metodología.

El método de suavización exponencial es una variación del método de promedios deslizantes.

Para el cálculo del pronóstico también utiliza información histórica y la promedia, sólo en forma no proporcional, es decir, le da más crédito o más peso en la integración del nuevo promedio, a los datos (demandas de vacunas históricas reales) más recientes y consecuentemente, menos crédito a los

más antiguos.

Para lograr esto, utiliza un "coeficiente suavizador" (α), el cual actúa como filtro de los datos históricos de demanda de biológico.

Incluye este método correcciones al pronóstico calculado, a base de incorporar la tendencia de la demanda de inmuno-génico y los cambios que este experimenta.

Tiene una respuesta rápida a los cambios de la demanda e inclusive, el grado de rapidez de esta respuesta puede ajustarse a voluntad.

Computa el error de pronóstico y calcula su grado de dispersión, con el propósito de definir los límites máximo y mínimo del modelo de demanda. Si la demanda real, cae fuera de estos límites, proporciona una señal que le permite al administrador de los depósitos de biológico a tomar acción y replan-tear su modelo, aunque se pueden incorporar al sistema de decisiones programadas para hacerlo autocorrectivo. (7)

Suponemos que disponemos de nuestro promedio de demanda de biológico (Pronóstico) del último mes. En este mes ocurre una nueva demanda y deseamos obtener un nuevo promedio. Es apenas lógico que si la demanda de vacuna de este mes es mayor que el promedio anterior, debemos incrementar nuestro estimado. En igual forma, si la demanda es menor, nuestro nuevo estimado será menor. Aun más si la diferencia es pequeña, nuestro ajuste será pequeño y viceversa.

Podemos adoptar la siguiente regla:

"Para obtener un nuevo estímulo de la demanda promedio, agregar algebraicamente al promedio anterior una fracción

de la diferencia entre ese promedio y la nueva demanda real".

La fracción a la que se refiere esta regla es el coeficiente suavizador (α). Si el nuevo estimado de demanda se corrigiera utilizando el total de la diferencia, se introducirían fluctuaciones y factores ajenos en el inventario. Para eliminar esta posibilidad, sólo un cierto porcentaje (valor de α) de la diferencia se retroalimenta al sistema.

a) Cálculo de Promedios:

De la regla anterior podemos deducir la siguiente ecuación:

$$\text{Nuevo promedio} = \text{promedio anterior} + \alpha (\text{nueva demanda} - \text{promedio anterior}).$$

Matemáticamente, puede verse que el nuevo promedio es la suma de la demanda de los meses pasados, cada una multiplicada por un coeficiente expresado en forma de porcentaje () siendo la suma de estos porcentajes igual a uno.

La ecuación definitiva de suavización exponencial será:

$$\text{Nuevo promedio} = (\text{nueva demanda}) + (1 - \alpha) (\text{promedio anterior}) \quad (7, 10)$$

b) Cálculo de Tendencias:

El nuevo promedio computado estará desfasado si la demanda sigue una tendencia (positiva o negativa). Puede corregirse este desfase a través del cálculo de la magnitud de esta tendencia, utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{Tendencia actual} = \text{nuevo promedio} - \text{promedio anterior}$$

Apesar de que se reflejan fluctuaciones aleatorias en la estimación de la nueva demanda y por lo tanto en la tendencia actual, puede utilizarse la siguiente ecuación para estimar el promedio de estas fluctuaciones:

$$\text{Nueva tendencia} = \alpha (\text{tendencia actual}) + (1 - \alpha) (\text{tendencia anterior})$$

c) Cálculo de Pronóstico:

El pronóstico de demanda se calcula por medio de la siguiente ecuación:

$$\text{Pronóstico de demanda} = \text{nuevo promedio} + \left(\frac{1 - \alpha}{\alpha} \right) (\text{nueva tendencia})$$

d) Medición de Errores:

El método de suavización exponencial incluye un dispositivo de control para determinar en que grado sigue el sistema la tendencia de la demanda y si se esta obteniendo un grado aceptable de eficiencia en la aplicación del inventario.

Se mide el error de pronóstico en términos de "desviación absoluta media".

La desviación absoluta media es una forma más simplificada de calcular la "desviación estándar" de los errores.

Esta desviación estándar es una medida de dispersión de una serie de valores, en este caso de los errores de pronóstico, los cuales suponemos siguen una distribución normal.

Una desviación estándar es igual a 1.25 desviación absoluta media.

Los cálculos son los siguientes:

Error de pronóstico = pronóstico de demanda - demanda real

Nueva desviación absoluta media (sin signo) = (α) error de pronóstico (sin signo) + $(1 - \alpha)$ desviación absoluta media anterior (sin signo)

e) Límites del Modelo de Demanda de Inmunógeno

Es una curva de distribución normal, 3 desviaciones estándar cubren el 99.9% del rango de valores. El equivalente sería de ± 4 desviación absoluta media de los errores de pronósticos.

Para confirmar que nuestro pronóstico de demanda sigue el modelo de demanda de la vacuna o bien que dicho modelo no ha cambiado, hacemos el siguiente cálculo:

Suma algebraica de errores de pronóstico
desviación absoluta media

Si el resultado de esta desviación es mayor de + 4 ó menor de - 4, quiere decir que estamos fuera de los límites preestablecidos y debemos tomar medidas correctivas.

f) Valores del Coeficiente Exponencial

El propósito del método de pronóstico es suavizar la curva de demanda a fin de evitar las fluctuaciones reales, estabilizando así el cálculo de los parámetros del sistema del inventario de los depósitos de inmunógeno. (5)

De acuerdo con esto, el valor de α debe ser bajo, normalmente entre 10 y 15%, es decir, entre 0.10 y 0.15.

Sin embargo, al iniciar un proceso de suavización o después de 1 ó 2 señales, el valor de α es mayor, entre 30 y 50%

A mayor valor de α la respuesta es más rápida, pero la suavización es menor, ya que el porcentaje de los datos históricos de demanda que se utilizan en el cálculo del pronóstico es mayor también.

Una representación gráfica que muestra la contribución de los datos históricos al nuevo promedio, utilizando valores de α de 20 y 50% en forma comparativa.

En el primer caso, los nueve meses más recientes contribuyen en 86.9% al nuevo promedio; y en el segundo caso, solamente las tres demandas históricas más recientes contribuyen prácticamente en el mismo porcentaje (87.5%).

g) Iniciación del Proceso.

Al iniciar el proceso de suavización hay que asumir valores para algunas de las variables.

g.1) Promedio Inicial

Puede usarse el promedio de los últimos tres ó cuatro meses de demanda

g.2) Tendencia Inicial

Puede utilizarse cero

g.3) Desviación absoluta media inicial

Puede utilizarse también un valor inicial de cero

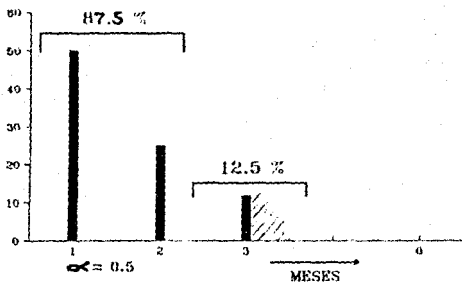
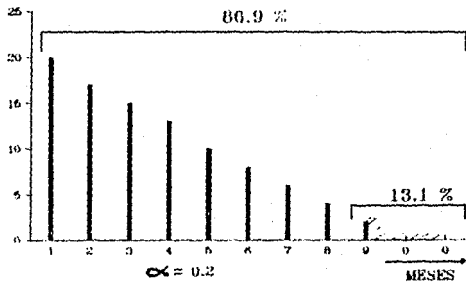
g.4) Coeficiente Suavizador Inicial (α)

Utilizar de 0.3 a 0.5 durante cuatro a seis meses y después reducir a 10 a 15%

g.5) Suavización

Utilizar de preferencia demandas de doce meses. Sino por lo menos 4 ó 5 meses.

CONTRIBUCION DE LOS DATOS HISTORICOS
% DEL NUEVO PROMEDIO



h) Resumen de Formulas y Ejemplos.

A continuación las fórmulas discutidas anteriormente

$$PN = \alpha (DN) + (1 - \alpha) PA$$

$$TA = PN - PA$$

$$TN = \alpha (TA) + (1 - \alpha) TAT$$

$$PR = PN + \frac{1 - \alpha}{\alpha} (TN)$$

PN = Promedio nuevo (Unidades)

α = Coeficiente suavizador (% en forma decimal)

DN = Demanda nueva (Unidades)

PA = Promedio anterior (Unidades)

TA = Tendencia actual (o cambio) (Unidades)

TN = Tendencia nueva (Unidades)

TAT = Tendencia anterior (Unidades)

PR = Pronóstico de demanda (Unidades)

$$|EPR| = PR - DR$$

$$DAMN = \alpha (|EPR|) + (1 - \alpha) DAMA$$

$$\pm 4 \frac{\sum EPR}{DAM} = SERIAL$$

|EPR| = Error absoluto de pronóstico (sin signo)(U)

DR = Demanda real (Unidades)

DAMN = Desviación absoluta media nueva (sin signo)(U)

$\sum EPR$ = Suma algebraica de errores de pronóstico
(con signo) (Unidades)

Ejemplo:

Supongamos que disponemos de seis meses de demanda de vacuna histórica:

Mes X año y	Demanda
Enero	10000 Unidades
Febrero	12000 "

Marzo	12500 Unidades
Abril	14000 "
Mayo	15000 "
Junio	16000 "

$$\text{Promedio inicial} = \frac{10000 + 12000 + 12500}{3} = 11500$$

$$\alpha \text{ Inicial} = 0.4 \text{ (40\%)}$$

$$\text{Tendencia inicial} = 0$$

$$\text{Desviación absoluta media inicial} = 0$$

Febrero

$$\text{PN} = 0.4 \text{ (10000)} + \text{(1 - 0.4) (11500)} = 10900$$

$$\text{TA} = 10900 - 11500 = -600$$

$$\text{TN} = 0.4 \text{ (-600)} + \text{(1 - 0.4) (0)} = -24$$

$$\text{PR} = 10900 + \frac{\text{(1 - 0.4) (-2.4)}}{0.4} = 105.4$$

$$|\text{EPR}| = 105.4 - 12000 = 14.6$$

$$\text{DAMN} = 0.4 \text{ (14.6)} + \text{(1 - 0.4) (0)} = 5.8$$

$$\frac{-14.6}{5.8} = -2.5$$

Marzo

$$\text{PN} = 0.4 \text{ (120)} + \text{(1 - 0.4) (10900)} = 113.4$$

$$\text{TA} = 113.4 - 10900 = 4.4$$

$$\text{TN} = 0.4 \text{ (4.4)} + \text{(1 - 0.4) (-2.4)} = 0.3$$

$$\text{PR} = 113.4 + \frac{\text{(1 - 0.4) (0.3)}}{0.4} = 113.9$$

$$|\text{EPR}| = 113.9 - 12500 = 11.1$$

$$\text{DAMN} = 0.4 \text{ (11.1)} + \text{(1 - 0.4) 5.8} = 7.9$$

$$\frac{\text{(-14.6)} + \text{(11.1)}}{7.9} = \frac{-3.5}{7.9} = -0.4$$

Hasta aquí hemos venido suavizando la curva de demanda de la vacuna utilizando los valores históricos. (2)

Nótese que esta serie de valores acusa una marcada tendencia positiva, la cual es reflejada y perseguida por la tendencia calculada (TN).

Febrero	(- 2.4)
Marzo	(+ 0.3)
Abril	(+ 2.0)
Mayo	(+ 4.7)
Junio	(+ 6.5)

Al igual que el cálculo de promedios (PN)

Se inicia ahora el cálculo de pronósticos de demanda de biológico realmente desconocido. Debe continuarse con el mismo valor de α durante unos seis meses más y después reducirlo a 10 ó 15%.

Julio

$$PN = 0.4 (16000) + (1 - 0.4) 136.1 = 145.7$$

$$TA = 145.7 - 136.1 = 9.6$$

$$TN = 0.4 (9.6) + (1 - 0.4) 6.5 = 3.9$$

$$PR = 145.7 + \frac{(1 - 0.4)}{0.4} 3.9 = 151.6$$

Supongamos que la demanda real de Julio fue de 15500 Unidades, entonces:

$$|EPR| = 151.6 - 15500 = 3.4$$

$$DAMN = 0.4 (3.4) + (1 - 0.4) 13.9 = 9.7$$

$$\frac{(- 51.6) + (- 3.4)}{9.7} = \frac{(- 55.0)}{9.7} = -5.67 \text{ Señal (Mayor 4)}$$

Esto nos indica que estamos fuera de los límites del patrón de demanda de inmunógeno, por lo que necesitamos una respuesta más rápida, a base de aumentar temporalmente el valor de α . Elevamos este a 50%.

Agosto

$$PN = 0.5 (15500) + (1 - 0.5) 145.7 = 150.4$$

$$TA = 150.4 + 145.7 = 4.7$$

$$TN = 0.5 (4.7) + (1 - 0.5) 3.9 = 4.3$$

$$PR = 150.4 + \frac{(1 - 0.5)}{0.5} 4.3 = 154.7$$

Supongamos que la demanda real de inmunógeno en Agosto fue de 16000 Unidades.

$$|EPR| = 154.7 - 16000 = 5.3$$

$$DAMN = \frac{0.5 (5.3) + (1 - 0.5) 9.7}{7.5} = \frac{(-55.0) + (-5.3)}{7.5} = \frac{(-60.3)}{7.5} = 8.0 \text{ Señal}$$

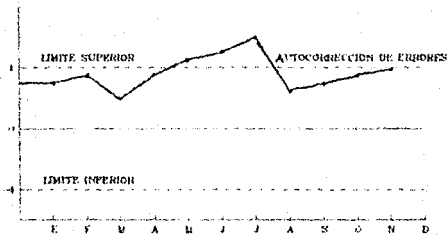
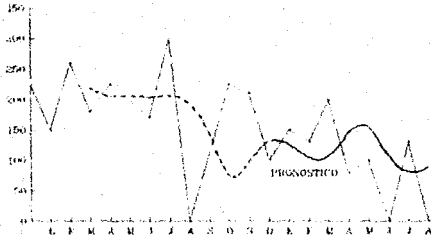
Se continúan así los cálculos hasta que el proceso elimine el desfase entre el pronóstico y la demanda real.

Notese que el error (EPR) va disminuyendo:

Feb; 14.6, Mar; 11.1, Abr; 18.5, May; 16.1, Jun; 3.4
Ago; 5.3.

Esto confirma la característica autocorrectiva de este método.

VENTAS REALES Y PRONOSTICO



En base a los análisis anteriores ahora podemos enfrentar la siguiente situación.

Supongamos que la demanda de la vacuna es de 12000 000 de unidades por año y que para cumplirla colocamos cuatro ordenes de compra trimestralmente de 300 000 unidades cada una (diferente dosis).

Supongamos también, hipotéticamente, que se trata de un caso ideal en donde simultaneamente se termina el inventario y llega el nuevo reaprovisionamiento comprado.

a) El Costo de Pedir, cuyo valor anual es de cuatro veces el costo de cada orden, ya que se colocaron cuatro ordenes de compra en el año.

Sicada orden de compra de biológico nos cuesta \$1500 000 el costo anual por este concepto será de;

$$\$1500\ 000 \times 4 = \$6000\ 000$$

Este costo anual está en función del número de órdenes de compra por año y este número depende a su vez de la cantidad ordenada de vacuna.

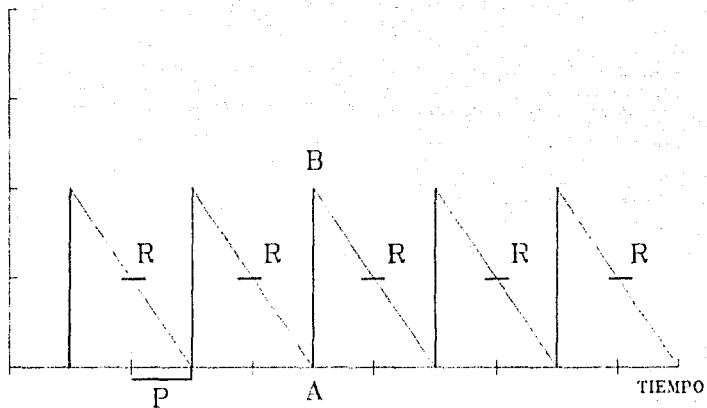
$$\text{N}^{\circ} \text{ de órdenes de compra} = \frac{\text{Demanda anual}}{\text{Cantidad ordenada}}$$

b) Costo de Mantener, cuyo valor anual es el porcentaje computado para este costo multiplicado por el inventario promedio.

El inventario promedio es la suma del inventario inicial más el inventario final, dividido por dos.

En este caso el inventario inicial es cero, ya que el reaprovisionamiento se recibe según se supuso, con inventario de cero. El inventario final es igual a la cantidad recibida.

I
N
V
E
N
T
A
R
I
O



R = PUNTO DE REORDEN
P = PLAZO DE RESURTIDO
AB = LOTE ECONOMICO DE COMPRA

da, en este caso 3000 000 unidades.

Si suponemos que nuestro costo de mantener equivale a 35% y que el costo unitario de la vacuna incluido en este ejemplo es de \$500 por dosis, tenemos;

$$\text{Inventario Promedio} = \frac{0 + 300\ 000}{2} = 150\ 000\ \text{U}$$

$$\text{Costo de mantener} = 1500\ 000\ \text{U en Miles} \times \frac{\$50}{\text{UM}} \\ \times 0.35 = \$ 26250\ 000$$

c) Costo Total; nuestro costo total, bajo estas condiciones, será igual al costo de pedir más el costo de mantener

$$\text{Costo total anual} = 6000\ 000 + 26250\ 000 = \$32250\ 000$$

Si variamos las condiciones, nuestro costo total cambia.

Por ejemplo, supongamos que colocamos solamente dos órdenes de compra por 6000 000 de vacuna cada una.

$$\text{Costo de pedir} = 2 \times 1500\ 000 = 3000\ 000$$

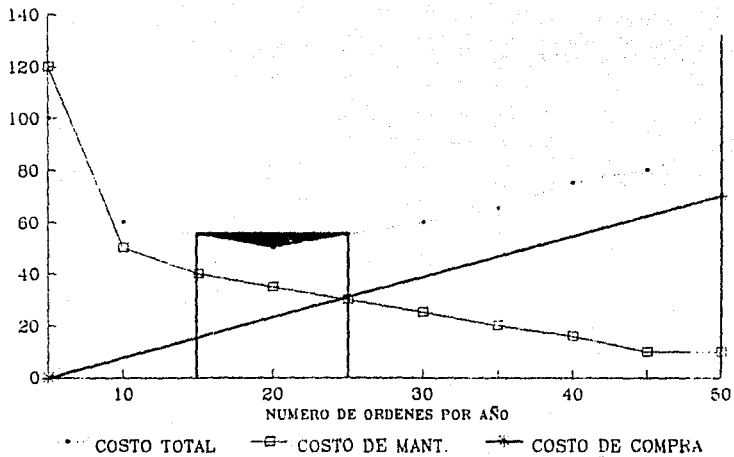
$$\text{Costo de mantener} = \frac{6000\ 000 \times 50 \times 0.35}{2} = \$52500000$$

$$\text{Costo total} = 3000\ 000 + 52500\ 000 = 55500\ 000$$

Menor que en el caso anterior.

Si graficamos estos dos casos y el costo total, obtenemos un juego de curvas en donde advertimos que el costo total mínimo corresponde al punto en el cual el costo de pedir es igual al costo de mantener. (5)

DETERMINACION DEL LOTE ECONOMICO POR COMPRA



De aquí podemos deducir una fórmula que nos de el tamaño de lote de compra que corresponda, para la vacuna, al menor costo total del inventario. A este lote la llamaremos;

"Lote económico de compra"

CP = Costo por orden de compra (\$)

Cm = Costo de mantener

Cu = Costo unitario

LE = Lote económico de compra (U en M)

DA = Demanda anual (U en M)

Q = Cantidad ordenada (U en M)

Ya vimos que:

$$\text{Costo de ordenar o pedir} = \frac{C_p \times DA}{Q}$$

$$\text{Y Costo de mantener} = \frac{C_m \times Q \times C_u}{2}$$

Para que el costo total sea mínimo, es decir, para obtener la optimización económica, igualamos el costo de pedir y el costo de mantener.

$$\frac{C_p \cdot DA}{Q} = \frac{C_m \cdot Q \cdot C_u}{2} ; Q^2 = \sqrt{\frac{C_p \cdot DA \cdot 2}{C_m \cdot C_u}}$$

Aunque aquí ya la Q se convierte en LE, es decir, en el lote económico de compra. Finalmente:

$$LE (U \text{ en } M) = \sqrt{\frac{2 \times C_p (\$) \times DA (U \text{ en } M)}{C_m (\%) \times C_u (\$/U \text{ en } M)}} \quad \text{Formula de Camp.}$$

Esta es la fórmula del lote económico. En la práctica el lote económico debe recalcularse mensualmente, con base en el pronóstico de demanda de las vacunas.

A. Ejemplo:

Datos:

$$DA = 100\ 000\ U\ \text{en}\ M$$

$$C_p = 1500\ 000\ \$/\text{orden}$$

$$C_m = 35\%$$

$$C_u = 20\ \$/\ U\ \text{en}\ M$$

$$LE = \sqrt{\frac{2 \times 1500\ 000 \times 100\ 000}{0.35 \times 20}} = \sqrt{\frac{30\ 000\ 000}{7}}$$
$$= \sqrt{4285714.286} = 2070\ U\ \text{en}\ M$$

La cifra que se obtiene generalmente se redondea, de cualquier forma, en la curva de costo total se tiene una zona de costo mínimo que permite este tipo de fluctuaciones.

B. Consideraciones:

Hay una serie de consideraciones a la formula:

1. La demanda es constante, y será la que corresponda a lo programado.

Aunque no tan fácil nos enfrentamos a una demanda constante, recordemos que el pronóstico de la demanda de vacuna se recalcula mensualmente, por lo que ésto constituye una limitación.

2. El costo unitario es constante, lo que será negociado con los laboratorios
Cuando ocurra un cambio significativo debe recalcularse el lote económico.
3. El costo de mantener es constante
Situación similar al anterior.
4. No hay restricciones de espacio de depósitos de vacuna

En relación a las cantidades programadas

5. No debe haber restricciones financieras

Debe ser así:

- Reducir los lotes económicos. Cuantificar el aumento de costo del sistema del inventario de los depósitos de la vacuna.

- Conseguir dinero prestado.

6. La vacuna comprada se recibe en un sólo envío

7. No se considera el costo de faltantes. (5)

C. Precios Escalonados.

El problema de escala de precios se resuelve con un proceso iterativo, haciendo una serie de cálculos hasta obtener el lote económico.

Supongamos una escala de dos costos unitarios, de acuerdo a la cantidad pedida.

Cantidad	Costo Unitario
1 ----- 499999	\$ 10.00 / U M
500 000 ó más	9.00 / U M

Llamaremos P al punto de quiebre, es decir, a 500 000 U en M y C_{u1} y C_{o2} a los costos unitarios correspondientes. Así mismo, Q_1 y Q_2 a los lotes calculados con C_{u1} y C_{u2} .

El procedimiento es como sigue:

1. Se computa el lote económico utilizando el costo unitario más bajo.

$$Q_2 = \sqrt{\frac{2 C_p \cdot DA}{C_m \cdot C_{u1}}}$$

2. Se compara Q_2 con P, si Q_2 es igual o mayor que P

entonces Q_2 es el lote económico de compra.

Pero si Q_2 es menor que P , se computa Q_1

$$Q_1 = \sqrt{\frac{2 C_p \cdot DA}{C_m \cdot Cu_1}}$$

Se determina el costo total, usando Q_1 y se le suma el valor de los artículos.

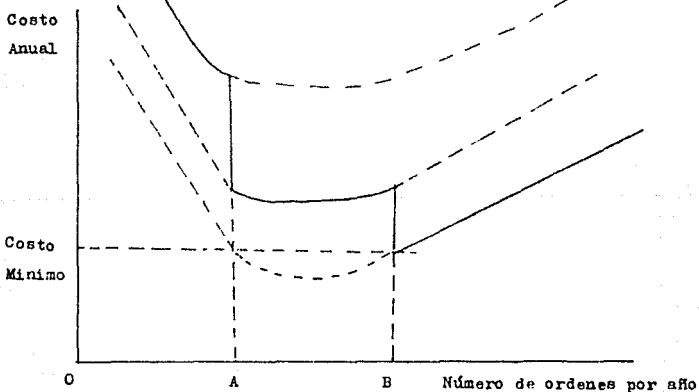
$$\text{Costo total}_1 = \frac{C_p \cdot DA}{Q_1} + \frac{C_m \cdot Q_1 \cdot Cu_1}{2} = Cu_1 \times DA$$

Se determina también en la misma forma usando (P)

$$\text{Costo total}_P = \frac{C_p \cdot DA}{P} + \frac{C_m \cdot P \cdot Cu_2}{2} + Cu_2 \times DA$$

Se compara el costo total (1) con el (P), si el costo total (1) es menor, entonces Q_1 es el lote económico.

Cuando existe más de un punto de quiebre, se procede en la misma forma. (2,5,11)



VI.- CALCULO DEL INVENTARIO DE SEGURIDAD

Calculamos primero una función de servicio.

$$F(S) = \frac{LE(1 - NS)}{(PRE)(DAM)}$$

Donde:

F(S) = Función de servicio (Adimensional)

LE = Lote económico de compra (Unidades)

NS = Nivel de servicio (% en forma decimal)

PRE = Plazo de resurtido (meses)

DAM = Desviación absoluta media (Unidades)

Luego, de una curva, ya convertida en tabla para simplificar su consulta, obtenemos un factor de servicio.

FAS = Factor de Servicio

Finalmente, calculamos el inventario de seguridad por medio de la siguiente fórmula:

$$I.S. = (PRE)(DAM)(FAS)$$

Donde:

I.S. = Inventario de seguridad (Unidades)

Ejemplo: Datos.

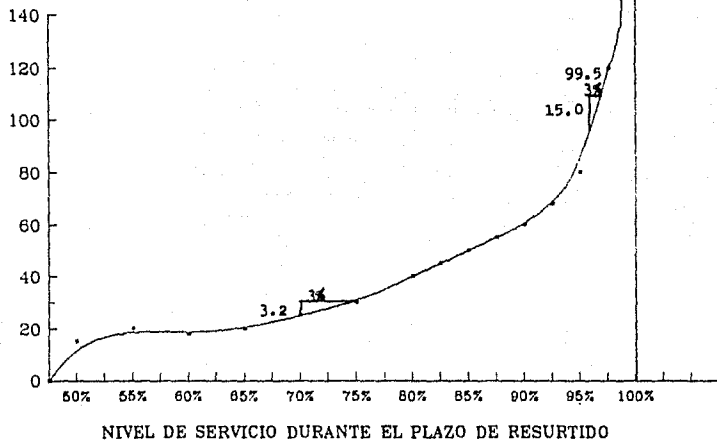
LE = 300 000 U en M

NS = 99% (Establecido por la Unión Regional)

PRE = 2.3 meses DAM = 7000 Unidades

$$F(S) = \frac{300\,000(1 - 0.99)}{2.3 \times 7000} = 0.186335 \quad (11)$$

INFLUENCIA DEL NIVEL DE SERVICIO EN EL INVENTARIO DE SEGURIDAD



De la tabla obtenemos FAS, extrapolando el F (S) de 0.186335 está entre los valores 0.1687 y 0.2304, es decir, el FAS estará entre 0.6 y 0.4

- Se determina la diferencia con el menor valor

$$0.1863 - 0.1687 = 0.0176$$

- Se obtiene el valor del intervalo de F (S)

$$0.2304 - 0.1687 = 0.0617$$

- Se obtiene el valor del intervalo de FAS

$$0.6 - 0.4 = 0.2$$

Con regla de tres calculamos la diferencia

$$\frac{0.2 \times 0.0176}{0.0617} = 0.0571$$

- Se resta el limite

$$0.6 - 0.0571 = 0.54 \text{ (FAS)}$$

Calculamos ahora el inventario de seguridad

$$I.S = 2.3 \times 7000 \times 0.54 = 8694$$

$$I.S = 8694 \text{ Unidades}$$

Puede suceder que el inventario de seguridad salga cero. Esto es el resultado de las magnitudes de los factores de influencia.

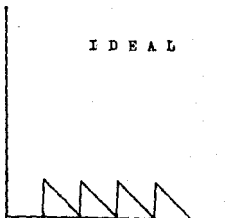
Aquí se despejará la segunda incógnita básica del sistema del inventario, la determinación de la cantidad por pedir.

A. Parámetros.

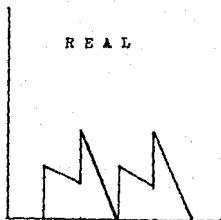
1. Plazo de revisión

Es el que transcurre entre dos revisiones consecutivas de los registros de los depósitos del inventario de vacunas con propósitos de ordenar, una compra del biológico. (11)

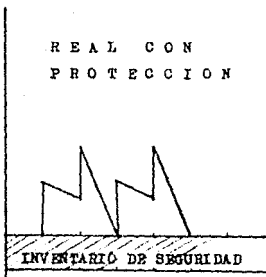
I D E A L



R E A L



R E A L C O N
P R O T E C C I O N



I N V E N T A R I O D E S E G U R I D A D

En el sistema procesado por computador se genera un listado que se utiliza para ordenar el cual también se produce con una frecuencia definida, por ejemplo un mes. Este corresponde al plazo de revisión.

2. Plazo de entrega.

Es el tiempo que transcurre entre la revisión de los registros del inventario y la recepción de las vacunas en el almacén central, ya aprobados y listos para ser distribuidas en el Estado.

3. Plazo de resurtido.

Es la suma del plazo de revisión más el plazo de entrega.

Constituye de hecho, el lapso mínimo de anticipación requerida para ordenar la compra del biológico.

4. Punto de reorden.

Es un valor del inventario, tal que represente el inventario de seguridad más la demanda durante el plazo de resurtido. Utilizamos la siguiente fórmula para calcularlo. (3)

$$P.R.O = IS + (PRS \times D)$$

Donde:

PRO = Punto de reorden (U en M)

IS = Inventario de seguridad (U en M)

PRS = Plazo de resurtido (Meses)

D = Demanda mensual (U en M)

Ya vimos que:

PRS = PRV + PE

PRV = Plazo de revisión (Meses)

PE = Plazo de entrega (Meses)

5. Inventario disponible.

Es la suma del inventario físico más el inventario ordenado.

$$\text{Así pues } ID = IF + IO$$

ID = Inventario disponible (U en M)

IF = " físico (U en M)

IO = " ordenado (U en M)

B. Ejemplo:

Datos:

PRV = 0.5 meses

PE = 2.0 meses

IS = 1000 U en M

D = 3000 U en M / mes

1) Calcular el punto de reorden

$$PRS = 0.5 + 2.0 = 2.5 \text{ meses}$$

$$PRO = 1000 + (3000 \times 2.5) = 8500 \text{ U en M}$$

2) Decidir si se ordena

$$PRO = 8500 \text{ U en M}$$

$$IF = 2300 \text{ U en M}$$

$$IO = 5000 \text{ U en M}$$

$$ID = 2300 + 5000 = 7300 \text{ U en M}$$

El inventario disponible (7300 U en M) es menor que el punto de reorden (8500 U en M), por lo tanto, debe ordenarse.

3) ¿ Cuánto se ordena ?

$$\text{Cantidad a ordenar} = 5000 + (8500 - 7300) = 6200 \text{ U en M}$$

$$\text{Siendo LE} = 5000 \text{ U en M. } (3,5,11)$$

VII.- CONCLUSIONES.

Los programas zoonosanitarios tienen un reflejo directo en el resultado de las operaciones y están íntimamente ligados con la administración de inventarios.

Es evidente, pues, que el adecuado manejo de las existencias no se limita a su recepción, su almacenamiento y su movimiento, sino implica su estrecha vigilancia, adecuada planeación de compras, distribución, consumos, prudente provisión de urgencias, etc., con lo que se logrará un mayor rendimiento.

La administración de inventarios en la cadena fría en un programa zoonosanitario puede ser muy compleja o puede lograrse con sencillas o simples medidas primarias de control. Cualquiera que sea el caso, una guía práctica es un elemento de gran utilidad para identificar los problemas de sobreinversión, las dificultades de fijar puntos o niveles de reorden y tantos otros puntos de control que deben cuidarse para lograr el equilibrio entre control y eficiencia de acuerdo con los objetivos de la campaña contra el Cólera Porcino en el Estado de Guanajuato.

Cabe señalar que los datos y cifras citadas en este trabajo son ficticios, para poderse utilizar en este caso como una simulación para una campaña zoonosanitaria.

BIBLIOGRAFIA

- 1) Butta. E (1987) Administración de Operaciones.
Editorial. Limusa. México.
- 2) Butta. E, Dyer. S, (1983) Ciencias de la Administración e Investigación de Operaciones.
Editorial. Limusa. México.
- 3) Duccing. A. (1989) Conceptos de Epidemiología.
Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y Sistemas.
U.N.A.M. México.
- 4) Gallagher. A. Charles, Hugh. J. Watson. (1980). Metodos Cuantitativos para la Toma de Decisiones en Administración.
Editorial. Mc Graw Hill., U.S.A.
- 5) Kosa. S., (1973) Mathematical and Operations, Research Techniques in Health Administration.
Colorado Associated University Press. U.S.A.
- 6) Leech. F., Sellar. K., (1979) Statistical Epidemiology in Veterinary Science.
Charles Grittin and Company LTD.
London, and High Wycombe.
- 7) Maqueda, A.J.: Algunos errores frecuentes en la vacunación contra el Cólera Porcino y Calendarios de vacunación sugeridos para la Republica Mexicana., Asociación Mexicana de Veterinarios Especialistas en Gerdon. A.C. Morilla, A., Correa, P.

- y Stephano, A. Avances en enfermedades del cerdo. México (1985)
- Morilla, A.J. : Un punto de vista sobre la importancia de inmunización en la Clínica Porci a., Asociación Mexicana de Veterinarios Especialistas en Cerdos, A.C. Morilla, A., Correa, P. y Stephano, A. Avances en enfermedades del cerdo. México (1985).
- 8) Morton, R., Habel R., (1980) Astudy Cuida To Epidemiology and Biostatistics. U.S.A.
- 9) Organización Panamericana de la Salud (Oficina Sanitaria, Oficina Regional de la) Organización Mundial de la Salud. Inmunizaciones: Información para la acción. Publicación Científica No. 472. (1984).
- 10) Schwabe. C., Rieman, H., Frenti. Ch., (1977) Epidemiology in Veterinary. Practice Les and Company LTD. London, and High Wycombe.
- 11) Thiersuf. R., Grosse, R., (1982) Investigación de Opera- ciones. Editorial. Limusa. México.