

189
2Ej



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

EL SISTEMA DE PLANEACION Y CONTROL DE LA PRODUCCION Y SU APLICACION EN LAS EMPRESAS AGROPECUARIAS

TESIS PRESENTADA ANTE LA
DIVISION DE ESTUDIOS PROFESIONALES DE LA
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

PARA LA OBTENCION DEL TITULO DE

MEDICO VETERINARIO Y ZOOTECNISTA

por

JOSE FRANCISCO RIOS RAMIREZ

Asesor M.V.Z. ERNESTO MENDOZA GOMEZ

MEXICO, D. F., 1987



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.

C O N T E N I D O

	<u>Página</u>
RESUMEN	1
I.- INTRODUCCION	3
II.- DESARROLLO	6
III.- DISCUSION	165
IV.- CONCLUSION	166
V.- LITERATURA CITADA	169
VI.- FIGURAS	171
VII.- CUADROS Y ANEXOS	173

I N D I C E

- 1.- EL PROCESO ADMINISTRATIVO EN LA EMPRESA AGROPECUARIA.
 - 1.1.- Importancia del proceso administrativo en las empresas agropecuarias.

- 2.- LOS OBJETIVOS DE EMPRESA.
 - 2.1.- Objetivos generalizados.
 - 2.2.- Objetivos de la dirección de producción.
 - 2.3.- Propósito del sistema PCP.

- 3.- DIAGRAMA DEL PROCESO DE PLANEACION.
 - 3.1.- Propósito del diagrama.
 - 3.2.- Identificación de funciones básicas.

- 4.- IDENTIFICACION DE LOS PUNTOS DE CONTROL EN EL DIAGRAMA DEL PROCESO DE PLANEACION (DPP).
 - 4.1.- Control de puntos básicos.
 - 4.2.- El efecto del mercado, producto, y procesos sobre los elementos de control.

- 5.- INFORMACION PARA LA ELABORACION DEL PCP.
 - 5.1.- Lista de partes.
 - 5.2.- Hoja de procesos.
 - 5.3.- Capacidad de producción de procesos.
 - 5.4.- Restricciones reales en disponibilidad de recursos.

6.- LOS PRONOSTICOS DE DEMANDA.

6.1.- Composición de la demanda.

6.2.- Clasificación de técnicas.

6.3.- Pasos para pronosticar.

7.- EL LOTE ECONOMICO Y LOS CONTROLES DE INVENTARIOS.

7.1.- Modelo básico a minimizar en producción y compra.

7.2.- El lote económico y el lote conveniente.

7.3.- Sistemas de control de inventario.

8.- METODOS DE PROGRAMACION DE PRODUCCION.

8.1.- Métodos matemáticos.

8.2.- Métodos no matemáticos.

8.3.- La fijación de prioridades.

9.- EL PLAN MAESTRO DE PRODUCCION (PMP) COMO PARTE DEL PCP.

9.1.- La función del PMP.

9.2.- Los alcances del PMP.

9.3.- Sus limitantes en el área agropecuaria.

RESUMEN

RIOS RAMIREZ JOSE FRANCISCO. El Sistema Planeación y Control de la Producción y su aplicación en las Empresas Pecuarias (bajo la dirección de: Ernesto Mendoza Gómez).

El motivo por el que se hizo éste trabajo es dar a conocer el Sistema Planeación y Control de la Producción y su aplicación en las Empresas Pecuarias.

Este sistema busca primordialmente el óptimo de los recursos con los que se cuenta.

Parte por principio de establecer la importancia del proceso administrativo en dichas empresas. Posteriormente fija los objetivos de la empresa, así como el diagrama del proceso de planeación. Este diagrama tiene sus puntos de control los cuales se ven afectados por el mercado y el producto.

Para elaborar un sistema PCP es necesaria cierta información; como son la lista de partes, la hoja de procesos, así como fijar las restricciones reales en disponibilidad de recursos.

Los pronósticos de demanda es otro punto de suma importancia dentro del Sistema PCP, pues nos permite conocer de una manera anticipada la demanda de nuestro producto, y esta información ayuda a elaborar el lote económico y a controlar el inventario. Una vez con estos datos se establece el método para programar la producción, que más se ajuste a las necesidades de la empresa, y por último, se elabora el plan maestro de producción, para así alcanzar plenamente los objetivos de producción de la empresa.

Este trabajo tubo como fundamento la recopilación de información en el campo de la producción a nivel industrial, y ha sido adaptada a las necesidades de las empresas pecuarias. Ya que finalmente los animales de - tipo zootécnico los podemos considerar como "máquinas biológicas".

I.- INTRODUCCION.

Hasta hece poco tiempo las empresas agropecuarias venfan ocupando un segundo lugar en el contexto económico del país, sin embargo, las necesidades alimentarias actuales, que se desprenden como resultados del incremento en el índice demográfico, exigen que este tipo de empresas se incorporen de una manera real y eficiente el proceso productivo Nacional, para así satisfacer de manera óptima la demanda de la población en dicho renglón.

Una vez hecho este planteamiento general de las razones que nos obligan a participar decididamente en las empresas agropecuarias como verdaderos productores. Es necesario mencionar las causas que han favorecido el descenso en la producción de las explotaciones agropecuarias.

Se puede decir que los principales factores que influyen o limitan a la producción pecuaria, son de tipo social, económico, político y técnico, en este renglón debemos citar que hasta ahora el Médico Veterinario Zootecnista (MVZ) ha sido relegado a un segundo término en materia de producción pecuaria, cuando que posee los conocimientos médico y zootécnicos -- fundamentales en dicho proceso y es por esto que se hace indispensable su participación en las unidades productivas, considerando que no es siempre el M.V.Z. quien está al frente de las empresas del campo.

Debemos subrayar que es objeto de esta tesis enfocar el problema como resultado de una verdadera falta de conocimiento y especialización en el terreno de la planeación y control de la producción (PCP), por parte -- de quienes están al cargo de dichas empresas.

La planeación es una de las tareas más árduas en toda empresa, es -- contemplar y analizar toda una gama de posibilidades a futuro que se ---

abren a la imaginación de quien planea, y que finalmente el objetivo que persigue es la optimización de los recursos materiales, y humanos con que se cuenta.

Planear y controlar son actividades que forman parte del proceso administrativo, ambas se complementan entre sí y apuntan al logro de los objetivos de la empresa, es decir; que no se puede ejecutar una acción con resultados satisfactorios sin antes haberla planeado, mientras que el control es el apoyo gráfico y dinámico que nos indica que el plan inicial se está ejecutando según lo concebido, así también tiene como función señalarmos los eventos que han fracasado en la persecución de los objetivos de producción previamente establecidos.

Para lograr un verdadero sistema PCP, así como su implantación en la empresa agropecuaria, es necesario apoyarnos en conocimientos de tipo técnico y administrativo; que parten desde la fijación de objetivos, hasta la consumación de un plan maestro de producción, aunque esto implica echar mano de otras áreas del conocimiento como son: las matemáticas, la economía, la ingeniería industrial, la zootécnica, la administración y otros.

No es tarea fácil la implantación de un sistema PCP en las unidades productivas pecuarias, esto es debido a que han venido arrastrando a través del tiempo sistemas rústicos y tradicionales de producción, y con ello un criterio mal cimentado por parte de quienes deciden en dichas unidades. A ello se tiene que sumar que estas personas no están capacitadas ni técnica ni administrativamente, pues en realidad son sólo gente honorable del campo.

Es entonces momento para empezar en forma dinámica y decidida a afrontar tales problemas, y ello debe estar en manos de las nuevas generacio--

nes de M.V.Z., quienes con una mentalidad clara y definida de los problemas productivos den soluciones a través de la implantación de estrategias y técnicas encaminadas a la resolución de los mismos.

En síntesis, este trabajo se propone reunir una serie de elementos - de tipo técnico y administrativo y en su conjunto resaltar la importancia de la adopción de un sistema de planeación y control de la producción pecuaria (PCP), como una forma de resolver los problemas que en el campo de la producción pecuaria sufre nuestro país.

Los objetivos que esta tesis se propone son:

- 1.- Dar a conocer el sistema PCP y su aplicación en las empresas agropecuarias.
- 2.- Dar a conocer técnicas y sistemas que apoyen al productor para hacer eficiente su empresa.
- 3.- Que las explotaciones agropecuarias se les vea como verdaderas empresas.

II.- DESARROLLO

1.- EL PROCESO ADMINISTRATIVO EN LA EMPRESA AGROPECUARIA.

1.1.- Importancia del proceso administrativo en las Empresas -- Agropecuarias.

El inicio de este capítulo se basa en las siguientes preguntas. ¿Será importante la administración como proceso dentro de las empresas agropecuarias?. ¿Es acaso que una parcela que produce alfalfa necesita ser administrada? o ¿Una granja porcina debe fundamentarse con técnicas administrativas?.

La producción pecuaria en nuestro país se ha venido desarrollando como factor de tradición, y por ello se han visto con indiferencia los as-pectos que involucran técnicas modernas de producción, esto con la falsa creencia de que dichas técnicas no son aplicables y que por el contrario vienen a complicar las cuestiones productivas del campo, sin embargo; con todo lo que pudieran argumentar los más experimentados productores en contra de los sistemas de producción, se ha visto que algunos de ellos se empiezan a convencer de la efectividad del proceso administrativo dentro de sus empresas. ¿Qué es el proceso administrativo?; se puede decir de manera general que es el conjunto de técnicas administrativas cuya integra---ción apunta hacia el logro de objetivos de producción, así como a el punto óptimo de los recursos que posee una determinada empresa. Analizare--mos el proceso administrativo en sus partes medulares. (12)

El proceso administrativo comprende las siguientes etapas con sus -- respectivos elementos. (Figura 1.1)

1.1.1.- Planeación.

Sobre este punto giran las cuestiones más importantes de la producción, ya que los elementos que la unifican son claves en todo el proceso en si.

1.1.2.- Previsión.

La palabra preveer significa atender necesidades a futuro y para --
ello es necesario conocer los recursos naturales, humanos y materiales --
con los que se cuenta así también como los recursos financieros. Con --
ello estableceremos el punto de partida hacia las metas de la empresa --
(12).

1.1.3.- Objetivos.

He aquí la palabra que nos impone los retos a afrontar para su perse-
cución y alcance. Los objetivos son las metas a lograr por la empresa en
un determinado lapso de tiempo, estos pueden ser a corto, mediano o largo
plazo.

La fijación de objetivos es una tarea que no resulta sencilla, pues
quién los establece, sea el cuerpo directivo o los gerentes de área, tie-
nen que saber con toda precisión lo que la empresa quiere.

Los objetivos deben ser claros, alcanzables, medibles y reales,
de acuerdo con la situación actual de la unidad productiva. (1,8,10).

1.1.4.- Políticas.

Se refiere al curso que han de tomar las acciones, en la persecución
de los objetivos, dicho de otra manera; la forma en que han de hacerse -
las cosas.

La determinación de las políticas es una herramienta importante para coordinar y controlar las actividades de la planeación, ya que estas fijan los límites dentro de los cuales deben de funcionar ciertas actividades en la empresa, es por ello que las políticas deberán estar cimentadas con amplio criterio por parte de quienes las establecen (4).

1.1.5.- Programas.

Estos se caracterizan porque definen las actividades necesarias en secuencia y tiempo. Los programas no están restringidos a trabajos particulares, estos incluyen desde objetivos hasta subprogramas satélites, tomando en cuenta políticas y procedimientos (4).

1.1.6.- Procedimientos.

Los procedimientos definen exactamente la forma en que ha de realizarse una operación en tiempos y movimientos según lo planeado, incluyendo el personal que lo va a ejecutar.

Los procedimientos persiguen que las actividades sean realizadas de la mejor forma y en el menor tiempo posible, y con ello apoyar al plan de acción previamente establecido (4).

1.1.7.- Presupuestos.

Su función es considerar cuantitativamente el plan inicial así como los beneficios que se conseguirán con este.

Los presupuestos son en si planes cuya importancia es primordial al iniciar un proyecto, ya que gracias a estos podemos conocer anticipadamente los resultados. Los datos numéricos que nos aportan pueden ser pesos, horas hombre, unidades de producción y otras.

A continuación se muestra un esquema del proceso de la planeación y como se integra a cada una de sus partes. (Figura 1.1).

1.1.8.- Ejecución.

La ejecución es la etapa del proceso administrativo que ordena, coordina y desarrolla las actividades propuestas por la planeación, a través de la acción humana.

Para efectuar lo planeado la ejecución obtiene, combina y dirige de manera eficiente los elementos humanos y materiales que posee y necesita la empresa a través de la organización, la integración y la dirección de ellos (10,11,12).

1.1.9.- Organización.

La organización es la forma de combinar las actividades que deben -- realizar los individuos con los elementos apropiados, de manera que sus - acciones sean eficientes. Así pues, la tarea de organizar consiste en poner en correspondencia los elementos productivos humanos, materiales y -- animales que integran la empresa para así desarrollar lo planeado (4).

1.1.10.- Integración.

La integración se encarga de obtener y completar los elementos que - la planeación y la organización señalan como necesarios para el correcto funcionamiento de la empresa. La integración apoya a la ejecución al obtener estos elementos que se necesitan para llevar a cabo de manera efi-- ciente las actividades propuestas (8,12).

1.1.11.- Dirección.

La dirección tiene como función el logro efectivo de todo lo planeado. Una vez combinados y obtenidos todos los elementos necesarios para la ejecución, falta entonces dirigir y vigilar al elemento humano en el desarrollo de las actividades establecidas (8,10,12).

1.1.12.- Control.

El control es la etapa del proceso administrativo que busca asegurar que las actividades se ejecuten con toda precisión de acuerdo a lo planeado.

La evaluación y el control consiste en:

- a) Elaborar registros de las actividades ejecutadas.
- b) Comparar estas actividades ejecutadas con las actividades planeadas.
- c) Conocer así las desviaciones del curso de las acciones y en que grado pueden repercutir en el proceso productivo.
- d) Adoptar medidas que corrijan y eviten las desviaciones futuras para asegurar lo planeado (12).

El control se dirige a asegurar el buen desarrollo de los programas de producción así como el cumplimiento de los presupuestos programados.

2.- LOS OBJETIVOS DE EMPRESA.

2.1.- Objetivos Generalizados.

Es común que en las empresas pecuarias no se manejen objetivos bien definidos en exactitud acerca de la empresa misma, esto es; no existe una filosofía de empresa.

Los objetivos generalizados de las empresas son la esencia de ellas mismas, por lo tanto la unidad productiva girará su existencia en torno a estos. Podríamos decir que estos objetivos para cada empresa, sea productora de leche, de huevo, de porcinos, y otros. Serán los que finalmente la mantendrán presente en el contexto empresarial (1). Estos objetivos serán fijados de acuerdo a los intereses particulares de los productores y entre ellos podemos citar los siguientes:

- Eficiencia Organizacional
- Productividad
- Utilidades
- Crecimiento Organizacional
- Estabilidad Organizacional
- Liderazgo

En cada uno de estos objetivos está implícito la mentalidad y criterio del productor. Una empresa pecuaria puede manejar de uno a tres objetivos generalizados, no es recomendable más de estos, pues de lo contrario se perdería en un mar de filosofías de empresa (1,4,8,10).

2.2.- Objetivos de la Dirección de Producción.

La dirección de producción tiene como objetivo proporcionar productos y servicios. En el caso de las empresas pecuarias se busca satisfacer la función comercial de los alimentos de origen animal en sus diferentes tipos, por ejemplo: producción de leche, producción de huevo, producción de carne de cerdo, de carne de pollo, de miel y otros.

Dentro de los objetivos fijados por la Dirección de Producción, aparte de satisfacer la función comercial es la de producir a bajo costo y calidad del producto (8).

2.3.- Propósito del Sistema P.C.P.

Los propósitos que persigue el sistema Planeación y Control de la -- Producción en las empresas pecuarias, son los siguientes:

- Reducir el capital de trabajo por mantenimiento de inventarios.
- Aprovechar al máximo la utilización de la mano de obra y facilidades.
- Reducir devaluaciones de inventarios por infuncionales.
- Mejorar la información para el control de costos
- Mejorar la coordinación entre el personal para alcanzar los objetivos del negocio.

Estos propósitos se plantean en terminos sencillos, ya que este tipo de industrias maneja uno o dos productos (especies.), es decir; los procesos y su magnitud están en relación al tamaño de la empresa y el número de productos que elabora o termina.

Estos propósitos difieren de una empresa a otra dependiendo de la - experiencia propia de esta en cuanto al mercado y los diferentes productos, sin embargo los propósitos que aquí se enuncian se consideran los -- más importantes y aplicables a este tipo de empresas.

Es importante considerar que los objetivos de la empresa deben ser - conocidos por todo el personal que labora en esta, pues esto da por resultado a que nazca un espíritu de empresa y con ello el esfuerzo conjunto - para lograr las metas fijadas por los planes iniciales (4,8,10).

3.- DIAGRAMA DEL PROCESO DE PLANEACION.

3.1.- Propósito del Diagrama.

El propósito de este diagrama es mostrar de manera gráfica las interrelaciones que existen entre las diferentes áreas de la empresa con el -

área de producción y que en conjunto apoyan al logro de lo planeado. Estos diagramas pueden variar de una empresa a otra dependiendo de sus necesidades, así como de su magnitud y perspectivas. El diagrama que aquí se muestra es el más sencillo y aplicable a las unidades productivas pecuarias (Figura 3.2.).

3.2.- Identificación de Funciones Básicas.

Después de haber identificado el diagrama del proceso de planeación, parece oportuno examinar las funciones básicas que existen en las empresas pecuarias.

- Función de elaboración del producto.

En el caso de estas empresas entendemos que el producto se refiere a la especie o especies que produce la empresa (cerdos, aves, huevo, borregos, leche, bovinos de engorda o los subproductos elaborados por estas.

Las funciones que tienen que ver directamente con la terminación del producto son:

- RECEPCION
- ALMACENAMIENTO
- TRANSPORTE
- PRODUCCION
- EXPEDICION

Los fines principales de estas actividades son:

- a) La función de recepción asume la responsabilidad de hacer llegar la materia prima al interior de la empresa, en este punto se hace indispensable la inspección, para determinar que la cantidad

sean las adecuadas (5).

- b) La función de almacenamiento se responsabiliza de guardar la materia prima hasta que se le necesite para la producción. En las empresas agropecuarias las materias primas pueden ser alimentos envasados o a granel, pasturas, promotores del crecimiento, y tros. El manejo de estos productos o materiales debe de hacerse cuidando de factores como humedad, calor, mosacas, roedores, pues de ello dependen la buena calidad de estos así como su conservación (6,7).
- c) La función de transporte asume la responsabilidad de desplazar todos los tipos de materiales dentro de la empresa. Estos materiales van desde los alimentos hasta los focos, palas, carretillas, y otros. Estos desplazamientos potencialmente significan pérdida o ganancia de tiempo en los procesos productivos, así como en el control de inventarios (5).
- d) La función de producción asume la responsabilidad de transformar la materia prima en un producto acabado, aceptable y económico (cerdos, aves para carne, huevo, miel, leche, y otros).
- e) La función de expedición asume la responsabilidad de preparar el producto terminado listo para salir al mercado. En el caso de las especies animales, serán por lotes de animales terminados y listos para sacarlos al mercado, o los productos de estos.

Por lo tanto puede decirse que las funciones de elaboración del producto tienen la responsabilidad del manejo y la transformación física de las materias primas hasta lograr productos acabados (6,7).

Funciones de Ingeniería Zootécnica.

En este grupo de funciones habremos de incluir las que se ocupan de

los aspectos zootécnicos o disposiciones de la operación de elaboración.

Estas funciones son:

- DISEÑO DEL PRODUCTO
- DISEÑO DEL PROCESO
- DISEÑO DE HERRAMIENTAS
- DISPOSICION DE LAS INSTALACIONES
- CALCULO DE COSTOS
- ESTABLECIMIENTO DE METODOS

Los fines principales de cada una de éstas actividades son:

- 1° La función de diseño del producto, que en caso de las empresas pecuarias, es plasmar en un documento la idea que el productor tiene sobre las características de la especie o especies que va a producir. En este punto es importante el apoyo del M.V.Z., -- pues él mejor que nadie conoce los potenciales de producción en base a las características de las diferentes especies, es decir; el diseño del producto corresponde al fenotipo y genotipo del -- animal que se va a explotar (7).
- 2° Diseño del proceso. Tiene la responsabilidad de crear procesos eficientes para la elaboración del producto.
- 3° Diseño de herramientas. La función del diseño de herramientas -- asume la responsabilidad de traducir las exigencias del producto en un instrumental apropiado para la elaboración en forma efi-- ciente de un producto aceptable; pueden ser herramientas diseña-- das por el Zootécnista, ejemplo; jaulas parideras más funciona-- les, sistemas de calefacción, y otras.
- 4° Disposición de las instalaciones. Se refiere a los proyectos y realización de nuevos edificios e instalaciones con todo el con-

fort que requiere el producto por elaborar, así como la distribución de la planta.

- 5° Cálculo de costos. Estos se ocupan de los costos probables incluidos en la elaboración del producto. Esto es útil en cuanto que podemos obtener un valor estimativo de nuestro producto, así como calcular los costos fijos que poseen estos (2).
- 6° La función de establecimiento de métodos, tiene la responsabilidad de establecer los métodos detallados de trabajo, para las -- operaciones que son necesarias en la elaboración del producto.
- Funciones de control.

En este grupo de funciones habremos de incluir las que se ocupan de controlar la producción, los costos, así como la calidad.

Las funciones principales son:

- CONTROL DE PRODUCCION
- CONTROL DE CALIDAD
- CONTROL DE COSTOS
- CONTROL DE PROCEDIMIENTOS
- INSPECCION

Los fines principales de cada una de las funciones mencionadas son:

- a) Control de producción. Tiene la responsabilidad de establecer - pronósticos, planes de producción, programas de producción, asignación de labores, movimiento de los productos, niveles de existencia, adquisiciones económicas y distribución de productos (7).
- b) Control de calidad, es responsable de establecer y mantener el - necesario control de calidad de materias primas, animales en curso de cebamiento o producción, animales terminados o productos - de estos ya terminados; huevo, leche, lana y otros. Y que éstos

se ajusten a las especificaciones de calidad ya establecidas.

- c) Control de costos, habrá de ser responsable de determinar y dar cuenta de el costo del producto terminado y compararlo con las cantidades asignadas en los presupuestos. Además habrá de determinar y dar cuenta de los costos de todas las operaciones que -- tienen lugar dentro de la empresa (7).
- d) Control de procedimientos, su función es establecer los procedimientos de operación específicos de cada una de las actividades.
- e) La función de inspección cuida de examinar las materias primas -- los animales en curso de crecimiento y producción, así como los animales terminados o los productos de estos. Los resultados de estos exámenes se comunican a la función de elaboración del producto, a la función de M.V.Z. a la función de control y a la función de sostenimiento. Con la suficiente autoridad para detener los procesos productivos si estos no son los adecuados, hasta -- que se vuelva a tener el proceso como se planeo en principio.
- f) Funciones de Sostenimiento.

En este grupo de funciones habremos de incluir las que sostienen las actividades de las funciones mencionadas con anterioridad en cuanto a su misión de dar un producto o subproducto aceptable y vendible, las funciones incluidas son:

- ABASTECIMIENTO O COMPRAS
- VENTAS
- CONSERVACION Y MANTENIMIENTO DE LA EMPRESA
- PERSONAL

Los fines principales de cada una de estas funciones de sosten son -

como sigue:

- a) La función de abastecimiento o compra consiste en adquirir los materiales necesarios, de calidad adecuada y al precio más favorable, así como de asegurar su entrega de acuerdo con las fechas establecidas. Analizará a los proveedores, de tal suerte que se cuente con seguridad en los futuros pedidos (6).
- b) La función de ventas, es responsable de la venta del producto de la empresa, y de conservar las relaciones después de que se han entregado los productos (5).
- c) La sección de conservación y mantenimiento de la empresa, es responsable del mantenimiento y conservación rutinarios del equipo e instalaciones, de la instalación de equipos y servicios nuevos y de la reparación del equipo e instalaciones existentes.
- d) La función de personal es responsable en cuanto a contratar y adiestrar a los empleados y trabajadores, así como de poner fin a sus relaciones con la empresa cuando esta así lo determine.

Debe ver que halla trabajadores de las distintas especialidades, y el número suficiente de estos en el momento que haga falta (6,7).

Estas funciones no abarcan todas las que son propias de las empresas, sin embargo se puede decir que las que se mencionaron son las más importantes y aplicables a las empresas agropecuarias y es necesaria su revisión al aplicar el sistema de planeación y control de la producción (13).

4.- IDENTIFICACION DE LOS PUNTOS DE CONTROL EN EL DIAGRAMA DEL PROCESO DE PLANEACION.

4.1.- Control de puntos básicos.

En el proceso de producción de un determinado producto, que para -- nuestro caso será un animal terminado y listo para el rastro o en su caso subproductos de estos, existen interrelaciones entre los diferentes procesos productivos y fases de estos; sin embargo, el diagrama que engloba dichas etapas contiene una estructura medular de relaciones o dicho de otra manera los puntos básicos en el diagrama del proceso de planeación, sobre los cuales debemos tener un cuidadoso control. Estos puntos básicos a -- los que nos referimos son los siguientes: Pronósticos, Programa Maestro y el Programa de Producción (4).

PRONOSTICO.

Todo pronóstico es un cálculo estimativo del nivel de la demanda de un producto o varios productos, por un período de tiempo futuro, por lo -- tanto todo pronóstico es fundamentalmente una conjetura, pero mediante el empleo de ciertas técnicas puede ser algo más que una simple conjetura. -- Para que los pronósticos tengan más sentido se les debe de hacer en base de las unidades que han de quedar comprendidas en un plan o programa, y -- deben de abarcar un período de tiempo cuando menos tan largo como el período que se necesita para tomar un acuerdo o decisión así como para llevarlo a efecto puede ser por ejemplo, para el mes de abril de 1985 la demanda de carne de res será de 2880 toneladas, o para el mes de diciembre de 1985 se venderán 3000 pavos, así también la demanda de miel para enero de 1986 será de 8000 kilos.

Todas y cualesquiera de las decisiones tomadas para el futuro, se ba

san en alguna especie de pronóstico. Se puede afirmar con toda seguridad que los pronósticos planeados son más valiosos y exactos que los intuitivos (4,5,6).

PROGRAMA MAESTRO.

El plan maestro expresa fundamentalmente los objetivos y metas de -- producción, que se desprenden de la estrategia de la empresa, así como -- las actividades necesarias para cumplirlos señalándolos en el tiempo a -- corto, mediano y largo plazo.

La dirección de la empresa desarrolla prácticamente esta estrategia, aplicandola al plan maestro, mediante la generación y planificación de actividades. Analiza la factibilidad del plan general de producción, determina medios y plazos para alcanzar las metas previstas y establece los objetivos parciales, y los plazos y períodos correspondientes a su cumplimiento.

El programa maestro parte y tiene como fundamento las capacidades -- reales de producción de equipos e instalaciones, recursos humanos y tecnológicos. A su vez refuerzan al plan maestro investigaciones y evaluaciones de los sistemas más avanzados y adecuados al proceso agropecuario, decidiendo las opciones más favorables. De esta manera la preparación del plan maestro es producto de toda la estructura orgánica.

Partiendo del marco estratégico establecido, las metas tienen una base real y concreta desde los diferentes aspectos; técnicos, económicos, financieros, comerciales, y otros.

Finalmente el plan maestro involucra la preparación de diferentes -- programas, que expresan los diversos planes específicos y los períodos de tiempo para su avance y ejecución (4,8).

PROGRAMA DE PRODUCCION.

En este punto es necesario recordar que lo que es un "Diseño de Producto" para otro tipo de empresa, en las empresas pecuarias nos referimos al conjunto de características productivas de los animales a producir, en tonces podemos "Diseñar" nuestro producto en base a estas; ejemplo necesitamos producir un cerdo que a los cinco meses pese 100 kg con una cantidad mínima de grasa dorsal, y carne de buena calidad, asimismo que sea resistente a las condiciones medio ambientales con un elevado índice de conversión y de temperamento dócil.

Este sería un "Diseño" para una empresa porcina.

El diseño del producto especifica qué se va a producir, y el diseño y planeación del proceso especifica cómo se va a producir, por lo tanto - el objetivo inmediato del programa de producción es especificar cuando debe producirse una determinada cantidad del producto tomando como base los pronósticos de ventas y conociendo la capacidad financiera y productiva - (animales, instalaciones, equipo, hombres), es necesario elaborar un programa de producción que cumpla con los requisitos de demanda en una forma económica. Este programa se deberá revisar y corregir conforme el tiempo transcurra adaptandolo a las nuevas necesidades (8).

Los volúmenes de producción especificados en el plan maestro para cada período (semana, mes, trimestre, y otros) serán utilizados para programar la producción en dicho plazo (3).

Estos tres puntos son los pilares y puntos de arranque de toda empresa, y las empresas pecuarias no escapan a este renglón, y que por desgracia ha pasado desapercibido durante mucho tiempo. El control que se tenga sobre estos puntos contribuye a aportar parte del éxito o del fracaso de dichas empresas.

4.2.- El efecto del mercado, producto, y procesos sobre los elementos de control.

Al proyectar una empresa, se deben de considerar al momento de la -- planeación los factores que pueden influir de manera directa o indirecta al desarrollo y expansión de esta; sin embargo entre los innumerables puntos a considerar existen tres que son de suma importancia éstos son: el -- mercado, la naturaleza del producto y los procesos o los pasos sucesivos en la integración del plan global de desarrollo de la empresa (4).

El mercado es el primer factor a contemplar, y a este se le considera en cuanto a su ubicación en relación con la empresa, es decir, el ubicar las empresas cerca de los mercados para sus productos y servicios es de capital importancia; en esto está considerado costo de transporte, movimiento del producto, y otros.

Al hablar del mercado es preciso contar con información con relación a lo siguiente; Predicción de Ventas o Niveles de Demanda Futuros. Se re quiere esta información para planear efectivamente la cantidad que debe -- producirse y cuando debe producirse en el futuro y de este modo programar adecuadamente la producción si se predicen fluctuaciones en la demanda -- (4,5).

El producto que se maneja en las empresas pecuarias generalmente no varía, pues casi siempre está bien definido el tipo de este, que puede -- ser; cerdos para rastro, aves para postura, aves para huevo, miel, leche, lana y otros o inclusive pueden ser empresas de producción mixta, sin embargo el producto siempre será el mismo, en este aspecto se debe contem-- plar los requisitos de calidad, y este renglón podría afectar seriamente los volúmenes a producir.

Los procesos a seguir en el programa de producción pueden influir so

bre los elementos de control en cuanto no sean actuales, es decir; que el responsable de los programas de producción está obligado a estar acorde a los nuevos métodos y procesos de producción con el fin de cada vez lograr una mejor optimización de los recursos humanos, animales y materiales con que cuenta la empresa (3).

5.- INFORMACION PARA LA ELABORACION DE PCP.

5.1.- Lista de Partes.

El objeto de la lista de partes y su función, es mostrar en un documento las partes que integran un producto, así como registrar datos referentes a los niveles generales de producción de dicho producto y la cantidad de materia prima en el invertido, a continuación se muestra una hoja tipo, que como caso pertenece a una empresa porcina (Cuadro 5.2).

5.2.- Hoja de Procesos.

También conocida como diagrama de procesos. Estos son métodos gráficos de describir un trabajo en particular, estos diagramas se emplean para describir un proceso en la forma en que corrientemente se ejecuta (4). A partir del "Diseño" del producto y conociendo por un análisis del mercado y predicciones de venta la cantidad que se debe producir, es necesario decidir la forma en que se va a "Fabricar" el producto. Para facilitar la comparación de los distintos procesos de producción se utiliza una representación gráfica de las actividades y secuencias necesarias para obtener el producto. Esta gráfica es conocida generalmente con el nombre de hoja de procesos o diagrama de procesos (4). Otro elemento importante -- que se maneja en la hoja de procesos es el tiempo destinado a cada opera-

ción específica del proceso, podemos citar por ejemplo, la organización del plan de ordeño para un hato lechero en donde el diseño y acción de la máquina ordeñadora debe satisfacer los siguientes requisitos:

- a) Ordeñar a las vacas rápida y fácilmente con un mínimo de esfuerzo y mano de obra.
- b) Obtener el máximo de leche por vaca
- c) Producir leche de magnífica calidad física química e higiénica.
- d) Mantener la salud de la ubre.

A continuación se muestra la hoja de procesos para la operación de ordeño en una empresa lechera (Cuadro 5.3).

5.3.- Capacidad de Producción de Procesos.

La capacidad de producción de los animales es el factor más importante a considerar en la planeación de las empresas agropecuarias, ya que de este depende por completo que los niveles de producción a alcanzar se logren, sin embargo aún con la importancia que reviste este aspecto ha pasado inadvertido para muchos productores, el hecho de estimar la capacidad de producción de procesos de los animales que como recursos cuenta la empresa.

Cuando se habla de capacidad de producción de procesos lo podemos resumir como las cualidades genotípicas y fenotípicas y que en su conjunto van a determinar el potencial productivo de un animal; por ejemplo la capacidad de producción de procesos de una vaca lechera raza Holstein es de 2160 litros/período productivo o la capacidad de producción de procesos de una cerda reproductora raza York Shire es de 26 lechones al año.

En el momento de estimar la producción de procesos es difícil precisarla si la pretendemos comparar con máquinas industriales, ya que en -

éstas si es posible medir y cuantificar los procesos que involucra la elaboración de un producto. Imaginando a los animales de interés zootécnico para el hombre como "Máquinas Biológicas" podemos afirmar que la capacidad de producción de procesos, son el conjunto de fenómenos fisiológicos que se encaminan a producir una unidad de cualquier producto (leche, huevo, carne, y otros).

Es lógico suponer que dichos animales poseen una capacidad determinada de producción, cuando esta capacidad se expresa en un 100% se habla de la capacidad óptima de producción, situación que generalmente no se da en las empresas pecuarias, y que debe ser considerada en el momento de la elaboración del programa de producción. Ya que se acepta como normal una serie de movimientos necesarios en el proceso de producción, éstos movimientos se pueden clasificar de acuerdo al porcentaje de tiempo invertido en ellos, y de la misma manera será el porcentaje de la pérdida en la capacidad óptima. La siguiente tabla ilustra los porcentajes y los factores que afectan la capacidad óptima (Cuadro 5.4).

Cambio de Herramientas.

El hecho de cambiar el herramental con que se trabaja puede provocar situaciones de stress en los animales, que conlleva a una baja en la producción de estos; por ejemplo, sustituir palas para la limpieza de las instalaciones por agua a presión.

Carga y Descarga de Materiales.

Este punto se refiere a la disminución de la capacidad óptima debido al retardo o ausencia de materiales y materia prima indispensables para el proceso de elaboración de una unidad de producto. Podemos mencionar

como ejemplo, la oportunidad de llegada de los alimentos y el tipo de alimentos adecuados; en el caso de alimentos a granel que la cantidad recibida sea la adecuada según el plan de producción. Otro caso sería la carga y desalojo de desechos orgánicos ya que propician situaciones de contaminación y ello repercute en la baja de capacidad óptima de los animales.

Recesos Personales.

Si bien, es cierto que a los animales se les ha considerado como "máquinas biológicas" no cumplen ese objetivo en cuanto que tienen necesidades fisiológicas que tienen que ser atendidas por el hombre, cualquier receso en este aspecto tendrá que reflejarse en la producción de éstos.

Aquí podemos incluir la mala capacitación de los trabajadores para desempeñar sus funciones. Existen fenómenos productivos fisiológicos que exigen sean atendidos en relación al tiempo y a los movimientos a realizar, como ejemplo la actividad de ordeña cuando se trata de una empresa lechera.

Inspección.

Podemos citar la suspensión de alimentos a los silos para efectuar la limpieza y desinfección de éstos, actividad que si no se planea adecuadamente repercute seriamente afectando la capacidad de producción óptima de los animales, esto se debe a que no se les puede administrar cualquier tipo de alimento, ya que debe ser el específico que llene los requerimientos fisiológicos para determinada etapa productiva. El retener el alimento para la inspección de calidad de éstos es otro factor a considerar en este tipo de tolerancias.

Algunas empresas pecuarias realizan movimientos de ganado con fines

de inspección en cuanto ha estado general de salud, estos movimientos pro vocan situaciones de stress repercutiendo en la producción de éstos, lo mismo ocurre con la inspección de las instalaciones.

Limpieza de "Máquinas"

Lo que equivale en las empresas pecuarias a los descansos mal planeados que les dan a los animales, o por mal estado de salud de éstos.

Todos los factores antes mencionados deben ser considerados en la -- planeación inicial, y así programar sobre la capacidad estandar de producción de procesos de los animales. La diferencia entre la capacidad óptima de los animales y la capacidad standar se le conoce como tolerancia de producción de procesos.

Estas tolerancias se consideran como normales hasta cierto punto, -- pues es tomado como "colchón" de seguridad para alcanzar la producción -- programada, sin embargo es iluso pensar que todas las empresas operan ca culando estas tolerancias, aún mas trabajan con pérdidas de productividad. Las pérdidas de productividad se desprenden de la diferencia entre la capacidad standar y la producción real. Los porcentajes de estas pérdidas y las causas se mencionan a continuación (Cuadro 5.5) (4).

Falla de Equipo.

Es una de las principales causas de ineficiencia en las empresas, es tas fallas se acentúan aún más cuando la empresa cuenta con instalaciones semitecnificadas, estas fallas de equipo pueden tener resultados aún más drásticos, que en otro tipo de industria debido a que aparte de la pér di da de producción la salud de los animales se ve dañada y con esto una pér dida potencial de procesos. Es el caso de una máquina ordeñadora que fa-

lla y con esto una secuencia de fenómenos improductivos e ineficiencia.

Procesos.

Se refiere a procesos productivos en general, cuando estos están mal diseñados en tiempos y movimientos, producen serias ineficiencias a la empresa, por lo tanto al momento del diseño del proceso es necesario verificar cada una de las acciones, y así también en su conjunto, para así planear los volúmenes globales de producción.

Ausentismos.

Es otro factor importante, ya que los animales en cuanto a su manejo dependen del factor humano. Cualquier retraso o ausentismo en la ejecución de una determinada acción, repercute en la producción total de los animales.

Miscelaneos.

Se refiere a situaciones imprevistas y fortuitas que repercuten en la producción de los animales; tales situaciones pueden ser, stress colectiva por varias situaciones, como falta de agua, ruido, y otros, otro caso sería la falta de espacio por exceso de animales, esto cuando los lotes programados a la venta se ven detenidos por una baja en la demanda -- del mercado.

Los ciclos lentos son otro factor de pérdida que provoca insuficiencia y pérdida de la productividad. Estos ciclos lentos aparecen cuando - hay un descuido de las "Máquinas Biológicas" y se pierde el seguimiento - productivo de éstas.

Los animales requieren que sean incorporados a ciclos productivos rápidos y a corto plazo, para ello es necesario determinar este ciclo a tra

vés de registros de producción y de esta manera conocer la velocidad o -- lentitud del ciclo por ejemplo; un ciclo productivo de una cerda es de -- 115 días de gestación, más sesenta días de lactancia, y al octavo día del destete se vuelve a aparear con el semental para iniciar un nuevo ciclo -- que en total de días es de 183. Hay ocasiones en que estos ciclos se pro longan con mucho de lo estimado anteriormente, a esto se le conoce como -- ciclo lento de producción.

Las causas son múltiples y se deberá revisar cada uno de los facto-- res para determinar la falla y corregirla.

5.4.- Restricciones Reales en Disponibilidad de Recursos.

Se puede decir que los principales factores que influyen o limitan -- la producción pecuaria son: Los recursos naturales, el clima, los recur-- sos humanos, el medio social, los recursos financieros, el aspecto econó-- mico, los recursos técnicos y otros, los cuales se tratan a continuación.

Recursos Naturales.

El clima y su relación con la ganadería, es importante considerar -- que la ganadería basa su funcionamiento en el manejo y desarrollo de pro-- cesos biológicos, tanto animales como vegetales y que dichos procesos es-- tán influidos de manera directa por factores del medio ambiente físico.

El clima de una región está determinado principalmente por la inte-- racción de los siguientes factores: temperatura ambiente, humedad atmos-- férica, energía radiante, movimiento del aire (vientos), precipitación -- pluvial, y luz (fotoperíodo).

Todos los factores antes mencionados influyen aisladamente y en con-- junto en la toma de decisiones que se efectúa en cualquier empresa pecua--

ria. El clima influye entre otros muchos factores en los siguientes aspectos: selección de la especie o raza que se va a explotar, diseño y construcción de las instalaciones y equipo, determinación del sistema y programa de alimentación, elaboración del calendario de vacunaciones y desparasitaciones y establecimiento del programa de cruzamientos, nacimientos, ventas, y otros.

La cantidad de agua determina el tipo de explotación (intensivo, extensivo), otro factor que se considera es el tipo de alimentación que se dá a los animales, si es verde disminuye el consumo de agua, si se les administra alimento seco aumentará el consumo de agua. La cantidad de agua que es posible obtener es uno de los factores que señala el tamaño de la empresa.

Suelo.

El tipo y naturaleza del suelo es muy importante para determinar la explotación que se va a implantar. Esto es debido a que la productividad primaria (vegetales) requiere de suelos fértiles y bien drenados, suelos poco fértiles determinan pobreza de elementos minerales en los vegetales, lo que a su vez provoca enfermedades carenciales en los animales, otros factores importantes son la erosión y la topografía; por ejemplo, es frecuente "Explotar" bovinos en suelos de topografía plana de primera calidad; en suelos con pendientes irregulares se aconseja explotar ovinos y caprinos.

Recursos Materiales.

Los recursos materiales de la empresa pecuaria son los bienes que intervienen en la realización de la empresa misma y se clasifican en recur-

sos fijos y circulares (1.2).

Recursos materiales fijos. Son los bienes duraderos que constituyen la inversión fija de la empresa pecuaria; a este grupo pertenecen los terrenos, instalaciones zootécnicas, edificios, cercos, animales reproductores, y otros.

Los recursos materiales circulantes, son los bienes que se requieren para la alimentación del ganado, como son: grano, forrajes (verdes, ensilados, henificados) subproductos industriales, complementos (minerales, vitamínicos, antibióticos, y otros), así como otros bienes entre los que podemos citar, medicamentos, materias primas, herramientas, material de limpieza y otros.

Es muy importante saber cuantos elementos se tienen, de ello depende en parte la dimensión que se dará a la explotación y el tipo de tecnología que se aplicará. Puede decirse en general que el personal que interviene en la ganadería, se divide en dos grandes grupos: El personal técnico y la mano de obra. El personal técnico lo componen las personas que dan asesoría específica en áreas tales como la administrativa y la técnica pecuaria. En la primera intervienen administradores de empresas, economistas y contadores, así como médicos veterinarios especializados en el área. En la segunda participan Médicos Veterinarios Zootécnicos, Ingenieros Zootécnicos, Técnicos de nivel medio, y otros, que en ocasiones también influyen en los aspectos administrativos y que ejercen su acción en la elaboración de programas productivos, y en el asesoramiento medio de la explotación de cualquier rama de la ganadería.

La mano de obra por otro lado es un elemento básico en la industria ganadera, ya que por medio de ella se aplica directamente la tecnología. En este aspecto fundamental es también atender lo relativo a la capacita-

ción que se les proporcione a los trabajadores, la cual en el medio rural es ahora mínima. La mano de obra la aportan: el ganadero, su familia encargados permanentes y personal contratado por actividad.

Recursos Financieros.

Los recursos financieros son el dinero (efectivo, cheques) de que -- dispone la empresa, los documentos (pagaré, facturas) y los bienes conver tibles en efectivo en corto plazo (productos terminados, inventarios).

Fuentes de financiamiento. El financiamiento puede obtenerse de dos fuentes principales: de recursos internos y de recursos externos. Los in ternos son los que poseen el dueño y sus socios; los externos provienen - de créditos (comercial y bancario) y de donativos cuando se trata de ins- tituciones educativas y algunas asociaciones civiles (1,12).

El crédito comercial lo otorgan las casas comerciales, y se otorga - en especie (alimento, semillas, medicamentos y otros). El crédito banca- rio puede darlo la banca oficial y privada, para que éstas instituciones lo otorguen, la empresa debe dar garantías; que pueden ser si se trata de ejidatarios, el proyecto y el futuro producto o la hipoteca de bienes de capital, en el caso de empresas privadas, el crédito debe ser suficiente y oportuno.

Como factor de cambio que es el capital ofrece la posibilidad de ad- quirir todos los bienes necesarios para una empresa pecuaria determinada.

6.- LOS PRONOSTICOS DE DEMANDA.

6.1.- Composición de la Demanda.

Pronosticar la demanda es una actividad fundamental en todo tipo de empresas e industria, las empresas pecuarias no son la excepción, sin embargo la mayoría de estas pasan desapercibido este aspecto.

Predecir o pronosticar es basarse en suposiciones o conjeturas que en el caso de las empresas consiste en calcular cantidades en números o valores que se produzcan y venderán en lo futuro.

La demanda que tienen los productos se ve influenciada por diferentes factores, entre ellos están la predilección o gusto de la gente, la calidad del producto, períodos de ventas. Partiendo de esto los productos se dividen en productos con demanda regular y productos con demanda irregular (7,8).

Las empresas pecuarias manejan productos que por el hecho de ser de primera necesidad obedecen a una demanda constante, y el comportamiento de ésta para cada uno de ellos es semejante, sin embargo, existen productos que se ajustan a algunos patrones de demanda, como son los siguientes: productos que se deben ajustar a períodos de ventas mayores, como es el caso del pavo. Este producto tiene grandes ventas durante la temporada de navidad, con relación a sus pautas de venta durante el resto del año. Cuando es difícil vencer una fluctuación de ventas fijas como esta, suele ser conveniente producir pavos durante el período "flojo" que desemboca en la navidad (8). Esta situación significa un ritmo de producción constante (100 pavos mensuales), la producción de inventarios durante los períodos flojos crea inventarios más grandes que deben ser instalados y financiados.

Otra situación que afecta a los productos pecuarios, es que los programas de producción se interrumpen por causas naturales, por ejemplo -- tiempo de secas, tiempo de lluvias, etc., en donde se frena la cantidad -- de alimento disponible para los animales. Por lo tanto las empresas acumulan grandes cantidades de alimento, para tener suministros durante el -- tiempo de escasez, y nuevamente la situación del financiamiento de grandes inventarios.

Las ventas promocionales es otro recurso para vencer las fluctuaciones. Otra situación que se presenta en las empresas ocurre cuando se -- tienen más pedidos que los que puede surtir debido a la capacidad limitada de las instalaciones, es el caso de un productor de miel con poco número de cajones o un criador de perros de determinada raza. La alternativa es recurrir a las entregas diferidas a los clientes es decir; la entrega es varios meses después de colocado el pedido.

Otra forma de vencer las fluctuaciones, es cambiar la línea o combinar los productos. Una empresa cuya línea es vender pie de cría, bien -- puede tener un programa de cebamiento de cerdos, ya que los requerimientos para ambos productos son similares y ya se tienen. Por otro lado -- también puede tener un programa de producción de conejo (cambiar de línea) de tal manera que cuando la demanda de un producto decline, la del otro -- sea favorable. También el desarrollo de un producto complementario es válido para contrarrestar las fluctuaciones del mercado, sería el caso de -- una empresa que vende pie de cría, y tiene un programa de promoción de in seminación artificial (5,6,7).

Cuando por la dimensión de la empresa no permite lograr ciclos de -- producción completa, es posible recurrir a las subcontrataciones; es decir, que algunas etapas de elaboración, tendrán que hacerse en otra empre

sa, por ejemplo una empresa avícola que da a incubar los huevos, debido a que no tiene la capacidad para tener su propia incubadora.

Estas son las principales situaciones de demanda a las que se puede enfrentar una empresa pecuaria.

6.2.- Clasificación de Técnicas.

Las técnicas usadas en la predicción pueden clasificarse en terminos de las que ayuden a determinar la tendencia, y las designadas a descubrir y predecir los modelos estacionales y los cambios en los ciclos de demanda. Además se requieren técnicas para determinar el error en la predicción. En las tablas siguientes se resumen los diferentes métodos y sus características (Cuadro 6.6, 6.7, 6.8).

6.3.- Pasos para Pronosticar.

En este punto se estudiarán las principales técnicas de pronóstico - así como el procedimiento por pasos para pronosticar.

Regresión por cuadrados mínimos. La técnica de regresión por cuadrados mínimos, está diseñada para ajustarse a una línea recta a través de - un diagrama de dispersión de datos del pasado.

Para explorar la técnica de regresión por cuadrados mínimos según se aplica a la predicción de la tendencia, principiamos con un ejemplo. Supongase que se dispone de los registros de ventas de tres empresas pecuarias productoras de aves para rastro y que estos registros muestran el nivel de ventas en unidades como se muestra en el cuadro 6.9.

CUADRO 6.9
VENTAS ANUALES DE TRES EMPRESAS AVICOLAS
(1000 UNIDADES)

AÑO	EMPRESA ALFA	EMPRESA BETA	EMPRESA GAMA
1	20	15	13
2	20	16	17
3	20	17	16
4	20	18	16
5	20	19	21
6	20	20	20
7	20	21	20
8	20	22	23
9	20	23	25
10	20	24	24
11	20	25	25

Al examinar los registros de ventas del pasado de la empresa Alfa, - parecería razonable predecir 20,000 unidades de ventas para el año 12. Esta predicción está basada en la observación de que durante 11 años las -- ventas siempre han sido de 20,000 unidades.

Al examinar los registros de ventas del pasado en la empresa Beta, - parecería razonable predecir una venta de 26,000 unidades por año. Esta predicción se basa en que durante 11 años las ventas de la empresa Beta - han aumentado al ritmo de 1000 unidades por año como para el año 11 las - ventas fueron de 25,000 unidades, las ventas para el año 12 deben ser de 26,000 unidades (7).

Las predicciones para la empresa Alfa y Beta pueden hacerse intuitivamente con base en los registros de ventas del pasado. La empresa Gama presenta una situación que pide la aplicación de la técnica de regresión

por cuadrados mínimos. Para aproximarse a la comprensión de esta técnica, es necesario entender la ecuación de una línea. Para formular la ecuación de una línea se necesitan dos elementos de información, primero se debe determinar el punto en el cual la línea intercepta el eje Y, y segundo debe determinarse la inclinación de la línea.

La ecuación tradicional de una línea se expresa como sigue:

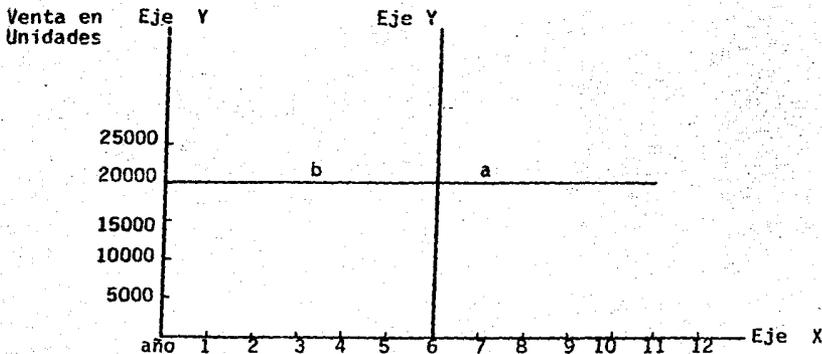
$$Y = a + bX$$

Donde:

- Y = variable dependiente para la cual se hace la predicción
- a = punto de intersección de la línea con el eje Y
- b = la inclinación de la línea expresada como el aumento de unidades de Y para un aumento de una unidad de X
- X = unidades de la variable independiente (2.7)

En la figura 6.3 se muestra la situación de la empresa Alfa.

FIGURA 6.3

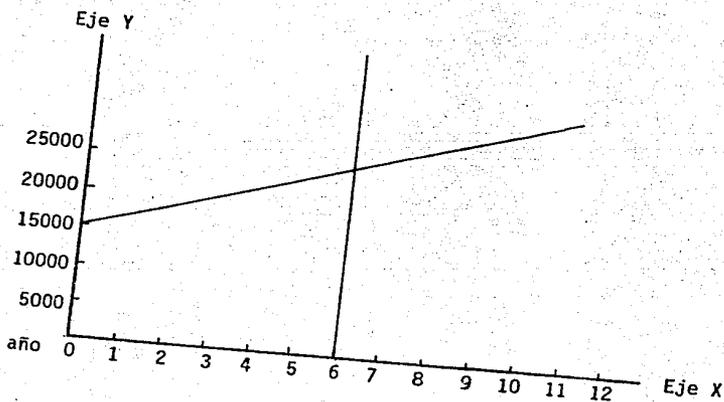


En este caso, la intercepción de Y (a) está en las 20,000 unidades, la inclinación de (b) es cero unidades de ventas (Y) por año (X). Por lo tanto la ecuación de la línea para la empresa Alfa es $Y = 20,000 + 0X$. En palabras esto significa que las ventas han permanecido en 20,000 unidades del año 1 al año 11.

En el caso de la empresa Beta, la intercepción de y se encuentra también en 20,000 unidades. La inclinación es de 1000 unidades por año. Expresado como ecuación, esta situación resulta:

$Y = 20,000 + 1,000 X$. La inclinación se determina con facilidad observando la Figura 6.4.

FIGURA 6.4



y notando que las ventas aumentaron 1000 unidades cada año. O bien, expresando algebraicamente la relación para cada unidad de X, existe un aumento correspondiente de 1000 unidades en Y (2,7).

La técnica de regresión por cuadrados mínimos, se usa para acomodar una línea recta a través de los datos reunidos de manera que las desviaciones de la media aritmética (promedio) sean minimizadas. En el caso de la empresa Beta, todos los valores de las ventas caen en línea recta con una inclinación de 1000 unidades por año. El procedimiento para calcular la línea de regresión por cuadrados mínimos es como sigue:

- 1° Se formula una tabla con los siguientes encabezados de columna:
 - Año, que incluye los años para los cuales se dan los datos
 - X, que es igual a las desviaciones de determinados años, desde el año del punto medio, expresadas como enteros positivos y negativos.
 - Y, valor de las ventas de un año dado expresadas en unidades
 - XY, el producto de multiplicar las desviaciones por los valores para los años dados.
 - X^2 , las desviaciones elevadas al cuadrado.

- 2° Sumar las columnas para obtener la suma de las unidades (ΣY), la suma de las desviaciones por las unidades (ΣxY), la suma de las desviaciones elevadas al cuadrado (ΣX^2) y el número de años (N).

- 3° Se colocan estos valores en las ecuaciones siguientes:

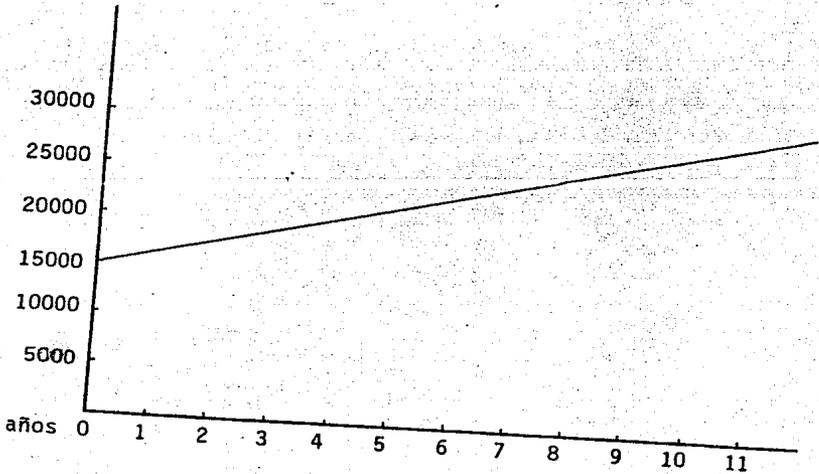
$$a = \Sigma Y/N$$

$$b = \Sigma xY / \Sigma X^2$$

- 4° Usando cualquiera de los dos valores de x , encontrar los valores correspondientes para Y . Trazar estos puntos y luego tirar una recta a través de ellos. Esto proporciona una representación gráfica de la línea de regresión de los cuadrados mínimos. La ecuación de la línea será $Y = a + bX$ (Figura 6.5). Un ejemplo de los cálculos de la línea de regresión de los cuadrados mínimos para la empresa Beta aparece en el cuadro 6.10.

CUADRO 6.10
EMPRESA BETA

AÑO	X	Y	xY	x^2
1	-5	15	-75	25
2	-4	16	-64	16
3	-3	17	-51	9
4	-2	18	-36	4
5	-1	19	-19	1
6	0	20	0	0
7	1	21	21	1
8	2	22	44	4
9	3	23	59	9
10	4	24	96	16
11	5	25	125	25
TOTAL				
N = 11	0	220	110	110

FIGURA 6.5
AÑOS

Los registros de la empresa Gama no proporcionan una línea de tendencia que pueda ser determinada intuitivamente mediante inspección. La técnica de regresión de los cuadrados mínimos, sin embargo, puede emplearse para desarrollar dicha línea. En el cuadro 6.11 aparecen los cálculos para dicha empresa.

CUADRO 6.11
EMPRESA GAMA

AÑO	X	Y	xY	x ²
1	-5	13	-65	25
2	-4	17	-68	16
3	-3	16	-48	9
4	-2	16	-32	4
5	-1	21	-21	1
6	0	20	0	0
7	1	20	20	1
8	2	23	46	4
9	3	25	75	9
10	4	24	96	16
11	5	25	125	25
TOTAL				
N = 11	0	220	128	110

Al colocar estos valores en la ecuación y al desarrollarla nos proporciona el dato de la posible demanda para el año 12.

$$a = \frac{\Sigma Y}{N} = \frac{220}{11} = 20 \text{ ó } 20,000 \text{ Unidades}$$

$$b = \frac{\Sigma (xY)}{x^2} = \frac{128}{110} = 1.163 \text{ ó } 1163 \text{ Unidades}$$

$$Y = a + bx = 20,000 + 1163 (6) \text{ año } 12$$

$$Y = 20,000 + 6978$$

$$Y = 26,978$$

Al usar esta ecuación lineal, la predicción para el año 12 será de - 26,978 unidades. Es aconsejable que cuando los registros de las ventas - fluctuen por arriba de la línea, hacer la predicción que indique que el - año 12 será de aproximadamente de 27,000 unidades (7).

Otra técnica que se usa en los pronósticos de demanda es la de promedios; promedios móviles y promedios móviles ponderados.

Se pueden incorporar los promedios en las técnicas de predicción, y pueden desarrollarse a niveles de detalle menores y mayores para investigar los puntos de giro. El enfoque mas fácil para usar los promedios es calcular la media aritmética de la pasada demanda y usarla para predecir la demanda futura. En un caso así, la suma de los valores se dividiría - entre el número de los períodos de tiempo involucrados. Tomemos como -- ejemplo la historia de las ventas siguiente (6.7).

Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ventas	10	11	12	13	12	13	13	14	14	15	16

Para determinar la media aritmética calcularíamos la suma de las ventas totales durante los 11 años (143) y la dividiríamos entre el número - de años (11) para llegar a la media (13). Aún cuando este método es sencillo y directo, descuida tanto las tendencias como las características - cíclicas de los datos. Claramente existe una tendencia en la historia de ventas anterior y en los últimos cinco años las ventas han ido subiendo - de 14 a 15 y a 16. El promedio de 13 que no toma en cuenta esta tenden-- cia obviamente es demasiado bajo y faltan los últimos desarrollos. Esto indicaría que donde existe la tendencia con inclinación claramente positi va o negativa o donde se encuentran presentes ciclos de magnitud importan-- te, entonces no sería efectivo el simple promedio para la predicción. Sin

embargo, sería suficiente en aquellas situaciones en donde el comportamiento de la demanda sea completamente estable.

Un enfoque para seguir la pista al cambio de la tendencia con el tiempo para minimizar las características aisladas de la media aritmética simple, comprende la utilización de los promedios móviles. Con este enfoque, la demanda se calcula sobre el tiempo, cambiando con la adición de nuevos datos y la omisión de los datos antiguos.

La mecánica para el cálculo de los promedios móviles es completamente directa.

Primero debe seleccionarse la amplitud del período de tiempo que se incluirá en el proceso de promediar. Luego se calcula la media aritmética para ese tiempo. Durante el período de tiempo siguiente, se incluyen los datos mas antiguos al hacer el cálculo de la media. Como ejemplo tomando de los datos anteriores considerense los cinco primeros períodos de tiempo. Para los años del 1 al 5 las ventas son como sigue: 10, 11, 12, 13 y 12. Por lo tanto, la media aritmética es 11.6. Al final del año 6 se dispone de nuevos datos para el cálculo de la nueva media. En ese caso, cuando se usan cinco años, como base del promedio móvil, la última cifra de ventas o sea 13 se agregaría y la cifra de ventas del año 1 (10 unidades) se omitiría de los cálculos. El nuevo promedio sería entonces $(11 + 12 + 13 + 12 + 13)/5$ o sea 12.2. Este ciclo se repetiría con el tiempo, al disponer de nuevas cifras de ventas anuales (6.7).

En situaciones donde la demanda es razonablemente estable, el promedio móvil presenta varias ventajas. Tiene la capacidad de investigación de la cual carece la media aritmética. En tanto el promedio móvil proporciona una predicción que pone mas énfasis sobre los datos actuales que en los datos antiguos, aún tiene ciertas fluctuaciones. Mientras mas perfo-

dos de tiempos se lleven en la base, mas resaltarán éstas bajo condiciones de tendencias crecientes o decrecientes. Por lo tanto un método para lograr el mínimo, esto es disminuir el número de períodos de tiempo.

Si el promedio móvil contiene diez períodos de tiempo, la ponderación que debe darse a cada valor será del 10%. Por otra parte si el número de períodos se redujera a cinco las ponderaciones aumentarían al 20% por períodos. Reduciéndolo más, a tres o dos períodos, las ponderaciones aumentarían considerablemente. La reducción en el número de períodos, aún -- cuando la fluctuación disminuye, aumenta el riesgo de un error importante en la predicción.

La influencia estabilizadora de un gran número de períodos de tiempo es en esencia disminuida. Como esto crea un dilema entre la ineffectividad de las medias fluctuantes y el riesgo de un error mayor de predicción en el uso de las medias. Esta utiliza los promedios móviles ponderados - (7).

Un promedio móvil ponderado es sencillamente un promedio móvil como el descrito con anterioridad, pero con ponderaciones diferenciales aplicadas a determinados períodos de tiempo. Modificando las ponderaciones se puede dar mayor o menor énfasis a los datos recientes. Esta ponderación diferencial proporciona un medio de limitar la fluctuación, llevando aún suficientes períodos de tiempo para mantener un razonable nivel de estabilidad. Como ejemplo de cómo podría aplicarse esto, considérese la diferencia entre los resultados del promedio móvil estándar y los logrados -- con ponderación diferencial. La situación estándar o de ponderación igual es como sigue Cuadro 6.12.

CUADRO 6.12

A Ñ O	DEMANDA	PONDERACION	DEMANDA PONDERADA
7	13	.20	2.6
8	14	.20	2.8
9	14	.20	2.8
10	15	.20	3.0
11	16	.20	3.2

Predicción 14.4

Cambiando la ponderación a un modelo que refleja mayor énfasis en -- los datos recientes, en este ejemplo el promedio se eleva de 14.4 a 14.9 como sigue: Cuadro 6.13

CUADRO 6.13

A Ñ O	DEMANDA	PONDERACION	DEMANDA PONDERADA
7	13	.05	0.65
8	14	.15	2.10
9	14	.20	2.80
10	15	.25	3.75
11	16	.35	5.60

Predicción 14.90

Aún cuando esta modificación de los promedios móviles, usando ponderaciones diferenciales para los períodos de tiempo implicados soluciona algunos problemas, queda un problema serio. Al final de cada período la cantidad de cálculos que se requieren para poner al día las cifras es -- grande. Un enfoque que evita esto, es la técnica de nivelación exponencial ponderada, también llamada ajuste exponencial.

La idea recién presentada con respecto al énfasis en la ponderación en los datos recientes se desarrolla más plenamente en el concepto de la nivelación exponencial ponderada. La nivelación exponencial ponderada -- evita algunos de los problemas asociados con el uso del promedio móvil como técnica de predicción. Se demostró previamente que para mantener la -- estabilidad en una predicción, o para filtrar los efectos de ruidos aleatorios o fluctuaciones en los datos de la demanda por períodos pasados, -- era necesario usar un número bastante grande de períodos de tiempo en el análisis. Aunado al requisito de mantener largos registros de demanda para los renglones del inventario, está la necesidad de que estas cifras -- sean cambiadas con el tiempo, agregando los datos recientes y omitiendo -- los datos más antiguos.

La nivelación exponencial ponderada minimiza este problema usando sólo la cifra de predicción, una demanda real y el factor alfa para los renglones de inventario para los cuales se hace la predicción de la demanda. Si bien este método simplifica mucho el mantenimiento de registros también acelera el cálculo de la predicción lo que representa una ventaja de cierta importancia, aún cuando en estos casos se utilicen computadoras, -- en las cuales cientos de conceptos requieren análisis frecuentes (4,6,7).

Aún cuando la ponderación de un promedio móvil puede ser cambiada aumentando o disminuyendo el número de períodos de tiempo, o asignando pe

Aún cuando esta modificación de los promedios móviles, usando ponderaciones diferenciales para los períodos de tiempo implicados soluciona algunos problemas, queda un problema serio. Al final de cada período la cantidad de cálculos que se requieren para poner al día las cifras es -- grande. Un enfoque que evita esto, es la técnica de nivelación exponencial ponderada, también llamada ajuste exponencial.

La idea recién presentada con respecto al énfasis en la ponderación en los datos recientes se desarrolla más plenamente en el concepto de la nivelación exponencial ponderada. La nivelación exponencial ponderada -- evita algunos de los problemas asociados con el uso del promedio móvil como técnica de predicción. Se demostró previamente que para mantener la -- estabilidad en una predicción, o para filtrar los efectos de ruidos aleatorios o fluctuaciones en los datos de la demanda por períodos pasados, -- era necesario usar un número bastante grande de períodos de tiempo en el análisis. Aunado al requisito de mantener largos registros de demanda para los renglones del inventario, está la necesidad de que estas cifras -- sean cambiadas con el tiempo, agregando los datos recientes y omitiendo -- los datos más antiguos.

La nivelación exponencial ponderada minimiza este problema usando sólo la cifra de predicción, una demanda real y el factor alfa para los renglones de inventario para los cuales se hace la predicción de la demanda. Si bien este método simplifica mucho el mantenimiento de registros también acelera el cálculo de la predicción lo que representa una ventaja de cierta importancia, aún cuando en estos casos se utilicen computadoras, -- en las cuales cientos de conceptos requieren análisis frecuentes (4,6,7).

Aún cuando la ponderación de un promedio móvil puede ser cambiada aumentando o disminuyendo el número de períodos de tiempo, o asignando pe

sos en forma arbitraria, estos métodos de cambiar los modelos de ponderación son tediosos para ser manejados computacionalmente. La nivelación exponencial ponderada proporciona un solo factor de ponderación, el alfa que puede ser manipulado con facilidad y que en la mayoría de los casos, sirve también como otros modelos de ponderación seleccionados. El concepto básico de la nivelación exponencial ponderada es que se debe -- ajustar una predicción, para el siguiente período de tiempo, teniendo presente la diferencia entre la predicción para el último período y la demanda real del último período. Por ejemplo, si la demanda real del último período excedió a la predicción para ese período, entonces la nueva predicción deberá reflejar esto y ser un tanto mayor que la anterior.

La cuestión es cuanto más . Aquí es donde entra el factor alfa. Se trata de una ponderación seleccionada por la administración, que indica -- que porcentaje de la diferencia entre la demanda real del último período y la predicción anterior debe agregarse a esta pero que quede al día para el siguiente período. En cierto sentido es un factor que moderniza la -- predicción a la luz de lo que ha sucedido más recientemente a la demanda real. Poniendo estos conceptos en forma de ecuación, tenemos lo siguiente:

$$\text{NUEVA PREDICCIÓN} = \text{PREDICCIÓN ANTERIOR} + \text{ALFA} \\ (\text{DEMANDA REAL} - \text{PREDICCIÓN ANTERIOR})$$

Por ejemplo, si la predicción anterior fué de 100 unidades, la demanda real fué de 120 unidades y el factor alfa es de 0.10, o sea, el 10% entonces la nueva predicción sería de 102 unidades como sigue:

$$\text{NUEVA PREDICCIÓN} = 100 + .10 (120-100) = 102$$

Un factor alfa puede tener un valor entre 0 y 1.0. El cero se excluye porque no indicaría ningún cambio en la predicción original con el -- tiempo; una alfa de 1 se excluye porque daría como resultado el 100% de -- ponderación de la diferencia y rendiría una predicción equivalente a la -- demanda actual, perdiendo así sus características niveladoras (4,7,8).

El impacto de la diferencia entre la demanda real y la previsión anterior puede ponderarse muy ligeramente como al 0.01, 0.05 ó 0.10 (1%, 5% ó 10%) o muy marcadamente, como al 0.30, 0.40 ó 0.50 (30%, 40%, 50%), o -- cualquiera otra ponderación deseada. Debido a las características de generación de la supuesta influencia de los datos de la demanda para periodos pasados, inherentes a la nivelación exponencial, una gama de elección práctica, se encuentra entre 0.05 y 0.30.

El uso de un factor alfa elevado, tal como 0.30 da como resultado -- una ponderación demasiado fuerte para la diferencia entre la demanda real y la predicción anterior. Un factor así proporciona una respuesta más rápida a los cambios de la actual demanda con el tiempo que un factor alfa más bajo. La supuesta influencia de los datos anteriores también disminuye con rapidez.

El uso de un factor alfa más bajo, como de 0.10 presta sólo una ponderación moderada a la diferencia, proporciona una mayor estabilidad en -- las predicciones con el tiempo, y la supuesta influencia de los datos anteriores se prolonga sobre un período mayor (7,8).

Comparado con los promedios móviles resulta claro que la elección -- del factor alfa afecta a la ponderación de los datos actuales sobre los -- datos anteriores.

Los factores alfa altos son comparables a un promedio móvil en período de tiempo muy corto y los factores alfa elevados reflejan ponderacio-

nes similares a las obtenidas en periodos de tiempo más prolongados. El cuadro 6.14 refleja el factor alfa en comparación con el número de meses requeridos en un promedio móvil equivalente. Estos valores están calculados por la siguiente ecuación.

$$\text{ALFA} = 2/(n-1).$$

CUADRO 6.14

VALORES DEL FACTOR ALFA QUE CORRESPONDEN A PERIODOS DE TIEMPO SELECCIONADOS EN UN PROMEDIO MOVIL.

NUMERO DE MESES PARA UN PROMEDIO MOVIL	FACTOR ALFA
3	0.500
4	0.400
5	0.333
6	0.286
7	0.250
8	0.222
9	0.200
12	0.154
18	0.105
24	0.080
36	0.054
48	0.041

En forma similar, el cuadro 6.15 refleja el número correspondiente - de meses en un promedio móvil como valores seleccionados del factor alfa. Estos datos están basados en la ecuación:

$$N = (2 - \text{ALFA})/\text{ALFA}$$

CUADRO 6.15

NUMERO DE PERIODOS DE TIEMPO EN UN PROMEDIO MOVIL CORRESPONDIENTE A FACTORES ALFA SELECCIONADOS

FACTOR ALFA	NUMERO DE MESES EN EL PROMEDIO MOVIL
0.01	199.0
0.05	39.0
0.10	19.0
0.15	12.0
0.20	9.0
0.25	7.0
0.30	5.7
0.35	4.7
0.40	4.0
0.45	3.4
0.50	3.0

Hasta este punto, hemos examinado modelos útiles para la predicción de la demanda para elementos con formas de demanda razonablemente estables y formas de demanda tendenciosa. El modelo de demanda cíclica en particular la asociada con la temporalidad, requiere un enfoque modificado. - Una de las técnicas útiles en este caso es usar índices de demanda para cada mes del año. Por supuesto que puede haber casos de demanda semanal en cada mes. En tales casos podría aplicarse la técnica usando una semana como periodo de tiempo para desarrollar predicciones cíclicas útiles - (4,7).

Como punto de partida, se examinan los modelos de las ventas mensuales por dos o más años anteriores. Con base en estos datos, se pueden -- calcular las cifras de las ventas promedio para cada mes, minimizando el ruido en la demanda histórica. Sobre la base de las cifras del promedio de ventas se pueden hacer proyecciones para periodos de tiempo futuro. Un método para hacer tales proyecciones es usar la razón de la demanda acumulativa de un mes en particular para la demanda anual y aplicar esto al mo delo de la demanda actual.

Las cifras de la demanda mensual muestran una marcada temporalidad, suben en los meses de verano, llegando a la cresta en agosto. Para formu lar las predicciones para los meses futuros, se suman estas cifras de la demanda mensual acumuladas por meses y luego se calcula una razón de de-- manda acumulada para la demanda anual, para cada mes. Multiplicando la - demanda actual de cualquier mes dado por el cociente de la razón del mes futuro y dividiendola entre la razón del mes correspondiente a aquel para el cual se dispone de datos actuales, se genera una predicción para el -- mes futuro en términos de unidades acumuladas en ese punto en el tiempo.

En términos generales, la idea que está detrás de este método, es -- que la temporalidad reflejará un modelo particular de demanda acumulada - de año a año. Conociendo la demanda actual de un mes dado, resulta posi-- ble proyectar la demanda para los meses futuros y para el año, basada en el conocimiento de la forma en que está corriendo la demanda de este año comparada con el modelo de la demanda de otros. Un ejemplo aclarará este concepto (2,4,8).

Si el modelo de la demanda promedio está reflejado en la tabla anterior y se han reunido datos hasta el mes de marzo (primer trimestre), entonces es posible calcular las demandas que se esperan para la porción --

restante del año. Por ejemplo si se requiere una predicción para el mes siguiente, abril, entonces la razón para abril se dividiría entre la razón de marzo ($0.21/0.12$) dando un factor de 1.75. Entonces, este factor se multiplicaría por la demanda acumulada corriente de marzo, digamos 36 unidades, un aumento de 6 unidades sobre el promedio de 30 al final del primer trimestre. El producto de la demanda acumulada a la fecha, y el factor calculado anteriormente ($36 \text{ unidades} \times 1.75$) darían una predicción de 63 unidades acumuladas para el año al final de abril, o una predicción para abril de la diferencia, 27 unidades entre la predicción acumulada al final de abril y la acumulada real al final de marzo (2.7).

Utilizando este concepto sobre un espacio más largo de tiempo, se podría predecir la demanda para finales de junio dividiendo la razón de junio entre la razón de marzo ($0.42/0.12$) y multiplicando el factor resultante (3.5) por la demanda real acumulada de marzo (36) para llegar a la predicción de una demanda acumulada de 126 unidades al final de junio.

Este enfoque es una analogía matemática del enfoque típico que podría usar un hombre de empresa si subjetivamente se dijera a si mismo: "Conociendo la forma en que la demanda sube y baja con regularidad durante el año, conociendo cuando está en su parte más alta y teniendo ante mi resultados reales al final del primer trimestre, haré la predicción de que la demanda para los meses futuros y para todo el año, seguirá una pauta similar; y ajustaré la pauta ascendente un poco, basado en el aumento real de la demanda del primer trimestre de este año en comparación con el mismo periodo del año anterior".

Otro método de predecir la demanda de temporada para determinados meses, se basa en la aplicación de la razón de la demanda de un mes dado a la demanda promedio, multiplicandola por la predicción de la demanda men-

sual promedio para el próximo año. De los datos de la siguiente tabla se puede ver que debe calcularse la demanda promedio partiendo de la demanda del año pasado (o promediarla para varios años para minimizar interferencias, en cuyo caso también debe promediarse los datos de la demanda mensual). Dividiendo la cifra de la demanda de cada mes entre el promedio, se puede obtener un factor cada mes para ver el porcentaje que refleja cada mes de la demanda promedio. Este enfoque proporciona ponderaciones -- que reflejan la temporalidad inherente en los datos que pueden ser aplicados al promedio asociado con una nueva predicción adicional para llegar a las predicciones mensuales (4,7,8).

CUADRO 6.16

M E S	DEMANDA DEL AÑO ANTERIOR	DEMANDA PROMEDIO	DEMANDA/FACTOR \bar{X}	DEMANDA \bar{X} DE ESTE AÑO	PREDICCIÓN MENSUAL
Enero	5	20	0.25	28	7
Febrero	10	20	0.50	28	14
Marzo	15	20	0.75	28	21
Abril	20	20	1.00	28	28
Mayo	20	20	1.00	28	28
Junio	30	20	1.50	28	42
Julio	40	20	2.00	28	56
Agosto	50	20	2.50	28	70
Septiembre	20	20	1.00	28	28
Octubre	15	20	0.75	28	21
Noviembre	10	20	0.50	28	14
Diciembre	5	20	0.25	28	7
TOTAL AÑO ANTERIOR = 240				TOTAL ESPERADO ESTE AÑO = 336	

En el caso del cuadro 6.16 el promedio de la demanda del año anterior fue de 240/12, o sea 20. Se supone que una predicción adicional para el año siguiente proporcionaría una demanda anual de 336. Dividiendo 336 entre 12 meses, la demanda mensual promedio supuesta para el año próximo parece ser de 28 unidades, esta suposición rendiría un modelo de demanda estable con inclinación (7,8).

7.- EL LOTE ECONOMICO Y LOS CONTROLES DE INVENTARIO.

7.1.- Modelo Básico mínimo en Producción y Compra.

En este capítulo nos centraremos en dos decisiones fundamentales que deberán tomarse cuando se pongan en operación tales sistemas de planeación y control: 1) Que tanto debe producirse de cada producto en el siguiente período de planeación, así como cuando debe producirse y el sistema más adecuado para el control de inventarios (5,6,7).

Uno de los objetivos del M.V.Z. es producir en un tamaño de lotes -- que hagan mínimos los costos. Por experiencias se sabe que producir en poca cantidad cuesta más por unidad que producir mucho. Partiendo de este conocimiento de los antecedentes los Zootécnicos llegan a la conclusión que deben producir el mayor lote posible. Sin embargo, esto conduce a problemas. Aún cuando los costos totales descienden cuando aumenta la cantidad elaborada, los costos totales aumentan una vez que se ha llegado a un punto mínimo.

La verdadera cuestión a la que se enfrenta el Médico Veterinario especializado en producción es que debe lograr un lote de producción ni demasiado grande ni demasiado pequeño, sino bucar el que sea correcto en --

términos de la minimización de los costos de producción. Para determinar cual debe ser el tamaño óptimo del lote de producción, se pueden usar -- ciertas fórmulas, que nos proporcionan la cantidad que representa el total de los costos mínimos de incremento, en donde el costo del incremento es la suma de los costos que lleva el inventario y los costos de los ajustes.

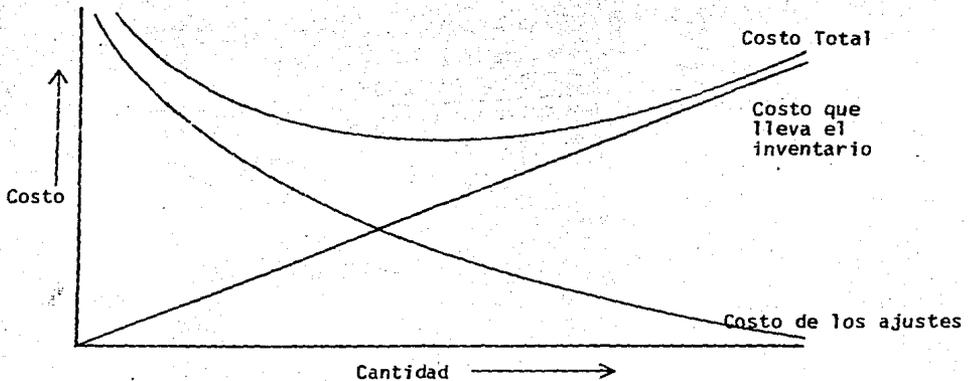
Los costos que lleva el inventario incluyen muchos elementos: intereses, impuestos, obsolescencia, deterioro, mermas, seguro, almacenamiento, manejo y depreciación. Además existen ciertos costos asociados con las fluctuaciones de la producción y los costos de oportunidad. En términos generales es cierto que ha medida que aumenta la cantidad producida, los costos que lleva el inventario aumentan en total (6,7).

Otro tipo de costo que afecta al tamaño del lote óptimo de producción es el costo de los ajustes. El costo del ajuste incluye los costos de preparar un animal o un proceso de producción para que pueda emplearse en la elaboración de un producto. Como los costos de los ajustes son normalmente fijos para un trabajo determinado, mientras más unidades puedan producirse una vez que se ha hecho el ajuste, menores serán los costos -- por unidad. O, para decirlo en otra forma, cuando la cantidad aumenta, -- disminuyen los costos de ajuste por unidad, en una relación curvilínea.

De manera más concreta, cuando la cantidad producida aumenta, los -- costos que lleva el inventario aumentan en total y los costos de los ajustes disminuyen en total. Si los costos incrementados totales se definen como la suma de los costos que lleva el inventario y los costos de los -- ajustes, existirá una curva en forma de "U" que representa los costos totales del inventario. La cifra de los costos totales de incremento; se -- considera como costo incrementado, ya que el costo de los materiales y de

la mano de obra implicados en la elaboración de un producto, no están incluidos puesto que se supone que son fijos por unidad. Estas relaciones pueden describirse como se muestra en la Figura 7.6.

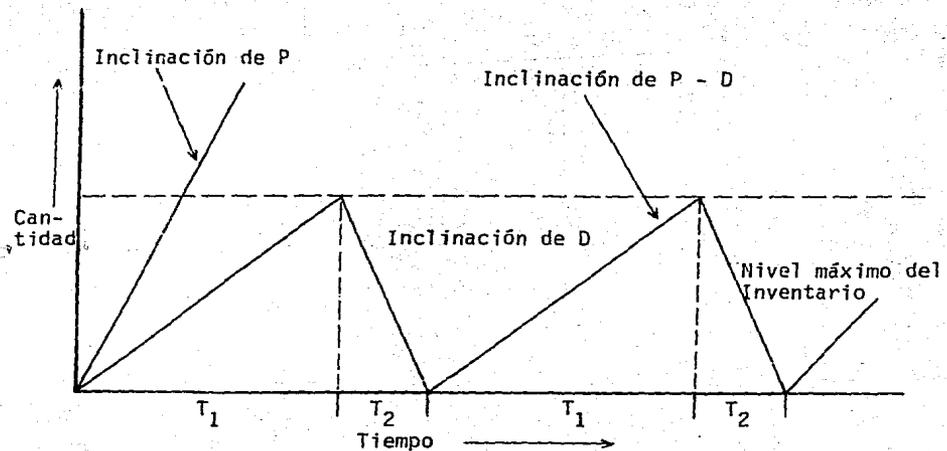
FIGURA 7.6



En una operación de producción dada, por lo general se producen los productos en lotes de determinado tamaño en un periodo de tiempo, al final del cual se detiene la producción, solo para reanudarse en un punto posterior cuando el inventario de estos productos se reduce. En pocas palabras, si suponemos que los productos no van a ser comprados por los clientes a un ritmo de demanda "D" y que son producidos en un volumen "P" mayor que el ritmo de la demanda, existirá una acumulación gradual del inventario del producto hasta que alcance un máximo predeterminado (5,000 -

ton. de carne de res, 3 millones de unidades de huevo, etc.). En este punto, se detendrá la producción, hasta que el ritmo de demanda haga que el inventario de los productos disminuya hasta un punto determinado luego principiará nuevamente la producción y se repetirá el ciclo. Esta situación se muestra en la Figura 7.7.

FIGURA 7.7



En esta figura se puede observar las características siguientes. Primero, los productos (leche, carne, huevo y otros) son producidos en un período de tiempo T_1 . Segundo el ritmo de producción "P" es mayor que la demanda "D". Tercero, aún cuando los productos son producidos durante el período de tiempo T_1 , también existe demanda de ellos durante este período, de manera que la contribución neta al inventario está expresada por un ritmo "P" - "D", que es el ritmo de la producción menos el efecto de disminución causado por la demanda. Cuarto, los productos no son produci

dos durante el período T_2 , pero se retiran del inventario para satisfacer la demanda al ritmo de demanda "D".

Para determinar el tamaño óptimo del lote de producción en esta situación, se puede usar la siguiente fórmula:

$$Q = \sqrt{\frac{2RS}{C} \left(\frac{P}{P-D} \right)}$$

Esta fórmula se deriva por cálculo diferencial, de la fórmula del -- costo incremental total, que es como sigue:

$$E = \frac{R}{Q} S + \left(\frac{Q}{2} C \right) \left(\frac{P-D}{P} \right)$$

Donde:

- E = Costo incremental en pesos
- Q = Tamaño óptimo del lote de producción en unidades
- R = Las necesidades anuales en unidades
- S = Los costos de ajuste por ajuste
- C = Costos que lleva el inventario por unidad por año
- P = Volúmen de producción
- D = Volúmen de la demanda

Para ilustrar la forma en que pueden usarse estas fórmulas, determinaremos el tamaño óptimo del lote de producción usando los datos siguientes (4,6,7,8).

- R = 1000 unidades por año
- S = \$ 20 por ajuste
- C = \$ 0.16 por unidad por año

P = 2000 unidades por año

D = 1000 unidades por año

luego aplicando la fórmula tenemos:

$$\begin{aligned}
 Q &= \sqrt{\left(\frac{2RS}{C}\right) \left(\frac{P}{P-D}\right)} \\
 &= \sqrt{\left(\frac{2 \times 1000 \times 20}{0.16}\right) \left(\frac{2000}{2000-1000}\right)} \\
 &= \sqrt{500,000} \\
 &= 707 \text{ unidades}
 \end{aligned}$$

Por otra parte la función de compras es una de las más importantes - en cualquier empresa. La habilidad de comprar para obtener los materia- les, equipo, servicios y suministros de calidad adecuados; en las cantida des correctas, a precios justos y en el momento oportuno es la clave para el éxito en muchas empresas. La principal razón para esto es que las ero gaciones mayores que hacen la mayoría de las empresas son por conceptos - de materiales, equipos, servicios y suministros. Si se pueden minimizar estos costos resultarán mayores utilidades. Otra razón es que los mate- riales, equipo, servicios y suministros que se compran determinan, en alto grado, la calidad de los productos terminados que se elaboran (carne, le- che, miel, etc.).

Uno de los objetivos del área de compras es obtener las cantidades - correctas de artículos para que la producción no se interrumpa y, sin em- bargo se mantengan a un mínimo los gastos del inventario. Una técnica --

útil para alcanzar este objetivo es el concepto de la cantidad económica del pedido o modelo básico a minimizar en compra, punto que se analizará mas adelante.

Otro objetivo de las compras es obtener artículos de la calidad apropiada. Para alcanzar este objetivo el productor debe seleccionar artículos que sean de calidad bastante elevada para cubrir las especificaciones y en este caso los requerimientos de los animales en sus distintas fases de producción; pero no tan elevada, que excedan los requerimientos y, en consecuencia sean de elevado precio (1,2).

La obtención de artículos a bajo costo y consistentes con materiales que se necesitan así como sus características.

En cuanto al área de contabilidad es evidente que se relaciona en cada operación de compra y presupuestos.

Es importante recordar que al hacer una operación de compra se sigue un procedimiento que en breve se muestra:

El primer paso en el procedimiento de compra es el recibo de las requisiciones de compra. Estas son solicitudes hechas por el personal de producción que indican (1) que es lo que se necesita (2) cuantas unidades se necesitan (3) cuando deben estar estos artículos disponibles para producción y (4) quién hace la requisición (6,7).

El segundo paso es el análisis de las posibles fuentes de abastecimiento (se aconseja tener un archivo de proveedores). Los proveedores -- que están calificados para surtir el pedido son notificados.

El tercer paso es el análisis de las cotizaciones del proveedor. Se revisan las cotizaciones en términos de precios, descuentos y fechas de embarque y de entrega. Además, también se considera la solvencia del proveedor.

El cuarto paso es la colocación de la orden de compra. La orden de compra es un contrato obligatorio si es aceptado por el proveedor. La orden de compra debe contener descripciones de los artículos que se piden, precios unitarios, extensiones de estos precios cantidades pedidas, descuentos, condiciones de pago, instrucciones para el embarque, fecha del pedido, fecha de entrega. No de orden de la copia y la firma del responsable de la compra.

El quinto paso implica el seguimiento del pedido, esto se puede comprobar si se está obteniendo un progreso satisfactorio para cumplir la orden.

El sexto paso es el recibo de los artículos. Al ser recibidos los artículos son revisados en cuanto a las especificaciones del pedido.

El paso final implica la terminación de los registros. Los requisitos de la calidad es otro objetivo. En otras palabras, el énfasis está en obtener mayor valor por la cantidad de dinero erogada.

Otro objetivo; proveer la entrega de los artículos a tiempo para su uso, de manera que las fases de producción no se encuentren carentes de ellos y, al mismo tiempo, no se acumulen demasiado los inventarios de tales artículos.

Todos los objetivos antes mencionados constituyen la función básica del área de compras.

El aconsejable que en las empresas pecuarias alguna persona se encarga de las adquisiciones, esto es, entre otras actividades tendrá que informar sobre nuevos materiales, equipos, servicios y suministros, para ser analizados y tomar decisiones.

Por otro lado el área de compras y adquisiciones guarda una estrecha relación con otras áreas, en empresas pecuarias de grandes dimensiones in

cluso se han formado departamentos bien organizados para realizar su función. Analizaremos la relación que existe entre el área de adquisiciones con las demás áreas (4,6).

La relación de adquisiciones y producción requiere el cambio de información de necesidades del área de producción. Para una producción efectiva, las necesidades deben cubrirse a tiempo, de manera que los programas de producción no se demoren. Además, la calidad de los artículos que se proporcionen debe ser la adecuada para que el área de producción no se quede sin suministros.

También se relaciona con el área de mercadotecnia en cuanto a las funciones de esta como son: procesar requisiciones, seleccionar a los proveedores, formular las ordenes de compra y hacer que los artículos sean entregados a la empresa, también esta área proporciona información sobre los materiales usados por los competidores y sus resultados.

Se relaciona con el área de Ingeniería Zootécnica, ya que es la responsable en cuanto a la especie que se va a producir. Por lo general el Médico Veterinario Zootecnista indicará cuales son los artículos registrados en los inventarios, la operación de la compra se registra como terminada y se envía el pago al proveedor.

7.2.- El Lote Económico y el Lote Conveniente.

Uno de los objetivos del M.V.Z. especialista en producción pecuaria es comprar materiales en lotes de un tamaño que minimicen los costos. Por experiencia se sabe que la compra de unos cuantos artículos por lo general cuesta más por unidad que la compra de muchos. Con este conocimiento

de fondo, algunos productores llegan a la conclusión de que siempre deben tratar de comprar los mayores lotes posibles. Sin embargo, el hacerlo -- así conduce a problemas. Después de alcanzar determinado costo mínimo -- por unidad, los costos comienzan a elevarse a medida que aumente el tamaño del lote. La verdadera cuestión a que se enfrenta el productor es la de cual es el tamaño del lote que no sea ni demasiado grande ni demasiado pequeño, sino que sea el correcto en términos de la minimización de costos. Un método para determinar la cantidad económica del pedido o tamaño económico del lote se puede formular como sigue:

$$Q = \sqrt{\frac{2RS}{C}} \quad E = \frac{R}{2} C + \frac{R}{Q} S$$

Donde: E = Incremento en el costo en pesos en la compra anual de un lote de un tamaño dado.

Q = Cantidad en el tamaño del lote.

C = Costo a que se lleva en el inventario anualmente, incluyendo seguro, impuestos e intereses (costo unitario al que se lleva en el inventario).

R = Requisitos en unidades por año.

S = Costos de adquisición por pedido.

La ecuación para E, puesta en palabras, sería como sigue:

El incremento en el costo del lote Q = Inventario promedio X costo unitario al que se lleva en el inventario + número de pedidos que se requieren X costo de adquisición por pedido.

La ecuación para Q está derivada de la ecuación para E mediante la aplicación del cálculo diferencial.

$$E = \frac{Q}{2} C + \frac{R}{Q} S$$

$$\frac{dE}{dQ} = \frac{C}{2} - \frac{R}{Q^2} S$$

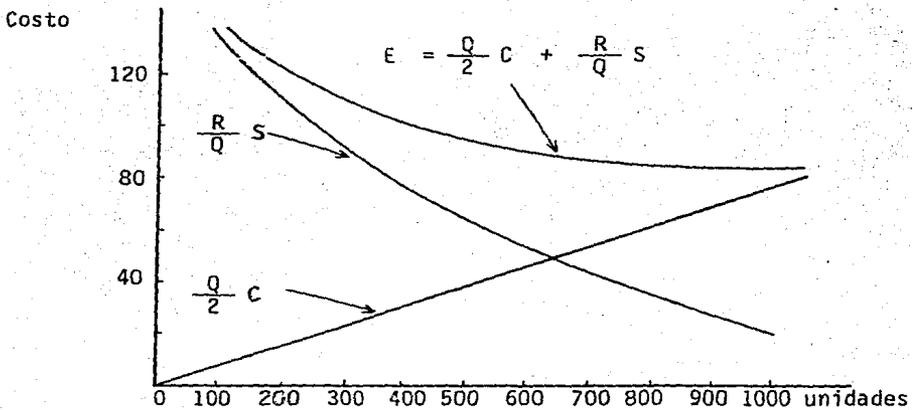
$$\frac{d^2 E}{d^2 Q} > 0$$

$$\frac{C}{2} - \frac{R}{Q^2} S = 0$$

$$Q = \sqrt{\frac{2 R S}{C}}$$

Graficamente el problema aparece como se representa en la Figura 7.8.

FIGURA 7.8



Relaciones de la cantidad Económica del Pedido.

Esta figura describe tres líneas que representan las relaciones de costo-cantidad. La línea recta representa el costo al que se lleva en el inventario. Este costo representa el interés sobre la inversión en el inventario, seguro sobre el inventario, impuestos y otros costos por transportes. Obsérvese que a medida que las cantidades aumentan, también se eleva el costo al que se lleva el inventario en una proporción constante. Podemos considerar el costo a que se lleva el inventario para un tamaño de lote dado como el inventario promedio ($Q/2$) multiplicado por la proporción constante C .

Los costos del pedido por cantidades dadas, están representados en la línea curva inferior. Los costos del pedido disminuirán a medida que aumenten las cantidades en el tamaño del lote, porque habrá menos pedidos en el año con mayores tamaños de lote. En la ecuación R/Q se da el número de pedidos que se requieren en el año. Tomando el número de pedidos multiplicado por el costo por pedido se obtendrá el costo total de los pedidos en cualquier cantidad y tamaño de lote dados.

La línea curva superior en la figura representa la combinación del costo a que se lleva el inventario y los costos del pedido a volúmenes dados. El objetivo de un productor es pedir cantidades en el punto en donde los costos están al mínimo. Ese punto estará en la parte inferior de la curva combinada de los costos, en donde la inclinación es cero.

Un ejemplo proporcionará un marco de trabajo para comprender la aplicación de esta técnica. Supongase que el costo unitario que se lleva en el inventario es de \$0.16, las necesidades anuales son de 1000 unidades, y los costos del pedido son de \$20 por pedido. Los valores se calculan como sigue (7).

$$\begin{aligned}
 Q &= \sqrt{\frac{2RS}{C}} & E &= \frac{Q}{2}C + \frac{R}{Q}S \\
 &= \sqrt{\frac{2 \times 1000 \times \$20}{\$16}} & &= \frac{500}{2} \times \$.16 + \frac{1000}{500} \times \$20 \\
 &= \sqrt{250,000} & &= 250 \times \$.16 + 2 \times \$20 \\
 &= 500 \text{ unidades} & &= \$40 + \$40 \\
 & & &= \$80
 \end{aligned}$$

El valor para Q (500 unidades) representa la cantidad económica del pedido. Si los productos se piden en lotes con un tamaño de 500 unidades los costos que se llevan en el inventario y de colocación de pedidos serán minimizados. Este costo mínimo es de \$80 en este ejemplo. Si el Médico Veterinario especialista en producción pide lotes de tamaño mayor o menor de 500 unidades, aumentará el costo total E.

Por ejemplo, si se fueran a pedir tamaños de lote de 600 unidades en vez de 500 unidades, los costos en el inventario aumentarían de \$40.00 a 48.00. Aún cuando los costos por pedido se reducirían de \$40.00 a \$33.34, el costo total (\$48.00 + \$33.34) de \$81.34 sería mayor que el costo de \$80.00, asociado con el pedido de lotes de tamaño de 500 unidades. Los cálculos implicados en encontrar el costo total en un lote de tamaño de 600 unidades, se dan a continuación (7).

$$E = \frac{600}{2} \times \$.16 + \frac{1000}{600} \times \$20$$

$$= \$48.00 + 33.34$$

$$= \$81.34$$

Por otra parte, si fuera a pedir lotes de 400 unidades en vez de 500 unidades, sus costos de inventarios caerían de \$40.00 a \$32.00. Sus costos de pedido aumentarían de \$40.00 a \$50.00. Sus costos totales (\$32.00 + \$50.00) de \$82.00 serían mayores que el costo de \$80.00, de cuando pedía 500 unidades. Los cálculos para el costo total para un lote de 400 - unidades, se proporcionan a continuación (7).

$$E \frac{400}{2} \times \$.16 + \frac{1000}{400} \times \$20$$

$$= \$32.00 + \$50.00$$

$$= \$82.00$$

Así en problemas de producción en los cuales están comprendidas funciones curvilíneas, tales como la determinación de la cantidad económica del pedido, resulta una decisión óptima cuando se encuentra un determinado punto de la curva. Liquidar por más o por menos que esta respuesta, - conducirá a decisiones no óptimas. Puede resultar en costos más elevados, utilidades más bajas, o un funcionamiento más malo en términos de una u - otra medida de efectividad.

7.3.- Sistemas de Control de Inventarios.

Para la mayoría de las empresas, la inversión en el inventario representa una suma importante. Como esta inversión es tan grande, las prácticas administrativas que den como resultado ahorros en un pequeño porcentaje de los valores del inventario total, representan grandes ahorros en dinero (1,11).

El control del inventario es importante para la producción de varias maneras. Primero, el inventario debe ser lo bastante grande para equilibrar la línea de producción; esto es, todas las "maquinas biológicas" deben operar, o se busca que operen a iguales volúmenes de producción. Segundo, los inventarios de materias primas, productos semiterminados y productos terminados absorben la holgura cuando fluctúan las ventas o los volúmenes de producción. Tercero los inventarios tienden a proporcionar un flujo constante de producción, lo que facilita la programación y finalmente, el control del inventario conduce a producir y comprar en lotes de tamaño económico. Estos tamaños económicos de los lotes representan la cantidad óptima que se debe producir para minimizar los costos.

Existen varios objetivos en el control del inventario. En ocasiones tienen que hacerse ciertas concesiones al intentar alcanzar estos objetivos, ya que el alcanzarlos todos a la vez no es posible. Los objetivos del control de inventarios son:

- 1.- Minimizar la inversión en el inventario.
- 2.- Minimizar los costos de almacenamiento.
- 3.- Minimizar las pérdidas por daños, obsolescencia y por artículos perecederos.
- 4.- Mantener un inventario suficiente para que la producción no ca

resca de materias primas, partes y suministros.

- 5.- Mantener un transporte eficiente de los inventarios, incluyendo las funciones de despacho y recibo.
- 6.- Mantener un sistema eficiente de información del inventario.
- 7.- Proporcionar informes sobre el valor del inventario a contabilidad.
- 8.- Hacer predicciones sobre las necesidades del inventario (7,8).

Existen varias condiciones que impiden el logro de estos objetivos. Mas bien, que representar problemas que puedan ser solucionados, estas -- condiciones siempre están presentes y tienden a frustrar el control efectivo del inventario.

Entre las principales condiciones están, el constante cambio en la relación oferta demanda, la incapacidad de algunos proveedores para cumplir con sus compromisos, otra situación es los cambios repentinos en los programas de producción por escases de insumos y agotamiento de inventarios, también el hecho de producir grandes lotes conduce al bloqueo del control de inventarios.

Por otro lado para utilizar las técnicas analíticas, en el control del inventario, es necesario determinar los factores de costo. Estos factores de costo no son siempre fáciles de determinar, pero es necesario entenderlos y tenerlos presentes en el momento de desarrollar algunas técnicas de control de la producción. Los factores de costo que se consideran son los siguientes (1,2).

- 1.- Costos de adquisición.
- 2.- Costos propios del inventario.
- 3.- Costos de las fluctuaciones.
- 4.- Costos de oportunidad.

1.- Costos de adquisición. Los costos típicos asociados con la adquisición de materiales incluyen los costos de hacer las requisiciones, - del análisis y selección de los proveedores, de redactar las ordenes de - compra, del seguimiento de las ordenes, del recibo de los materiales, de su inspección, de su almacenamiento, de poner al día los registros del inventario.

Estos costos por lo general son fijos. Es cierto que un pedido grande puede requerir más tiempo y costar más que un pedido más pequeño, pero el aumento en el costo de adquisición es pequeño. Esta situación hace -- que la persona responsable de la administración del inventario coloque -- los menores pedidos posibles. Por ejemplo si el costo de adquisición para cualquier artículo dado (medicinas, focos, alimento, y otros) es de -- \$20.00, si las necesidades anuales son de 1000 unidades y si se conside--ran dos posibles cantidades de pedido por ejemplo 200 unidades y 500 unidades (5 pedidos de 200 unidades y 2 pedidos de 500 unidades), resultarán los siguientes costos de adquisición (2,6,7).

$$\text{Costo de adquisición} = \frac{R}{Q} S$$

Donde R = Necesidades anuales.

Q = Tamaño del lote de la cantidad pedida.

S = Costo de adquisición por pedido.

$$\frac{R}{Q} = \text{Número de pedidos por año.}$$

Con un pedido de 200 unidades

$$\text{Costo de adquisición} = \frac{1000}{200} \times 20 = \$100$$

Con un pedido de 500 unidades

$$\text{Costo de adquisición} = \frac{1000}{500} \times 20 = \$40$$

Un resumen de las relaciones de costo para este ejemplo a intervalo de lotes de tamaño de 100 unidades, se da en el cuadro 7.17.

CUADRO 7.17

R Necesidades	Q Tam. del Lote	R/Q Num. de Pedidos	R/Q X S Costos de Adquisición.
1000	100	10,000	\$200.00
1000	200	5,000	100.00
1000	300	3,333	66.67
1000	400	2,500	50.00
1000	500	2,000	40.00
1000	600	1,667	33.33
1000	700	1,429	28.58
1000	800	1,250	25.00
1000	900	1,111	22.22
1000	1000	1,000	20.00

La tabla anterior ilustra que a medida que crece el tamaño del lote disminuye el número de pedidos, si se supone un nivel constante de necesidades. En consecuencia, los costos de adquisición disminuirán con el aumento en el tamaño del lote.

Costos propios del inventario. Los costos propios del inventario incluyen cierto número de conceptos: costos por intereses impuestos, obsolescencia, deterioración, mermas, seguros, almacenamiento, manejo y depreciación. El costo de los intereses está asociado con la inversión que debe hacerse en el inventario. Por lo tanto, el "interés" sobre los inven-

tarios financiados internamente representa el costo de oportunidad de no haber podido usar los fondos en otra parte. Desde el punto de vista del control del inventario, mientras mayor sea el inventario promedio, más dinero se requerirá y, en consecuencia, más alto será el costo por interés (6,7).

El costo de los impuestos también está incluido entre los costos propios del inventario y una forma de reducir impuestos sobre los inventarios es mantener estos lo más bajo posible.

La obsolescencia, el deterioro y las mermas representan otros costos que se llevan con relación a los inventarios. Todos ellos representan riesgos que aumentan cuando los inventarios son grandes y que disminuyen cuando los inventarios son pequeños. La obsolescencia representa una pérdida en el valor de un producto debido a que ha disminuido o ha cesado la demanda por él. Este costo se presenta raramente en las empresas pecuarias debido a que todos sus productos, por ser de primera necesidad no tienen oportunidad de ser obsoletos (7).

El deterioro representa una pérdida en el valor de los inventarios que ocurre al transcurrir el tiempo, esto prevalece mucho en las empresas pecuarias, ya que la mayoría de estos productos son perecederos, ejemplo, leche, carne, etcetera.

Las mermas son un factor que refleja disminuciones no planeadas de unidades en inventarios. Esto por lo general toma la forma de robo y latrocinio de los trabajadores.

Los costos de seguro representan primas de seguro pagadas sobre las pólizas que cubre pérdidas resultantes de incendios, robos, inundaciones y otras calamidades, y por lo tanto el costo del seguro está afectado por el tamaño del inventario. Si los inventarios promedios son reducidos, el

costo del seguro que cubre a los inventarios será minimizado (7).

Un factor muy importante que afecta a los costos propios del inventario es el costo de almacenamiento. Este costo incluye depreciación de los edificios, e impuestos sobre la propiedad intereses sobre la inversión. También incluyen costos de operaciones tales como calefacción, luz y mantenimiento. Si se llevan grandes inventarios y se construyen nuevos almacenes o bodegas para almacenado los costos de almacenamiento adquieren mucha importancia. Por otra parte, si el almacenamiento de inventarios puede hacerse en instalaciones de la empresa que en la actualidad están ociosas, entonces se disminuyen estos costos de almacenamiento. Como regla general mientras más pequeño sea el inventario, menor será el costo de almacenamiento.

Los costos por manejo están estrechamente relacionados con los costos de almacenamiento, ya que implica mover los insumos al almacén y fuera de él cuando se reciben y distribuyen para la producción. Los costos por manejo también incluyen mover los insumos en el almacén o bodega cuando se hace necesario arreglarlos. El principio sobre manejo de materiales es que mientras más grande sea la unidad de carga, menor será el costo de transporte por unidad. Por esta razón, en ocasiones es aconsejable hacer los pedidos en tamaños de lotes grandes y mover los materiales en tamaños de lotes grandes. Esta situación se invierte en algunos casos, cuando las instalaciones de almacenamiento resultan sobrecargadas y la gran congestión de los materiales en el inventario crean graves y costosos problemas de manejo (6,7).

La depreciación es el último de los costos propios del inventario que procederemos a examinar. Los costos por depreciación representan disminuciones en el valor de los productos y materiales al pasar el tiempo.

Si estamos tratando con inventarios de equipo, mientras más grandes tienden a ser los inventarios, mayores serán los costos de depreciación a -- ellos asociados. Por ejemplo una empresa que distribuye productos pecuarios puede tener un inventario demasiado grande de equipos de ordeña mecánica, así; cuando sale un modelo nuevo de equipos de ordeña, sufrirá algunas pérdidas debido a la depreciación y a la obsolescencia del modelo anterior.

Los costos por depreciación también afectan a los inventarios en -- otra forma. Las operaciones de las empresas pecuarias, comprenden edificios y equipo que se deprecia. Planeando y controlando inteligentemente los inventarios, es posible proporcionar operaciones uniformes de producción, que utilicen estos edificios y equipo a su capacidad o cerca de -- ella, continuarán depreciándose al transcurrir el tiempo, pero no habrá -- una contribución a los gastos indirectos de utilidades que resultarían si se mantuviera la producción a toda su capacidad o cerca de ella.

Los conceptos de costos propios del inventario por intereses, impuestos, obsolescencia, deterioros, mermas, seguros, y almacenamiento, todos tienen una cosa en común en términos de la administración del inventario; todos estos costos disminuyen cuando disminuye el tamaño del promedio del inventario. La depreciación y los costos por manejo reflejan la misma situación en algunos casos. Si suponemos que los costos son una función lineal de la cantidad, pueden desarrollarse las relaciones siguientes entre la cantidad y los costos que lleva el inventario (4,6,8).

$$\text{Costo propio del inventario} = \frac{Q}{2} C$$

Donde: Q = Tamaño del lote de la cantidad pedida.

C = Costo propio del inventario por unidad por año.

Q/2 = Inventario promedio.

Como ilustración de estas relaciones, supondremos que la cantidad en el lote de tamaño (Q) varía de 100 a 1000 unidades, y que los costos que lleva el inventario por unidad por año (C) es de \$0.16.

CUADRO 7.18

TAMAÑO DEL LOTE	INV. PROMEDIO	COSTOS QUE LLEVA EL INV.
100	50	\$ 8.00
200	100	16.00
300	150	24.00
400	200	32.00
500	250	40.00
600	300	48.00
700	350	56.00
800	400	64.00
900	450	72.00
1000	500	80.00

El cuadro 7.18 indica que el costo propio del inventario disminuye - el tamaño del inventario promedio. Esto normalmente nos llevaría a la conclusión de que deberíamos llevar inventarios promedio pequeños. Sin embargo, el análisis de los costos de adquisición indican que estos costos disminuyen mientras menos pedidos se coloquen por año. El seguir esta línea de pensamiento nos conducirá a creer que no debemos hacer pedidos con frecuencia. No obstante, esto nos llevaría a inventarios mayores. En resumen, cuando aumenta la cantidad en el tamaño del lote, disminuyen los -

costos de adquisición y aumentan los costos propios del inventario. Por lo tanto lo prudente desde el punto de vista de control del inventario, es usar tamaños de lote que no sean ni muy pequeños ni demasiado grandes, por lo que es aconsejable usar la técnica del lote económico del que ya se habló con anterioridad.

Costos por fluctuaciones. Existen varios tipos de costos que pertenecen a las fluctuaciones en la actividad de la producción. Son de interés en este punto, ya que el control efectivo del inventario suele minimizarlos. Por ejemplo considérese al productor de pavos. Tiene una inmensa demanda en el mes de diciembre, la demanda de pavo durante el resto -- del año es un tanto reducida. Es cierto que puede producir pavos para el día de las madres, para el día del padre, para el día de muertos, pero -- queda el hecho de que la demanda de navidad representa una fluctuación molesta desde el punto de vista de la producción. En vez de tratar de producir todos los pavos en los meses de marzo y abril sería más prudente derramar todo el trabajo de producción sobre los otros meses del año, manteeniendo los pavos en el inventario de productos terminados hasta que sean necesarios para el mercado (6).

Los tipos de costos asociados con las fluctuaciones, incluyen los -- costos de contratación y entrenamiento durante los meses críticos, tam--bién se incluyen los costos de equipo ocioso durante las temporadas flo--jas. Produciendo para existencias o inventario y vendiendo del inventa--rio, es posible nivelar el volúmen de producción en cierto grado. Esta --nívelación tenderá a minimizar los costos asociados con las fluctuaciones.

Costos de oportunidad. Los costos de oportunidad representan las postibles ganancias que podrían lograrse si se pudiera tomar un curso de ac--ción alternativo. Se tratan como costos en vez de utilidades ya que se -

renuncia a ellos o se pierden si no se aprovecha la oportunidad.

Uno de los más importantes de estos; en términos del control del inventario, es el descuento por cantidad. Los descuentos por cantidad están basados en el número de unidades que se piden. Por lo general, el costo unitario baja cuando aumenta la cantidad pedida. Puesto que este es el caso, el personal responsable de las adquisiciones tiende a pedir en tamaños de lotes grandes para aprovechar los descuentos por cantidad. Esta oportunidad en algunos casos, tiene que ser aprovechada si los costos que lleva el inventario de la empresa son elevados, y si los requisitos de la producción no justifican grandes compras de determinados insumos. El que una empresa intente aprovechar el descuento por cantidad depende de muchos factores que rodean a determinadas situaciones de compra; sin embargo, no deben despreciarse los descuentos por cantidad como factor de costo (2).

Otro tipo de costos de oportunidad implica posibles cambios en los precios. Si el personal responsable de las compras cree que el precio de determinado insumo aumentará en el futuro, tenderá a acumular inventarios de insumos que puedan comprarse a los precios más bajos actuales. Por otra parte, si el responsable de las compras cree que los precios bajarán en el futuro tenderá a limitar sus compras en el presente, con la esperanza de comprar en el futuro a precios más bajos. Así en el primer caso la tendencia es formar grandes inventarios y, en el segundo caso la tendencia es a minimizar los presentes inventarios. Tales decisiones suelen ser difíciles de tomar, ya que la predicción de los cambios en el precio es necesaria para tomar decisiones racionales. Pero deben tomarse las decisiones, aún sin una clara evidencia relativa a los precios futuros.

Quizá el personal responsable de las compras y de los inventarios --

pueda decidir comprar ahora en cantidad y acumular grandes inventarios, - solo para darse cuenta que a la semana siguiente los precios bajan.

El costo de oportunidad final que se revisará es el costo de perder clientes y crear ineficiencia en la producción, si los inventarios de materiales, partes suministros o herramientas son demasiado pequeños, es -- virtualmente cierto que las ordenes de producción se retrasarán respecto al programa. Cuando esto sucede las promesas de entrega no pueden cumplir se. Los clientes pueden reaccionar a esto cancelando sus pedidos y lle-- vando sus negocios a sus competidores. Si los clientes continúan haciendo negocios con los competidores, la empresa no solo pierde la oportuni-- dad de obtener utilidades sobre el pedido que fué cancelado sino que también pierde la oportunidad de lograr utilidades sobre las futuras ordenes potenciales de estos clientes (1,2).

Si las ordenes de producción se atrasan en el programa debido a esca ses, pueden perder la oportunidad de lograr utilidades con ese lote de -- producción o un curso alterno de producción.

Cuando hablamos de los sistemas de control de inventarios, tenemos - que conocer los procedimientos para el control de estos, ya que estos deta llan la secuencia, paso por paso, de las actividades requeridas para el - control de los inventarios. Aunque estos sistemas pueden variar de una - empresa a otra en términos generales obedecen a los siguientes pasos:

- 1.- Determinar las necesidades del inventario.
- 2.- Preparar requisiciones si los materiales van a ser comprados o programarlos si es que van a ser producidos en la empresa. (Una empresa porcina que elabora sus propios alimentos).
- 3.- Recibir los materiales, inspeccionarlos y almacenarlos.
- 4.- Dar salida a los materiales cuando se requiera y registrar esto en los registros del inventario.

- 5.- Poner al día los registros del inventario para que reflejen el recibo de los materiales.
- 6.- Evaluar la condición del inventario, lo que completa el ciclo y conduce nuevamente a la determinación de las necesidades del inventario.

Las actividades que están asociadas con este procedimiento incluyen la determinación de cuantos productos terminar, o cuantos artículos comprar y cuando se deben efectuar tales compras o actividades de producción (6).

Existen varios tipos de sistemas para el control del inventario que se usan en la actualidad y que se agrupan en cuatro categorías.

El sistema de cantidad fija está basado en el concepto de la cantidad económica del pedido, el encargado del control del inventario, que usa este sistema, vuelve a pedir una cantidad fija de insumos cuando el inventario llega al punto de repedido. El uso efectivo de este sistema depende de mantener a la fecha las variables implicadas.

Si las variables implicadas en el cambio de ecuaciones cambian, se deben calcular nuevos valores para que este sistema sea preciso (6).

Los sistemas de límite monetario son más flexibles que los sistemas de cantidad fija. En los sistemas de límite monetario, se asignan cantidades monetarias fijas para los distintos insumos que se llevan en el inventario. Pueden emitirse ordenes para nuevas existencias en cualquier tiempo y cualquier cantidad, siempre que los pedidos no excedan de una cantidad monetaria dada. Aún cuando existe más flexibilidad, los límites monetarios proporcionan marcas financieras en vez de marcas cuantitativas que mantienen bajo control las cantidades de inventario.

Los sistemas de tiempo límite están basados en la colocación de pedidos a intervalos periódicos. Los insumos que se usan con regularidad se compran sobre una base semanal, mensual o de otro período de tiempo. En este tipo de sistema, la cantidad que se va a pedir no es fija, y el encargado del control del inventario puede cambiar la cantidad pedida para ajustarla a los cambios en la proporción del uso. En ocasiones se emplea un archivo recordatorio para recordar al encargado cuando se deben colocar los nuevos pedidos. Tal sistema es preferido por el proveedor, ya que le proporciona un programa cronológico fijo para los pedidos de entrada. Si conoce cuando van a llegar los pedidos puede programar su trabajo para facilitar la satisfacción de las necesidades de su cliente (6,7).

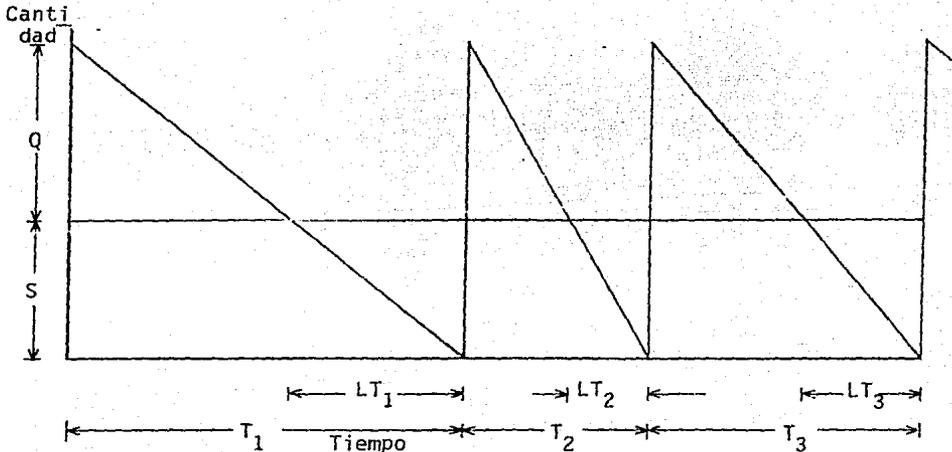
Los sistemas de doble depósito representan el tipo más sencillo de sistemas de control. En tanto que los sistemas de cantidad fija, de límite monetario y de tiempo límite, requieren llevar muchos registros en términos de cantidades en el pedido, cantidades recibidas, cantidades emitidas y saldos de las cantidades en existencia, el sistema de doble depósito comprende dos depósitos o recipientes para cada tipo de insumos en el inventario, un depósito contiene las existencias de seguridad para el insumo. El otro, u otros, contienen las existencias que se emitirán para su uso. Cuando el personal que usa el insumo llega al punto en donde tiene que usar las existencias del depósito de seguridad, notifica al área de compras, la que a su vez coloca un pedido para más insumos. La cantidad en la existencia de seguridad, por supuesto está destinada a abastecer las necesidades de la producción durante el tiempo crítico necesario para obtener un reabastecimiento de las existencias. El nombre de sistema de "dos depósitos" es un tanto errático, ya que este sistema no requiere de depósitos exclusivamente. Opera en situaciones en que también está la -

existencia en pilas. Por ejemplo una empresa porcina almacena el alimento en sacos (costales), y podría ser que los últimos sacos de una pila podrían etiquetarse para señalar el momento de repedido. Una sería limitación a este sistema se refiere a la confianza en los trabajadores para -- que notifiquen a compras el momento en que se ha llegado a la existencia de seguridad. Si dejan de hacerlo puede presentarse un agotamiento o escasez de existencias. Este problema puede prevenirse, en cierto grado, -- usando bodegas de inventarios de las cuales puedan retirarse las existencias solo por personal responsable de la administración del inventario -- (1,6,7,8).

Los cuatro sistemas presentados representan métodos distintos para -- varios problemas fundamentales de control asociados con la dinámica de -- los inventarios. Esta dinámica se refiere a la interacción de tres variables; tiempo, cantidades y costos.

Para desarrollar un sistema de control de inventarios que sea efectivo, debe comprenderse la variabilidad de los volúmenes de flujo. En algunos sistemas, como en el sistema de dos depósitos, el mecanismo activador para el reabastecimiento está basado en llegar a un determinado nivel de cantidad. Este sistema basado en la cantidad no toma en consideración a la variable tiempo y, por lo tanto excluye la consideración de cambios -- en las proporciones de flujo o de utilización. Sea que la proporción de utilización sea alta o baja, no se activa el reabastecimiento sino hasta que se llega a determinada cantidad mínima. Por lo general en el repedido se utiliza una cantidad fija. En este sistema, la cantidad es la variable clave. El tiempo y el costo son variables secundarias, en la figura 7.9 se describe este tipo de sistema.

FIGURA 7.9 SISTEMA BASADO EN EL TIEMPO



Este sistema está basado en cantidad, existen ciertas ventajas y desventajas. Tal sistema es sencillo de operar y de instalar y es comprendido con facilidad por los trabajadores y los almacenistas. En la forma de sistema de dos depósitos, ni siquiera se requieren cálculos y mantenimiento de registros de salida para operar el sistema. Sin embargo, está sujeto a ciertas limitaciones (7).

Como la existencia de seguridad S es una constante, no hay provisiones para una amplia variación en los tiempos críticos o en el volumen de utilización. Esto puede provocar el desequilibrio en el sistema con los abarrotamientos o carencias consecuentes. La condición que conduce a la carencia se presentaría si el volumen de utilización (Q/T) fuera tan alto que la existencia de seguridad S tuviera que ser utilizada en menos del -

tiempo crítico previsto para reabastecer las existencias. No hay evidencias de carencias en el esquema anterior aún cuando cambie el volúmen de utilización. Esto se debe a que también varían los tiempos críticos. A medida que aumenta el volúmen de utilización, disminuye el tiempo crítico para mantener el equilibrio. Por ejemplo en el período de tiempo T_1 , el volúmen de utilización es el mínimo, seguido por los períodos T_3 y T_2 . En T_2 el volúmen de utilización es el mayor. Para compensar, los tiempos críticos están relacionados como sigue:

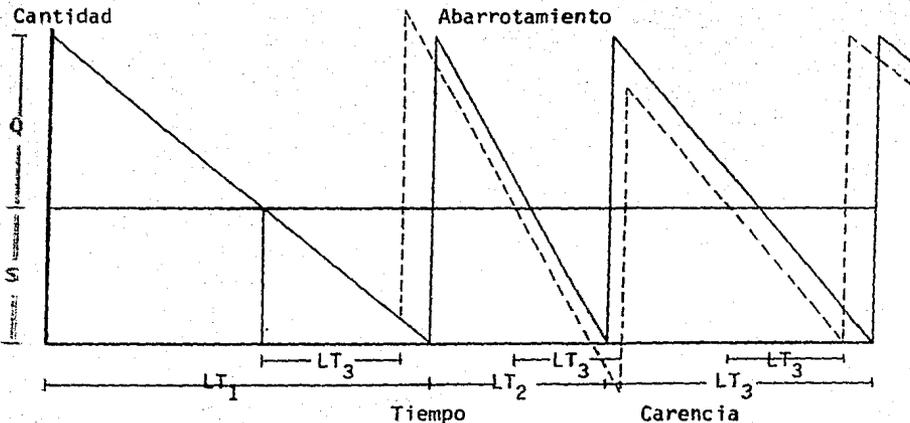
DONDE $T_1 > T_3 > T_2$ en tiempo de utilización.

o $Q/T_1 < Q/T_3 < Q/T_2$ en volúmen de utilización.

entonces $LT_1 > LT_3 > LT_2$ en tiempo crítico

Como una indicación de lo que ocurriría si no se pudieran ajustar -- los tiempos críticos para absorber el impacto de cambios en los volúmenes de utilización. Considérese la figura 7.10

FIGURA 7.10 CONDICIONES DE ABARROTAMIENTO Y CARENCIA



En esta figura se supone que el tiempo crítico LT_3 es la norma y es constante. Observe las condiciones resultantes de carencia y abarrotamiento (7,11).

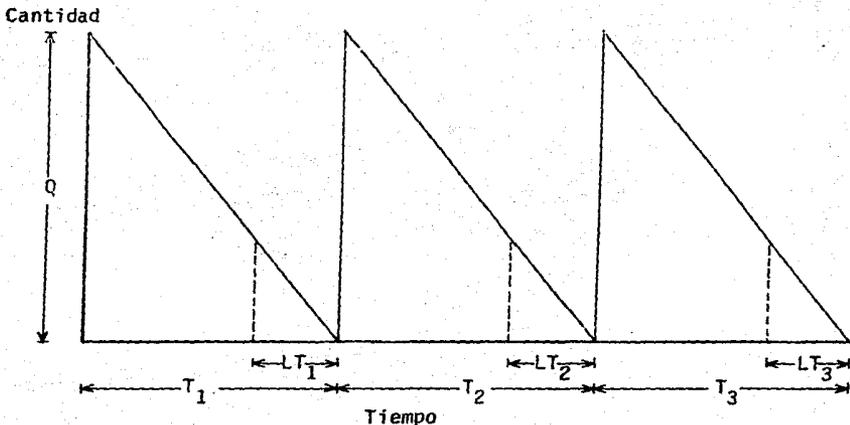
En el período T_1 , el tiempo crítico es menor que el requerido para reabastecer las existencias antes que se agote la existencia de seguridad. El resultado es una condición de abarrotamiento en el período T_1 (indicando por la línea de rayas). En el período de tiempo T_2 el volumen de utilización se acelera y el tiempo crítico es demasiado largo para proporcionar reabastecimiento antes que se agote la existencia de seguridad. El resultado es una carencia en el período T_2 . Problemas como éstos indican deficiencias de un sistema de inventario basado exclusivamente en activadores de cantidad. Se deben incorporar consideraciones de tiempo y de valor para dar protección contra estos defectos.

Por otro lado en un sistema basado en el tiempo, los intervalos de tiempo son iguales y la activación del reabastecimiento funciona al llegar a un punto en el tiempo, tal como una vez a la semana o una vez al mes. Un sistema de tiempo límite suele ser el resultado de actividades contables que requieren reportes periódicos para propósitos de costos, de impuestos y similares. Un sistema de inventario perpetuo podría requerir comprobaciones físicas mensuales o trimestrales para darle validez, como ejemplo. En el tiempo que se hagan tales comprobaciones, se colocan los pedidos para reabastecimiento (6,7,11).

En algunos casos una comprobación semanal de los inventarios representa un trabajo rutinario sin ninguna vigilancia real de las cantidades usadas. Este suele ser el caso cuando el vendedor del proveedor sigue una ruta para reabastecer existencias (puede ser el caso de un representante de laboratorios farmacéuticos).

El puede hacer sólo una visita a una empresa en particular, cada --- tres semanas. La periodicidad de su programa fija el período de tiempo - para el reabastecimiento. Cuando son numerosos los vendedores que propor- cionan la activación para el reabastecimiento, se puede pedir una amplia variedad de productos en programas bastante distintos. La figura 7.11 -- muestra el sistema basado en el tiempo.

FIGURA 7.11 SISTEMA BASADO EN EL TIEMPO



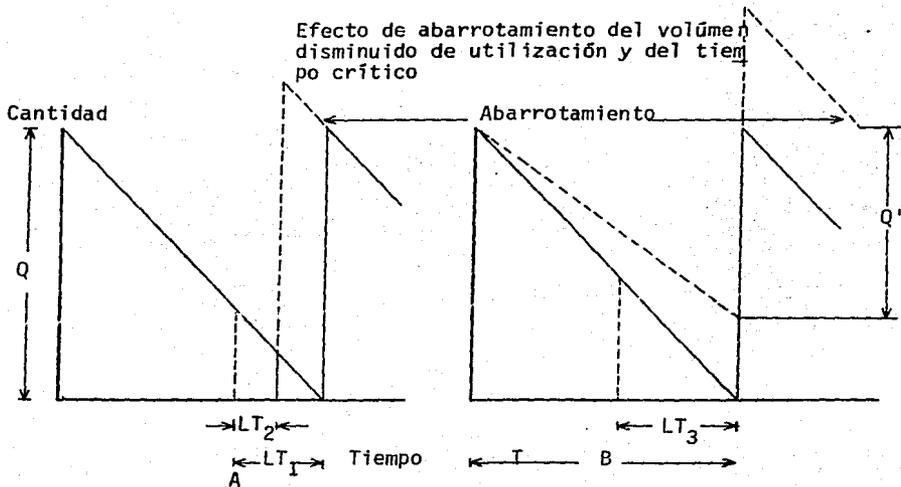
Este sistema opera en la forma siguiente. Los períodos de tiempo T_1 , T_2 , T_3 , son de igual duración. Se determina un tiempo crítico para reabastecimiento dentro de cada período. A continuación se colocan los pedidos al principio de los tres tiempos críticos; es decir, LT_1 , para el período T_2 , LT_2 para el período T_3 y así sucesivamente (7,8).

Este sistema funcionará con éxito siempre que no haya cambios impor-

El aumento en el tiempo crítico está indicado como la diferencia entre LT_1 y LT_2 . Si se coloca un pedido en el tiempo A, con un tiempo crítico esperado de LT_1 , pero un tiempo real de LT_2 la carencia indicada en la figura anterior será el resultado. También se muestra en esta figura un ejemplo de un volúmen incrementado de utilización y sus efectos. Si el tiempo periódico de pedido está en el punto B y el tiempo crítico permanece igual que como se esperaba ($LT_3 = LT_1$), entonces el sistema debe operar uniformemente. Por desgracia, si aumenta el volúmen de pedidos como está indicado por la línea de rayas, entonces, cuando se comprueben las existencias y se coloque el nuevo pedido, el nivel de existencias será de cero y existirá una carencia durante todo el periodo del tiempo crítico LT_3 (7,8).

El tipo de desequilibrio caracterizado por carencias también existe a la inversa con el sistema basado en el tiempo. Si el tiempo crítico -- disminuye en forma desusada y/o el volúmen de utilización disminuye en -- forma importante entonces podría resultar una condición de abarrotamiento, estas condiciones se ilustran en la figura 7.13.

FIGURA 7.13



En el caso de un tiempo crítico disminuido, de LT_1 (el tiempo esperado) a LT_2 (el tiempo real) puede verse que el reabastecimiento llega antes que se consuman las existencias que restan, si el pedido se coloca en el tiempo A . El efecto neto es un inventario incesariamente grande para el período $LT_1 - LT_2$.

Un problema similar se presenta cuando el volumen de utilización disminuye en la figura anterior las condiciones se muestran por medio de una línea de rayas. La antigua proporción de utilización (Q/T) es mayor que el nuevo volumen de utilización (Q'/T). Si se coloca un pedido de reabastecimiento al tiempo B y el tiempo crítico permanece constante entonces -

debido a la disminución en el volúmen de utilización, todavía habrá disponible una gran cantidad de existencias cuando lleguen las nuevas. Esto - por supuesto conduce a una condición de abarrotamiento (6,7,8).

Los sistemas de inventarios basados en el tiempo, igual que los sistemas basados en la cantidad, confían en un solo activador para el reabastecimiento de los inventarios. Ese activador es alcanzar un particular punto en el tiempo. Así el tiempo es la variable clave, en tanto que la cantidad y el costo son variables secundarias. Los sistemas más sencillos basados en el tiempo no toman en cuenta las variaciones de los volúmenes de utilización y tiempos críticos y pueden conducir a carencias y abarrotamientos como resultado. Estos sistemas por lo general, están diseñados alrededor de un pedido de cubrimiento de una cantidad fija cada período de tiempo; por ejemplo 1000 unidades por mes durante dos años.

Para vencer estas condiciones de desequilibrio del sistema, es importante considerar la incorporación de una restricción sobre el abarrotamiento y una protección contra las carencias. Tal arreglo está caracterizado por un sistema de máximos y mínimos.

Como protección contra el abarrotamiento, se establece un nivel máximo para el inventario. Este máximo está determinado considerando la variedad de costos. La consideración de tales costos proporciona una CEP - (cantidad económica del pedido o una gama alrededor de una CEP, que puede ser agregada a una existencia de seguridad para formar el nivel máximo del inventario.

Como los inventarios sirven como desacopladores de las operaciones con diferentes proporciones de flujo, existe la tendencia de algunos administradores, de aumentar los niveles máximos. Esta estrategia fomenta -- una mayor flexibilidad administrativa y, considerandola en otra forma pro

porciona una cubierta para malas decisiones sobre inventarios. Puesto -- que existe esta tendencia, deben hacerse esfuerzos para controlar los niveles máximos del inventario, de manera que sirvan en forma adecuada a una función desacopladora, pero que no cubran las malas decisiones administrativas o aumenten en exceso los costos propios del inventario (10,11,12).

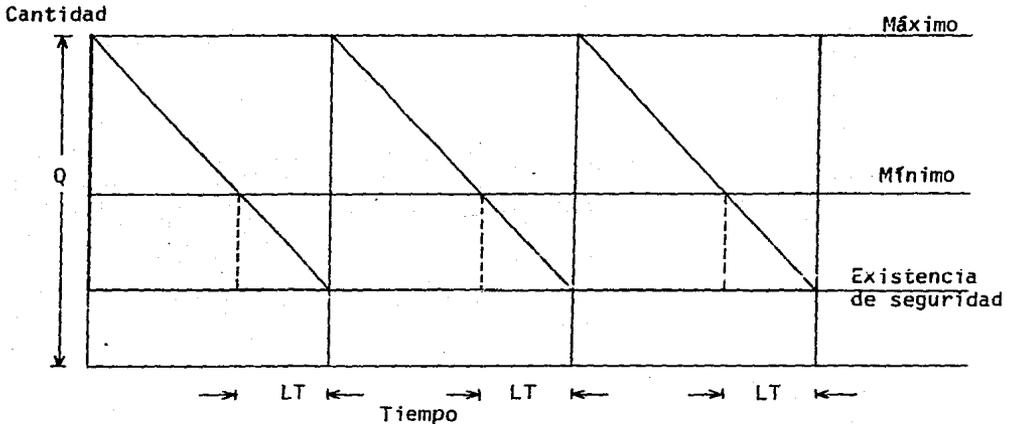
Para fijar los niveles mínimos que pudieran activar el reabastecimiento de las existencias, sería útil compilar registros de los tiempos requeridos y de los volúmenes de utilización para determinar las pautas y grados de variabilidad. Para los artículos del inventario con volúmenes estables de utilización y tiempos requeridos estables, una modesta existencia de seguridad sería todo lo que se necesitaría. En otros casos, -- cuando los tiempos requeridos y/o los volúmenes de utilización refleja una variabilidad considerable la existencia de seguridad o nivel mínimo, podría aumentarse.

En esta área en donde las cantidades, costos y tiempo son considerados conjuntamente. Mientras mayor sea la existencia de seguridad o inventario mínimo, mayor será el tiempo requerido que puede ser absorbido sin carencias. Sin embargo en este caso se presenta un dilema de costos. -- Con grandes inventarios mínimos, los costos propios del inventario pueden ser excesivos (13).

Si bien estos costos pueden ser disminuidos reduciendo el inventario mínimo, el resultado son más carencias que pueden significar pérdidas en producción y ventas, reduciendo así los ingresos.

El sistema de inventario de máximos y mínimos se describen en la figura 7.14.

FIGURA 7.14
SISTEMA DE INVENTARIO DE MAXIMO Y MINIMO



Este sistema opera como los otros sistemas descritos antes pero tiene restricción como protección contra los abarrotamientos y las carencias. Existe un nivel de inventario máximo para frenar el abarrotamiento. Antes de la colocación del pedido, este máximo deberá compararse con el nivel del inventario existente, dando debida consideración a las necesidades -- del tiempo requerido. Además, se establece el nivel mínimo del inventario para cubrir los tiempos requeridos. Esto activa el reabastecimiento como punto de repedido y debe proporcionar una protección adecuada contra las carencias en la mayoría de los casos. Sin embargo, una protección adicional esta representada por una existencia de seguridad. Este nivel se establece para cubrir los casos en los cuales los tiempos requeridos sean -- desusadamente largos o cuando los volúmenes de utilización aumentan drásticamente (12,13).

8.- METODOS DE PROGRAMACION DE PRODUCCION.

Existen diferentes métodos para programar la producción; estos métodos se pueden clasificar como métodos matemáticos y no matemáticos. En esta sección analizaremos ambos sistemas y empezaremos por examinar a los métodos matemáticos.

8.1.- Métodos Matemáticos.

La programación lineal es uno de los métodos más comunmente usados en la programación de la producción. Este método persigue a través de su estructura básica lo siguiente:

- a) Se desea alcanzar un "objetivo" como; maximizar utilidades, minimizar gastos, o minimizar tiempo desocupado.
- b) Existe un número determinado de variables que deben trabajarse simultáneamente tales como: horas-"máquina", horas hombre, espacio disponible, etcetera.

Los principales modelos matemáticos que encuentran aplicación inmediata dentro del campo económico-pecuario y son objeto de estudio por método de programación lineal son:

1. Modelo de transportación: En este problema se tiene un cierto producto disponible en los sitios de origen y es necesario transportarlo a los sitios de consumo. Debe suponerse que es conocida la cantidad de que se dispone en cada uno de los orígenes, así como la cantidad requerida por cada uno de los centros de consumo. También se conoce el costo unitario de transporte de los sitios de origen a cada uno de los centros de consumo. El objeti-

vo del modelo es conocer la cantidad que debe transportarse desde cada uno de los orígenes a cada uno de los centros de consumo, para suplir la demanda y obtener el mínimo costo total de transporte (9).

2. Modelo de dietas. Este modelo se llama así porque originalmente se diseñó para obtener la mezcla de materias primas más económicas que obedezca a cierta composición cuantitativa conocida de antemano, debido a que los costos de materia prima cambian con el tiempo es importante hacer notar que la mezcla más económica hoy, puede no serlo mañana.
3. Modelo de carga de máquinas. En la programación de carga de -- trabajo para los diferentes equipos disponibles se desea minimizar costos de producción en un período determinado. No siempre se pueden asignar los trabajos a las máquinas más eficientes debido a las restricciones en el tiempo de utilización de cada una de ellas de modo que ciertas operaciones tendrán que efectuarse en máquinas menos eficientes y la solución por programación lineal nos dará el arreglo óptimo tomando en cuenta simultáneamente las órdenes de producción en el período.
4. Modelo de programación de la producción (3.9)

Supongamos que una empresa produce carne de pavo, la demanda de este producto tiene fluctuaciones importantes durante el año. Generalmente es antieconómico producir a un nivel constante y surtir la demanda, utilizando los inventarios creados para absorber las fluctuaciones, también es antieconómico producir apegado a la demanda ya que las aplicaciones o reducciones requeridas en la fuerza de trabajo y la parcial utilización del -- equipo, aumentan los costos de producción. Luego debe existir un arreglo

óptimo entre estos extremos que balanceados los valores en conflicto, minimicen los costos de producción. Este arreglo puede encontrarse resolviendo el modelo de programación lineal.

Los ejemplos que a continuación aparecen ilustran la aplicación del modelo de transportación en la programación lineal:

Cierto consorcio lechero opera tres plantas localizadas en México, - D.F., Guadalajara y Monterrey, con las cuales surte la demanda en 4 zonas de consumo, con centros de distribución en Veracruz, Guanajuato, Ciudad - Obregón y Chihuahua.

La producción en la planta de México, D.F., que llamaremos planta 1, es de 110,000 litros (unidades) mensuales; la de Guadalajara, que llamaremos planta 2, es de 34,000 unidades mensuales; y la de Monterrey, que llamaremos planta 3, es de 31,000 unidades mensuales.

El consumo de cada uno de los centros de distribución es; Centro A, Guanajuato 72,000 unidades mensuales, Centro B, Ciudad Obregón 46,000 unidades mensuales, Centro C, Veracruz 38,000 unidades mensuales, Centro D, Chihuahua 19,000 unidades mensuales. Los costos de transporte de cada planta a cada uno de los centros de consumo es:

<u>CENTROS</u>	<u>GUANAJUATO</u>	<u>C. OBRAGON</u>	<u>VERACRUZ</u>	<u>CHIHUAHUA</u>
Planta 1	\$ 100 "	\$ 600	\$ 200	\$ 500
Planta 2	90	300	400	450
Planta 3	270	475	470	250
Codigo	A	B	C	D

" Por cada 1000 unidades transportadas.

Encontrar la programación de distribución más económica.

Solución:

Con el objeto de resolver el problema, concentraremos los datos en una tabla en la que las hileras serán las restricciones de producción y las columnas las restricciones de demanda; en el ángulo superior derecho de cada casilla colocaremos el correspondiente costo de transporte, quedando las casillas en blanco para ir encontrando el arreglo óptimo y llenarlas con el correspondiente número de unidades transportadas (cuadro 8.19).

CUADRO 8.19

	A	B	C	D	a_i
1	100	600	200	500	110
2	90	300	400	450	34
3	270	475	470	250	31
b_j	72	46	38	19	175

Hecho esto, se sigue un procedimiento mecánico para resolver el asunto, asignando el mayor número de unidades posibles a la estación de costos más bajo. En este caso es (2A) con un costo de \$90; luego, asignamos 34 unidades, que es el máximo posible, ya que la suma de hileras deberá ser igual al correspondiente valor de a_i , y la suma de columnas igual al correspondiente valor de b_j (cuadro 8.20).

CUADRO 8.20

	A	B	C	D	a_i
1	100	600	200	500	110
2	90 34	300	400	450	34
3	270	475	470	250	31
b_j	72	46	38	19	175

La hilera (2) queda entonces saturada, pero en la columna correspondiente (A) hemos asignado solo 34 unidades de las 72 que debemos tener como suma; luego, hay una diferencia de 38 unidades que asignaremos a la estación de menor costo en este caso 1 A (cuadro 8.21).

CUADRO 8.21

	A	B	C	D	a_i
1	100 38	600	200	500	100
2	90 34	300	400	450	34
3	270	475	470	250	31
b_j	72	46	38	19	175

En esta forma, quedan satisfechas las restricciones de la hilera (2) y columna (A), ya que tenemos una actividad en la hilera (1) y esta hilera se satura con 110 unidades, habiendo asignado solo 38 en (A 1) quedan $(110-38 = 72)$ por asignar a aquella estación de costo menor en la misma hilera (1C), la columna C se satisface con 38 unidades, luego ese será el máximo de unidades que podemos asignar a la estación (1C) (cuadro 8.22).

CUADRO 8.22

	A	B	C	D	a_i
1	100 38	600	200 38	500	110
2	90 34	300	400	450	34
3	270	475	470	250	31
BJ	72	46	38	19	175

El resto deberemos asignarlo a la estación sobre la hilera (1) que tenga el menor costo, esta es (1D) que se satisface con solo 19 unidades, quedando solo 15 unidades de las producidas en (1) para asignarlas obligadamente a (1B) (cuadro 8.23)

CUADRO 8.23

	A	B	C	D	a_i
1	100 38	600 15	200 38	500 19	110
2	90 34	300	400	450	34
3	270	475	470	250	31
b_j	72	46	38	19	175

Ahora la única columna no satisfecha es (B) a la que se le han asignado solo 15 unidades en la estación (1B), faltando $(46-15 = 31)$ unidades para saturarla; estas 31 unidades no pueden ser otras que las producidas en (3), ya que la producción de (1) está totalmente distribuida así como la de (2); luego, la solución obligada es asignar esas 31 unidades faltantes en la columna (B) a la estación (3B) (cuadro 8.24).

CUADRO 8.24

	A	B	C	D	a_i
1	100 38	600 15	200 38	500 19	110
2	90 34	300	400	450	34
3	270	475 31	470	250	31
b_j	72	46	38	19	175

Quedando una posible solución en la siguiente forma:

México, D.F., enviará 38 unidades a Guanajuato, 15 a Ciudad Obregón, 38 a Veracruz y 19 a Chihuahua, totalizando $38 + 15 + 38 + 19 = 110$ unidades.

Guadalajara enviará toda su producción, 34 unidades, a Guanajuato.

Monterrey enviará toda su producción, 31 unidades, a Ciudad Obregón.

Teniendo este programa un costo de:

$$38 \times 100 + 15 \times 600 + 38 \times 200 + 19 \times 500 + 34 \times 90 + 31 \times 475$$

$$3,800 + 9,000 + 7,600 + 9,500 + 3,060 + 14,725$$

$$C_t = 47,685$$

¿ Será éste el arreglo óptimo ?

Con el objeto de saberlo, deberemos calcular los costos de oportunidad de las estaciones a las que no se les haya asignado actividad. Estos costos se determinan corrigiendo el costo total si se asignara una unidad a dichas estaciones; así, comenzando con (2B): si asignamos una unidad a (2B) el costo aumentará \$ 300, pero para poder asignarla, deberemos reducirla de (2A) disminuyendo en \$ 90, aumentarla en (1A) aumentando en \$100 y disminuirla en (1B) disminuyendo en 600, ya que las sumas de hileras y columnas están restringidas (cuadro 8.25).

Cuadro 8.25

	A	B	C	D	a_j
1	100 38 +	600 - 19	200 38	500 19	110
2	90 34 -	300 + ASIGNAR	400	450	34
3	270 31	475	470	250	31
b_j	72	46	38	19	175

Resultando un cambio neto en costos de 2B: $+300 -90 +100 -600$. ---
\$ 290.00.

En la misma forma calculando los costos de oportunidad para todas --
aquellas estaciones que no tienen actividad, quedará:

$$2B = \$ -290$$

$$2C = +400 -90 +100 -200 = + \$ 210.00$$

$$2D = +450 -90 +100 -500 = - \$ 40.00$$

$$3A = +270 -100 +600 -475 = + \$ 295.00$$

$$3C = +470 -475 +600 +600 = + \$ 395.00$$

$$3D = +250 -475 +600 +500 = - \$ 125.00$$

El cambio más favorable será aquel en que se obtenga la máxima reducción del costo o sea, introducir una actividad en 2B. El mayor número de unidades que puedo desplazar a 2B es de 15, pues de otro modo quedaría -- una actividad negativa en 1B. Luego, la optimización me conduce a (cuadro 8.26).

Cuadro 8.26

	A	B	C	D	a_j
1	100 53 +	600 -	200 38	500 19	100
2	90 19-	300 +15	400	450	34
3	270 31	475	470	250	31
B_j	72	46	38	19	175

Ahora trato de mejorar éste recalculando costos de oportunidad:

$$2C = +400 -90 +100 -200 = + \$ 210.00$$

$$2D = +450 -90 +100 -500 = - \$ 40.00$$

$$3A = +270 -90 +300 -475 = + \$ 5.00$$

$$3C = +470 -475 +300 -90 +100 -200 = + \$ 105.00$$

$$3D = +250 -475 +300 -90 +100 -500 = - \$ 415.00$$

El cambio más favorable es aumentar 3D en 19 unidades. Quedando: (cuadro 8.27)

Cuadro 8.27

	A	B	C	D	a_i
1	100 72+	600	200 38	500 -	100
2	90 -	300 +34	400	450	34
3	270	475 -12	470	250 +19	31
b_j	72	46	36	19	175

Con un ahorro en costos de $19 \times 415 = \$ 7,885$, sobre el anterior. $2D = +450 - 250 + 475 - 300 = +375.00$.

Aumentaría el costo al introducir una actividad en la única posible estación; luego la solución anterior es la óptima. El arreglo será:

México, D.F., enviará 72 unidades a Guanajuato y 38 a Veracruz. Guadalajara; enviará 34 unidades a Ciudad Obregón.

Monterrey: enviará 12 unidades a Ciudad Obregón y 19 a Chihuahua. El costo total será:

$$C_t = 72 \times 100 + 38 \times 200 + 34 \times 300 + 12 \times 475 + 19 \times 250$$

$$C_t = 7,200 + 7,600 + 10,200 + 5,700 + 4,750$$

$$C_t = \$ 35,250.00$$

Modelo de transportación con producción \neq demanda (3.9).

En el ejemplo anterior la producción era igual a la demanda es decir:

$\sum_1^m a_i = \sum_1^m b_j$. En caso de que esta condición no se cumpla, se introduce un nuevo origen si la demanda es mayor que la producción o un nuevo -- destino si la producción es mayor que la demanda; estos centros ficticios

absorberán la diferencia entre producción y demanda, y se les asignará un costo de transporte cero.

Con ésta modalidad, el problema se resolverá aplicando el método antes utilizado. Ejemplo la fábrica de alimentos balanceados "Estrella de Oro" posee tres grandes plantas, en México, Durango, y Zacatecas, y abastece a cuatro centros de consumo (A,B,C,D.).

La producción mensual en cada una de las plantas es: 5,000, 2,000 y 2,000 toneladas respectivamente haciendo un total de 9,000 toneladas.

Se tienen pedidos para ser surtidos el próximo mes, en cada uno de los centros de consumo, en la siguiente forma:

Centro de consumo A = 1,200 Ton

B = 2,100 Ton

C = 3,200 Ton

D = 1,000 Ton

Haciendo un consumo total = 7,600 Ton

De modo que hay un exceso de 1,400 Ton en la producción. Los costos combinados, marginal de producción y transporte de cada planta de alimento a cada uno de los centros de consumo, son:

	MEXICO	DURANGO	ZACATECAS
A	\$ 730*	\$ 950	\$ 710
B	900	890	820
C	970	930	1000
D	760	940	910

*Pesos por tonelada.

Se desea encontrar el arreglo óptimo.

Solución:

1) En primer lugar, contruiremos la tabla correspondiente, añadiendo

un centro de consumo ficticio que absorberá el exceso de producción sobre demanda (cuadro 8.28).

CUADRO 8.28

	A	B	C	D	**	a_j
MEX.	730	900	970	760	0	50
DGO.	950	890	930	940	0	20
ZAC.	710	820	1000	910	0	20
b_j	12	21	32	11	14	90
u_j						

2) Obtendremos una primera solución asignando el máximo de unidades posibles a la estación de mínimo costo y determinando costos implícitos, haciendo a cualquiera de ellos igual a cero. Obtendremos los correspondientes costos de oportunidad para comprobar si el arreglo obtenido es óptimo (cuadro 8.29).

CUADRO 8.30

	A	B	C	D	*	a_i	u_i
MEX.	730 12	900 1	970 12	760 11	0 14	50	0
DGO.	950 690	890 860	930 20	940 720	0 -40	20	-40
ZAC.	710 650	820	1000 890	910 660	0 -80	20	-80
b_j	12	21	32	11	14		
u_j	730	900	970	760	0		

4) El arreglo obtenido es óptimo ya que para todas las estaciones --

$$Z_{ij} \leq C_{ij}, \text{ o lo que es lo mismo: } Z_{ij} - C_{ij} \leq 0.$$

El costo total será:

$$\begin{aligned}
 C_t &= 1,200 \times 730 = \$ 876,000.00 \\
 &\quad 100 \times 900 = \quad 90,000.00 \\
 &\quad 1,200 \times 970 = \quad 1164,000.00 \\
 &\quad 1,100 \times 760 = \quad 836,000.00 \\
 &\quad 2,000 \times 930 = \quad 1860,000.00 \\
 &\quad 2,000 \times 820 = \quad \underline{1640,000.00} \\
 &\quad \quad \quad \quad 6466,000.00
 \end{aligned}$$

CUADRO 8.29

	A	B	C	D	*	a_i	u_j
MEX.	730 12	900 -13	970 + 1080	760 11	0 14	50	0
DGO.	950 580	890 750	930 20	940 610	0 -150	20	-150
ZAC.	710 650	820 +8	1000 -12 680	910 -80	0	20	-80
b_j	12	21	32	11	14	90	
u_j	730	900	1080	760	0		

3) Ya que el arreglo no es óptimo, pues en la estación MEX C el costo de oportunidad (1080) es mayor que el costo real (970) debere-mos mejorarlo introduciendo en dicha estación una actividad a un nivel igual al mínimo de los cambios negativos (-12), con lo que obtenemos una segunda solución que probaremos al determinar cos-tos de oportunidad (cuadro 8.30).

5) La solución se interpretará en la siguiente forma:

México enviará 1,200 Tons. a A

100 Tons. a B

1,200 Tons. a C

1,200 Tons. a D

y quedarán almacenadas en la propia planta 1,400 Tons.

Durango enviará toda su producción, 2000 Tons. a C.

Zacatecas enviará toda su producción 2,000 Tons. a B.

Este será el programa de abastecimiento que tendrá el mínimo costo combinado marginal de producción y transporte.

Modelo de asignación de Tareas.

El modelo de asignación de tareas en su expresión matemática, es similar al modelo de transportación, por lo que se resuelve por un método exactamente igual al que se utiliza en los problemas de transporte lo -- ilustraremos con el siguiente ejemplo. La planta incubadora el "Pollo Feliz" incuba huevo para diferentes fines que son:

- A.- Huevo para pollo de engorda del cual se requieren 10,000 huevos mensuales.
- B.- Huevo para polla ponedroa del que se requieren 8,000 huevos mensuales.
- C.- Huevo de pavo del que se requieren 5,000 huevos mensuales.
- D.- Huevo de codorniz del que se requieren 4,000 huevos mensuales.

Para lograr esto la planta cuenta con 2 líneas de incubadoras:

Línea 1 capacidad 10,000 huevos mensuales.

Línea 2 capacidad 20,000 huevos mensuales.

Los costos de producción para cada tipo de huevo son:

	A	B	C	D
L 1	\$ 23	\$ 24	\$ 27	\$ 25
L 2	29	31	26	28

por huevo incubadora

Solución:

- 1) Deberemos en primer lugar construir la tabla, con los datos de costos y restricciones, incluyendo una columna que absorberá el exceso de producción sobre demanda (cuadro 8.31)

CUADRO 8.31

	A	B	C	D	*	a_j
1	23	24	27	25	10	10
2	29	31	26	28	0	20
b_j	10	8	5	4	3	30
u_j						

- 2) Se obtendrá una solución inicial, determinando costos implícitos y de oportunidad para evaluar su optimalidad (cuadro 8.32)

CUADRO 8.32

	A	B	C	D	*	a_j	u_j
1	2 ²³	8 ²⁴	20 ²⁷	22 ²⁵	0 ⁻⁶	10	-6
2	8 ²⁹	30 ³¹	5 ²⁶	4 ²⁸	3 ⁰	20	0
b_j	10	8	5	4	3	30	
u_j	29	30	26	28	0		

3) La solución se óptima pues en todas las estaciones $Z_{ij} = C_{ij}$

Se interpretará en la siguiente forma:

La línea 1 incubará 2000 huevos de pollito de engorda y

8000 huevos para pollita ponedora

T O T A L 10 000 huevos incubados

La línea 2 producirá:

8000 huevos de pollito de engorda

5000 huevos de pavo

4000 huevos de codorniz

TOTAL 17000 huevos incubados quedando capacidad

para 3000 huevos en línea 2

20000

El costo total de producción, que será el mínimo posible, es:

$$2,000 \times 23 = \$ 46,000$$

$$\begin{aligned}
 8,000 \times 24 &= \$ 192,000 \\
 8,000 \times 29 &= 232,000 \\
 5,000 \times 26 &= 130,000 \\
 4,000 \times 28 &= \underline{112,000} \\
 & \$ 712,000
 \end{aligned}$$

Modelo de dietas.

Este modelo trata de obtener la mezcla de ingredientes más económica, y que obedezca a cierta composición requerida para una cantidad determinada de mezcla.

Supongamos que se cuenta con "n" ingredientes que contienen "m" componentes y se desea mezclar los ingredientes, de modo que un peso (bw) de terminado de mezcla contenga una cantidad (b_j) de cada uno de los componentes.

Llamemos (x_j) a la cantidad utilizada de cada uno de los ingredientes para formar la mezcla, y (a_{ij}) al contenido de cada uno de los componentes, en cada uno de los ingredientes. Por otra parte, el costo unitario de cada uno de los ingredientes (c_j) es conocido. De acuerdo con esto, el modelo matemático que define el problema se obtendrá efectuando un balance de materiales para cada uno de los componentes, y su notación condensada será:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j = b_{ji} \text{ para } i = 1, 2, 3, \dots, m$$

$$\sum_{j=1}^n x_j = b_w \quad \sum_{j=1}^n c_j x_j = \text{MINIMO}$$

El siguiente ejemplo ilustra el modelo de dietas:

En una planta de productos farmacéuticos en su línea veterinaria se desea preparar tabletas con peso de 5 decigramos y que contengan cuando menos 65 miligramos de Niacina y 80 miligramos de tiamina, añadiendo un material inerte (c) para completar el peso y facilitar el empastillado.

Para el objeto, se cuenta con dos ingredientes (A y B) cuyo contenido en niacina, tiamina y costos se muestran en el cuadro 8.33.

CUADRO 8.33

Componentes	Ingredientes		
	A	B	C
Niacina (mg/dcgm)	20	15	0
Tiamina (mg/dcgm)	5	25	0
Costos (\$/Kg)	20	30	1

Se desea obtener la mezcla más económica.

Solución:

1) En primer lugar, deberemos establecer el modelo matemático:

Si llamamos x_1 = decigramos de A por pastilla

x_2 = decigramos de B por pastilla

x_3 = decigramos de C por pastilla

$$20x_1 + 15x_2 + 0x_3 \geq 65 \quad (\text{para Niacina})$$

$$5x_1 + 25x_2 + 0x_3 \geq 80 \quad (\text{para Tiamina})$$

$$x_1 + x_2 + x_3 \geq 5 \quad (\text{para total})$$

$$x_1 - x_2 - x_3 \geq 0$$

$$C = 2x_1 + 3x_2 + .1x_3 \quad \text{MINIMO}$$

4) La solución inicial se muestra en el cuadro 8.35.

CUADRO 8.35

	x_1	x_2	N_1	N_2	x_3	M_1	i_2	b_j	U_j
Niacina	20	15	1			01		65	
Tiamina	5	25		1			-1	80	
Peso	1	1			1			5	
C_j	2	3	10	10	0.1	0	0	MIN	
X_j			65	80	5				
Z_j									
$Z_j - C_j$									

5) Cálculo de costos implícitos:

$$1 U_1 + 0U_2 + 0U_3 = 10 \text{ (para } N_1)$$

$$0 U_1 + 0U_2 + 1U_3 = 10 \text{ (para } N_2)$$

$$0U_1 + 0U_2 + 1U_3 = 0.1 \text{ (para } x_3)$$

de donde:

$$U_1 = 10, U_2 = 10, U_3 = 0.1$$

6) Cálculo de costos de oportunidad:

$$Zx_1 = 20 (10) + 5 (10) + 1 (0.1) = 250.1$$

$$Zx_2 = 15 (10) + 25 (10) + 1 (0.1) = 400.1$$

$$Zn_1 = 1 (10) + 0 (10) + 0 (0.1) = 10$$

$$Zn_2 = 0 (10) + 1 (10) + 0 (0.1) = 10$$

$$Zx_3 = 0 (10) + 0 (10) + 1 (0.1) = 0.1$$

$$Zm_1 = -1 (10) + 0 (10) + 0 (0.1) = -10$$

$$Zm_2 = 0 (10) + (-1)(10) + 0 (0.1) = -10$$

7) Cálculo de diferencias $Z_j - C_j$:

$$Zx_1 - Cx_1 = 250.1 - 2 = 248.1$$

$$Zx_2 - Cx_2 = 400.1 - 3 = 397.1^* \text{ variable a introducir}$$

$$ZN_1 - CN_1 = 10 - 10 = 0$$

$$ZN_2 - CN_2 = 10 - 10 = 0$$

$$Zx_3 - Cx_3 = 0.1 - 0.1 = 0$$

$$ZM_1 - CM_1 = -0.1 - 0 = -10$$

$$ZM_2 - CM_2 = -10 - 0 = -10$$

*La variable que debemos introducir es x_2 ya que ese arreglo no es óptimo, pues no se cumple la condición: $Z_j - C_j \leq 0$

8) Ahora, debemos obtener la nueva solución.

a) Cálculo de Δ_j :

$$\Delta N_1 + 0 \Delta N_2 + 0 \Delta x_2 = -15$$

$$0 \Delta N_1 + \Delta N_2 + 0 \Delta x_3 = -25$$

$$0 \Delta N_1 + 0 \Delta N_2 + \Delta x_3 = -1$$

de donde:

$$\Delta N_1 = -15, \quad \Delta N_2 = -25, \quad \Delta x_3 = -1$$

b) Cálculo de Θ_j :

$$\Theta_{N_1} = \frac{65}{15} = 4.33$$

$$\Theta_{N_2} = \frac{80}{25} = 3.20$$

$$\Theta_{x_3} = \frac{5}{1} = 5$$

de donde:

$$\Theta_j \text{ min} = 3.20 = x_2$$

c) Cálculo de x_j :

$$N_1 = 65 - 15 (3.2) = 17$$

$$N_2 = 80 - 25 (3.2) = 0$$

$$x_3 = 5 - 1 (3.2) = 1.8$$

La nueva solución queda:

$$x_2 = 3.20, \quad N_1 = 17, \quad x_3 = 1.8$$

como en el cuadro 8.36.

CUADRO 8.36

	X_1	X_2	N_1	N_2	X_3	M_1	M_2	b_j	U_j
Niacina	20	15	1			-1		65	
Tiamina	5	25		1			-1	80	
Peso	1	1			1			5	
C_j	2	3	10	10	0.1	0	0	MIN	
X_j			65	80	5			1 ^a	ITER*
Z_j	250.1	400.1	10	10	0.1	-10	-10		
$Z_j - C_j$	248.1	397.1	0	0	0	-10	-10		
X_j		32	17		18			2 ^a	ITER
Z_j									
$Z_j - C_j$									

* Iteración.

Aquí termina la primera Iteración, debemos ahora comprobar si esta solución es óptima.

1) Cálculo de costos implícitos:

$$15 U_1 + 25 U_2 + U_3 = 3 \quad (\text{para } x_2)$$

$$U_1 + 0 U_2 + 0 U_3 = 10 \quad (\text{para } N_1)$$

$$0 U_1 + 0 U_2 + U_3 = 0.1 \quad (\text{para } X_3)$$

De donde:

$$U_1 = 10, U_2 = -5.88, U_3 = 0.1$$

2) Cálculo de costos de oportunidad:

$$Z_{x1} = 20 (10) + 5(-5.88) + 1 (0.1) = 170.7$$

$$Z_{x2} = 15 (10) + 25(-5.88) + 1 (0.1) = 3$$

$$Z_{N1} = 1 (10) + + = 10$$

$$Z_{N2} = + 1(-5.88) + = 5.88$$

$$Z_{x3} = + + 11 (0.1) = 0.1$$

$$Z_{M1} = -1 (10) + + = -10$$

$$Z_{M2} = + -1(-5.88) + = 5.88$$

3) Cálculo de diferencias de $Z_j - C_j$:

$$\text{para } x_1: \quad 170.7 \quad -2 \quad = \quad 168.7$$

$$x_2: \quad 3 \quad -3 \quad = \quad 0$$

$$N_1: \quad 10 - 10 \quad \quad \quad = \quad 0$$

$$N_2: \quad -5.88 \quad -10 \quad = \quad -15.88$$

$$x_3: \quad 0.1 \quad -0.1 \quad = \quad 0$$

$$M_1: \quad -10 \quad -0 \quad = \quad -10$$

$$M_2: \quad 5.88 \quad -0 \quad = \quad 5.88$$

El arreglo no es óptimo, debemos introducir x_1 (cuadro 8.37) en --
donde para introducir x_1 deberemos calcular Δ_j y θ_j .

CUADRO 8.37

	X_1	X_2	N_1	N_2	X_3	M_1	M_2	b_j	U_j
Niacina	20	15	1			-1		65	10
Tiamina	5	25		1			-1	80	-5.88
Peso	1	1			1			5	0.1
C_j	2	3	10	10	0.1	0	0	MIN	
X_j			65	80	5			1 ^a	INTER
Z_j	250.1	400.1	10	10	0.1	-10	-10		
$Z_j - C_j$	248.1	397.1	0	0	0	-10	-10		
X_j		32	17		1.8			2 ¹	INTER
Z_j	170.7	3	10	-5.88	0.1	-10	5.88		
$Z_j - C_j$	168.7	0	0	-15.88	0	-10	5.88		

4) Cálculo de Δ_j :

$$15 \Delta x_2 + 1 \Delta N_1 + 0 \Delta x_3 = -20 \quad (\text{para niacina})$$

$$25 \Delta x_2 + 0 \Delta N_1 + 0 \Delta x_3 = -5 \quad (\text{para tiamina})$$

$$\Delta x_2 + 0 \Delta N_1 + \Delta x_3 = -1 \quad (\text{para peso total})$$

de donde:

$$\Delta x_2 = -\frac{5}{25} = -0.2 \quad \Delta x_2 = -0.2$$

$$\Delta x_3 = -1 - \Delta x_2 = -0.8 \quad \Delta x_3 = -0.8$$

$$\Delta N_1 = -20 - 15(-0.2) = -17 \quad \Delta N_1 = -17.0$$

5) Cálculo de θ_j :

$$\theta_{x2} = \frac{3.2}{0.2} = 16, \theta_{N1} = \frac{17}{17} = 1, \theta_{x3} = \frac{1.8}{0.8} = 2.25$$

de donde: $\theta_{\min} = 1$
 y $x_1 = 1$

6) Cálculo de la nueva solución:

$$\begin{aligned} x_1 &= 1 \\ x_2 &= 3.2 + (-.2)(1) = 3 & x_1 &= 1 \\ N1 &= 17 + (-17)(1) = 0 & x_2 &= 3 \\ x_3 &= 1.8 + (-.8)(1) = 1 & x_3 &= 1 \end{aligned}$$

Esto se ilustra en el cuadro 8.38.

CUADRO 8.38

	x_1	x_2	N_1	N_2	x_3	M_1	M_2	b_j	U_j
Niacina	20	15	1			-1		65	.077
Tiamina	5	25		1			-1	80	.072
Peso	1	1			1			5	.10
C_j	2	3	10	10	0.1	0	0	111M	
x_j			65	80	5			1 ^a	ITER
Z_j	250.1	400.1	10	10	0.1	-10	-10		
$Z_j - C_j$	248.1	397.1	0	0	0	-10	-10		
x_j		3.2	17		1.8			2 ^a	ITER
Z_j	170.7	3	10	-5.88	0.1	-10	5.88		
$Z_j - C_j$	168.7	0	0	-15.88	0	-10	5.88		
x_j	1	3	0	0	1	0	0	3 ^a	ITER
Z_j	2	3	.077	.072	0.10	-.077	-0.72		
$Z_j - C_j$	0	0	-9.923	-9.928	0	-.077	-0.72		

Debemos probar si esta solución es óptima; hasta aquí la segunda iteración.

1) Cálculo de costos implícitos:

$$20 U_1 + 5 U_2 + U_3 = 2 \quad (\text{para } x_1)$$

$$15 U_1 + 25 U_2 + U_3 = 3 \quad (\text{para } x_2)$$

$$0 U_1 + 0 U_2 + U_3 = 0.1 \quad (\text{para } x_3)$$

de donde:

$$\underline{U_3 = 0.1} \quad 20 U_1 + 5 U_2 = 1.90 \quad (1)$$

$$15 U_1 + 25 U_2 = 2.90 \quad (2)$$

Resolviendo el sistema:

$$100 U_1 + 25 U_2 = 9.50 \quad (1) \times 5$$

$$-15 U_1 - 25 U_2 = -2.90 \quad (2) \times (-1)$$

$$85 U_1 = 6.60$$

$$U_1 = \frac{6.60}{85}$$

$$U_1 = 0.077$$

Sustituyendo en (1):

$$20 (.077) + 5 U_2 = 1.90$$

$$5 U_2 = 1.90 - 1.54$$

$$5 U_2 = 0.36$$

$$U_2 = \frac{0.36}{5} \quad U_2 = 0.072$$

$$\underline{U_1 = 0.077,}$$

$$\underline{U_2 = 0.072,}$$

$$\underline{U_3 = 0.10}$$

2) Cálculo de costos de oportunidad:

$$Zx_1 = 20 (.077) + 5 (0.072) + 1 (0.10) = 2.00$$

$$Zx_2 = 15 (.077) + 25 (0.072) + 1 (0.10) = 3.00$$

$$Z_{N1} = 1 (.077) = 0.077$$

$$Z_{N2} = 1 (0.072) = 0.072$$

$$Zx_3 = 1 (0.072) + 1(0.10) = 0.10$$

$$Z_{M1} = -1 (.077) = - .077$$

$$Z_{M2} = -1 (0.072) = - .072$$

3) Cálculo de diferencias $Z_j - C_j$

$$\text{para } x_1: 2 - 2 = 0$$

$$x_2: 3 - 3 = 0$$

$$N_1: .077 - 10 = -9.923$$

$$N_2: .072 - 10 = -9.928$$

$$x_3: .10 - .10 = 0$$

$$M_1: -.077 - 0 = -.077$$

$$M_2: -.072 - 0 = -.072$$

Se cumple la condición $Z_j - C_j \leq 0$, de modo que el arreglo es óptimo.

La composición de la tableta será:

1 decigramo del ingrediente A (x_1)

3 decigramos del ingrediente B (x_2)

1 decigramo de inertes C (x_3)

5 decigramos peso total.

y tendrá un costo de:

$$1 \times .20 = 0.20$$

$$3 \times .30 = 0.90$$

$$1 \times .010 = \underline{0.01}$$

1.11 centavos por tableta de 5 -
decigramos

El contenido de Niacina será:

$$1 \times 20 = 20$$

$$3 \times 15 = \underline{45}$$

45 miligramos por tableta.

El contenido en tiamina será:

$$1 \times 5 = 5$$

$$3 \times 25 = \underline{75}$$

80 miligramos por tableta.

Modelo de Producción (3.9).

Imaginemos que una empresa pecuaria que produce "m" productos que requieren, para su elaboración (terminación en términos pecuarios) un proceso semejante, seguido a través de "n" áreas de producción.

Cada operación se efectúa a un paso conocido en cada área de producción, estando restringido el tiempo de operación en cada uno de ellos. Se conoce la utilidad (C_j) que produce cada unidad terminada y se trata de encontrar la combinación de productos que MAXIMICE la utilidad aprovechando al máximo los recursos disponibles.

Si (a_{ij}) es el tiempo de cada operación para cada producto y (b_i) es el tiempo disponible para cada operación, entonces:

$$a_{11} x_1 + a_{12} x_2 + \dots + a_{1m} x_m = b_1 \quad (\text{para operación 1})$$

$$a_{21} x_1 + a_{22} x_2 + \dots + a_{2m} x_m = b_2 \quad (\text{para operación 2})$$

$$\begin{array}{ccccccc} \cdot & & & & & & \cdot \\ \cdot & & & & & & \cdot \\ \cdot & & & & & & \cdot \\ \cdot & & & & & & \cdot \\ \cdot & & & & & & \cdot \end{array}$$

$$a_{n1} x_1 + a_{n2} x_2 + \dots + a_{nm} x_m = b_n \quad (\text{para operación n})$$

$$C = C_1 x_1 + C_2 x_2 + \dots + C_m x_m = \text{MAXIMO}$$

Se desea encontrar el valor de (x_1, x_2, \dots, x_m) que maximice la utilidad.

Ejemplo:

Una industria que produce alimentos para ganado, produce cuatro diferentes tipos de alimento (A, B, C, D) a través de las áreas de prensado, mezclado, evaporado y pasteurizado - emvasado.

Los tiempos requeridos para cada 1,000 unidades de cada producto en cada una de las áreas, así como los tiempos disponibles y las utilidades correspondientes se muestran en el cuadro 8.39.

CUADRO 8.39

Area	A	B	C	D	HORAS DISP.
Prensado	3 hr	7 hr	4 hr		70
Mezclado		2	4	5 hr	80
Evaporado	3	4		5	90
Pasteurizado-Env.	4	6	5	3	100
Utilidad	\$ 9	\$ 18	\$ 14	\$ 11	

Que cantidad de cada uno de los productos deberá producirse para maximizarse la utilidad.

Solución:

1) Modelo Matemático.

Si llamamos:

X_1 = 1000 unidades de A

X_2 = 1000 unidades de B

X_3 = 1000 unidades de C

X_4 = 1000 unidades de D

Entonces:

$$\begin{aligned}
 3x_1 + 7x_2 + 4x_3 &= \leq 70 \quad (\text{para prensado}) \\
 2x_2 + 4x_3 + 5x_4 &= \leq 80 \quad (\text{para mezclado}) \\
 3x_1 + 4x_2 + 5x_4 &= \leq 90 \quad (\text{para evaporado}) \\
 4x_1 + 6x_2 + 5x_3 + 3x_4 &= \leq 100 \quad (\text{para past.-env.})
 \end{aligned}$$

$$x_1, x_2, x_3, x_4 \leq 0$$

$$C = 9,000 x_1 + 18,000 x_2 + 14,000 x_3 + 11,000 x_4 = \text{MAXIMO}$$

2) Modelo Simplex:

$$\begin{aligned}
 3x_1 + 7x_2 + 4x_3 &+M1 &= 70 \\
 2x_2 + 4x_3 + 5x_4 &+M2 &= 80 \\
 3x_1 + 4x_2 + 5x_4 &+M3 &= 90 \\
 4x_1 + 6x_2 + 5x_3 + 3x_4 &+M4 &= 100
 \end{aligned}$$

$$C = 9x_1 + 18x_2 + 14x_3 + 11x_4 + 0M_1 + 0M_2 + 0M_3 + 0M_4 = \text{MAXIMO } -(x_{10}^{-3})$$

3) Interacciones: ver cuadro 8.40

CUADRO 8.40

	X_1	X_2	X_3	X_4	M_1	M_2	M_3	M_4	b_i	$u_i^{(1)}$	$u_i^{(2)}$	$u_i^{(3)}$	$u_i^{(4)}$	$u_i^{(5)}$
Prensado	3	7	4		1				70	0	2.57	1.31	1.8	1.04
Mezclado		2	4	5		1			80	0	0	0	1.7	1.06
Evaporado	3	4		5			1		90	0	0	2.2	0.5	0.47
Past-Env.	4	6	5	3				1	100	0	0	0	0	1.11
C_j	9	18	14	11	0	0	0	0	MAX					
① X_j					70	80	90	100						
Z_j	0	0	0	0	0	0	0	0						
$Z_j - C_j$	-9	-18	-14	-11	0	0	0	0						
② X_j		10				60	50	40						
Z_j	7.71	18	10.28	0	2.57	0	0	0						
$Z_j - C_j$	-1.29		-3.72	-11	2.57									
③ X_j		10		10		10		10						
Z_j	10.53	18	5.24	11	1.31		2.2							
$Z_j - C_j$	1.5		-8.76		1.31		2.2							
④ X_j		8.9	1.94	0.88				43						
Z_j	6.9	18	14	11	1.8	1.7	0.5							
$Z_j - C_j$	-2.1				1.8	1.7	0.5							
⑤ X_j	2.28	7.4	2.88	0.73										
Z_j	9	18	14	11	1.04	1.06	0.46	1.15						
$Z_j - C_j$	0	0	0	0	1.04	1.06	0.46	1.15						

La solución óptima será, entonces:

Producir 2,280 unidades de A
 740 unidades de B
 2,880 unidades de C
 10,730 unidades de D .

Con una utilidad máxima de:

2,280	X	9	=	\$ 20,520.00
740	X	18	=	13,320.00
2,880	X	14	=	40,320.00
10,730	X	11	=	<u>21,460.00</u>
T O T A L .				\$ 95,620.00

Programación Dinámica.

Es una técnica matemática que permite encontrar la solución de una serie de decisiones en secuencia, y se debe tomar una secuencia de decisiones, con cada una de ellas que afecte las decisiones futuras.

Este paso es muy importante ya que difícilmente encontraremos una situación de operación en la cual la toma de una decisión no se extienda al futuro.

De esta manera el Médico Veterinario Zootécnico especialista en producción se enfrentará dentro del proceso de planeación a situaciones que requieren que tome una serie de decisiones, en las cuales el éxito de cada una de ellas depende de una buena elección en la decisión previa inmediata.

Los sistemas en donde es aplicable la programación dinámica dentro de las empresas pecuarias son principalmente inventarios y control.

La programación dinámica es una técnica de descomposición para resolver problemas de decisión con múltiples etapas, descompone el problema de decisión con "n" variables en "n" problemas de decisión de una variable.

Frecuentemente estos "n" problemas son más simples de resolver que el problema original.

La programación dinámica se ocupa también de los problemas en los que el tiempo no es una variable significativa. Por ejemplo hay que tomar una decisión que requiere la distribución de una cantidad fija de recursos entre cierto número de usos alternativos. Para resolver este tipo de problemas debemos primero descomponerlos en etapas, y de esta manera la decisión final se maneja como si fuera una serie de decisiones dependientes en el transcurso del tiempo (6).

En programación dinámica, solo hay que conocer una pequeña cantidad de datos en cada etapa, a fin de describir el problema.

Además en cualquier etapa el resultado de una decisión altera los valores numéricos de la pequeña cantidad de variables relacionadas con el problema.

La decisión real no aumenta ni disminuye el número de factores de los que dependen los resultados. Por lo anterior habrá que tomar en cuenta el mismo número de variables para la siguiente decisión de la serie.

La programación dinámica permite resolver problema de planeación de carácter combinatorio, esto es; cuando existen gran número de posibilidades interrelacionadas y sujetas a restricciones. Dicho de otro modo, la programación dinámica permite resolver problemas que se caracterizan por etapas definidas con variables de estado. Estas variables de estado definen la condición del sistema para cada una de las etapas consideradas.

Tratándose de un problema de tipo secuencial las etapas serían los períodos sucesivos considerados; el programa de cada período quedaría definido por los valores que tomen las variables de estado. Por ejemplo si se tratara de un programa de renovación de material en una empresa lechera, las variables de estado serían las cantidades de material comprado, vendido y disponible y el programa definiría los valores de esas variables en las diferentes épocas sucesivas consideradas (6.7).

Se pueden distinguir etapas dentro de la solución de problemas de naturaleza estática, por ejemplo dentro de un programa de inversiones en una empresa avícola puede distinguirse la primera etapa como la inversión en alimento en la "nave" I, la segunda etapa como la inversión en alimento en la nave II.

Vemos entonces que la programación dinámica puede resolver problemas de programación de etapas múltiples, en donde las decisiones de una etapa se convierten en una parte de las condiciones que determinan las mayores alternativas en las etapas sucesivas. Lo anterior es lo que ha llevado a llamar a estos métodos, Programación Dinámica. El responsable de planear a través de este método en casos extremos debe comenzar con una ignorancia casi total de cuales son las posibles decisiones, cuales pueden ser las consecuencias de cada una de ellas, cuanto durarán las condiciones actuales, etc. Comienza con estimaciones subjetivas y prosigue modificando decisiones conforme obtiene mayores elementos de juicio. La programación dinámica guía a la estimación subjetiva hacia un plan o programa objetivo, en forma lógica. El responsable de las decisiones es llevado de antemano a actuar en forma óptima en cada etapa, cuando menos dentro de los límites de los elementos de juicio disponibles en esta etapa.

Se recomienda el uso de esta técnica cuando las variables que se están manejando sean discretas -son las que toman valores exactos sin poder tomar valores intermedios- y que el número de variables de estado sea menor a cinco (6, 7, 8).

El siguiente ejemplo ilustra la técnica de programación dinámica. La empresa porcina "Pro-Gen. S.A." cuenta con tres áreas que son maternidad, lactancia, y destete, sin embargo por necesidades de terreno estas áreas cuentan con tres instalaciones cada una, con sus respectivos costos y --- tiempos de operación.

Se acaba de recibir un pedido de lechones y se quiere minimizar el - costo de producción. En este problema se trata de determinar las instalaciones de las tres áreas que permitan lograr el objetivo anterior. Los - costos del área de maternidad son:

Instalación 1	\$ 40,000.00
Instalación 2	42,000.00
Instalación 3	39,500.00

Los costos de las áreas restantes están condicionados a la área de - origen y de destino y se indica a continuación: (figura 8.15).

		A la área de Lactancia		
Del área de Maternidad	1	40 ¹	50 ²	45 ³
	2	50	35	40
	3	45	60	70

Costos del área de Lactancia.

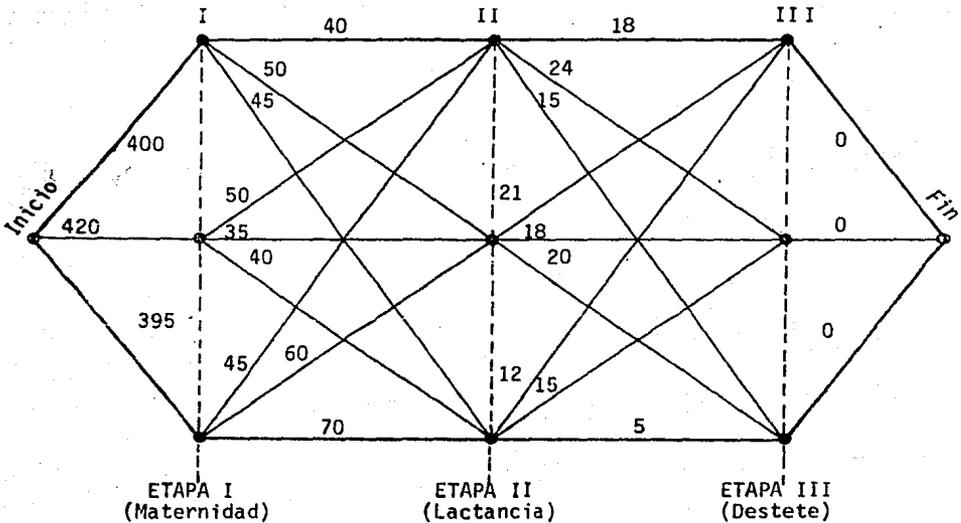
		A la área de Destetes		
Del área de Lactancia.	1	18 ¹	24 ²	15 ³
	2	21	18	20
	3	12	15	15

Costos del área de Destetes.

Analizaremos este problema, para ilustrar la forma en que se desarrolla la programación dinámica.

Para desarrollar la técnica de programación dinámica empezaremos por representar el problema por medio de redes como se ilustra a continuación (Figura 8.16).

FIGURA 8.16



Comenzaremos estudiando la última etapa (destete), localizamos la ruta óptima que nos lleva allí y regresamos etapa por etapa hasta el inicio del proceso, o sea a la maternidad, localizando en cada paso la ruta óptima. Se entiende por ruta óptima aquella que nos lleve a maximizar o a mi-

nimizar, según sea el caso, el valor de la función objetivo obtenible a partir de un punto inicial (6).

Observando la figura anterior notamos que las líneas punteadas indican las diversas etapas y que las posibles rutas están indicadas con líneas que las unen, las que indican los costos para pasar de una etapa a otra; notese además, que se indica un punto inicial y un punto de terminación. Para llegar a este último desde la etapa 3 se tiene un costo de cero; este costo se conoce como costo residual y es cero en este caso debido a que una vez terminado el destete quedan "terminados" los lechones; se debe anotar de todos modos para completar la red.

Visto que de la etapa 3 a la etapa terminal no existen costos para ninguna de las rutas, analicemos la etapa 3. Tenemos las siguientes posibilidades:

a) Salir de la etapa 2, estación 1 con costos de:

18 para la etapa 3, estación 1.

24 para la etapa 3, estación 2.

15 para la etapa 3, estación 3.

El valor más pequeño (se trata de minimizar costos, por eso se busca el más bajo) es 15, llamaremos el costo mínimo para ir de la etapa 2 estación 1 a la etapa 3, como $f(2,1)$ y, será igual a 15. De donde $f(2,1) = 15$ a E 3.3 (etapa 3, estación 3).

b) Salir de la etapa 2, estación 2 con costos de:

21 para la etapa 3, estación 1.

18 para la etapa 3, estación 2.

20 para la etapa 3, estación 3.

$f(2,2) = 18$ a E3 E3 (etapa 3, estación 3)

c) Salir de la etapa 2, estación 3 con costos de:

12 para la etapa 3, estación 1.

15 para la etapa 3, estación 2.

5 para la etapa 3, estación 3.

$$f(2,3) = 5 \text{ a E3 E3 (etapa 3, estación 3).}$$

Las expresiones:

$$f(2,1) = 14 \text{ a (etapa 3, estación 3).}$$

$$f(2,2) = 18 \text{ a (etapa 3, estación 2).}$$

$$f(2,3) = 5 \text{ a (etapa 3, estación 3).}$$

Nos indican los costos mínimos para pasar de la etapa 2 (desde cualquiera de sus tres estaciones) a la etapa 3. Podemos ver por lo tanto que el curso de acción óptimo será a la etapa 3 estación 3, si nos encontramos en la etapa 2 estación 1; a la etapa 3 estación 2, si estamos en la etapa 2 estación 2 y a la etapa 3 estación 3 si estamos en la etapa 2 estación 3. En ningún caso se deberá ir a la etapa 3 estación 1.

Consideremos ahora la segunda etapa: se pueden ver tres posibilidades:

a) Salir de la etapa 1 estación 1; los costos sería:

$$\text{a la etapa 2, estación 1; } 40 + f(2,1) = 40 + 15 = 55.$$

$$\text{a la etapa 2, estación 2; } 50 + f(2,2) = 50 + 18 = 68.$$

$$\text{a la etapa 2, estación 3; } 45 + f(2,3) = 45 + 5 = 50.$$

Llamaremos al costo mínimo para ir de la etapa 1, estación 1, a la etapa 2, como $f(1,)$ y será igual a 50.

$$f(1,) = 50$$

Esto implica que si nos encontramos en la etapa 1, estación 1, la política óptima será ir a la etapa 2 estación 3, lo cual según se

vió arriba, nos llevará posteriormente a la etapa 3 estación 3, -
logrando con esto, minimizar el costo total desde la etapa 2 hasta el fin del proceso.

b) Salir de la etapa 1, estación 2; los costos serían:

a la etapa 2 estación 1; $50 + f(2,1) = 50 + 15 = 65$.

a la etapa 2 estación 2; $35 + f(2,2) = 35 + 18 = 53$.

a la etapa 2 estación 3; $40 + f(2,3) = 40 + 5 = 45$.

$$f(1,2) = 45$$

c) Salir de la etapa 1, estación 3; los costos serían:

a la etapa 2 estación 1; $45 + f(2,1) = 45 + 15 = 60$.

a la etapa 2 estación 2; $60 + f(2,2) = 60 + 18 = 78$.

a la etapa 2 estación 3; $70 + f(2,3) = 70 + 5 = 75$.

$$f(1,3) = 60$$

Considerando la primera etapa tenemos únicamente una salida desde el punto inicial y los costos para las tres posibles rutas

serán:

a la etapa 1, estación 1; $400.00 + f(1,1) = 400.00 + 50.00 = 450.00$

a la etapa 1, estación 2; $420.00 + f(1,2) = 420.00 + 45.00 = 465.00$

a la etapa 1, estación 3; $395.00 + f(1,3) = 395.00 + 60.00 = 455.00$

El menor de estos costos totales nos representa el valor mínimo de la función objetivo (costo total), y es el resultado de aplicar la política óptima; "procesar" el trabajo en la instalación 1 del área de maternidad en la instalación 3 del área de lactancia, y en la instalación 3 del área de lactancia, y en la instalación 3 del área de destetes. Notese --

que este resultado no se hubiera podido obtener siguiendo la secuencia -- del trabajo y seleccionando la mejor alternativa para cada paso. Notese también que existen 27 rutas posibles; si se hubiera considerado otra --- área con tres instalaciones hubiéramos tenido 81 rutas posibles, pero bastará con un paso adicional para calcular el óptimo.

La programación dinámica consiste, por lo tanto, en considerar las - decisiones etapa por etapa desde la última hasta la primera.

Es importante notar que la resolución de un problema usando programa ción dinámica, sigue dos fases.

- a) Establecimiento de las restricciones o red de relaciones de paso entre estados sucesivos.
- b) Búsqueda de la ruta o secuencia de decisiones óptimas dentro de - la red.

Las dificultades principales de esta técnica están en la primera fa- se, ya que, en muchas aplicaciones, el paso de una etapa a otra está limi- tado a algunos de los estados de la siguiente:

Otra técnica matemática comunmente usada en la planeación y control de la producción es el uso de PERT. Esta técnica está directamente impli- cada en el control del proyecto (5, 6, 7, 8).

Observese que PERT (siglas en ingles de Program Evaluation and Review Technique) en el contexto de la planeación y control de la producción, - no está bien adaptado a la planeación y control rutinario de día a día, a las operaciones de producción repetitivas. Para tales operaciones exis-- ten métodos que se verán más adelante. Sin embargo se presenta esta téc- nica y las posibles palicaciones dentro de las empresas pecuarias.

El uso de PERT para la planeación y control de proyectos tiene va--- rias ventajas. Proporciona informes a la administración sobre los proble

mas actuales o en potencia que se puedan presentar en la conclusión de un proyecto, la condición actual del proyecto en relación con el logro de los objetivos del proyecto, la fecha de conclusión esperada del proyecto y la probabilidad de cumplirla y el sitio en donde se encuentran tanto las actividades más críticas como las menos críticas en el proyecto -- total.

Una red PERT es un modelo esquemático de las actividades y de los -- eventos comprendidos en un proyecto. Una actividad es una operación que se requiere para alcanzar un fin determinado. Un evento es un punto en el tiempo cuando una actividad fué iniciada o terminada. En una red PERT, las actividades están representadas por flechas y los eventos están representados por círculos o elipses. La suposición detras de estas definiciones es que una actividad no puede principiar sino hasta que se hayan cumplido todas las actividades presedentes y necesarias, y que no puede ocurrir un evento sino hasta que se hayan terminado todas las operaciones que den como resultado ese evento.

El especialista en producción pecuaria que desarrolle una red PERT -- debe examinar cada evento en términos de las actividades que deben ocurrir antes de él y de las actividades que pueden ser iniciadas sólo después de que el evento haya terminado. También debe distinguir cuales son los --- eventos que están relacionados en forma secuencial y cuales pueden ocurrir concurrentemente. Al expresar por medio de gráficas las actividades y -- los eventos, la escala del tiempo suele estar representada en la escala -- base con los tiempos cercanos al presente a la izquierda y los periodos -- futuros hacia la derecha. Para un proyecto típico, existen cientos e incluso miles de actividades y eventos. Esto quiere decir que las gráficas PERT se ven como redes complejas y detalladas. Estas pueden trasarce en papel o en tableros.

Una vez que se han determinado las actividades y los eventos y se han establecido su secuencia y sus interrelaciones, deberán calcularse las estimaciones de tiempo. En algunas aplicaciones a control de proyectos, se usan tres estimaciones de tiempo:

- 1.- El tiempo optimista (t_o) es la estimación del tiempo requerido para una actividad si no se presentan problemas. Como regla general, habría una probabilidad del 1% de que la actividad se llevara menos tiempo que la estimación óptimista.
- 2.- El tiempo más probable (t_m) es la estimación del tiempo requerido para una actividad si se toman en cuenta las interrupciones normales y problemas asociados con su conclusión.
- 3.- El tiempo pesimista (t_p) es la estimación del tiempo requerido para una actividad si se presentan interrupciones y problemas de naturaleza extraordinaria. Como regla general habría una probabilidad del 1% de que la actividad llevara más tiempo que la estimada pesimista (5,8).

Una vez que se han obtenido las estimaciones hechas por el personal responsable de cada actividad pueden calcularse los tiempos esperados (t_e) empleando la siguiente fórmula:

$$T_E = \frac{t_o + 4 \times t_m + t_p}{6}$$

Estos tiempos esperados se usan en el análisis de la red, y una vez que han quedado establecidas las actividades, los eventos y los tiempos esperados, se puede determinar la ruta crítica.

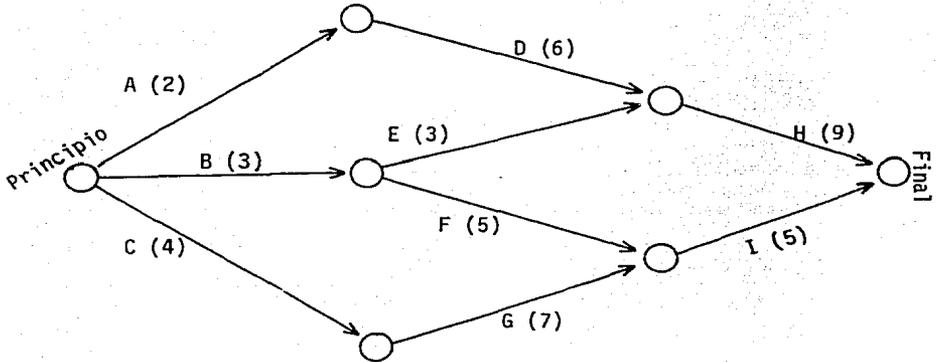
La ruta crítica es aquella secuencia de actividades y eventos en la red que es más larga que cualquier otra secuencia de actividades y eventos. Todas aquellas trayectorias que no sean críticas tienen lo que se conoce como tiempo de holgura o de desahogo. La holgura es la diferencia en el tiempo requerido en la trayectoria crítica o conclusión programada y la ruta en particular que se considere.

Los objetivos de PERT, puesto que esto está orientado hacia el tiempo, son las reducciones del tiempo (de ser necesaria) y deben mantenerse dentro de los tiempos programados. Existen varias formas de alcanzar estos objetivos.

- 1.- Puede reducirse el tiempo para actividades en particular, si ello es posible.
- 2.- Pueden transferirse hombres, animales, materiales y dinero de rutas desahogadas a la ruta crítica o a rutas casi críticas.
- 3.- Pueden eliminarse del proyecto algunas actividades.
- 4.- Pueden asignarse hombres, máquinas, animales y dinero adicionales a la ruta crítica o a rutas casi críticas.
- 5.- Algunas actividades, que normalmente sean secuenciales, pueden hacerse en paralelo. Por ejemplo, en vez de contratar al personal necesario, luego entrenarlo y finalmente ponerlo en actividades de producción, puede ser colocado en trabajos y ser entrenado durante el mismo período de tiempo con algún traslape de actividades.

Para demostrar una aplicación de PERT en el control de proyectos pecuarios examinaremos una porción de una gráfica de PERT que se inicia en algún punto de la red y termina en otro punto. Considerese la gráfica -- PERT de la figura 8.17.

FIGURA 8.17



Supondremos que los tiempos implicados son los tiempos esperados, sin tener que pasar por los pasos de reunir los tiempos optimista más probable y pesimista y calcular los tiempos esperados.

En el ejemplo mostrado en la figura anterior existen nueve actividades designadas de la "A" a la "I". Los números mostrados entre paréntesis indican el número de días que se requerirán para terminar la actividad correspondiente. El primer paso para realizar esta técnica después que han sido determinadas las actividades, los eventos y los tiempos, es la ruta crítica. La ruta crítica puede definirse como la secuencia de actividades que requiere el mayor tiempo para terminarse desde el principio hasta el final del proyecto. La siguiente tabla indica la secuencia de las actividades requeridas y sus respectivas necesidades de tiempo (8).

SECUENCIA DE ACTIVIDADES	NO. DE DIAS
A a D a H	17
B a E a H	15
B a F a I	13
C a G a I	16

La ruta crítica en el ejemplo es A a D a H o, más brevemente ADH. Supongase que el área responsable de la actividad B notifica al control de producción que le tomará cuatro días en vez de tres hacer el trabajo. Con el conocimiento de la ruta crítica, el responsable del control de la producción no se preocupará mucho por esto. No aplicará tiempo extra al área debido a que en realidad hay dos días de tiempo de holgura y la demora de un día no atrasará la terminación del proyecto. Este conocimiento sobre dónde existe tiempo de holgura y de cuanto tiempo de holgura se dispone es valioso desde el punto de vista del control de la producción para mantener bajos los costos del proyecto y para mantener todo el proyecto de acuerdo con el programa.

Supongase que el control de la producción es informado de que el proyecto debe terminarse en dieciseis días en vez de diecisiete. El responsable del control de la producción puede determinar por la gráfica --- PERT, que para hacer esto debe reducir un día las actividades en la ruta ADH. Si puede reducir cualquiera de estas actividades, o una combinación de ellas, puede cumplir con el nuevo programa. También sabe que tal reducción de tiempo no afectará adversamente las otras trayectorias, BEH, BFI, o CGI. Sin embargo en este punto existirán dos rutas críticas. Tanto - ADH como CGI.

Tomar dieciseis días.

De lo dicho anteriormente, se puede ver que PERT es una valiosa técnica de programación cronológica. Es en especial valiosa en términos del control de la producción. Aún cuando la red de actividades y eventos --- PERT pueden llegar a miles en una situación real.

Otra técnica que es muy común en el momento de la programación y el control de la producción. Y cuya base es el trazo de una red de actividades es el método C.P.M. que significa Modificación de PERT con Costos. -- Dicho método es una herramienta ideal de la planeación.

Tanto PERT como CPM tienen en común, la ruta crítica y esta a su vez consta de dos etapas básicas; una preparatoria del programa y otra de análisis y evaluación.

En la etapa preparatoria se presentan las siguientes secuencias:

- 1.- Definición del proyecto.
- 2.- Lista de actividades.
- 3.- Estudio de las secuencias.
- 4.- Determinación de los tiempos.
- 5.- Dibujo de la red.
- 6.- Cálculo de costos.
- 7.- Cálculo de la holguras.
- 8.- Comprensión de la red.
- 9.- Ajustes previos a la ejecución.

La etapa de análisis y evaluación se compone de las siguientes secuencias:

- 1.- Orden de ejecución.
- 2.- Reporte de avances.
- 3.- Análisis de los reportes.
- 4.- Toma de decisiones.

A continuación se estudiará cada una de las secuencias que constituyen el Método de Camino Crítico en una forma más detallada.

Definición del Proyecto.

En la aplicación práctica del Método del Camino Crítico es indispensable como punto de partida familiarizarse con el proyecto: su finalidad, -- los medios para realizarlo, los recursos, el personal disponible, los lugares de trabajo, etc.

Se estará en contacto con las personas que colaboran estrechamente -- en la ejecución -- como es el Médico Veterinario y Zootécnista especialista en producción -- del proyecto para cambiar impresiones sobre la viabilidad y posibilidades físicas de su realización.

Lista de Actividades.

Se hace una lista por escrito de todas las actividades que se realizarán en el proyecto. De preferencia se anotarán en forma lógica para evitar que se pase por alto alguna de ellas, se puede indicar la cantidad de trabajo que se va a desarrollar así como la forma de su ejecución, sin embargo estas dos últimas se pueden omitir.

Esta lista se prepara con la ayuda de los responsables de áreas que componen el proyecto general.

Las actividades pueden ser físicas o mentales. El grado de detalle -- de las actividades dependerá de las necesidades del proyecto general. A -- continuación se ve el caso de la ampliación de una empresa lechera que se desea hacer en el menor tiempo posible en función del costo más bajo.

La ampliación será con personal de la misma empresa y con personal -- especializado, contratado para ese trabajo y la lista de tareas que desa-

Desarrollará cada área es la siguiente; tomada directamente de los responsables de cada área.

a) Del personal de la empresa (M.V.Z.)

1. Elaboración del proyecto
2. Cálculo del costo
3. Aprobación del proyecto
4. Desembarque de las vacas
- 5.- Colocación de las vacas
6. Instalación de las vacas (equipo de ordeña)
7. Arranque general (las vacas entran a producción)
8. Revisión de vacas en producción
9. Tratamiento de vacas en producción
10. Mantenimiento y limpieza del edificio o instalaciones

b) Del Ingeniero Electricista.

1. Elaboración del proyecto
2. Cálculo de los costos
3. Aprobación del proyecto
4. Instalación de transformador nuevo
5. Instalación de alumbrado
6. Instalación de interruptores y arrancadores

c) Del Ingeniero Contratista.

1. Elaboración del proyecto
2. Cálculo de los costos
3. Aprobación del proyecto
4. Instalaciones para las vacas

Estudio de las Secuencias.

Existen dos formas de presentación de la matriz de secuencias, que podrán ser elegidas a conveniencia del responsable del programa (8).

La primera forma contiene tres columnas. Se comienza con la columna dos que es la central, para anotar los nombres o los números progresivos - que corresponden a todas las actividades del proyecto general y se encabeza con la letra "a". En la primera columna se indican los números de las actividades que se realizarán al mismo tiempo que una de las actividades - señaladas en la segunda columna. En el ejemplo que se ilustra las actividades 20 y 14 se harán en forma simultánea con la actividad 3 y así se hace notar en la matriz de secuencias. Esta primera columna se encabeza con la palabra "simultánea". En la tercera columna se anotarán las actividades que se ejecutarán con posterioridad a cada una de las actividades indicadas en la segunda columna, haciéndose además las anotaciones pertinentes para hacer aclaraciones en el dibujo de la red. Esta columna se encabeza con "después". A continuación se ejemplifica una matriz de secuencias --- (figura 8.18).

FIGURA 8.18

SIMULTANEAS	a	DESPUES
	0	1 - 12 - 18
	1	2
	2	3
	3	4
	4	5
	5	6
	6	7
	7	8
	8	Final
	9	10
	10	11
	11	-
	12	13
	13	14
	14	15
	15	16
	16	17
	17	6
	18	19
	19	20
	20	21
	21	23
	22	7
	23	22

En una u otra forma se harán las anotaciones que ayudan al programa a aclarar situaciones de secuencias y presentación de la red. Estas anotaciones se harán a discreción del programador sin olvidar que esta matriz de secuencias es solamente un papel de trabajo.

Se puede medir el tiempo en minutos, horas, días, semanas, meses o años, con la condición de que siempre se tenga la misma unidad de medida.

La matriz consta de seis columnas: la primera (a) significa actividades y en ella se hará una lista de las mismas o su número progresivo. En el caso que se estudia se presentan las 23 actividades por números. En la segunda columna se anotan los tiempos óptimos; en la tercera los tiempos medios y en la cuarta columna los tiempos pésimos.

Hecho lo anterior se calcula la quinta columna con la fórmula PERT para el tiempo estimado:

$$t_e = \frac{t_o + 4 t_m + t_p}{6}$$

Cualquier fracción decimal que se obtenga con la fórmula anterior se aumentará al número entero inmediato superior para dar un margen de seguridad al tiempo total del proyecto general. Por ejemplo, el tiempo estándar para la operación (1) será:

$$t_e = \frac{1 + 12 + 4}{6} = 2.8 = 3$$

No es suficiente conocer estos tiempos empleados en las actividades, sino que hay necesidad de determinar la desviación estándar (σ) que nos indica que tan dispersos se encuentran los tiempos promediados dentro del campo total del estudio. Esta desviación nos dará una idea de la probabilidad que existe de reducir o ampliar el tiempo estándar (8).

La fórmula especial PERT para determinar la desviación estándar, derivada de los tiempos pésimo y óptimo es:

$$\sigma = \frac{t_p - t_o}{6}$$

que proporciona una idea clara de esta desviación. Se toma la operación (1) de nuestra lista de actividades como sigue:

$$\sigma = \frac{4 - 1}{6} = 0.5.$$

Cualquiera de las dos matrices puede leerse en sentido inverso, para ratificar las secuencias. Por ejemplo, antes de la 7 se hace la 6; antes de la 12 se hace la 0, etc.

Tanto la lista de tareas como la matriz de secuencias se harán con información directa proporcionada por las personas enteradas en el proyecto.

Esta matriz de secuencias no es definitiva ya que posteriormente se harán nuevas matrices según los ajustes que deban hacerse en relación con la existencia y disponibilidad de materiales y mano de obra (4, 6, 7).

A continuación se presenta la matriz con el número de datos que se manejan en el ejemplo (Cuadro 8.42).

CUADRO 8.42

a	t _o	t _m	t _p	t _e	
1	1	3	4	3	0.3
2	1	1	1	1	0
3	0	0	0	0	0
4	2	2	2	2	0
5	4	6	10	6	1
6	2	4	5	4	0.5
7	2	5	11	6	1.5
8	0	0	0	0	0
9	5	7	8	7	0.5
10	2	2	3	2	0.2
11	10	12	15	12	0.8
12	1	3	4	3	0.5
13	4	6	9	6	0.8
14	1	2	3	2	0.3
15	1	3	4	3	0.5
16	4	6	9	6	0
17	1	2	3	2	0.3
18	1	3	4	3	0.5
19	1	1	1	1	0
20	0	0	0	0	0
21	5	6	9	6	0.7
22	3	4	5	4	0.3
23	2	3	4	3	0.3

Determinación de los Tiempos.

En esta secuencia se ocupan tres tiempos elementales: el tiempo óptimo (t_o), el tiempo medio (t_m) y el tiempo pésimo (t_p) combinados en una fórmula que representa un promedio de ellos. Esta fórmula está calculada para darle una proporción mayor al tiempo medio de 4 a 6. El tiempo resultante (t_e) se le llama tiempo.

El tiempo óptimo es el que representa el tiempo menor de operación - sin importar en ninguna forma el costo de la actividad, ni la cuantía de los elementos materiales y humanos, es simplemente la posibilidad física de realizar la operación en el menor tiempo posible.

El tiempo normal es el promedio derivado de la observación o experiencia que se tenga al realizar varias veces la misma actividad.

El tiempo pésimo es un tiempo excepcionalmente grande que se pudiera haber presentado ocasionalmente y que cuenta con el promedio para el tiempo estándar.

Estos tres tiempos serán igualmente proporcionados por las personas relacionadas con cada actividad ya que las conocen por propia experiencia. Si no existieran antecedentes se determinarían por cálculo de probabilidades.

8.2.- Métodos no Matemáticos.

Ahora pasaremos a examinar a los métodos no matemáticos de programación de la producción. Iniciaremos con el estudio de la técnica de gráficas acumulativas. También conocidas como gráficas de proceso y de flujo.

La representación gráfica de la situación actual de la empresa o de las labores a desarrollar en esta, puede estar representada en un diagra-

ma de flujo, que sirve de auxiliar en la construcción de planes a corto - y a largo plazo. Este tipo de diagramas puede ser considerado desde un - punto de vista mecánico, que corresponde a lo que se va a hacer, y desde un punto de vista dinámico, como se esta haciendo. El primero de ellos - está referido a los pasos que pensamos se podrían dar en determinado pro- ceso, sin ninguna otra base que nuestra experiencia. El segundo punto de vista nos dará el punto de partida para la evaluación de un proceso esta- blecido donde nos permita hacer comparaciones, nos detecta flujos inadec-- cuados, así como exceso de tiempo en los procesos, etc. (6,8).

A continuación se muestra un diagrama de flujo para un sistema de -- planeación (Figura 8.19 y 8.20).

FIGURA 8.19

DIAGRAMA DE FLUJO PARA UN SISTEMA DE PLANEACION

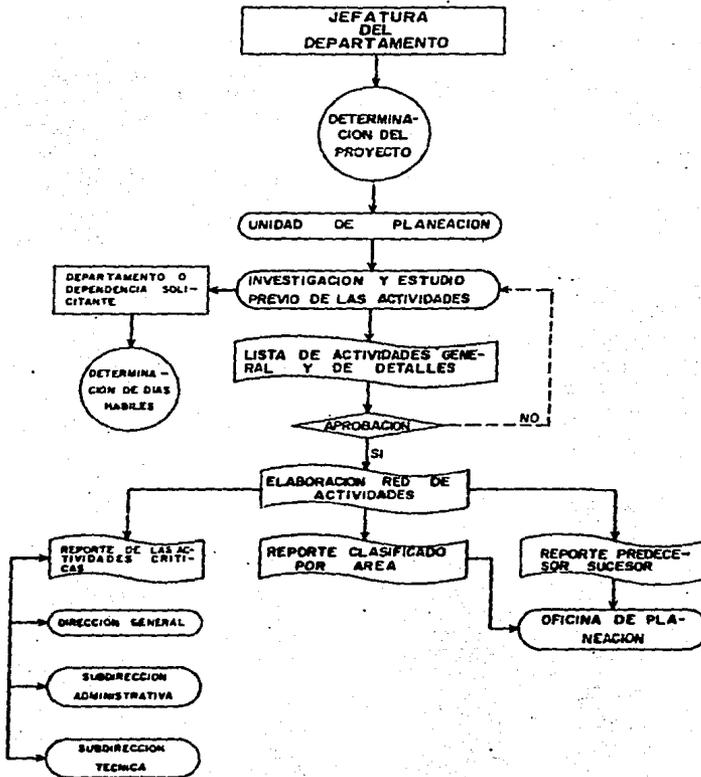
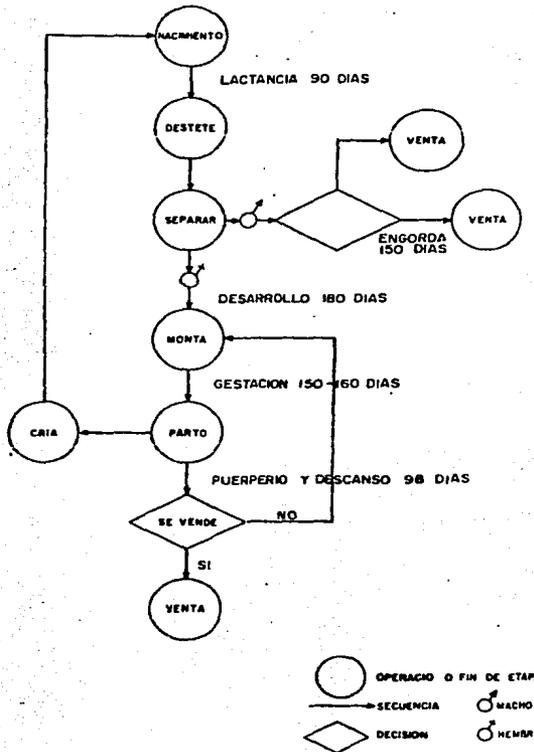


FIGURA 8.20

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO GENERAL DE PRODUCCION
DE GANADO OVINO



GRAFICAS DE GANTT.

Otra técnica que es muy común y que puede usarse con buenos resultados en las empresas pecuarias, es la técnica de Gráficas de Gantt, también llamada diagrama de barras, que muestran la ocurrencia de actividades en paralelo o en serie en un determinado período de tiempo (9, 12).

Para la elaboración de una gráfica de Gantt deben seguirse los siguientes pasos:

- a) Se elabora una lista de las actividades que intervienen en el proyecto, las cuales se relacionan y ordenan de acuerdo a su ejecución.
- b) Se establece en forma horizontal una escala de tiempos representada en años, meses, semanas, días, horas, etc. según sean las necesidades.
- c) Se sitúa la duración de cada actividad.
- d) Se representa la duración estimada de cada actividad con una barra horizontal, cuya longitud obedecerá a la duración establecida de acuerdo con la escala horizontal.
- e) El control se realiza por la simple comparación de las barras a una fecha determinada.

La gráfica de Gantt muestra una magnitud de tiempo y una de trabajo que debe ajustarse en ese tiempo. Las líneas trazadas horizontalmente a través de ese espacio muestran la relación entre el volumen realmente ejecutado de trabajo en ese tiempo y el volumen programado.

A continuación se presenta un ejemplo para ilustrar esta técnica -- (cuadro 8.43).

PROGRAMA DE PRODUCCION CUNICOLA PARA UN PIE DE CRIA 60 HEMBRAS Y 6 MACHOS

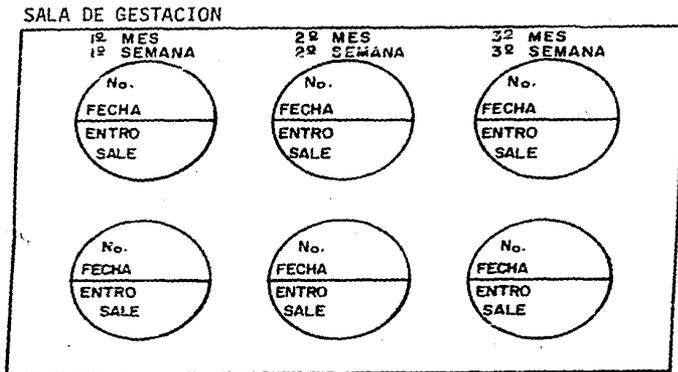
ACTIVIDAD	S E M A N A S																					ETC.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
PIE DE CRIA																						
1. PARTOS	■											■										
2. REG. PARTOS	■											■										
3. RETIRAR NIDO				■											■							
4. CAMBIAR HEMBRA							■											■				
5. MONTA							■											■				
6. PONER NIDO											■										■	
7. ALIMENTAR CRIA	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
8. NACIMIENTO																						
ETCETERA																						

CUADRO 8.43

TABLEROS

Los sistemas de programación por tableros constituyen otro sistema, que consiste en el manejo de un tablero, en el cual puede estar el diagrama por áreas de la empresa, asimismo con fichas de diferente color señalar las operaciones y las actividades por realizar. Este sistema es de fácil operación inclusive por los trabajadores, con el fin de que conozcan los movimientos que están realizando y desarrollen mejor su trabajo. A continuación se presenta un sistema de tableros y su aplicación en una sala de gestación de una empresa porcina (Figura 8.21).

FIGURA 8.21



El sistema de tableros opera con colores en cada etapa productiva de los animales. Se anotan las fechas de entrada y salida de las diferentes etapas, el No. de arete. En el momento de pasar de una etapa a otra se cambia el color y se anotan los nuevos datos.

Existe otro sistema de programar la producción y es por medio de computadoras. Las computadoras y la automatización han creado cambios en la administración de proporciones sin precedente.

Sin embargo en el terreno de la producción pecuaria, aún no se les ha dado la importancia debida, esto obedece a la falta de personal capacitado y entrenado para el uso de estos sistemas. Por otro lado a la poca importancia que los mismos productores le dan a estos sistemas consideranlos como inútiles, la falta de interés de Instituciones de Educación Superior para preparar a las nuevas generaciones en esta área.

Este retraso tecnológico tiene como resultado una deficiencia global en la producción agropecuaria del país.

El último de los métodos no matemáticos de programar la producción, son los métodos Heuristicos, es decir los métodos prácticos y se determinan al sentido común.

En contraposición con los métodos computarizados estos métodos de sentido común son los más difundidos en el área agropecuaria. Los productores afirman tener la experiencia suficiente como para "programar" la producción sin echar mano de algún sistema serio de programación y control de la producción.

Esta mentalidad que aún prevalece y en gran medida entre los productores y desde los pequeños hasta los grandes, es uno de los frenos más importantes para el desarrollo de la empresa agropecuaria; esto es que mientras no den oportunidad al Médico Veterinario Zootécnista especialista en producción de adaptar sistemas de programación y control de la producción a las empresas pecuarias, nuestro país seguirá produciendo con altos costos, y en cantidades insuficientes, logrando con esto un deficit global en la producción agropecuaria nacional con las repercusiones que esto conlleva.

8.3.- La Fijación de Prioridades.

Este apartado se refiere a la importancia de ordenar secuencial y lógicamente los procesos y actividades en el momento de la planeación.

Es muy común que en el momento de elaborar un programa de abastecimiento, elaborar un programa de producción o el mercado de un producto, - se piense en el momento presente, sin embargo si se proyectara a futuro, las prioridades tomaran otra disposición. Estas generalmente están sujetas a factores como recursos financieros, recursos técnicos, recursos humanos así como recursos naturales (8).

Otro enfoque que se le puede dar a este aspecto es en el caso de los inventarios; es decir, que habrá productos que deban salir al mercado antes que otros, instalaciones para mantenimiento antes que otras. En todos los casos establecer juiciosamente el evento que precede al anterior.

9.- EL PLAN MAESTRO DE PRODUCCION (PMP) COMO PARTE DEL PCP.

9.1.- La Función del Plan Maestro de Producción (PMP).

El plan maestro de producción expresa fundamentalmente los objetivos y metas de producción que se desprenden de la estrategia de la empresa -- así como las actividades necesarias para cumplirlos, señalados en el tiempo a corto, mediano y largo plazo.

La dirección de la empresa desarrolla prácticamente esta estrategia, aplicandola al plan maestro mediante la generación y planificación de actividades. Analiza la factibilidad del plan general de producción, determina medios y plazos para alcanzar las metas previstas y establece los objetivos parciales y los plazos y periodos correspondientes para su cumplimiento (4,8).

El estudio de estas factibilidades se apoya en las propuestas de las áreas o unidades de la empresa, que toman en cuenta las capacidades reales de producción de los equipos, animales, recursos humanos y tecnologías aplicadas. A su vez, a esas propuestas concurren las investigaciones y evaluaciones de las tecnologías más avanzadas (ordeñadoras mecánicas, jaulas parideras, etc.) y más adecuadas a las características del proceso pecuario de la empresa, decidiendo las opciones más favorables. De esta manera la preparación del Plan Maestro es producto de toda la estructura orgánica.

Partiendo del marco estratégico establecido, las metas tienen una base real y concreta, originada en los niveles operativos y sufriendo sucesivas evaluaciones jerarquizadas desde los diferentes aspectos; técnicos, económicos, financieros, comerciales, etc.

El plan maestro involucra la preparación de diferentes programas que expresan los diversos planes específicos y los períodos de tiempo para su avance y ejecución.

Se podría resumir la función del Plan Maestro como la fijación de lotes a producir de una especie pecuaria o productos de esta para períodos específicos (generalmente mensuales)

9.2.- Los Alcances del PMP.

La puesta en práctica del Plan Maestro exige una cuidadosa interrelación y coordinación interáreas.

Los planes y actividades contenidos en el son interdependientes. Sus avances y desarrollos están entrelazados y los éxitos comunes son mutuamente dependientes.

Esta coordinación práctica es asegurada por la comunicación directa inter-áreas y por la ayuda que puede brindar en el desarrollo de sus funciones propias, el Area de Planeación y Desarrollo. Esta coordinación debe poner en acción a toda la estructura orgánica y obligar a un esfuerzo planificado. Ayuda a ésto, el que ella no este directamente involucrada en la operación y de esta manera puede promover acuerdos horizontales a nivel de áreas.

Se puede decir entonces que el Plan Maestro de producción se utiliza para planear las facilidades de producción así como los requerimientos de mano de obra. Define los niveles de operación futuros en cuanto a recursos productivos y materiales (4, 8).

9.3.- Sus Limitantes en el Area Agropecuaria.

El Plan Maestro se establece para un período en que existen objetivos claramente identificados. Como ejemplo en una empresa pecuaria, puede ser referido al período 1983-1986. Se señala 1983 para mostrar la continuidad de los programas o el inicio de los mismos; se detalla mensualmente 1984, se registra cuatrimestralmente 1985 y semestralmente 1986. De esta manera existe la continuidad entre el pasado reciente, las actividades del período en curso y el futuro que se está predeterminando con las acciones de hoy.

La estructura del Plan Maestro expresa la prioridad productiva de la empresa en el marco de los programas y actividades que lo integran y es como sigue:

- I. Metas de la empresa: En este renglón deben expresarse la descripción y cuantificación de las metas de la empresa, así como la calendarización de su cumplimiento.

- II. Apoyo directo a la operación: Comprende todo tipo de programas y actividades de corto plazo y de maduración inmediata destinados a dotar los medios necesarios que aseguren el cumplimiento de las metas de producción del período anual.
Estos programas y actividades deben ser calificados como prioritarios en relación a los programas específicos que se detallan más adelante en el mismo plan.

- III. Mantenimiento y optimización del activo fijo: Aquí se reseñan los programas y actividades para la realización del mantenimiento preventivo y correctivo de los activos fijos de la empresa de acuerdo a los períodos determinados. El objetivo es mantener, conservar y optimizar la plena utilización y operación de los recursos físicos, para asegurar el mínimo de tiempos muertos de operación actuales y futuros. Deberá destacarse la necesaria coordinación con el plan de suministros.

- IV. Mantenimiento y desarrollo de personal: Se establecen en este renglón los programas y actividades para mantener la dotación completa de recursos humanos necesarios para la operación de la empresa; los requisitos para impulsar la formación, entrenamiento y desarrollo profesional, elevando la preparación general para facilitar las promociones necesarias del personal, de acuerdo

a las exigencias de operación de la empresa. Todo esto como --- acciones concretas a realizar en el marco de las políticas de de sarrollo, sanciones y estímulos al personal.

- V. Mantenimiento, desarrollo e integración de tecnologías y siste-- mas: El plan integra aquí los programas y actividades destina-- dos a mantener el más alto nivel en la utilización de las tecno-- logías adquiridas y aplicadas a los procesos y equipos de la em-- presa. Asimismo, el desarrollo de éstas o de nuevas tecnologías que sirvan a los objetivos de la empresa, el cumplimiento de sus metas y la estrategia general con perspectivas a su desarrollo - futuro.

Debe considerar también las actividades destinadas a mantener, - conservar y optimizar la utilización de los sistemas empleados - en la organización, así como programar racionalmente la extensión de algunos y la obtención y puesta en operación de otros nuevos, capaces de dar a la empresa el apoyo que requiere la operación - eficiente en concordancia con las metas propuestas.

Este apartado y el siguiente son los que generan, coordinan prio-- rizan y aprueban acciones conjuntas de las diferentes áreas con planeación y desarrollo.

- VI. Inversiones: En este capítulo se consideran los programas y acti-- vidades de inversión con maduración en el mediano y largo pla-- zo, tanto referidos a la optimización de la actual operación, co mo a la expansión de sus actividades así como a las necesidades

para el cumplimiento de las metas del plan en los períodos mencionados.

VII. Suministros: Se incluyen en este rubro los programas y actividades destinados a asegurar los suministros no rutinarios y los de mayor valor o importancia que deben destacarse por constituir acciones nuevas para la empresa tales como las acciones críticas (4).

Control del Plan Maestro.

Existen ciclos de control y niveles de agregación en el control. El más importante es el que se efectúa al nivel de la realización práctica de los trabajos y se expresa como autocontrol. El primer paso deberá referirse al control a priori el cual se expresa mediante la aprobación de la organización detallada y los medios disponibles para la realización de los trabajos. El control ex-post o a posteriori, es solo evaluativo.

De presentarse en cualquiera de las áreas diferencias negativas o positivas respecto a las metas aprobadas, éstas deberán ser reportadas de inmediato con objeto de preveer los impactos que se provocarán en las otras áreas.

Las unidades existentes que cumplen esta función de control en las áreas son: (cuadro 8.44).

CUADRO 8.44

A R E A	UNIDAD DE PLANEACION
Producción	Planeación y Control Operativo
Administración	Planeación y Control Operativo
Finanzas	Planeación Financiera
Adquisiciones	Ingeniería y Planeación de Compras
Planeación y Desarrollo	Metas y Programas por Areas
Proyectos y Construcción	Programación y Control del Proyecto

Estas unidades tienen una relación funcional con el área de Planeación y Desarrollo.

El Plan Maestro debe ser ajustado solamente una vez al año, para que tenga el carácter de marco de referencia y patrón de control.

El área de Planeación y Desarrollo es quien define y actualiza el detalle y los procedimientos de generación, discusión, aprobación, ajuste y control del plan (4, 8).

Finalmente veremos los pasos para elaborar un Plan Maestro de Producción.

1. Determinar el periodo a cubrir
2. Definir las bases y premisas de inventarios
3. Distribuir las ventas sobre el periodo
4. Determinar el total de inventarios de grupos de productos al principio del periodo
5. Fijar el nivel de inventario, al final del periodo
6. Calcular el total de producción requerida para el periodo planeado.

7. Distribuir la producción sobre el período
8. Calcular el cambio de inventarios al final del período

III.- DISCUSION.

Poca importancia se le ha dado a esta área en la producción animal, es por esto que se recopiló información, que dé origen a investigaciones concretas en el campo de las empresas agropecuarias y lo relacionado con su producción.

La eficiencia que podemos obtener en las empresas pecuarias cuando se aplican estos sistemas (P.C.P.) es notoria, esto se puede apreciar --- cuando evaluamos dicha empresa al final de un período de tiempo, y de forma contraria la ineficiencia con que trabaja una empresa en donde se excluyen estos sistemas es palpable, ello se observa en el momento de evaluar las utilidades obtenidas, ya que es este el parametro que mide el -- éxito o el fracaso de una empresa.

Por otro lado la situación que prevalece en nuestro país con respecto a la producción animal obliga a que en las nuevas generaciones de Médicos Veterinarios y Zootécnicos exista la especialización en materia de - Planeación y Control de la Producción, es decir; Sistemas de Producción - Pecuaria, con ello lograremos tal vez aminorar los problemas cada vez más grandes de las empresas del campo.

IV.- CONCLUSIONES.

Las conclusiones que de este trabajo se desprenden son las siguientes:

1. Que las empresas pecuarias pueden ser más eficientes en la medida en que adopten estrategias administrativas, encaminadas a la optimización de sus recursos; tanto naturales, como financieros y técnicos, así como materiales y animales.
Existe una gama amplia en cuanto a las estrategias técnico-administrativas, que nos ofrece la Ingeniería Zootécnica, de las cuales se puede optar por la más adecuada de acuerdo a las condiciones y recursos con que cuenta una determinada empresa.
2. Es importante que las empresas pecuarias, inicien su actividad productiva, con la fijación de objetivos, ya que estos nos van a dar una idea clara de lo que se propone alcanzar la empresa. Es tos objetivos estarán de acuerdo con la empresa misma cuando se trata de objetivos generales; sin embargo pueden existir objetivos por áreas los cuales en conjunto lograrán mayor eficacia operativa de la empresa en su conjunto.
3. El sistema que este trabajo desglosa es el PCP (Planeación y Control de la Producción). En donde a través de un diagrama se --- identifican las funciones básicas del proceso de planeación así como los puntos de control del mismo.
4. Que los efectos del mercado son decisivos para mantener a la empresa dentro del contexto productivo, es decir la demanda de un determinado producto va a determinar el éxito o el fracaso de una empresa.

5. Para desarrollarse bajo el sistema P.C.P. es importante determinar información como es pronosticar la demanda. De esta manera se podrá calcular lo que se debe producir en base a la demanda calculada y así comprar lo necesario (lote económico) y disminuir costos de operación.
6. El lote económico es una herramienta fundamental en el momento de planear las compras, así como la producción, pues ello nos permite operar con lotes óptimos en cuanto su tamaño, resultando beneficiados los inventarios de la empresa, ya que de esta manera se evita que; por un lado los materiales se hagan obsoletos o sufran pérdidas en cuanto a cantidad y calidad y por otro la producción terminada no se detenga y sufra mermas.
7. Que existen diferentes métodos para programar la producción. De entre ellos y los cuales se exponen en este trabajo se escogerá el más adecuado, dependiendo de las características de la empresa, de sus objetivos y de sus políticas a corto y largo plazo.
8. Que existe un Plan Maestro de Producción que es el fundamento técnico en que se debe apoyar toda empresa con el fin de lograr los más altos rendimientos, así como la optimización de sus recursos de toda índole.

El Plan Maestro de Producción nos permite conducirnos de una manera eficiente y organizada, ya que establece las funciones específicas, así como los objetivos por alcanzar entre cada una de las áreas, y así de una manera armoniosa; lograr los objetivos generalizados de la empresa.

Finalmente el propósito de este trabajo es dar a conocer que existen métodos de Programación, Planeación y Control de la Producción, que se --

pueden aplicar a las empresas pecuarias, como un intento de cambiar la --
imágen que de éstas se tiene en nuestro país, ya que hasta la fecha y aún --
con todos los avances tecnológicos aplicados en otros países, nuestras --
empresas no han dejado de verse como simples establos, granjas y más so--
fisticadamente ranchos, pero esa mentalidad no es suficiente ni está de -
acuerdo a las necesidades que demanda nuestro país.

Por último es hora de cambiar aquellos rudimentarios y tradicionales --
sistemas de producción y con ello todas las deficiencias que arrastran --
por una mentalidad más objetiva y progresista es decir por un espíritu de
empresa.

V.- LITERATURA CITADA.

1. Aguilar, V.A., Zavala, M.D., Méndoz, G.E., Rubalcava, C.E., Juárez, G.J., Izazaga, V.V., Colmenares, G.X., Pastrana, G.F. y Huerta, R.E.: Administración Agropecuaria, 3a ed. Limusa, México, -- 1982.
2. Bachtold, G.E., Aguilar, V.A., Alonso, P.E., Juárez, G.J., Casas, P.V., Meléndez, G.J., Huerta, R.E., Méndoz, G.E., y Espinoza de los Monteros, R.A.; Economía Zootécnica, Limusa, México, 1982.
3. Bársov, A.S.: Que es la programación Lineal, 2a ed. MIR, Moscú, 1982.
4. Compañía Minera de Cananea.: Manuel General de Organización --- C.M.C., Vol. I. 001-801. Compañía Minera de Cananea, México, - D.F., 1985.
5. Green, J.: Control de la producción, Sistemas y Decisiones, --- Diana, México, 1978.
6. Gómez, G.: Planeación y Organización de Empresas, 5a ed. Limusa, México, 1980.
7. Hopeman, J.R.: Producción, Conceptos Análisis y Control, C.E.C.S.A. México, 1973.

8. Nieves, R.J.: Planeación y Control de la Producción. Memorias -- del Seminario El Sistema P.C.P. México, D.F., 1983. 1-47 Fac. -- Cont. y Admon. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. (1983).
9. Trujillo del Río, J.J.: Elementos de Ingeniería Industrial, --- Limusa, México, 1982
10. Secretaría de Educación Pública.: Administración de Empresas Agro pecuarias. Trillas, México, 1982.
11. Secretaría de Educación Pública.: Extensión y Capacitación Rura- les. Trillas, México, 1982.
12. Secretaría de Educación Pública.: Guía de Planeación y Control de las Actividades Pecuarias, Fondo de Cultura Económica, México 1980.
13. Secretaría de Educación Pública.: Organización de Operaciones - Agropecuarias, Trillas, México, 1982.

VI.- FIGURAS.

FIGURA 1.1

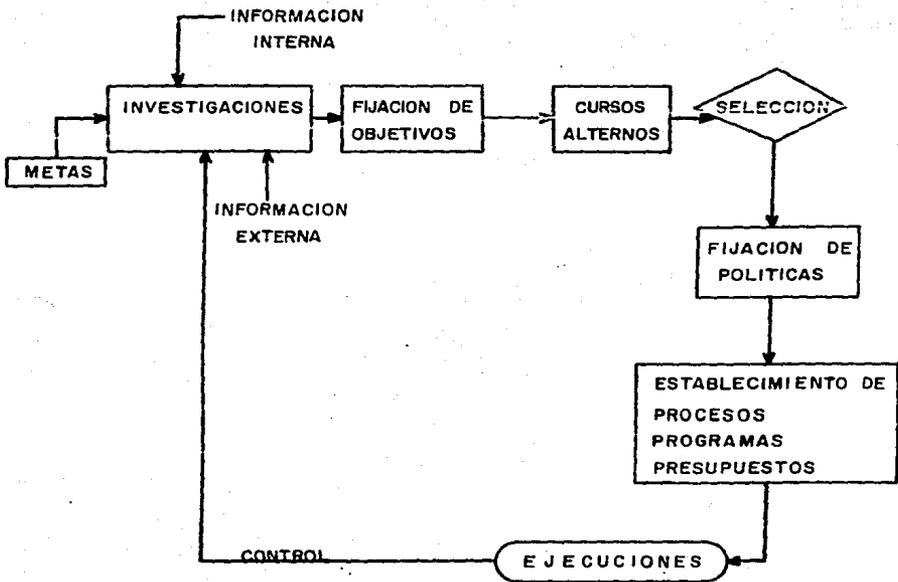
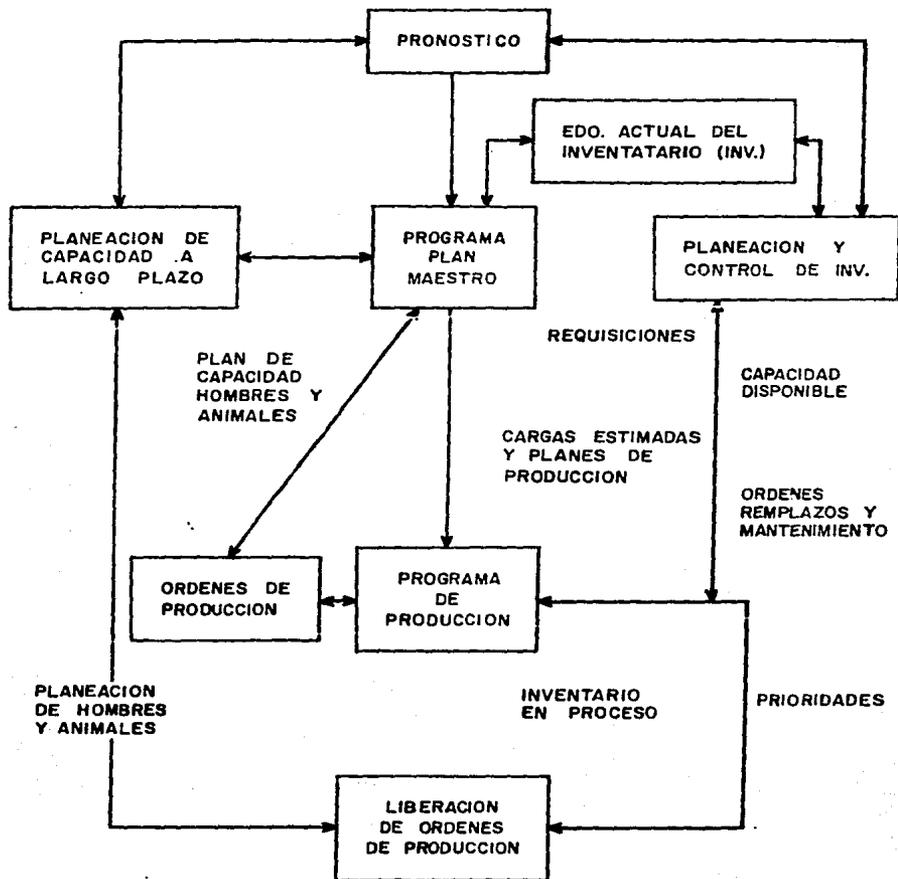


Figura del proceso de la planeación y cómo se integra en cada una de sus partes.

FIGURA 3.2

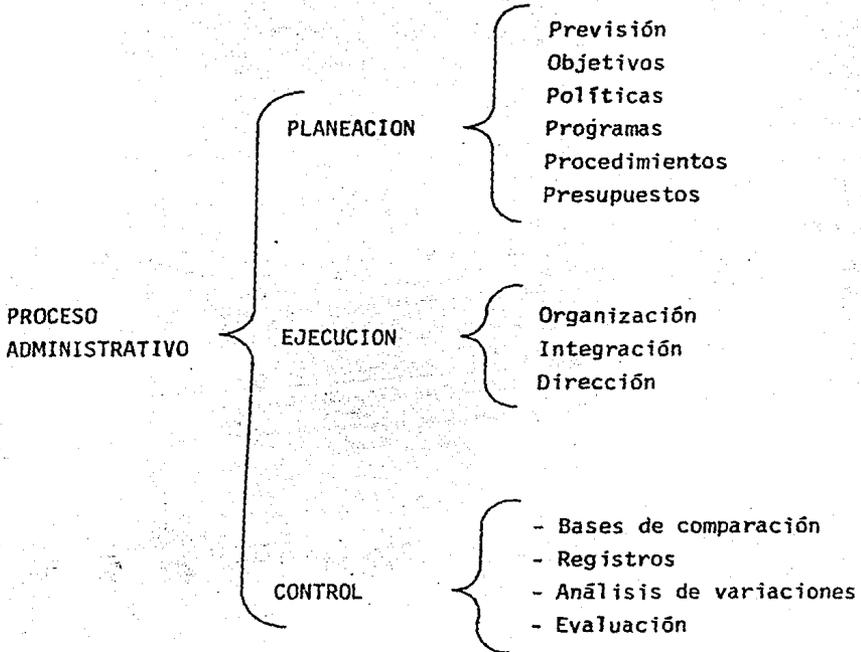
Diagrama del proceso de planeación y control (interrelaciones)



Es el más sencillo y aplicable a las unidades productivas pecuarias.

VII.- FIGURAS Y ANEXOS.

CUADRO 1.1
ETAPAS ELEMENTOS



El proceso administrativo lo constituyen tres etapas:
Planeación, Ejecución y Control con sus respectivos elementos.

GRANJA PORCINA CIENEGA III					
INGENIERIA ZOOTECNICA DEL PRODUCTO			LISTA DE PARTES No.	= No.	
LISTA MAESTRA DE PARTES			REVISO MVZ.	APROBO MVZ.	FECHA
DESCRIPCION: CERDA REPRODUCTORA PARA SISTEMA INTENSIVO RAZA YORK-SHIRE					
PROVIENE	FOTOGRAFIA	CAPACIDAD DE PROD. ESTIMADA		CANTIDAD A PRODUCIR ESTIMADA	
DESCRIPCION DEL PRODUCTO (LECHON)	CANT. MAT. STAND. POR LECHON	EXISTENCIA MAT. STAND.	CANT. DE LECHONES NECESARIA	EXISTENCIA DE LECHONES	CANT. DE LECHON. NACIDOS
FECHA NACIMIENTO	ALIMENTO	ALIMENTO			
VITALIDAD	MEDICAMENTOS	MEDICAMENTOS			
PESO	PROMOTORES	PROMOTORES			
No. TETAS PARES					
COLOR					
SEXO					
ESTADO GRAL. DE SALUD					
MATERIALES DE COMPRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD DE MATE-RIAL STANDAR	EXISTENCIA	CANT. REQUERIDA		
ALIMENTO REPRODUCTOR					
MEDICAMENTOS					
FUENTES DE CALOR					
PROMOTORES					
MATERIALES DE PROCESO					

CUADRO 5.2

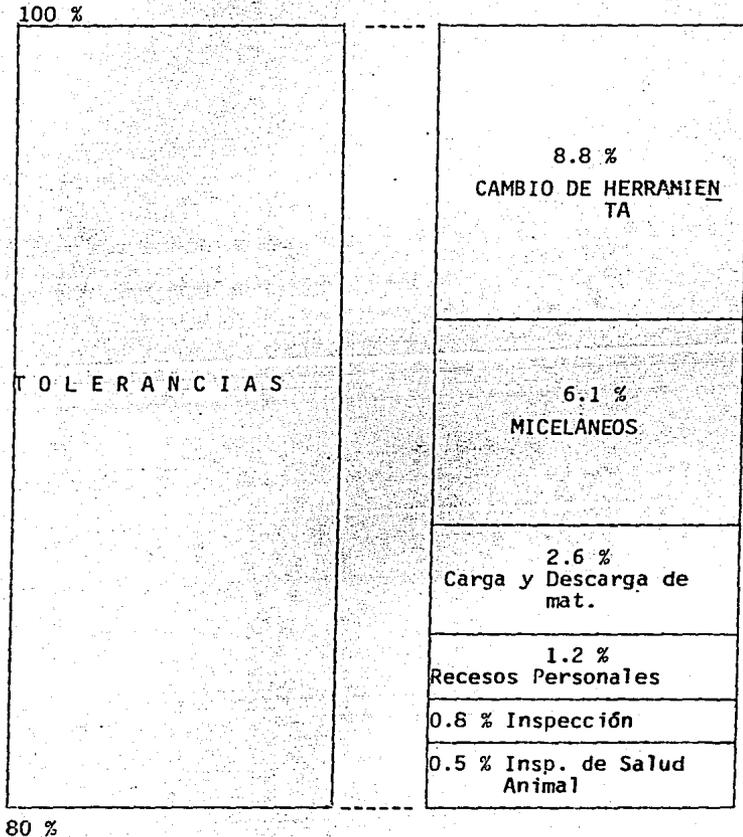
Lista de partes. Su función es mostrar en un documento las partes que integran un producto, así como registrar datos referentes a los niveles generales de producción y la cantidad de materia prima en el invertido.

HOJA DE PROCESOS ING. ZOOTECNICA						
RANCHO LA ESMERALDA						
DESCRIPCION : ORDEÑO MECANICO SALA ESPINA DE PESCADO		DESTINO: PASTEURIZADORA		REVISO M.V.Z.		
DESCRIPCION DE LA OPERACION	MAQUINA PRINCIPAL	DATOS DEL HERRAMENTAL	Nº. PERSONAS	TIEMPO. STD. DE EJECUCION EN HORA/VACA 96.0 SEG.	Nº. VACAS STD. X HORA/HOMBRE 37	Nº. DE LITROS REAL X HORA
ENTRADA DE VACAS	MANUAL			15 - 20 SEG.		
ALIMENTACION(OCCASIONAL)	TOLVA	TOLVA	1	7.5-16 SEG.		
LAVADO DE LA UBRE	MANUAL	AGUA, IODO, TOALLAS, CUBETA	1	4 - 20 SEG.		
PRUEBA DE LA TAZA	MANUAL	TAZA, REACTIVO	1	8 - 13 SEG.		
PRUEBA DE LAS MAMILAS	ORDEÑADORA	ORDEÑADORA	1	6 - 22 SEG.		
RETIRO DE LAS MAMILAS Y EXPRIMIDA DE ELLAS	MANUAL	CUBETA, AGUA, IODO	1	7 - 9 SEG.		
DESINFECCION DE TETAS	MANUAL	CUBETA, AGUA, IODO	1	4 - 6 SEG.		
SALIDA DE VACAS	MANUAL			15 - 20 SEG.		
VARIOS						
CONTRATIEMPOS						

CUADRO 5.3

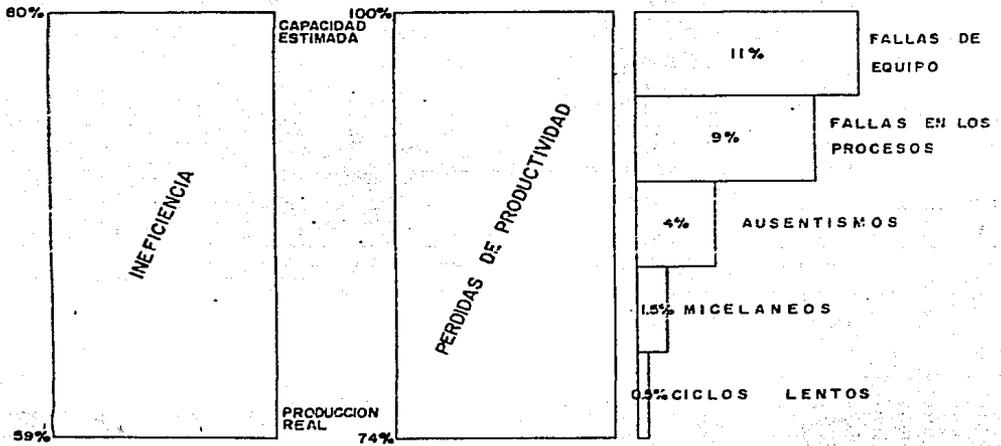
Hoja de procesos. Esta hoja describe un proceso en la forma en que corrientemente se ejecuta. En el ejemplo se trata del proceso de ordeño mecánico.

CUADRO 5.4



En este cuadro se muestran diferentes porcentajes de disminución de la producción, así como los factores que la provocan. Sumados estos disminuyen en 20% del 100% que se esperaba que fuera el nivel al que operará una empresa pecuaria.

CUADRO 5.5



En este cuadro se muestran los porcentajes y los diferentes factores que influyen en las empresas pecuarias provocando ineficiencia y pérdidas de productividad.

Se provoca ineficiencia cuando estos porcentajes se presentan por debajo de la tolerancia (80%). La pérdida de productividad se presenta cuando estos factores actúan sobre la capacidad óptima de la empresa (100%).

CUADRO 6.6

CLASIFICACION DE TECNICAS METODOS CUALITATIVOS

N O M B R E	MET. DELPHI	INVESTIGACION DE MERCADO	ANALOGIA HISTORIA
Características	A base de Cuestionarios con expertos.	Basado en el Desarrollo y Pruebas de Hipotesis en el mercado.	Análisis Comparativo de Crecimiento e Introducción de Productos Similares.
Calificación Corto Plazo Mediano Plazo Largo Plazo	B - MB B - MB B - MB	Excelente Bueno B - MB	Pobre Reg. - Bueno Reg. - Bueno
Uso	Nuevos Productos y Pronósticos de Ganancias.	Nuevos Productos y Pronósticos de Ganancias.	Nuevos Productos y Pronósticos de Ganancias
Requerimientos	Coordinador - de Cuestionarios.	a) Datos del Mercado Encuestado. b) Análisis de Serie de Tiempo Variable.	Varios años de Historia de uno o más productos.
Tiempo de Desarrollo.	2 meses o más	3 meses o más	un mes o más

Estos métodos tienen como finalidad proporcionar un diagnóstico de la demanda de un determinado producto en un tiempo estimado. Se muestra el nombre de la técnica, sus características, su calificación a corto plazo, mediano plazo y largo plazo, su uso, sus requerimientos y su tiempo de desarrollo.

CUADRO 6.7

CLASIFICACION DE TECNICAS SERIES DE TIEMPO Y PROYECCIONES

N O M B R E	PROMEDIOS MOVILES	AJUSTE EXPONENCIAL	TENDENCIAS
Características	Simple promedio aritmético con un número de períodos fijos en cantidad y móviles con tiempo.	Es un promedio móvil otorgándole peso a la última lectura.	Ecuación que guarda o incluya los puntos de lectura pasada
Calificación Corto Plazo Mediano Plazo Largo Plazo	Pobre - Bueno Pobre Muy Pobre	Bueno - MB Pobre - B Muy Pobre	Malo - B Bueno Bueno
Uso	Control de Inventarios de pocos artículos.	Control de producción e inventarios pronósticos de márgenes y otros datos financieros.	Pronóstico de ventas por línea o por clase. Ganancias.
Requerimientos	Dos años de Historia.	Dos años de Historia.	Varios períodos - Históricos.
Tiempo de Desarrollo.	Tres horas	Cuatro horas	Un día

Estos métodos corresponden a series de tiempo y proyecciones y también -- persiguen integrar un diagnóstico de demanda.

CUARDO 6.8
CLASIFICACION DE TECNICAS CAUSALES

N O M B R E	REGRESION COO RRELACION	MODELOS ECONO METRICOS	ANALISIS DE CICLO DE VIDA DE PROD.
Características	Ecuación que incluye los factores de peso en la fórmula.	Regresiones interdependientes con indicadores económicos.	Análisis basado sobre las curvas.
Calificación Corto Plazo Mediano Plazo Largo Plazo	Bueno - MB Bueno - MB Pobre	Bueno - MB MB - Excelente Excelente	Pobre Pobre - Bueno Pobre - Bueno
Uso	Igual a Tendencias.	Pronóstico de ventas por línea de productos. Pronóstico de mercado.	Pronóstico de ventas de nuevos productos.
Requerimientos	Varios años de Historia y Base Matemática.	Varios años de Historia y Base Matemática.	Ventas anuales de productos semejantes.
Tiempo de Desarrollo.	Depende de la Habilidad del Pronosticador.	Dos meses o más	Un mes o más

Métodos de diagnóstico de demanda pertenecientes a las técnicas causales. - Sus objetivos y estructura son semejantes a la de los cuadros 6.6 y 6.7.