



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Ingeniería

Desarrollo de un Sistema de Información para la
Planeación y Control de la Producción Continua
e Intermitente.

T E S I S

Para obtener el título de:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
AREA INDUSTRIAL

P r e s e n t a n :

Javier García Osorio

Jesús Vicente Medina García

Salvador Martínez Mondragón

Samuel Antonio Martínez Quiñones

México, D. F.

1983



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

I N D I C E

Págs.

1 PROLOGO

CAPITULO I

CONCEPTOS GENERALES

1.1	CONCEPTOS DE UBICACION	1
1.1.1	Sistema	1
1.1.2	Información	1
1.1.3	Producción	1
1.2	DISEÑO DEL SISTEMA	2
1.2.1	Flexibilidad	2
1.2.2	Estructura del sistema productivo	4
1.2.3	Estructura del sistema de <u>informa</u> <u>ción</u> para la operación del siste- ma productivo	4
1.2.4	Constitución de los sistemas	4
1.3	INTEGRACION DE LOS SISTEMAS	5
1.3.1	Objetivo del sistema de produc- ción	5
1.3.2	Componentes del sistema de produc <u>u</u> <u>ción</u>	6
1.3.3	Objetivos del sistema de informa- ción	8

	Págs.
1.3.4 Componentes del sistema de información	8
1.3.5 Enlace entre sistemas	10
1.4 INFORMACION Y DECISION	11
1.4.1 Decisión	11
1.4.2 Etapas de decisión	12
1.4.3 Principios de decisión	12
1.4.4 Componentes de decisión	13
1.5 DIRECCION DE LA PRODUCCION	13
1.5.1 Planeación	13
1.5.2 Control	14
1.5.3 Tipos de producción	14
1.5.4 Producción continua	15
1.5.5 Producción intermitente	15
1.6 PLANEACION Y CONTROL DE PRODUCCION Y SU RELACION CON OTROS DEPARTAMENTOS DE LA-EMPRESA	16
1.6.1 Mercadotecnia o Ventas	16
1.6.2 Ingeniería de producto	17
1.6.3 Fabricación o producción	17
1.6.4 Personal	17
1.6.5 Compras	18

	Págs.
CAPITULO II	
PREDICCIÓN	19
2.1 PRONOSTICOS	19
2.1.1 El pronóstico	19
2.1.2 Selección del pronóstico	19
2.1.3 Pronósticos básicos	20
2.1.4 Pronóstico y planeación	23
2.2 INFORMACION PARA PRONOSTICAR EN SISTEMAS CONTINUOS	25
2.2.1 Información requerida	25
2.2.2 Procedimiento de la función de pronosticar	26
2.2.3 Información resultante	27
2.2.4 Relación de predicción en el sistema informativo	28
2.2.5 Diagrama de flujo informativo en la predicción	29
2.3 TECNICAS PARA PRONOSTICAR EN SISTEMAS CONTINUOS	30
2.3.1 Promedio móvil simple	30
2.3.2 Promedio móvil ponderado	32
2.3.3 Mínimos cuadrados	35
2.3.4 Método de la curva exponencial	37
2.3.5 Método de la media aritmética	40

	Págs.
2.3.6 Método de la nivelación exponencial ponderada	42
2.3.7 Método de la nivelación exponencial ponderada en función de las demandas anteriores	44
2.3.8 Razón de la demanda mensual	47
2.3.9 Razón de la demanda acumulada a la demanda anual	49
2.4 INFORMACION PARA PRONOSTICAR EN SISTEMAS INTERMITENTES	52
2.4.1 Información requerida	52
2.4.2 Procedimiento de la función de pronosticar	52
2.4.3 Información resultante	53
2.4.4 La predicción dentro del sistema de información	54
2.4.5 Diagrama de información en la predicción	55
2.5 TECNICAS PARA PRONOSTICAR EN SISTEMAS INTERMITENTES	56

CAPITULO III

PLANEACION DE LA PRODUCCION 57

3.1 PLANEACION	57
3.1.1 La función de planeación	57
3.1.2 Planeación a largo plazo	58
3.1.3 Planeación intermedia	59

	Págs:
3.1.4 Planeación a corto plazo	59
3.1.5 Decisiones en la planeación	60
3.2 INFORMACION PARA LA PLANEACION DE LA PRO- DUCCION CONTINUA	62
3.2.1 Información requerida	62
3.2.2 Procedimiento de la función de pla- neación	63
3.2.3 Información resultante	65
3.2.4 La planeación y el sistema informa- tivo	66
3.2.5 Diagrama del flujo informativo de - planeación	67
3.3 TECNICAS DE PLANEACION DE PRODUCCION CON- TINUA	68
3.3.1 Producción estandarizada	68
3.3.2 Planeación nivelada	73
3.3.3 Planeación agregada	81
3.3.4 Plan maestro de producción	83
3.3.5 Plan a largo plazo	87
3.3.6 Presupuesto en la planeación de - producción	94
3.4 INFORMACION PARA PLANEACION DE PRODUCCION INTERMITENTE	96
3.4.1 Información requerida	96

	Págs.
3.4.2 Procedimiento de la función de planeación	97
3.4.3 Información resultante	98
3.4.4 La planeación y el sistema informativo	99
3.4.5 Diagrama de flujo informativo en la planeación	100
3.5 TECNICAS DE PLANEACION DE PRODUCCION INTERMITENTE	101
3.5.1 Sistema de producción intermitente	101
3.5.2 Plan general de producción mediante líneas de espera	106
3.5.3 Taller intermitente abierto	113
3.5.4 Taller intermitente cerrado	115
3.5.5 Taller cerrado incremento de producción	118
3.5.6 Sistema intermitente cerrado cambio de regla de decisión	120
3.5.7 Planeación de producción por pedido	122
CAPITULO IV	
INVENTARIOS	
4.1 LOS INVENTARIOS	128
4.1.1 Necesidades de tener inventarios	128
4.1.2 Objetivos del control del inventario	130

	Págs.
4.1.3 Definición de políticas	133
4.2 INFORMACION PARA LA PLANEACION Y EL CONTROL DE LOS INVENTARIOS	134
4.2.1 Información requerida	134
4.2.2 Procedimiento para planear las - - existencias	135
4.2.3 Información resultante	136
4.2.4 Los inventarios y el sistema inform <u>mativo</u>	137
4.2.5 Diagrama de flujo en el control de inventarios	138
4.3 TECNICAS PARA DETERMINAR INVENTARIOS EN-SISTEMAS DE PRODUCCION CONTINUA	139
4.3.1 El análisis A.B.C.	139
4.3.2 Parámetros y variables	142
4.3.3 Determinación del lote óptimo de - compra	152
4.3.4 Clasificación y análisis de los da <u>tos</u>	156
4.3.5 Sistemas Q y P de inventarios	163
4.3.6 Modelo de descuento por cantidad	173
4.3.7 Método de Lagrange (véase capítulo VI, 7.4.2)	174

	Págs.
4.4 INFORMACION EN INVENTARIOS PARA PRODUCCION INTERMITENTE	176
4.4.1 Información requerida	176
4.4.2 Procedimiento para la planeación de inventarios	176
4.4.3 Información resultante	177
4.4.4 La función de inventarios y el sistema informativo	178
4.4.5 Diagrama de flujo informativo en inventarios	179
4.5 MODELOS DE INVENTARIOS EN SISTEMAS INTERMITENTES	180
4.5.1 Inventarios para producción intermitente	180
4.5.2 Cantidad de orden sin reserva de seguridad	182
4.5.3 Modelo conjunto de pedido y reserva de seguridad	186
4.5.4 Modelo conjunto probabilístico	188

CAPITULO V

PROGRAMACION DE LA PRODUCCION	192
5.1 PROGRAMACION	192
5.1.1 La función de programación	192

	Págs.
5.1.2 Programación continua e intermitente	192
5.1.3 Objetivos de programación	194
5.1.4 Restricciones de programación	195
5.1.5 Reglas de decisión para programación	196
5.1.6 Secuenciación	198
5.2 INFORMACION PARA PROGRAMAR	200
5.2.1 Información requerida	200
5.2.2 Procedimiento para programar	201
5.2.3 Información resultante	203
5.2.4 La programación y el sistema informativo	204
5.2.5 Diagrama de flujo en la función de programación	205
5.3 TECNICAS DE PROGRAMACION EN SISTEMAS DE PRODUCCION CONTINUA	206
5.3.1 Tamaño óptimo del lote de producción para un solo producto	206
5.3.2 Tamaño óptimo de producción para varios productos	212
5.3.3 Balanceo de líneas de producción	212
5.3.4 Programación lineal	222

	Págs.
5.3.5 Método gráfico (dietas-ingredientes).	227
5.3.6 Programación por enumeración	230.
5.3.7 El método simplex. Programación - utilitaria	232
5.3.8 El modelo de transporte	240
5.3.9 Diagrama de Gantt :	246
5.4 INFORMACION PARA PROGRAMACION DE PRODUC- CION INTERMITENTE	251
5.4.1 Información requerida	251
5.4.2 Procedimiento de la función de pro- gramación	252
5.4.3 Información resultante	252
5.4.4 Programación y el sistema informati- vo .	253
5.4.5 Diagrama informativo en programa- - ción	255
5.5 TECNICAS DE PROGRAMACION EN SISTEMAS DE - PRODUCCION INTERMITENTE .	256
5.5.1 Programación intermitente	256
5.5.2 Programación por asignación	259 .
5.5.3 Programación en un taller contribu- ción utilitaria	261

	Págs.
5.5.4 Secuenciación de operaciones Producción intermitente	265
5.5.5 Dos trabajos en una máquina	270
5.5.6 N trabajos en una máquina	272
5.5.7 N trabajos en dos máquinas	274
5.5.8 N trabajos en M máquinas	278
5.5.9 Dos trabajos en M máquinas	279
5.5.10 Programación PERT/CPM	284

CAPITULO VI

EJECUCION Y CONTROL DE LA PRODUCCION	305
6.1 EJECUCION, AVANCE Y CONTROL	305
6.1.1 La función de distribución	305
6.1.2 Avance y retroinformación	306
6.1.3 Control de producción	307
6.2 INFORMACION Y CONTROL EN SISTEMAS CONTINUOS	308
6.2.1 Información requerida	308
6.2.2 Proceso de la ejecución y control de la producción	309
6.2.3 Información resultante	311
6.2.4 Ejecución y control y el sistema informativo	311
6.2.5 Diagrama de flujo en la función de ejecución, avance y control - de producción	312

	Págs.
6.3 EL CONTROL EN PRODUCCION CONTINUA	313
6.3.1 Establecimiento del proceso de control	313
6.3.2 Factores que determinan el control	314
6.3.3 Control y efectividad del sistema - informativo	315
6.3.4 Integración del sistema informativo	320
6.3.5 Diagrama de flujo del sistema informativo	322
6.4 AVANCE Y CONTROL EN PRODUCCION INTERMITENTE	323
6.4.1 Información requerida	323
6.4.2 Procedimiento de ejecución y avance	323
6.4.3 Información resultante	324
6.4.4 Distribución, control y el sistema-informativo	325
6.4.5 Diagrama de flujo informativo, avance y control	327
6.5 EL CONTROL EN LA PRODUCCION INTERMITENTE	328
6.5.1 El control	328
6.5.2 El taller cerrado	328
6.5.3 El taller abierto	329

	Págs.
6.5.4 Proyecto	329
6.5.5 El control y la integración del sistema	330

CAPITULO VII

ESTUDIO PARA IMPLANTAR UN SISTEMA DE INFORMACION PARA LA PLANEACION Y EL CONTROL DE PRODUCCION EN LICONSA	332
7.1 LICONSA	332
7.1.1 La producción en Liconsa	332
7.1.2 El sistema propuesto	333
7.1.3 Objetivos y decisiones del sistema propuesto	336
7.2 PRONOSTICOS DE LA DEMANDA	341
7.2.1 Los productos de Liconsa	341
7.2.2 Métodos aplicados	342
7.2.3 Componentes del sistema, simulación-operación	354
7.3 PLANEACION DE LA PRODUCCION	362
7.3.1 Planeación a varios períodos	362
7.3.2 Metodología del plan maestro	364
7.3.3 Componentes del sistema de operación	367

	Págs.
7.4 CONTROL DE INVENTARIOS	368
7.4.1 Clasificación ABC	368
7.4.2 Métodos aplicados	372
7.4.3 Componentes del sistema, simulación operación	384
7.5 PROGRAMACION DE LA PRODUCCION	389
7.5.1 La programación	389
7.5.2 Métodos aplicados de programación	391
7.5.3 Componentes del sistema de opera- - ción	395
7.6 AVANCE Y CONTROL DE LA PRODUCCION	396
7.6.1 Avance	396
7.6.2 Control	398
7.6.3 Componentes del sistema de opera- - ción	404
7.7 EL SISTEMA INTEGRADO, CONCLUSION.	405
BIBLIOGRAFIA	408

P R O L O G O

El objetivo del presente trabajo, es el de integrar las diversas funciones que existen, dentro de la planeación y control de la producción, mediante la información más relevante y significativa para la administración de las diversas actividades productivas dentro de las empresas.

Existen varios tipos de producción, que dependen en muchos casos de las características del producto y que podrían ser tantos como la diversidad de los productos existentes, de igual modo también hay gran cantidad de técnicas de programación. Sin embargo se puede desarrollar un sistema de información para la planeación y el control de la producción que incluya cualquier tipo de fabricación, tomando como base la secuencia analítica que debe seguir un proceso productivo. De tal forma las funciones a considerar serían: Predicción, Planeación, Inventarios, Programación, Avance y Control de la Producción.

Se determina la información más importante para desarrollar en forma concreta, la actividad de cada función productiva, así como la información de enlace entre las funciones productivas.

El presente trabajo incluye diversas técnicas productivas, enmarcadas dentro de los dos grandes sistemas productivos el continuo y el intermitente, con ejemplos específicos que orienten al análisis -

de los problemas vitales de los procesos productivos y optimizar los recursos disponibles de fabricación.

Una de las finalidades del trabajo es que sea fácilmente aprovechable y práctico, ya que encara el problema conceptual de las funciones productivas y proporciona la información para analizar, sintetizar y dar solución a la integración y control de cualquier proceso productivo y en especial a los de la Pequeña y Mediana Industria.

Queremos hacer patente nuestro agradecimiento a LICONSA por su apoyo y colaboración para desarrollar el material del Capítulo 7. Así mismo en forma especial agradecemos a nuestro Director de Tesis Maestro y Amigo Estimable, Ing. Sergio Luján Medina por la orientación y el apoyo brindados para la realización del material siguiente.

CAPITULO I

CONCEPTOS GENERALES

1.1 CONCEPTOS DE UBICACION

1.1.1 Sistema

Un sistema es un conjunto organizado, formando un todo, en el que cada componente está relacionado con los otros a través de una ordenación lógica que encadena su actividad a un fin común.

1.1.2 Información

La información dentro de la empresa se puede - concebir como el elemento indispensable para conocer los hechos más significativos, internos y externos, relacionados con su actividad y sea posible mediante la propia información mantener el principio de coordinación, suficiente para conseguir los objetivos deseados.

1.1.3 Producción

Producción es aplicar los recursos humanos a - los recursos naturales con el auxilio de los recur-sos tecnológicos y administrativos, para transformarlos y obtener bienes que satisfagan una necesidad fisiológica o psicológica.

1.2 DISEÑO DEL SISTEMA

1.2.1 Flexibilidad

La empresa productiva se puede entender como - un sistema social que debe responder y dar solución a los satisfactores humanos. Deben sus partes que - la componen estructurarse sistemáticamente y funcionar como las partes eficaces de un todo. De tal forma que cumpla con sus objetivos fundamentales, entendidos éstos como: hacerla más rentable; cumplir con una función social tanto interna como externamente y crear bienes y servicios.

Así la sistematización en el desarrollo de la actividad productiva, se debe concretar en el momento en que se crea o defina una empresa. No basta - con poseer elementos necesarios, éstos se deben interrelacionar e integrar en un conjunto dinámico capaz de probarse así mismo con la realidad de su - - existencia diaria.

Podemos decir que la empresa productiva es un gran sistema, formado por pequeños sistemas que definen cada uno de ellos todas las funciones para su operación.

La actividad primaria en el diseño de nuestro modelo, cuyo objeto es desarrollar un sistema de información para la planeación, programación y control de la producción, es la de estructurar los conceptos antes señalados, sistematizarlos lógicamente y lograr nuestro objetivo, construyendo un modelo - manipulable que establezca las relaciones entre las diversas partes de la planeación y control de la -

producción, y desarrollar un punto de vista integro de todo el proceso.

El desarrollo de nuestro modelo está sobre la base de dos subsistemas; el sistema productivo y el sistema informativo. En su conjunción debe prevalecer equilibrio dentro de ciertos márgenes, frente a los estados que adopten por causas internas o externas que influyan en su comportamiento, ser adapta--bles y flexibles. La empresa productiva debe ade--cuarse a los cambios ambientales para poder cumplir con su función social, modificando sus productos o creando otros nuevos, adoptar nuevas actividades y deshacerse de aquéllas poco rentables. Capacidad - que el sistema informativo-productivo debe demos--trar, así la información se transforma en decisión- y ésta en acción.

Esto implica que todo sistema debe ser diseñá--do para:

- a) Conseguir sus objetivos y metas perseguidos
- b) Adaptarse al medio y a la situación dentro de la que ha de desenvolverse.
- c) Conservar su equilibrio interno, manteniendo su-estructura fundamental.

Podemos sintetizar que las funciones del sistema se pueden enmarcar en dos grupos:

- a) Las que atienden a la consecución de sus objeti--vos.
- b) Las que atienden a su propia capacidad para rea--lizar su cometido.

La integración deseada del sistema informativo y productivo debe ser un conjunto organizado. Responder a una estructura dada, reconocer la existencia previa de un fin para determinar su configuración y acción posterior.

1.2.2 Estructura del sistema productivo

- 1) Predicción de la demanda
- 2) Planeación de la producción
- 3) Control de inventarios
- 4) Programación de la producción: continua e intermitente
- 5) Ejecución, avance y control de la producción.

1.2.3 Estructura del sistema de información - para la operación del sistema productivo.

- 1) Información de previsión
- 2) Información de planeación
- 3) Información de existencias
- 4) Información de operaciones de manufactura
- 5) Información de control

1.2.4 Constitución de los sistemas

Esto significa que un sistema está constituido por:

- 1) Su objeto
- 2) Su estructura
 - a) Componentes
 - b) Relaciones

El objeto es la parte fundamental en la formación del sistema y los sistemas se diseñan para realizar objetivos definidos.

La estructura de un sistema está constituido, - por las partes que lo forman y la posición que éstas adoptan, es consecuencia de las relaciones de - conjunto a las que van a ser sometidas. Es por tan to, una agrupación ordenada, en base al objetivo - del sistema y por las características de sus componentes que determinan el tipo de relaciones entre - ellos.

Los componentes integran al sistema y se orien tan conforme a su función, dando lugar a la actividad en el sistema.

Las relaciones entre los componentes obedece a la posición particular que ocupan éstos, la secuencia y transferencia denota dependencia funcional.

1.3 INTEGRACION DE LOS SISTEMAS

1.3.1 Objetivo del sistema de producción

El objetivo de la planeación y control de la - producción es el de integrar, coordinar y optimizar los recursos humanos, materiales y tecnológicos en la transformación de insumos en productos.

1.3.2 Componentes del sistema de producción

1) Predicción de la demanda. Es una estimación de la demanda de productos terminados, que deberán fabricarse en varios períodos de tiempo. Características de este componente están determinadas en función de qué, cuánto y cuándo.

2) Planeación de la producción. La característica de la planeación es la de emplear en forma óptima los recursos disponibles, en base a los requerimientos de productos terminados en distintos horizontes de tiempo.

3) Control de inventarios. Funciones de inventarios considerados en tres niveles: materia prima y materiales, material en proceso y artículos terminados. Incluye procedimientos y métodos para planear y controlar las existencias.

4) Programación de la producción. Programación de las operaciones productivas durante un determinado período de tiempo. ¿Qué productos fabricar y cuántos? Asignar actividades específicas de trabajo a los centros de trabajo y proceso con tiempos de iniciación y terminación.

5) Ejecución, avance y control de producción.- Es la función activa de la planeación y programación de la producción. Suministro de trabajo a los centros operativos, entregas de materiales, herramientas e instrucciones. El control de la ejecución, es la función de la retroalimentación y acción correctiva, al medir el desempeño real con el deseado.

Estos componentes del sistema productivo presentan funciones interrelacionadas. El desarrollo de algunas depende del desempeño previo de otras y otras más se desarrollan simultáneamente.

En los siguientes capítulos se analizarán individualmente estas funciones, en donde se presentarán sus objetivos, como componentes particulares del sistema, y se hará una descripción de las técnicas y métodos de trabajo propios y funcionales.

Por las características de estos componentes del sistema productivo podemos notar que son de dos tipos:

a) Componentes de decisión.

Son los puntos focales de responsabilidad, y son aquéllos en los que reside la toma de decisiones --planeación y programación-- y en relación con su arreglo funcional, gobiernan la actividad del sistema.

b) Componentes de aplicación.

Estos de acuerdo a su función, rigen su actuación por procedimientos definidos de trabajo correspondientes --predicción, inventarios y ejecución, avance y control-- influidos por la toma de decisiones.

Los componentes entonces son partes que llevan a cabo por sí mismos, procesos de transformación de la información que a la vez sirve de base a la actuación y coordinación productiva. Los componentes decisionales aportan al sistema impulsos de gobierno.

1.3.3 Objetivo del sistema de información

El objetivo del sistema informativo es hacer funcionar el sistema productivo, mediante la información efectiva y trascendente al mismo para su óptima operación.

Fundamentalmente el sistema de información tiene las siguientes funciones:

a) Suministrar a los componentes de decisión del sistema productivo, el conocimiento de los resultados de la actividad en los otros componentes, así como de los factores internos y externos que afecten el curso del sistema.

b) Proveer los canales a través de los cuales las decisiones, expresadas en órdenes e información diversa, se incorporen a las actividades del sistema.

c) Coordinar entre sí a todas las personas integrantes de los diversos componentes del sistema, a fin de lograr el grado de relación preciso, para conseguir los objetivos particulares y finales del sistema.

1.3.4 Componentes del sistema de información

1) Información de predicción. Es la información de prevención y es básica para la aplicación de criterios de proyección al futuro.

2) Información de planeación. Información necesaria para enmarcar la integración, de los recursos necesarios para la actividad productiva, enfocada -

al futuro en varios plazos de tiempo.

3) Información de existencias. Información que garantice, la disponibilidad oportuna de las cantidades requeridas de existencias, de los artículos - necesarios para la operación del sistema con el mínimo de costos.

4) Información de programación. Información de transferencia de pedidos de productos, a programación y asignación de operaciones de manufactura.

5) Información de ejecución, avance y control. Información requerida para la iniciación, avance, - medición y control de la producción.

De acuerdo con las líneas básicas de los componentes del sistema de información, éste quedará completo con los siguientes puntos, que se desarrollarán dependiendo de cada tipo de empresa y los recursos que ésta disponga para ello.

1) Integrar el sistema de planeación y control de producción, a través de la información, que establece las alternativas y la que se emplea para medir la efectividad de la actividad en el sistema.

2) Elaborar los métodos y desarrollar las técnicas necesarias para adquirir, tratar y transmitir la información, así como elaborar los procedimientos para su almacenamiento y posterior utilización.

3) Establecer los cauces para recolectar la información interna y externa, relevante para el sistema productivo y transmitirla a aquéllos, que deban incorporarla a las operaciones a través de sus decisiones.

4) Servir de vehículo a las normas y reglas, - estableciendo medios, para su difusión y conocimiento a todos los niveles así como su actualización.

5) La posibilidad de emplear una computadora, - como un instrumento indispensable por su versatilidad en el manejo racional de información, y de apoyo para la planeación, control y simulación de las - actividades y funciones productivas.

6) Servir de nexo entre los departamentos de - la empresa, que constituyan el centro de responsabilidad económica y direccional, que puedan tener el - conocimiento necesario para la toma de decisiones.

1.3.5 Enlace entre sistemas

El sistema de información y el sistema productivo son paralelos. El primero es para el segundo - como el sistema nervioso, que transmite y comunica - todas las situaciones, que prevalecen en el sistema y que son relevantes para su actividad misma y funcionamiento. Provee de la información necesaria a - cada componente del sistema productivo, que se - corresponde por su función particular, dentro del sistema con un criterio de similitud en el origen y en la utilización. Cada componente es un subsistema, - su agrupación es coherente y sistematizada, al - cubrir todas las necesidades informativas.

La información nace de las decisiones, las actividades productivas y de los hechos, quedando por tanto relacionados los componentes con la fuente de información que los origina, logrando con esto un - sistema total, integrado y dinámico.

1.4 INFORMACION Y DECISION

1.4.1 Decisión

Para planear y controlar la producción en forma óptima, se requieren tomar decisiones que lleven a dicho propósito. Para hacer esas decisiones, aplicarlas y evaluarlas, se requiere de la información adecuada para ello.

El arreglo e integración del sistema productivo es la base de la estructura de hacer las decisiones, por eso está considerado en primer lugar, a continuación se considero el sistema de información, para que sea compatible con la estructura de las decisiones que dirigen y controlan al primer sistema.

Este trabajo está enfocado al diseño de sistemas y a la toma de decisiones, por eso es importante el conocimiento de la lógica aquí empleada.

1. Darse cuenta del problema. Falta de integración de las funciones y actividades productivas.

2. Definir el problema. Carencia de la información necesaria que sirva de base para hacer decisiones de planeación y control.

3. Valorar y organizar. Dar prioridades en la coordinación, estructuración y sistematización de las funciones productivas, en forma lógica y coherente.

4. Establecer hipótesis. Deducir y enfocar relaciones entre los componentes de los sistemas, para que las decisiones estén bien definidas y encauzadas.

5. Valorar hipótesis. Asignar medidas de - - efectividad y utilidad en la selección de alterna-- tivas, en las decisiones de los componentes del sistema productivo que satisfagan las exigencias antes planteadas, para que el sistema de información in-- fluya en la operación eficiente del proceso produc-- tivo.

Así una decisión toma forma cuando ante una determinada situación, en la que es posible elegir entre uno o más cursos de acción, se selecciona uno - de estos cursos y se excluyen el otro o los otros.

1.4.2 Etapas de decisión

1. Recolección de datos (información)
2. Establecimiento de alternativas
3. Asignación de medidas de efectividad
4. Selección de una alternativa
5. Aplicación de la alternativa seleccionada

1.4.3 Principios de decisión

1. Las decisiones son únicas sólo las debe hacer una entidad.
2. La información no es única, se puede usar- para varias decisiones.
3. La información debe procesarse al máximo y sólo la relevante.

4. Para cada información se requiere al menos dos componentes informativos.

5. Cada par de decisiones puede no requerir exactamente el mismo conjunto de componentes informativos.

1.4.4 Componentes de la decisión

a) Información de entrada. Es la información requerida para hacer una o más decisiones. Esta información también puede provenir de retroalimentación de la operación, proceso, o actividad.

b) Decisión. Selección de un curso de acción en base a la información de entrada.

c) Información de salida. Es la información - determinativa para llevar a cabo una operación, proceso, o actividad. Esta información de salida puede convertirse en información interpretativa o de entrada para hacer otra decisión.

1.5 DIRECCION DE LA PRODUCCION

1.5.1 Planeación

La producción debe planearse, esto es, dirigirse mediante un conjunto de planes sistemáticos, que abarquen todas las funciones directas que intervienen en la obtención del producto deseado. Tratando de obtener siempre la máxima eficiencia del proceso productivo, así como el de las actividades sobre las que éste se sustenta.

1.5.2 Control

La producción es la transformación de insumos en productos, mediante operaciones de manufactura.- El producto puede elaborarse en cantidades continuas o en cantidades intermitentes. Los procesos de producción pueden ser sencillos o bien muy complicados. Sea cual fuere la naturaleza de la producción, debe de existir un control de su proceso, mediante decisiones y acciones que dirijan y corrijan su desarrollo, apeándose a lo planeado.

1.5.3 Tipos de producción

Existen gran cantidad de tipos de fabricación sin embargo, todos ellos se pueden enmarcar en dos grandes grupos: el continuo y el intermitente. En el tipo de producción continua, los métodos de elaboración y la configuración del producto son prácticamente poco cambiantes, y las cantidades producidas son constantes. De este modo se producen los televisores, los automoviles y las llantas para autos.

El tipo de producción intermitente se caracteriza porque su actividad productora está sujeto a variaciones. Así mismo los métodos de producción y la configuración del producto quedan también sujetos al cambio. Los talleres de máquinas herramientas y talleres de producción especializada y por pedido son ejemplos típicos de producción intermitente.

1.5.4 Producción continua

En la producción continua la ruta y el flujo - que sigue el producto, están determinados en el diseño de la planta. Algunas características:

1. Producción en grandes volúmenes de productos estandarizados.
2. Gran automatización.
3. Distribución de máquinas por producto.
4. Insumos estandarizados.
5. Planeación y control de producción más simplificado.

1.5.5 Producción intermitente

En la producción intermitente, las instalaciones deben ser lo suficientemente flexible, para producir una gran variedad de productos de diferentes tamaños. Algunas características:

1. Producción de amplia variedad de productos.
2. Maquinaria e instalaciones flexibles y de uso variado.
3. Distribución de máquina por proceso.
4. Gran variedad de insumos.
5. Planeación y control de producción complejo debido al elevado número de variables.

1.6 PLANEACION Y CONTROL DE PRODUCCION Y SU RELACION CON OTROS DEPARTAMENTOS DE LA EMPRESA

La función de la planeación y control de la producción es de coordinación. La planeación y control de la producción requiere información y cooperación entre varias áreas de la empresa, incluyendo mercadotecnia, ingeniería, fabricación, personal y compras.

1.6.1 Mercadotecnia o Ventas

La relación con el departamento de mercadotecnia implica una comunicación bidireccional. Del departamento de mercadotecnia provienen los pedidos y las fechas de entrega que los vendedores han prometido a los clientes. Estos pedidos muestran cuándo deben terminarse los productos, y también especifican los tipos y las cantidades. Esta información es esencial para iniciar la planeación de la producción. Sin embargo, suelen presentarse problemas entre mercadotecnia y producción. Los vendedores prometen fechas de entrega que no se pueden cumplir. Pueden prometer a los clientes modificaciones del producto que sólo pueden fabricarse con inconveniencia. Para evitar esos problemas, el departamento de producción debe proporcionar informes al departamento de mercadotecnia de los tiempos críticos implicados en la fabricación de los productos, para la compra de materiales y partes, las especificaciones de los productos que son factibles de producir y la relación de las órdenes de trabajo que puedan demorar el cumplimiento de los pedidos particulares de los clientes.

1.6.2 Ingeniería de Producto

La relación con el departamento de ingeniería está basada en la necesidad de dibujos técnicos, heliografías, especificaciones y otra información descriptiva acerca de los productos y procesos comprendidos en la fabricación. La planeación y control de la producción necesita estos datos para formular las hojas de ruta y las listas de materiales que contienen las partes componentes que entran en el producto. Nuevamente, en ocasiones se presentan disputas entre estos dos grupos. Los diseñadores del producto creen que el departamento de producción en ocasiones es inflexible al no incorporar cambios, y los de producción resienten la alteración de programas y rutas cuando ingeniería hace tales cambios.

1.6.3 Fabricación o Producción

La relación con el departamento de fabricación es, desde luego, la que comprende la mayor parte de la actividad de la planeación y control de la producción. Casi todos los despachos van al departamento de fabricación, y la mayoría de las órdenes se hacen con este grupo. Cuando se interrumpe la comunicación con este grupo o se presenta algún conflicto entre estos dos grupos, la empresa se puede encontrar con verdaderos problemas.

1.6.4 Personal

La relación con el departamento de personal comprende el mantenimiento de las comunicaciones re

lativas a la disponibilidad de empleados y a la adquisición de nuevos empleados. Personal necesita saber cuántos hombres se necesitarán para terminar un proyecto, y a menudo recurre a la planeación de la producción para que le proporcione esta información. En algunas compañías, estas predicciones deben hacerse con bastante anticipación a la programación de las órdenes de producción, ya que le toma algún tiempo a personal la localización y contratación de los empleados necesarios.

1.6.5 Compras

La relación con el departamento de compras de cansa en la necesidad de comprar materia prima y algunas partes que no se producen en la planta. Compras necesita saber, con bastante anticipación a la necesidad, las cantidades y especificaciones de los materiales que se requieran. Esta información proviene de la planeación y control de la producción. En forma similar, planeación y control de la producción debe obtener cierta información retroalimentadora del departamento de compras, respecto a si los materiales solicitados están disponibles o no, y si llegaran en el momento adecuado para cumplir con el programa de producción. Con el reciente énfasis sobre el análisis del valor, las comunicaciones relativas a los materiales y procesos alternativos, deben fluir del departamento de compras al departamento de planeación y control y también al departamento de ingeniería.

CAPITULO II

PREDICCIÓN

2.1 PRONOSTICOS

2.1.1 El pronóstico

Un pronóstico lo podemos definir como la proyección del pasado hacia el futuro, es decir, un pronóstico de la demanda es una estimación de las futuras demandas de los clientes de productos o servicios.

En años recientes, se han desarrollado muchas técnicas de pronósticos, para poder manejar la gran variedad y complejidad cada vez mayor de los pronósticos. Tanto el administrador como el pronosticador, tienen papeles que jugar en la selección de las técnicas, y mientras mejor comprendan la gama de posibilidades de pronosticar de las que disponen, más probable será que los esfuerzos de pronosticar de la empresa produzcan buenos resultados.

2.1.2 Selección del pronóstico

El contexto del pronóstico, la relevación y disponibilidad de datos históricos, el grado de precisión que se desee, el período de tiempo respecto al cual se pronosticará, el costo/beneficio o el valor que tiene el pronóstico para la empresa, y el tiempo del que se dispone para hacer el análisis.

Es muy importante para las industrias tener un buen sistema de pronósticos, ya que es fundamental-

en el estudio del control de inventarios y de la producción, es la base para establecer el nivel general de actividad de las operaciones. El pronóstico nos orienta sobre qué productos se requieren, -- cuántos serán solicitados o pedidos por clientes, y cuándo ocurrirán estas demandas.

2.1.3 Pronósticos básicos

Por lo general, en las industrias se utilizan dos tipos de pronósticos:

Los pronósticos de ventas a largo alcance y los de operación a corto plazo. Lo fundamental en las predicciones de largo alcance, está constituido por tres pronósticos básicos:

1. El económico.
2. El social, político y legal.
3. El tecnológico.

El "Pronóstico Económico", es un término muy general. La economía trata de la asignación de recursos limitados (incluyendo bienes manufacturados) y los llamados "Bienes Económicos". Estos últimos, son simplemente bienes que tienen demanda y a la vez son escasos. Por lo tanto, el pronóstico económico se refiere a los bienes económicos y su distribución. Puesto que la venta de bienes depende del medio económico, los pronósticos de ventas que haga una empresa sin antes predecir las condiciones económicas, no son realistas.

Dentro del campo del pronóstico económico, debemos considerar el producto nacional bruto, las reservas monetarias, las deudas, las horas de producción y de trabajo, el empleo y el desempleo, el ingreso disponible, la distribución de la riqueza y de los ingresos, los precios a todos los niveles de producción y distribución, los impuestos y las condiciones internacionales del comercio y las finanzas. Estos son los principales factores que forman el clima económico de la mayoría de las empresas.

Con demasiada frecuencia, el pronosticador de ventas principia por la predicción económica y después pasa directamente a elaborar los pronósticos de ventas a largo alcance. Descuida tomar en cuenta la influencia económica que tienen los factores sociales incluyendo los cambios en los niveles culturales, los cambios demográficos y los cambios en el nivel educativo.

Los cambios demográficos, como el desplazamiento de la población hacia las zonas suburbanas, el desarrollo de nuevos centros dentro de una misma ciudad, el crecimiento de la población y su redistribución conforme a grupos de edades, pueden ser factores críticos para el éxito de los pronósticos de ventas de los próximos cinco o diez años.

También se deberán tomar en cuenta las tendencias políticas y legales. Las tendencias hacia una mayor restricción de las empresas, la transmisión de poderes locales y estatales, las cambiantes filosofías de los partidos políticos, pueden ayudar o perjudicar el crecimiento de las ventas. Los criterios gubernamental y jurídico respecto a la fusión-

de empresas, afectarán la futura situación competitiva. Esto es, la estructura del mercado. Las relaciones y tendencias de la política internacional - pueden ampliar o reducir las operaciones con el extranjero.

En tanto que en los dos pronósticos antes descritos el pronosticador puede basarse ampliamente - en las tendencias, debe hacer otro pronóstico básico en el cual las tendencias no son el problema - principal. El pronóstico de la situación relativa - de la tecnología relacionada con los productos y - productos sustitutos de una empresa, requiere algo más que un análisis de sentido común de los factores que influyen sobre las tendencias. El pronóstico tecnológico requiere imaginación para poder prever cuáles productos o adelantos técnicos harán que los productos de una empresa resulten obsoletos. Esto sería igual que si en los últimos días del caballo y la carreta previésemos el desarrollo del automóvil y la autopista. Hoy en día, sería igual que prever un tipo enteramente nuevo de casas prefabricadas que pudieran construirse en el lugar en unos cuantos días.

Una industria especialmente vulnerable a los fracasos debidos a bruscos cambios tecnológicos imprevistos, es la de las máquinas copiadoras para oficinas. El desarrollo de un proceso rápido, de alta calidad y de bajo costo para copiar documentos y libros, haría que la totalidad de las máquinas actualmente en el mercado, se consideraran inservibles. Un nuevo proceso de esa índole, es fácilmente concebible y quizás la industria del ramo debería anticiparlo en sus pronósticos de largo alcance.

Los tres pronósticos antes mencionados, el económico, el socio-político-legal y el tecnológico, - constituyen la base de un buen pronóstico de ventas para cualquier empresa.

2.1.4 Pronóstico y planeación

La planeación y el pronóstico son dos procesos enteramente distintos que se confunden con frecuencia. El pronóstico no implica acción alguna, en tanto que la planeación representa un proceso de tomar decisiones con respecto a las actividades que se emprenderán. Es verdad que en los niveles de opera- - ción y a corto plazo frecuentemente resulta difícil distinguir entre la planeación y el pronóstico. Por ejemplo, ¿un presupuesto es un plan o un pronóstico de los desembolsos? Definiciones más cuidadosas de planeación y pronóstico, pueden ayudarnos a reconocer las importantes diferencias entre ambos conceptos.

La planeación se define como un proceso inte-- lectual consciente que se caracteriza por: a) identificar una necesidad o reflejar un estímulo, - - b) acumular información, c) relacionar partes pequeñas de información con lo que se cree, d) definir - objetivos, e) establecer premisas, f) pronosticar - condiciones futuras, g) estructurar series de acciones alternativas con base en decisiones tomadas en forma de secuencia, h) clasificar por rangos o se-- leccionar planes totales que permitan lograr el - - equilibrio de los objetivos ulteriores y de los objetivos secundarios, i) definir las políticas a se-

guir, y j) establecer estándares y medios por los cuales cuantificar la conformidad con el plan de acción.

De lo anterior, puede apreciarse que pronosticar constituye una parte importante del proceso que fija los parámetros para hacer la planeación.

1. Determinar las condiciones corrientes del medio.

2. Determinar las fuerzas significativas que intervienen.

3. Planear las tendencias para las fuerzas significativas que intervienen.

4. Imaginar las fuerzas significativas futuras que pueden aparecer.

5. Valorar las relaciones e interacciones de todas las fuerzas significativas a lo largo del período total que cubre el pronóstico.

La planeación y el pronóstico interactúan y esto también viene a agregarse a la dificultad de distinguirlos a veces.

2.2 INFORMACION PARA PRONOSTICAR EN SISTEMAS CONTINUOS

2.2.1 Información requerida

- 1.- Tipo de producto
- 2.- Unidad de medida
- 3.- Pronóstico para el próximo período
- 4.- Demanda real para el período que termina
- 5.- Pronóstico para el período que está terminando
- 6.- Demanda para el primer período precedente
- 7.- Pronóstico para el primer período precedente
- 8.- Pronóstico y demanda para el n-esimo período precedente.
- 9.- Factor de ponderación.

2.2.2 Procedimiento de la función de pronosticar

- 1.- Analizar la demanda histórica por producto. A-2
- 2.- Seleccionar el modelo apropiado de predicción. A-3
- 3.- Generar tendencias para 52 períodos ó 12 - períodos, acumular. A-4
- 4.- Ajustar la tendencia de la demanda debido a cualquier otro factor. A-5
- 5.- Fase de operación de un período. A-6
- 6.- Comparar el pronóstico con lo real:
 - A) No es diferente. A-7
 - B) Si es diferente. A-9
- 7.- Generar pronóstico del siguiente período.- A-8
- 8.- Otros factores a considerar:
 - A) No. A-5
 - B) Si, ajustar de acuerdo al siguiente período. A-5

9.- ¿La desviación es significativa?:

A) No, ningún cambio en el plan de producción. A-10

B) Si, ajustar parámetro del modelo de predicción y generar nueva tendencia de la demanda. A-3

10.- Seguir plan de producción. A-7

2.2.3 Información resultante

1.- Tipo de producto

2.- Cantidad demandada por período

3.- Cantidad total acumulada

Esta información es la base para la función de planeación de producción.

2.2.4 Relación de predicción dentro del sistema de información

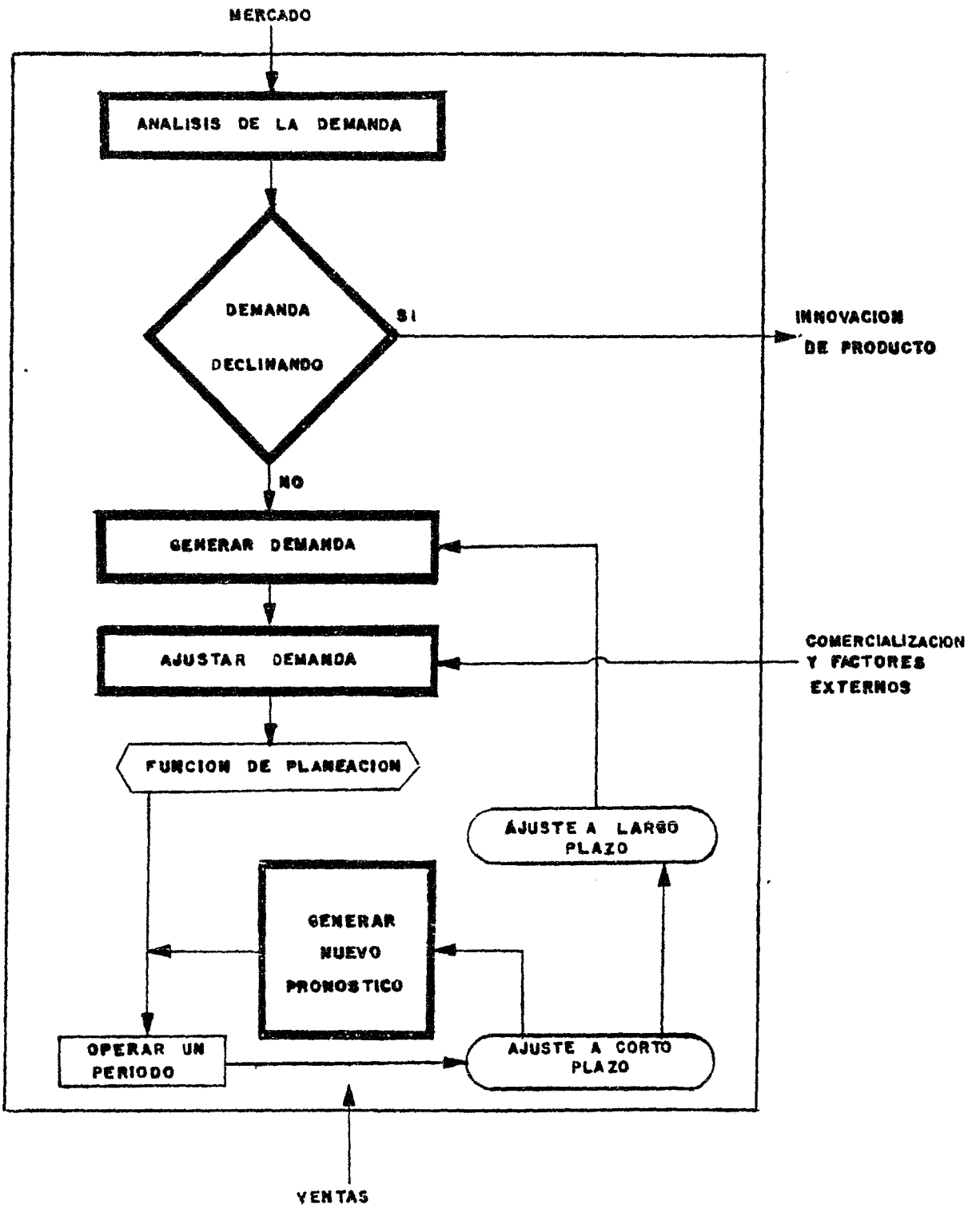
1.- Se analiza la tendencia del mercado.

2.- Se genera la demanda para la planeación de la producción.

3.- Se ajusta la tendencia con la demanda real.

4.- Si la demanda es decreciente es muy posible innovar el producto o crear nuevos productos - que satisfagan las necesidades del mercado. Ajustes a corto y/o largo plazo.

5.- Si la demanda es creciente se debe absorber; pueden o no ser necesarios ajustes a corto o - largo plazo dependiendo de la magnitud del incremento y de la capacidad de producción. A corto plazo, significa trabajar tiempo extra o trabajar más turnos si es posible y si así lo exigen las circunstancias. A largo plazo implica aumentar las tasas de producción mediante adquisición de más unidades productivas o modernización, por otras más eficientes.



2.2.5. DIAGRAMA INFORMATIVO EN LA PREDICION

2.3 TECNICAS PARA PRONOSTICAR EN SISTEMAS CONTINUOS

2.3.1 Promedio móvil simple

Entre las técnicas matemáticas más simples están las de los promedios. La actualización constante del pronóstico implica un promedio móvil que cubre cierto período de tiempo pasado. Se llama promedio móvil por no tomarse en cuenta el promedio general de todos los datos de demandas pasadas sino - que se toman las demandas del pasado más reciente - por ser más determinante de la estimación del futuro próximo, implicando con ello una cierta tendencia de rastreo de la demanda real.

Por ejemplo, los datos correspondientes a los tres períodos más recientes de demanda se suman y - el total es dividido entre tres para obtener el pronóstico para el período siguiente.

Definición de los siguientes símbolos:

n = número de orden de los períodos.

D_n = demanda en el período n .

P_n = pronóstico para el período n .

A_n = promedio hasta el período n .

El pronóstico puede expresarse como:

$$A_n = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} D_i}{n} = P_{n+1}$$

En el caso de tres períodos queda como:

$$A_n = (D_n + D_{n-1} + D_{n-2})/3 = P_{n+1}$$

$$A_7 = (D_7 + D_6 + D_5)/3 = P_8$$

PRONOSTICOS POR PROMEDIO MOVIL SIMPLE

A	B	C	D
1	31.8		
2	33.7		
3	32.1		
4	29.3		
5	29.6	31.7	2.1
6	33.9	31.2	2.7
7	37.0	31.2	5.8
8	41.7	32.4	9.3
9	42.5	35.6	6.9
10	36.7	38.3	2.1
11	31.0	39.5	8.5
12	35.8	38.0	2.2
13	40.9	36.5	4.4
14	38.3	36.1	2.2
15	36.5	36.5	0.0
16	42.3	37.9	4.4
17	38.2	39.5	1.3
18	35.4	38.8	3.4
19	38.6	38.1	0.5
20	38.4	38.6	0.2
21	37.9	37.6	0.3

ERROR ABSOLUTO TOTAL ----- 56.30

ERROR ABSOLUTO PROMEDIO ----- 3.31

A: Número de semanas en que se generan las ventas-
(t).

B: Demanda de ventas, (D_i).

C: Pronósticos por promedio móvil simple (P_i) calculados para cada semana desde $t = 5, 6, \dots, 21$ y para cuatro períodos.

$$P/E \quad P_6 = (33.7 + 32.1 + 29.3 + 29.6) / 4 = 31.2$$

D: Error absoluto, $D = B - C$ el error promedio no es extremadamente grande para esta técnica, otra extensión de períodos podrían dar mejores resultados.

2.3.2 Promedio móvil ponderado

En este tipo de extrapolación histórica asigna mayor peso o más importancia a los últimos datos de demanda. Un promedio móvil ponderado puede escribirse como:

$$A_n = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} (W_{n-i} D_{n-i})}{\sum_{j=i}^n} = P_{n+1}$$

En el caso en que se escojan tres períodos:

$$A_n = \frac{(W_n D_n + W_{n-1} D_{n-1} + W_{n-2} D_{n-2})}{W_n + W_{n-1} + W_{n-2}} = P_{n+1}$$

$$A_6 = \frac{W_3 D_6 + W_2 D_5 + W_1 D_4}{W_3 + W_2 + W_1} = P_7$$

Donde las W son factores de ponderación multiplicados por las cifras respectivas de demanda. Para darle mayor influencia a los datos más recientes, W_3 es muy grande, W_1 muy pequeña y W_2 es intermedio --por ejemplo 3, 1 y 2 respectivamente--. Decir --cuántos períodos hay que usar para el promedio es --difícil sin examinar la situación particular. Si se usan pocos el pronóstico fluctúa bruscamente influido por las variaciones aleatorias de la demanda. Si se incluyen muchos períodos, el promedio es demasiado estable y no se detectan las tendencias corrientes.

El mejor procedimiento consiste en simular una opción determinada aplicándola a información pasada para comprobar que tan bien se rastrea la demanda real.

PRONOSTICOS POR PROMEDIO MOVIL PONDERADO

A	B	C	D
1	31.8		
2	33.7		
3	32.1		
4	29.3		
5	29.6	31.0	1.4
6	33.9	29.9	4.0
7	37.0	31.7	5.3
8	41.7	34.7	7.0
9	42.5	38.8	3.7
10	36.7	41.3	4.6
11	31.0	39.5	8.5
12	35.8	34.8	1.0
13	40.9	34.4	6.5
14	38.3	37.6	0.7
15	36.5	38.8	2.3
16	42.3	37.8	4.5
17	38.2	39.7	1.5
18	35.4	39.3	3.9
19	38.6	37.5	1.1
20	38.4	37.5	0.9
21	37.9	38.0	0.1

ERROR ABSOLUTO TOTAL ----- 57.00

ERROR ABSOLUTO PROMEDIO ----- 3.35

A: Número de semanas en que se generan las ventas-
(t).

B: Demanda de ventas (D_i).

C: Pronósticos por promedio móvil ponderado (P_i)-
calculados para cada semana desde $t=5,6,\dots,21$ de tres períodos.

$$P/E \quad P_5 = (3 \times 29.3 + 2 \times 32.1 + 1 \times 33.7) / 6 = 31.0$$

D: Error absoluto, $D = B - C$ diferencia del pronóstico con la demanda e ignorando el signo podremos ver que también se rastrean los datos reales; otra extensión de períodos así como otros factores de peso podrían mejorar el rastreo.

2.3.3 Mínimos cuadrados

Siempre que los datos sugieren una recta para su representación, el método de los mínimos cuadrados, podrá ser utilizado para la elaboración de un pronóstico. Este método consta de la determinación de la línea recta que mejor se ajusta a los puntos, es decir, la línea para la cual la suma de los cuadrados de las distancias a los puntos de la gráfica, es mínima. Como sabemos, la ecuación de cualquier línea recta es como la que sigue:

$$y = a + bx$$

El sistema de ecuaciones que proporciona los valores de "a" y "b" para la línea de los mínimos cuadrados, es la siguiente:

$$\begin{aligned} \sum y &= na + b \sum x \\ \sum xy &= a \sum x + b \sum x^2 \end{aligned}$$

donde "x" e "y" son las dos variables del problema, y "n" el número de puntos.

A continuación un ejemplo de cómo utilizar este método:

Tenemos que las ventas de una empresa son los siguientes:

Año	1974	1975	1976	1977	1978
Ventas	108000	119000	110000	122000	130000

En este caso la variable "x" será el año y la variable "y" será el volumen de ventas.

Escogemos el origen en este caso para nuestra mejor conveniencia escogemos 1976.

Por lo tanto nuestra tabla queda de la siguiente forma:

Año	y	x	x^2	xy
1974	108	-2	4	-216
1975	119	-1	1	-119
1976	110	0	0	0
1977	122	1	1	122
1978	130	2	4	260
Total	589	0	10	47

origen = 1976

Sustituyendo los valores en el sistema de ecuaciones, obtenemos:

$$589 = 5a$$

$$47 = 10b$$

Los valores de "a" y "b" son:

$$a = 117.8$$

$$b = 4.7$$

Por lo tanto, las ventas para el año de 1979 - serán:

$$y = 117.8 + 4.7 \times 3 = 131.9$$

2.3.4 Método de la curva exponencial

Este método consta del ajuste de una curva exponencial a los puntos. La forma de la ecuación de la curva es como sigue:

$$Y = ab^x$$

Como se indica en las figuras 1 y 2, el ajustar una curva exponencial a los puntos es equivalente al ajustar una línea recta a estos mismos datos, pero marcándose en el eje vertical el "Log. Y" en vez de "Y". Esto es consecuencia del hecho de que si tomamos el logaritmo de "Y" en la ecuación de la curva-

exponencial, resulta lo siguiente:

$$\text{Log. } Y = \text{Log.}(ab^x) = \text{Log.}a + \text{Log } b \cdot x$$

Si ponemos $\text{Log. } a = A$ y $\text{Log. } b = B$, tenemos:

$$\text{Log. } Y = A + BX$$

Que es la ecuación de una recta

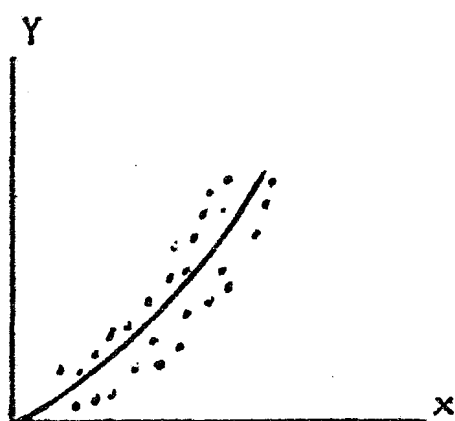


Figura 1

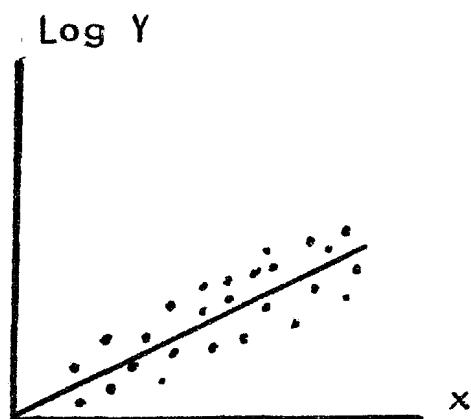


Figura 2

Y ahora, por lo tanto, podemos marcar "x" en el eje horizontal y "Log Y" en el eje vertical, y ajustar una recta a los puntos utilizando el método de los mínimos cuadrados. Si observamos la ecuación $\text{Log } Y = A + Bx$, podemos deducir que el sistema de ecuaciones para calcular "A" y "B" es el siguiente:

$$\sum \text{Log } Y = nA + B \sum x$$

$$\sum x \text{ Log } Y = A \sum x + B \sum x^2$$

Para calcular "A" y "B" necesitamos calcular $\sum \text{Log. } Y$, $\sum x$, $\sum x \text{ Log. } Y$ y $\sum x^2$

Estos cálculos están en el siguiente cuadro.

Año	y	x	x ²	Log Y	x Log Y
1974	108	-2	4	2.0334	-4.0668
1975	119	-1	1	2.0755	-2.0755
1976	110	0	0	2.0414	0
1977	122	1	1	2.0864	2.0864
1978	130	2	4	2.1139	4.2278
Total		0	10	10.3506	0.1719

origen = 1976

Sustituyendo los valores obtenidos en el sistema de ecuaciones, obtenemos:

$$10.3506 = 5A$$

$$0.1719 = 10B$$

Por lo tanto, los valores de "A" y "B" son:

$$A = 2.0701$$

$$B = 0.0172$$

Como sabemos que $A = \text{Log } a$ y $B = \text{Log } b$, entonces "a" y "b" pueden ser calculados.

$$\text{Log } a = 2.0701 \quad a = 117.5$$

$$\text{Log } b = 0.0172 \quad b = 1.040$$

Y por lo tanto la ecuación final de la curva exponencial será la siguiente:

$$Y = 117.5 \times 1.04^x$$

El valor $b = 1.04$ significa que existe una tasa - - anual de crecimiento igual a 4%.

Finalmente si queremos pronosticar las ventas para el año de 1979, el valor de la variable "x" será - 3 (=1979-1976) y el valor de las ventas será:

$$Y = 117.5 \times 1.04^{(3)} = 132.3$$

Esto quiere decir que las ventas para el año de --- 1979 serán de \$132,300.00

2.3.5 Método de la media aritmética

Utilización de la media aritmética para pronosticar las ventas por mes, trimestre o semestre.

Con los datos que hemos utilizado, suponiendo que los datos de ventas por trimestre son los que - se muestran:

Año	T	T	T	T	Anual
1974	19	37	30	22	108
1975	28	42	31	18	119
1976	27	36	28	19	110
1977	30	43	29	20	122
1978	32	44	32	22	130
Total	136	202	150	101	589
Media	27.2	40.4	30.0	20.2	29.4

Podemos observar que el cuadro también proporciona el promedio correspondiente a cada trimestre, para los 5 años estudiados, el valor 29.4 es el promedio de los cuatro promedios correspondientes a los trimestres.

Determinemos ahora las ventas de cada trimestre, para el año de 1979, y para esto utilizaremos el valor de las ventas totales que fue calculado a través de la aplicación del método de los mínimos cuadrados, este valor es \$ 131,900.00.

El método a ser utilizado consta de las siguientes etapas:

Cálculo de los coeficientes:

$$X_1 = \frac{27.2}{29.4} = 0.92; \quad X_2 = \frac{40.4}{29.4} = 1.37; \quad X_3 = \frac{30.0}{29.4} = 1.02;$$

$$X_4 = \frac{20.2}{29.4} = 0.69$$

Cálculo de los pronósticos por trimestre:

$$P_1 = \frac{131.9}{4} \times 0.92 = 30.3 \quad P_2 = \frac{131.9}{4} \times 1.37 = 45.2$$

$$P_3 = \frac{131.9}{4} \times 1.02 = 33.6 \quad P_4 = \frac{131.9}{4} \times \frac{0.69}{\text{Total}} = \frac{22.8}{131.9}$$

2.3.6 Método de la nivelación exponencial ponderada

Este método se utiliza para simplificar el mantenimiento de registros de períodos anteriores, ya que para aplicarlo se necesita lo que ocurrió en el año anterior. Esto implica que para ajustar un pronóstico para el siguiente período hay que tener presente la diferencia que existe en el último período entre la demanda real que existió y lo que se pronosticó multiplicando esto por una constante de nivelación " α " sumando esto al pronóstico del último período.

Este factor " α " moderniza la predicción a la luz de lo que ha ocurrido recientemente a la demanda real.

Nueva predicción = Predicción anterior + (Demanda anterior - Predicción anterior)

Fórmula: $P_n = P_{n-1} + \alpha(D_{n-1} - P_{n-1})$

Donde:

P_n = Pronóstico para el período "n"

P_{n-1} = Pronóstico para el período "n-1"

α = Constante de nivelación

D_{n-1} = Demanda real que existió en el período "n-1"

Los valores de " α " varían entre 0.1 y 0.5, la ponderación mayor dá una respuesta más rápida a los cambios de la actual demanda, el valor de " α " la selecciona la administración.

Existe una fórmula para calcular el valor de " α " de acuerdo al número de períodos que se utilicen.

$$\alpha = \frac{2}{n + 1} \quad n = \# \text{ de períodos}$$

Ejemplo 1

$$P_{n-1} = 450 \text{ unidades}$$

$$D_{n-1} = 520 \text{ unidades}$$

$$\alpha = 0.3$$

CALCULOS

$$P_n = 450 + 0.3 (520 - 450)$$

$$P_n = 450 + 0.3 (70)$$

$$P_n = 450 + 21$$

$$\underline{P_n = 471 \text{ unidades}}$$

Ejemplo 2

$$P_{n-1} = 450 \text{ unidades}$$

$$D_{n-1} = 420 \text{ unidades}$$

$$\alpha = 0.2$$

CALCULOS

$$P_n = 450 + 0.2 (420 - 450)$$

$$P_n = 450 + 0.2 (-30)$$

$$P_n = 450 - 6$$

$$\underline{P_n = 444 \text{ unidades}}$$

2.3.7 Método de la nivelación exponencial-ponderada en función de las demandas anteriores.

Este método se deriva del anterior pero se utiliza cuando no se conocen pronósticos pero sí se conocen demandas de períodos anteriores. Estos dos métodos se utilizan cuando los datos que se tienen son dispersos pero existe una cierta tendencia.

De la fórmula $P_n = P_{n-1} + \alpha(D_{n-1} - P_{n-1})$

se tiene $P_n = P_{n-1} + \alpha D_{n-1} - \alpha P_{n-1}$

$$P_n = \alpha D_{n-1} + (1 - \alpha) P_{n-1}$$

Para $n=1$ $P_1 = \alpha D_0 + (1 - \alpha) P_0$

Para $n=2$ $P_2 = \alpha D_1 + (1 - \alpha) P_1$ sust. el valor anterior de-

P_1 se - $P_2 = \alpha D_1 + (1 - \alpha) [\alpha D_0 + (1 - \alpha) P_0]$
tiene . 2

$$. . . P_2 = \alpha D_1 + \alpha(1 - \alpha) D_0 + (1 - \alpha) P_0$$

Para $n=3$ $P_3 = \alpha D_2 + (1 - \alpha) P_2$ sust. el valor anterior de P_2 se

tiene $P_3 = \alpha D_2 + (1 - \alpha) [\alpha D_1 + \alpha(1 - \alpha) D_0 + (1 - \alpha)^2 P_0]$

$$P_3 = \alpha D_2 + \alpha(1 - \alpha) D_1 + \alpha(1 - \alpha)^2 D_0 + (1 - \alpha)^3 P_0$$

.
.
.

Fórmula
$$P_n = \alpha D_{n-1} + \alpha(1 - \alpha) D_{n-2} + \alpha(1 - \alpha)^2 D_{n-3} + \dots$$

$$+ \alpha(1 - \alpha)^{n-1} D_0 + (1 - \alpha)^n P_0$$

Como el pronóstico P_0 no se puede calcular ya que -
no puede existir un período $P-1$, se toma entonces -
 $P_0 = D_0$.

Ejemplo 1

Año	1974	1975	1976	1977	1978	1979
Ventas x 1000	100	111	102	114	122	?
	$D_0=P_0$	D_1	D_2	D_3	D_4	P_5

Fórmula

$$P_5 = \alpha D_4 + \alpha(1-\alpha)D_3 + \alpha(1-\alpha)^2 D_2 + \alpha(1-\alpha)^3 D_1 + \\ + \alpha(1-\alpha)^4 D_0 + \alpha(1-\alpha)^5 P_0$$

$$\alpha = \frac{2}{n+1} \quad \text{para } n=5 \quad \alpha = 0.333333$$

Sustituyendo valores en la fórmula se tiene

$$P_5 = (0.333)(122) + (0.333)(0.666)(114) + (0.333)(0.666)^2 \\ (102) + (0.333)(0.666)^3(111) + (0.333)(0.666)^4(100) + \\ + (0.666)^5(100)$$

$$P_5 = 40.666 + 25.333 + 15.111 + 10.963 + 6.584 + 13.16$$

$$P_5 = 111.827 \quad \text{como es por 1000 unidades entonces}$$

$$P_5 = 111,827 \quad \text{unidades}$$

Ejemplo 2

Año	1975	1976	1977	1978	1979
Ventas x 1000	50	61	52	64	?
	$D_0 = P_0$	D_1	D_2	D_3	P_4

Fórmula

$$P_4 = \alpha D_3 + \alpha(1-\alpha)D_2 + \alpha(1-\alpha)^2 D_1 + \alpha(1-\alpha)^3 D_0 + (1-\alpha)^4 P_0$$

$$\alpha = \frac{2}{n+1} \quad \text{para } n=4 \quad \alpha = 0.4$$

Sustituyendo valores en la fórmula se tiene

$$P_4 = (0.4)(64) + (0.4)(0.6)(52) + (0.4)(0.6)^2(61) + \\ + (0.4)(0.6)^3(50) + (0.6)^4(50)$$

$$P_4 = 25.6 + 12.48 + 8.784 + 4.32 + 6.48$$

$$P_4 = 57.664 \quad \text{como es por 1,000 unidades tenemos}$$

$$P_4 = 57,664 \text{ unidades}$$

2.3.8 Razón de la demanda mensual a la demanda promedio

Estas técnicas sirven para pronosticar cuando la demanda es cíclica asociada con la temporalidad.

Para poder aplicar este método es necesario haber pronosticado con anticipación la demanda anual-esperada para el año en curso.

Ejemplo:

M E S	A	B	$C = A/B$	D	$E = C \times D$
Enero	10	25	0.4	35	14
Febrero	15	25	0.6	35	21
Marzo	20	25	0.8	35	28
Abril	25	25	1.0	35	35
Mayo	25	25	1.0	35	35
Junio	35	25	1.4	35	49
Julio	45	25	1.8	35	63
Agosto	55	25	2.2	35	77
Septiembre	25	25	1.0	35	35
Octubre	20	25	0.8	35	28
Noviembre	15	25	0.6	35	21
Diciembre	10	25	0.4	35	14

TOTAL

300

TOTAL ESPERADO ESTE AÑO 420

Descripción del Proceso

- A: Es la demanda mensual del año anterior.
- B: Es la demanda mensual promedio del año anterior y se obtiene dividiendo la demanda anual entre doce meses.
- C: Es el factor de demanda mensual y se calcula dividiendo la demanda del mes correspondiente entre la demanda promedio.
- D: Es la demanda mensual promedio del año en curso que se obtiene al dividir la demanda anual esperada entre los doce meses del año.
- E: Es la predicción mensual para el año en curso y se calcula multiplicando el factor de demanda correspondiente por la demanda promedio mensual del año en curso.

2.3.9 Razón de la demanda acumulada a la demanda anual

Para poder aplicar este método es necesario conocer la demanda actual de un mes o de varios meses.

Ejemplo:

M E S	A	B	C	D	E
Enero	10	10	0.033	14	14*
Febrero	15	25	0.083	35	21
Marzo	20	45	0.15	63	28
Abril	25	70	0.233	98	35
Mayo	25	95	0.316	133	35
Junio	35	130	0.433	182	49
Julio	45	175	0.583	245	63
Agosto	55	230	0.766	322	77
Septiembre	25	255	0.85	357	35
Octubre	20	275	0.916	385	28
Noviembre	15	290	0.966	406	21
Diciembre	10	300	1.000	420	14
TOTAL	300			TOTAL ESPERADO	420

* valor conocido

Descripción del Proceso

- A: Demanda mensual del año anterior.
- B: Es la demanda acumulada del año anterior
- C: Es la razón de la demanda acumulada a la demanda anual y se obtiene dividiendo la demanda - acumulada en ese mes entre el total de la de-- manda.
- D: Es la demanda acumulada para el año en curso y se obtiene aplicando la fórmula siguiente:

$$D_{i+1} = \frac{C_{i+1}}{C_i} (D_i) \quad i = \text{Mes de Enero}$$

- E: Es la demanda mensual para el año en curso y se obtiene aplicando la fórmula siguiente:

$$E_{i+1} = D_{i+1} - D_i$$

C á l c u l o s

$$D\text{-Feb.} = \frac{C\text{-Feb.}}{C\text{-Ene.}} (D\text{-Ene.}) = \frac{0.083}{0.033} (14) = 35$$

$$D\text{-Mar.} = \frac{C\text{-Mar.}}{C\text{-Ene.}} (D\text{-Ene.}) = \frac{0.15}{0.033} (14) = 63$$

$$D\text{-Abr.} = \frac{C\text{-Abr.}}{C\text{-Ene.}} (D\text{-Ene.}) = \frac{0.233}{0.033} (14) = 98$$

$$D\text{-May.} = \frac{C\text{-May.}}{C\text{-Ene.}} (D\text{-Ene.}) = \frac{0.316}{0.033} (14) = 133$$

$$D\text{-Jun.} = \frac{C\text{-Jun.}}{C\text{-Ene.}} (D\text{-Ene.}) = \frac{0.433}{0.033} (14) = 182$$

$$D\text{-Jul.} = \frac{C\text{-Jul.}}{C\text{-Ene.}} (D\text{-Ene.}) = \frac{0.583}{0.033} (14) = 245$$

$$D\text{-Ago.} = \frac{C\text{-Ago.}}{C\text{-Ene.}} (D\text{-Ene.}) = \frac{0.766}{0.033} (14) = 322$$

$$D\text{-Sep.} = \frac{C\text{-Sep.}}{C\text{-Ene.}} (D\text{-Ene.}) = \frac{0.85}{0.033} (14) = 357$$

$$D\text{-Oct.} = \frac{C\text{-Oct.}}{C\text{-Ene.}} (D\text{-Ene.}) = \frac{0.916}{0.033} (14) = 385$$

$$D\text{-Nov.} = \frac{C\text{-Nov.}}{C\text{-Ene.}} (D\text{-Ene.}) = \frac{0.966}{0.033} (14) = 406$$

$$D\text{-Dic.} = \frac{C\text{-Dic.}}{C\text{-Ene.}} (D\text{-Ene.}) = \frac{1.000}{0.033} (14) = 420$$

2.4 INFORMACIÓN PARA PRONOSTICAR EN SISTEMAS INTERMITENTES.

2.4.1 Información requerida

- 1.- Tipo de productos fabricados en el período pasado.
- 2.- Cantidad de productos fabricados en el período pasado.
- 3.- Pronóstico de pedidos para el próximo período.
- 4.- Demanda real de pedidos para el período que termina.
- 5.- Pronóstico para el período que está terminando.
- 6.- Demanda para el primer período precedente.
- 7.- Pronóstico para el primer período precedente.
- 8.- Pronóstico y demanda para el n-ésimo período precedente.
- 9.- Factor de ponderación.

2.4.2 Procedimiento de la función de pronosticar

- 1.- Analizar la demanda pasada por producto. A-2
- 2.- Seleccionar el método adecuado de predicción. A-3
- 3.- Generar la tendencia para 52 ó 12 períodos y acumular horas de empleo de equipo. A-4

- 4.- Ajustar la tendencia de la demanda debido a otros factores. A-5
- 5.- Fase de operación de un período. A-6
- 6.- Comparación del pronóstico con lo real:
 - a) No es diferente. A-7
 - b) Si existe diferencia. A-9
- 7.- Generar pronóstico del siguiente período. A-8
- 8.- Otros factores a considerar
 - a) No. A-5
 - b) Sí, ajustar de acuerdo al período siguiente. A-5
- 9.- ¿La desviación es significativa?
 - a) No, ningún cambio al plan general. A-7
 - b) Sí, generar nueva tendencia de la demanda. A-10
- 10.- Modificación del plan general. A-3 y A-11
- 11.- Función de planeación de la producción.

2.4.3 Información resultante

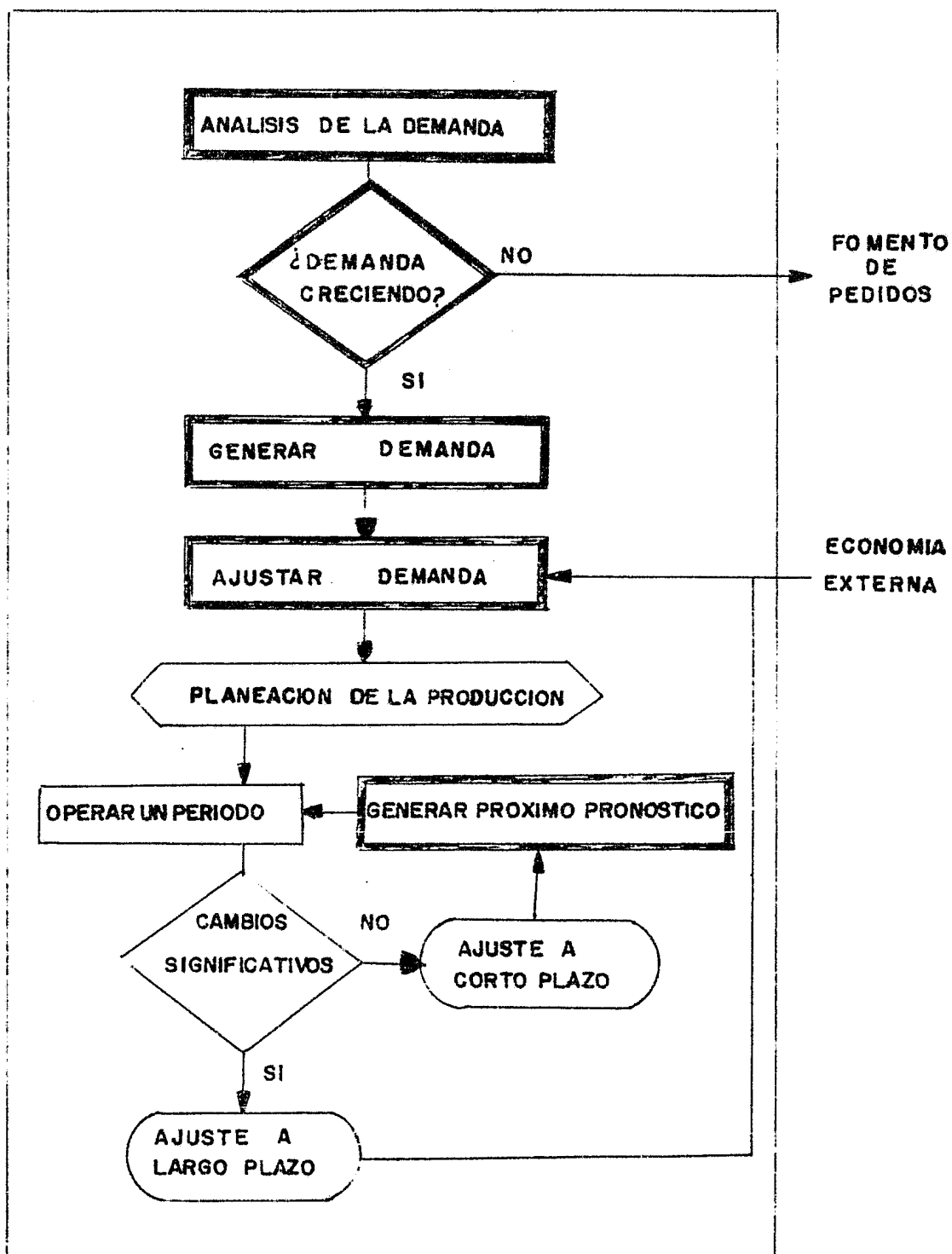
- 1.- Tipo de productos a producir.
- 2.- Cantidad demandada por períodos.
- 3.- Cantidad total acumulada.

Esta información es la base para la planeación, y empleo adecuado de recursos disponibles u obtenibles.

2.4.4 La predicción dentro del sistema de información

- 1.- Se analiza la tendencia del mercado.
- 2.- Se determina la posible demanda de pedidos, para la planeación de recursos productivos.
- 3.- Si la demanda crece, determinar si se aceptan más pedidos, ante la inconveniencia de no cumplir la producción en la fecha requerida por el cliente, o bien modificar si es posible el plan general y trabajar tiempo extra o más turnos, dependiendo del incremento en la demanda del servicio y las facilidades productivas.
- 4.- Si la demanda es decreciente se debe reajustar el plan, o bien fomentar nuevos clientes y pedidos, para aprovechar instalaciones y mano de obra.

2.4.5 DIAGRAMA DE INFORMACION EN LA PREDICION



2.5 TECNICAS PARA PRONOSTICAR SISTEMAS INTERMITENTES

Los sistemas productivos intermitentes, tienen algún tipo de especialización por producto, materia prima o proceso, y carecen de la capacidad y flexibilidad para procesar cualquier cosa.

Si bien es cierto que el tipo de producción intermitente, resulta más complejo en su planeación y programación que el tipo de producción continua, es posible determinar en forma bastante admisible la cantidad de pedidos para un determinado año o ciclo productivo.

En base a la clase de especialización, los pedidos atendidos en años o períodos anteriores, y la determinación de la capacidad para poder procesarlos dan como resultado:

a) El establecimiento de algún método o técnica de pronóstico, dentro del variado grupo que presenta este mismo capítulo, y tener un pronóstico bastante acertado.

b) El número de productos o pedidos que resulten pronosticados, y su exploración contra la capacidad instalada, mostrará si es posible la atención de todos ellos, o bien determinara así mismo las modificaciones necesarias para procesarlas, si resulta económicamente atractiva su producción, o en su defecto de qué manera se podría absorber más trabajo y en qué cantidad.

CAPITULO III

PLANEACION DE LA PRODUCCION

3.1 PLANEACION

3.1.1 La función de planeación

La planeación surge cuando se contempla el futuro y hay que seleccionar para minimizar riesgos.- La planeación de la producción es una actividad, en caminata a elevar al máximo la eficiencia de los recursos que se emplean en la fabricación de artículos.

La predicción de la demanda, es dar una aproximación sobre la cantidad de unidades de cada producto que solicitará el mercado, así como el período de tiempo en el que se espera que ésta ocurra. La planeación de la producción será entonces convertir el pronóstico de la demanda en un plan operativo, - esto es, transformar la cantidad de unidades de cada producto en necesidades de recursos: materiales, horas-hombre, horas-máquina, tasas de producción, - eficiencias, % de capacidad a emplear y costos.

Todo esto dentro de las restricciones generales, limitaciones presupuestales, política de empleo, disponibilidad de recursos existentes u obtenibles, carácter de la demanda, factores de calidad, demora de los artículos que se compran, etc.

La planeación de la producción suministra un marco general dentro del cual se habrán de desarrollar las actividades. No especifica que una activi

dad particular, debe realizarse en una determinada máquina en un momento dado. Estos detalles se determinan en la programación de las operaciones y su secuenciación. El plan de producción asigna recursos disponibles a las diferentes necesidades en la fabricación, pero de una manera general y con flexibilidad razonable, para que programación detalle las operaciones dentro del marco establecido para ello.

Existen tres tipos de planeación para diferentes períodos, todos ellos deben de estar estrechamente vinculados. Los proyectos estratégicos a largo plazo que le darán a la empresa cierta configuración de fuerza humana, equipo y capacidad de planta, deben de estar basados en parámetros de previsión perfectamente definidos y claros, ya que éstos, servirán de guía para la toma de decisiones a niveles inferiores. La recirculación de información sobre condiciones y rendimientos reales, deben subir hacia arriba a través del sistema y garantizar que la planeación a largo plazo se base en valoraciones realistas.

3.1.2 Planeación a largo plazo

La planeación a largo plazo se relaciona con el mantenimiento de la línea apropiada de producción, por medio de la investigación y el desarrollo de nuevos productos o modificación de los mismos, identificando siempre las necesidades del mercado. Implica el suministro de recursos: hombres, equipo, materiales, financiación, para llevar a cabo las ac

tividades previstas de la empresa.

El plan a largo plazo incluye planeamiento para construcción, expansión de la planta, modernización de las instalaciones o ubicación de las nuevas. Cubre generalmente un período de 5 a 10 años.

3.1.3 Planeación intermedia

La planeación intermedia, se relaciona con la asignación de recursos financieros a las necesidades de la empresa, tales como a la adquisición de bienes de capital, las modificaciones y creación de infraestructura para nuevos productos, programas menores de construcción y programas de reemplazo de equipo, cubre un período de 2 a 5 años.

3.1.4 Planeación a corto plazo

La planeación a corto plazo es conocida como planeación maestra, y es el plan general de producción para los meses del año próximo. Basada en los pronósticos de ventas para los meses futuros, se establecen los niveles de la capacidad a utilizar así como de los inventarios a manejar. Es importante notar que, puesto que la programación a corto plazo se realiza antes del tiempo de producción, la carga existente al momento de hacer la previsión, no corresponderá exactamente a la capacidad de la situación prevista, por lo que debe haber elasticidad para absorber el impacto de las variaciones en la demanda.

El éxito de la planeación maestra o a corto - plazo lo constituye la capacidad para pronosticar - y hacer un plan eficiente.

3.1.5 Decisiones en la planeación

Requerimientos del Producto: Para cada producto que se comercializa, se debe de determinar el número de unidades que deben de fabricarse para el ciclo de planeación. El número de unidades de un producto que debe fabricarse en un período, puede ser diferente del pronóstico de la demanda para ese periodo debido a 1) existencias disponibles, 2) órdenes de producción pendientes de este producto determinadas para terminarse en períodos futuros y 3) inventario final deseado para ese producto. Determinados los requerimientos acumulativos por períodos, se obtiene un perfil de los requerimientos del producto en el tiempo.

Requerimientos de Componentes: Se determina - el número de componentes por cada tipo de producto-materia prima, partes compradas, partes fabricadas y subensambles- que se necesitan para las cantidades de cada producto. Hay productos que pueden contener componentes comunes, las unidades de cada componente se totalizan.

Requerimientos de Equipo: El enfoque en el -- tiempo del producto y de sus componentes fabricados, suministran la base para calcular los requerimientos de equipo. Las unidades se convierten en tiem-

pos de proceso, que se totalizan por centros de trabajo y tipos de máquinas. Se determina un perfil de tiempo de los requerimientos de equipo.

Requerimientos del Personal: El perfil de tiempo de los requerimientos de personal, se determinan con base en el perfil de tiempo del producto y en los componentes fabricados. Las unidades se convierten en horas-hombre y se totalizan por centros de trabajo y por tipos de habilidades.

Consolidación del Plan: Es la asignación de los recursos disponibles, a los requerimientos antes mencionados, y si son insuficientes deben adquirir recursos adicionales o bien dejar de satisfacer todos los requerimientos. El plan consolidado debe ser un plan sincronizado con el tiempo, que especifica para cada período el número de turnos, el volumen de la mano de obra, el número de especialistas, las tasas de producción, el uso de inventarios, el uso de subcontratos y la anulación de órdenes cuando sea factible.

3.2 INFORMACION PARA LA PLANEACION DE LA PRODUCCION CONTINUA

3.2.1 Información requerida

- 1.- Demanda por producto/período y por producto/ -
acumulado.
- 2.- Matriz de explosión por producto/período y pro-
ducto/acumulado.
- 3.- Rutas de trabajo y alternativas para las par--
tes a fabricar.
- 4.- Tiempo estandar de proceso.
- 5.- Costos estandar de manufactura.
- 6.- Capacidad de equipo.
- 7.- Tasas de producción actuales.
- 8.- Parámetros de producción; eficiencia y unida--
des/hora.
- 9.- Fuerza laboral por especialización y centros -
de trabajo.
- 10.- Días disponibles por período y días disponi- -
bles al año.
- 11.- Calendario de mantenimiento al equipo.
- 12.- Políticas administrativas.
- 13.- Presupuesto de operaciones.
- 14.- Convenios sindicales.
- 15.- Factores externos, nuevos pedidos, factores -
económicos, etc.

3.2.2 Procedimiento de la función de planeación

- 1.- Predicción de la demanda para cada producto - que se analiza, y por el período que se considera. A-2
- 2.- ¿Qué cantidad de productos se van a fabricar?
 - a).- Tomar en cuenta la cantidad de artículos-disponibles, y las órdenes de producción-pendientes.
 - b).- Considerar el inventario final deseado al terminar el período.
 - c).- Determinar el número adicional de unidades, de cada producto, que se producirá - en el período. A-3
- 3.- Convertir productos en requerimientos de materia prima, materiales y componentes, acumular- y resumir para el período. A-4
- 4.- ¿Qué cantidad de materia prima, materiales y - componentes, se van a requerir para la fabricación?
 - a).- Comparar requerimientos, con existencia - disponible, y con órdenes de fabricación- y de compra pendientes.
 - b).- Considerar el inventario final deseado al terminar el período.
 - c).- Considerar el tiempo de demora de producción y compras.

- d).- Determinar el número adicional de cada parte componente, materia prima, etc., que se necesita comprar o producir.
 - e).- Calcular los requerimientos acumulativos del período. A-5
- 5.- Convertir la cantidad de unidades de cada producto en:
- a).- Días de trabajo, turnos por día, horas-máquina, en cada centro de trabajo.
 - b).- Cantidad de obreros y empleados por departamento productivo o centro de trabajo, y su clasificación correspondiente.
 - c).- Eficiencia y tasas de producción con que se considera la fabricación.
 - d).- Costos de producción. A-6
- 6.- Resumir los requerimientos de personal y especialización, tipo de máquina y su clasificación, días de trabajo, costos. A-7
- 7.- ¿Se satisfacen los requerimientos con los recursos existentes?
- a).- Sí. A-10
 - b).- No. A-8
- 8.- ¿Se aprueba la adquisición de recursos adicionales?
- a).- Si. A-10
 - b).- No. A-9

- 9.- Definir la manera de satisfacer en forma más -
óptima y económica, los requerimientos:
 - a).- Tiempo extra o turnos extra.
 - b).- Producir para inventario y absorber fluc-
tuaciones.
 - c).- Subcontratar o mandar a maquinar.
 - d).- Incrementar la eficiencia y modificar ta-
sas de producción. A-10
- 10.- Realizar un plan sincronizado de producción:
 - a).- Balancear líneas.
 - b).- Control de inventarios.
 - c).- Racionalizar la fuerza de trabajo.
 - d).- Implantar medidas de efectividad y con- -
trol, de tal modo que pudieran ocurrir --
desviaciones razonables, sin necesidad de
hacer una revisión al plan.

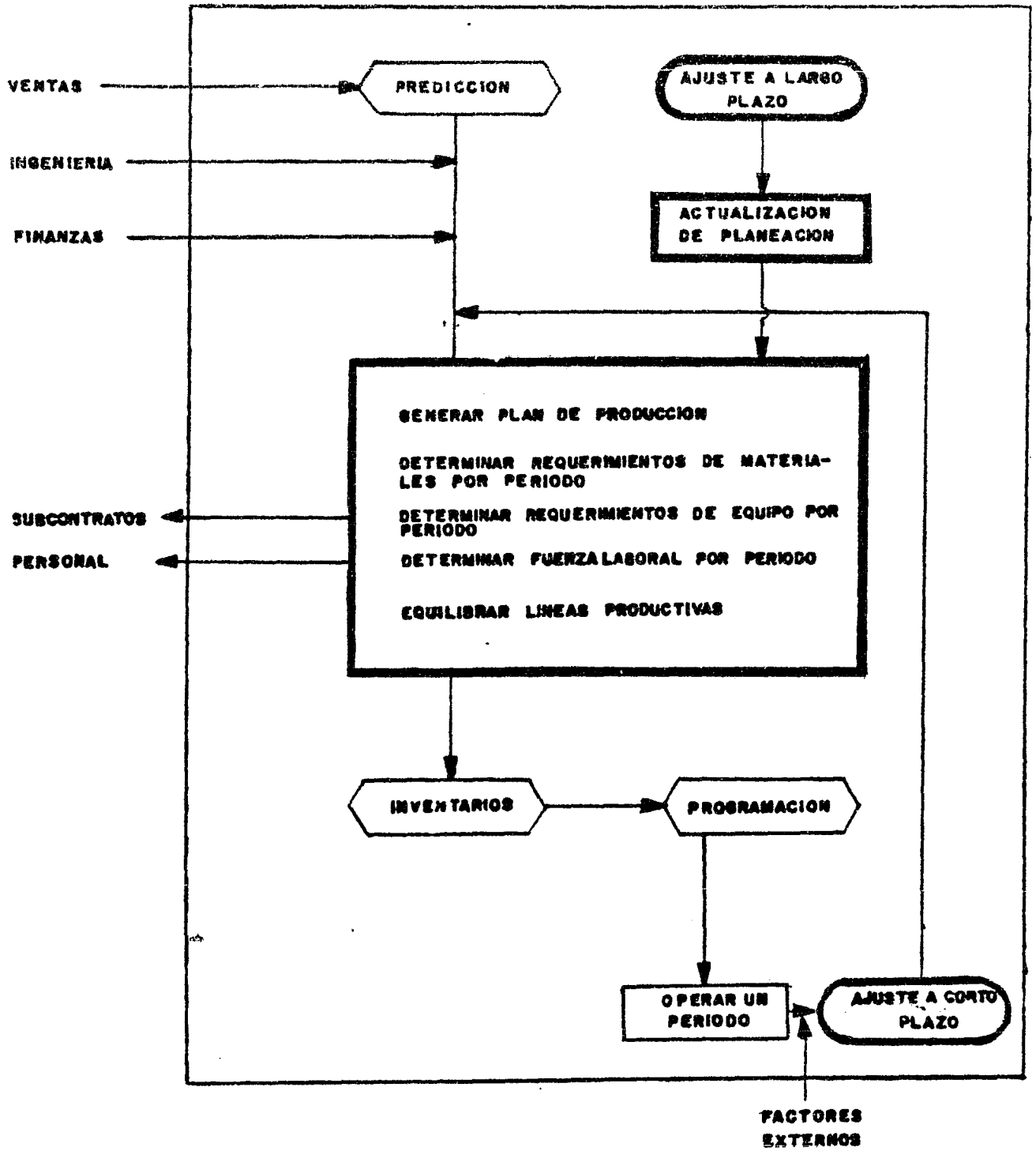
3.2.3 Información resultante

- 1.- Plan de producción (maestro).
- 2.- Tasa de producción/período.
- 3.- Tasa de producción/centro de trabajo.
- 4.- % de la capacidad a emplear.
- 5.- Parámetros de trabajo: a qué unidades/Hr. y a
qué eficiencia.
- 6.- Horas-máquina/período.

- 7.- Horas-máquina/centro de trabajo.
- 8.- Fuerza laboral/período.
- 9.- Fuerza laboral/centro de trabajo.
- 10.- Requerimiento de materiales.
- 11.- Establecimiento de medidas de efectividad y control.

3.2.4 La planeación y el sistema informativo

- 1.- Se genera el plan maestro de producción en base a la demanda. (Predicción)
- 2.- Se determinan los requerimientos de materiales y materia prima, componentes y partes. (Inventarios)
- 3.- Se equilibran las líneas productivas y los centros de trabajo - (Programación)
- 4.- Se determinan los turnos de trabajo al día. -- (Programación)
- 5.- Se determina la fuerza laboral. (Programación)
- 6.- Se determinan los parámetros para el control de producción, y se fijan las medidas de efectividad. (Control y Avance)
- 7.- La retroinformación desde los centros de trabajo, es indispensable para mantener la actualización de la planeación a corto, mediano y largo plazo. (Predicción, Control y Avance).



3.2.5. FLUJO INFORMATIVO DE PLANEACION

3.3. TECNICAS DE PLANEACION DE PRODUCCION CONTINUA

3.3.1 Producción estandarizada

Los sistemas de producción continua, son aquellos en los cuales la ruta y el flujo que sigue el producto estandarizado, están predeterminadas en el diseño de la planta. El arreglo del equipo está basado en productos estandarizados, y las máquinas se colocan en secuencia, éstas se encuentran equilibradas eliminándose muchos de los problemas de programación de la producción. El transporte de materiales es automático y de trayectoria fija, los trabajadores no ejecutan una pluralidad de trabajos, sino que hacen tareas especializadas en la misma forma y día tras día. Sin necesidad de órdenes de trabajo, saben cuándo reportarse para realizar su trabajo, dónde trabajar y cómo ejecutar el trabajo. La única instrucción para los trabajadores es una directriz para producir determinado número de unidades y, en operaciones completamente balanceadas, donde existe un eslabón en la cadena de actividades, incluso esto puede no ser necesario.

La función de la planeación y control de la producción en los sistemas de producción continua, comprende dos actividades: primera, mantener suficiente materia prima y suministros para mantener funcionando el sistema de producción, y asegurarse de que los productos terminados sean movidos del sistema; segundo, mantener el flujo del sistema de tal manera que funcione a su capacidad.

Los sistemas continuos están representados en la práctica, por las líneas de producción en masa y las de ensamblado.

Sistemas de Producción Continua

Características:

1.- Fabricación de productos estandarizados en grandes volúmenes, ya que éstos son requeridos por la sociedad. Por ejemplo: Una planta de automóviles produce uno o varios tipos de autos con un diseño determinado, y es muy difícil que un cliente obtenga esos coches con otro diseño.

2.- Insumos estandarizados.

Materia prima, máquinas y herramientas, su ministros de operación, productos semiterminados, edificios, energías y hombres.

3.- Gran automatización.

Esto es debido a la estandarización de los productos.

4.- Distribución de máquinas por producto.

Ya que éstos deben fabricarse con una secuencia predeterminada de operaciones.

5.- Las instalaciones no son flexibles.

Esto se debe a que las máquinas utilizadas tienen un uso especial. Por ejemplo: Máquina de transferencia automática diseñada para producir monobloques de motor maquinados a partir de moldes.

6.- Inversión en maquinaria y equipo muy elevada - en relación a la inversión total.

Esto se debe a que la maquinaria es de propósito especial, el equipo para el manejo de materiales es de trayectoria fija y por los costosos mecanismos de control utilizados en el sistema.

7.- La planeación y control de la producción es sencilla.

Ya que las líneas de producción se pueden considerar como una sola máquina.

8.- El balanceo de líneas es muy importante.

Para evitar los cuellos de botella que provocan atrasos o interrupciones en la producción.

9.- El sistema de transporte de materiales es automatizado con trayectoria fija, por lo que carece de flexibilidad. Por ejemplo: Transportadores, tolvas, tuberías, alimentadores, rieles, elevadores, etc.

10.- Pocos inventarios entre una operación y otra.

Esto se debe a que los artículos se mueven por la línea con bastante rapidez.

11.- Existen inventarios de productos terminados.

Ya que se fabrica para pedidos futuros.

12.- Los costos unitarios de producción son bajos:

Ya que se aprovechan los descuentos de compras por cantidad, la especialización de la mano de obra que se utiliza y el empleo de máquinas especializadas.

13.- Los costos de almacenamiento por unidad son bajos.

Puesto que la materia prima se almacena durante un tiempo muy corto, el inventario en proceso se mueve con bastante rapidez, se procura que el producto terminado se lleve rápidamente a los clientes, de manera que las bodegas no estén saturadas de productos, ya que se puede detener el proceso de producción.

14.- Los tiempos de fabricación son muy cortos.

Esto se debe a que los productos se mueven con rapidez en el proceso de producción.

15.- El mantenimiento preventivo es muy importante.

Puesto que al pararse una máquina se para todo el proceso de la producción.

16.- El sistema de distribución es de etapas múltiples (mayoristas-minoristas). Esto se hace para poder distribuir el gran volumen de la producción.

Ventajas:

- A).- El recorrido del producto se hace mediante rutas mecánicamente directas que disminuyen el tiempo y las demoras en la producción.
- B).- Menor movimiento de materiales en virtud de las cortas distancias entre los puestos de trabajo.
- C).- Mejor coordinación de la producción debido a la secuencia lógica y ordenada de las operaciones.
- D).- La cantidad de materiales en proceso es menor.
- E).- El espacio ocupado por unidad de producción es menor.
- F).- Control de producción simplificado, menores registros e inspecciones, costos administrativos más bajos.

Desventajas:

- A).- Cuando diferentes máquinas están agrupadas, el entrenamiento de aprendices resulta complicado

ya que no resulta fácil colocar cerca de él, a un trabajador experimentado para que los enseñe.

- B).- Se complica la posibilidad de encontrar buenos supervisores, debido a la variedad de trabajos y maquinaria a supervisar.
- C).- Mayor inversión en maquinaria, líneas de servicio, conexiones eléctricas, instalaciones de gas, aire y aceite.

3.3.2 Planeación nivelada

El uso de inventarios, es un medio para equilibrar la producción, y reducir los costos que se derivan de una fabricación fluctuante, tales como el pago de tiempo extra, rotación de personal, subcontratación y el costo de tener un capital invertido para proveer la capacidad máxima necesaria.

Su importancia es la de preparar planes alternativos de producción, en base a las exigencias máximas acumuladas obtenidas, estas de la suma del inventario o stock de reserva más los requerimientos de producción acumulados, de cada mes.

Elaboración de Planes Alternativos

Con base a los requerimientos pronosticados de un determinado artículo, como se muestra en el cuadro. Se evaluarán alternativas para explorar y determinar inventarios, y costos por mantener existen

cias. El inventario comienza el año con 50 unidades.

<u>EXISTENCIA BIMESTRAL</u>	<u>DIAS HABILES</u>	<u>PRONOSTICO</u>	<u>EXISTENCIAS REQUERIDAS</u>
ENE-FEB.	---- 50	--- 240	---- 220
MAR-ABR.	---- 50	--- 760	---- 200
MAY-JUN.	---- 51	--- 160	---- 200
JUL-AGO.	---- 51	--- 1240	---- 200
SEP-OCT.	---- 46	--- 160	---- 125
NOV-DIC.	---- 52	--- 1920	---- 300

Se determinarán dos planes de producción y se escogerá la mejor alternativa económica.

1.- La producción por bimestre y las existencias promedio requeridas.

2.- Gráfica de producción.

3.- Determinación de la producción para cada bimestre, a un ritmo constante y visualizarla en la gráfica anterior:

A).- Gráfica tabular con producción mensual; - produciendo con tasa constante; inventarios bimestrales.

B).- Tasa constante.

C).- Inventario promedio.

D).- Costo adicional por mantener existencias, si el almacenaje de cada producto cuesta-
\$ 50.00 al año.

4.- Graficar la producción si varía la tasa de producción, al emplear un segundo turno adicional, - esto representa un costo de \$ 12.00 más por unidad.

A).- Gráfica tabular de producción bimestral - requerida.

B).- Graficar la producción.

C).- Determinar inventarios adicionales bimestrales, así como su costo.

D).- Determinar el costo por el cambio de la - tasa de producción y el costo total.

5.- Escoger la mejor alternativa económica.

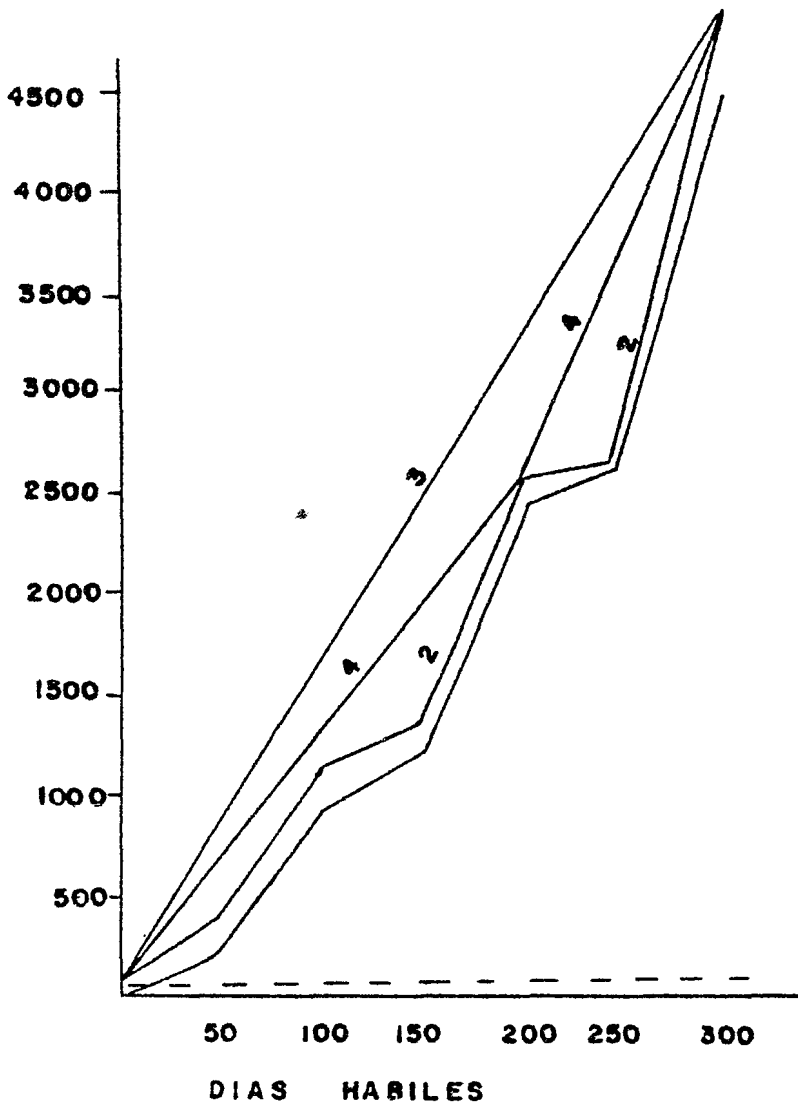
1.- Producción por Bimestre y Promedio Requerido

Meses	Días hábiles	Días acumulados	Pronóstico	Pronóstico - acumulado	Existencias requeridas	Requerimientos acumulados	Producción mensual requerida
E - F	50	50	240	240	220	460	460 - 50 = 410
M - A	50	100	760	1,000	200	1,200	740
M - J	51	151	160	1,160	200	1,360	160
J - A	51	202	1,240	2,400	200	2,600	1,240
S - O	46	248	160	2,560	125	2,685	35
N - D	52	300	1,920	4,480	300	4,780	2,095
					1,245		4,730

$$\text{Promedio} = \frac{1,245}{6} = 207.5$$

2,3,4 GRAFICAS

UNIDADES



- 1 PRONOSTICO
- 2 PRODUCCION MENSUAL REQUERIDA
- 3 PRODUCCION CON TASA CONSTANTE
- 4 PRODUCCION CON CAMBIO DE TASA

3.- Producción con Tasa Constante

A.- Gráfica Tabular

Meses	Producción mensual	Producción - requerida ac.	Días hábiles	Producción - ritmo: 158 cte.	Producción - acumulada	Inventario bimestral adicional
E - F	410	410	50	788	788	378
M - A	740	1,150	50	788	1,576	426
M - J	160	1,310	51	805	2,381	1,071
J - A	1,240	2,550	51	805	3,186	636
S - O	75	2,625	46	725	3,911	1,286
N - D	2,105	4,730	52	820	4,731	1
	4,730		300			3,798

B.- $4,730/300 = 15.76$ UDS/DIA-HABIL

C.- $3,798/6 = 633$ INVENTARIO PROMEDIO

D.- $633 \times 50.00 = 31,650$ \$/AÑO, COSTO ADICIONAL POR MANTENER EXISTENCIAS.

4. Producción con cambio de tasa

A.- Gráfica Tabular

Meses	Producción - requerida - acumulada	Días hábiles	Producción	Producción - acumulada	Inventarios adi- cionales- bimestrales
E - F	410	50	632	632	222
M - A	1,150	50	632	1,264	114
M - J	1,310	51	643	1,907	597
J - A	2,550	51	643	2,550	0
S - O	2,625	46	1,021	3,575	950
N - D	4,730	52	1,154	4,730	0
		300			1,883

B.- Ver gráfica

C.- Período Ene-Ago

$$\text{Tasa} = \frac{2,550}{202} = 12.6 \text{ UDS/DIA}$$

Período Sep-Dic

$$\text{Tasa} = \frac{4,730 - 2,550}{300 - 202} = \frac{2,180}{98} = 22.2 \text{ U/D}$$

Costo por mantener inventario

$$\frac{1,883}{6} = 314; \quad 314 \times 50 = 15,700 \text{ \$/Año}$$

D.- Costo por cambio de Tasa:

$$(22.2 - 12.6) \times 98 \times 12.00 = 11,290 \text{ \$/Año}$$

$$\text{Costo total } 15,700 + 11,290 = 26,990 \text{ \$/Año}$$

5₁ - ALTERNATIVA MAS ECONOMICA (*)Producción a
tasa constanteProducción con
cambio de tasa

\$ 31,650

\$ 26,990 (*)

3.3.3 Planeación agregada

La planeación agregada sirve para determinar - la tasa de producción y el tamaño de la fuerza de - trabajo, y se consideran como variables independien - tes, que fijaran la cantidad de tiempo extra, el ni - vel de inventarios y la subcontratación o maquila.- Estas tres últimas son variables dependientes y re - presentan las alternativas, ya sea por separado o - combinadas para absorber las fluctuaciones de la de - manda, y establecer el plan más óptimo y económi - co.

Conceptualización

Meses	Requerimientos	Capacidad T. Normal	Capacidad C/T Extra
E - F	8,200	19,500	4,650
M - A	8,550	18,250	4,400
M - J	13,000	17,000	4,700
J - A	21,970	14,500	4,100
S - O	47,900	23,000	3,900
N - D	20,380	23,000	1,750

a).- Determinar el plan de producción más eco - nómico, el costo de almacenaje es de \$ 60.00 al año por cada artículo, y la producción por cada uno de - ellos en tiempo extra representa \$ 20.00

MESES	REQ'TOS	CAPACIDAD	E-F		M-A		M-J		J-A		S-O		N-D	
			NORMAL	EXTRA	NORMAL	EXTRA	NORMAL	EXTRA	NORMAL	EXTRA	NORMAL	EXTRA	NORMAL	EXTRA
E-F	8 200	DISPONIBLE COSTO PLANEADO	19 500 0 8 200	4 650 20										
M-A	8 550	DISPONIBLE COSTO PLANEADO	11 300 10	4 650 30	18 250 0 8 550	4 400 20								
M-J	13 000	DISPONIBLE COSTO PLANEADO	11 300 20	4 650 40	9 700 10	4 400 30	17 000 0 13 000	4 700 20						
J-A	21 970	DISPONIBLE COSTO PLANEADO	11 300 30	4 650 50	9 700 20	4 400 40	4 000 10 4 000	4 700 30	14 500 0 14 500	4 100 20 3 470				
S-O	47 900	DISPONIBLE COSTO PLANEADO	11 300 40 10 670	4 650 60	9 700 30 9 700	4 400 50	0	4 700 40	0	630 30 630	23 000 0 23 000	3 900 20 3 900		
N-D	20 380	DISPONIBLE COSTO PLANEADO	630 50	4 650 70	0	4 400 60	0	4 700 50	0	0	0	0	23 000 0 20 380	1 750 20
TOTALES	120 000		(18 870)		(18 250)		(17 000)		(14 500)	4 100	(23 000)	3 900	(20 350)	

COSTO POR ALMACENAJE = $10\ 670 \times 40.00 + 9\ 700 \times 30.00 + 4\ 000 \times 10.00 = 757\ 800.00$

COSTO POR TIEMPO EXTRA = $3\ 470 \times 20.00 + 630 \times 30.00 + 3\ 900 \times 20.00 = 166\ 300.00$

COSTO TOTAL = 924 100.00

3.3.4 Plan maestro de producción

Una empresa alimenticia desea planear, el uso óptimo de su equipo y mano de obra disponible, para fabricar 2 productos a través de un proceso semejante. El producto A produce una utilidad de 235.00 - \$/Kg y el B de 170.00 \$/Kg. Para mantener la empresa su competitividad en el mercado, necesariamente tiene que fabricar ambos productos.

Se pretende aprovechar la capacidad instalada, y trabajar 3 turnos al día durante los 244 días hábiles del año.

La operación crítica en el proceso la representan los molinos. Determinar el número de Kgs. que se deben producir, para cada artículo de modo que se obtenga la máxima utilidad, así como el número de horas de uso del equipo al día, y el número de obreros que se requieren para la producción.

Los tiempos requeridos en cada operación, para obtener 100 Kg de producto son:

<u>E q u i p o</u>	<u>A (100 Kg)</u>	<u>B (100 Kg)</u>	<u>No. de obreros - por cada máquina</u>
4 Molinos	2.00 H	3.00 H	3
1 Mezclador	0.50 H	0.50 H	2
4 Cocedores	2.50 H	2.00 H	3
1 Homogeneizador	0.25 H	0.75 H	1
1 Empacadora	0.50 H	0.50 H	1

Desarrollo:

Operación crítica (Molinos)

$$\text{Capacidad} = 4 \text{ Molinos} \times 3 \text{ turnos/día} \times 7.5 \text{ hr./Tur} \times 95 \% \text{ Ef.} = 85.5 \text{ hr./día}$$

Para producir una utilidad máxima:

$$\frac{A}{B} = \frac{235.00 \text{ \$/Kg}}{170.00 \text{ \$/Kg}} = 1.38 ; \quad A = 1.38 B$$

$$1.38 B + B = 85.5 \text{ hr/día}; \quad B = 85.5 / 2.38 = 35.9 \text{ hr/día}$$

$$A = 1.38 \times 35.9 = 49.5 \text{ hr/día}$$

$$\text{Molienda de A} = 49.5 \div 2 \times 100 \doteq 2400 \text{ Kg/día}$$

$$\text{Molienda de B} = 35.9 \div 3 \times 100 \doteq 1200 \text{ Kg/día}$$

P L A N M A E S T R O

AÑO 1983
DIAS 244
HRS/TR 7.5

CANT. MAQ.	EQUIPO	REQUERIMIENTOS DIARIOS	DATOS DE OPERACION			HORAS/DIA		REQUERIMIENTOS DE MANO DE OBRA				
			T. P. UD/HR	EFIC. %	UDS. ESPER.	REQ.	DISP.	CLASIFICACION	1° TUR	2° TUR	3° TUR	TOT.
4	MOLINOS	A 2 400 Kg	50	95	47.5	50.5		MOLINERO	4	4	4	12
		B 1 200 Kg	33.3	95	31.6	38.0		AYUDANTE DE M. AYUD. EN GRAL.	4	4	4	12
						<u>88.5</u>	<u>90.0</u>		<u>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>12</u>
								<u>12</u>	<u>12</u>	<u>12</u>	<u>36</u>	
1	MEZCLADOR	A 2 400 Kg	200.0	90	180.0	13.3		MEZCLADOR	1	1	1	3
		B 1 200 Kg	200.0	90	180.0	6.7		AUXILIAR	1	1	1	3
						<u>20.0</u>	<u>22.5</u>		<u>—</u>	<u>—</u>	<u>—</u>	<u>—</u>
								<u>2</u>	<u>2</u>	<u>2</u>	<u>6</u>	
4	COCEDORES	A 2 400 Kg	40.0	95	38.0	63.2		OFICIAL	4	4	4	12
		B 1 200 Kg	50.0	95	47.5	25.3		AYDTE. DE OF. MONTACARGUISTA	4	4	4	12
						<u>88.5</u>	<u>90.0</u>		<u>2</u>	<u>2</u>	<u>2</u>	<u>6</u>
								<u>10</u>	<u>10</u>	<u>10</u>	<u>30</u>	
1	HOMOGENIZADOR	A 2 400 Kg	400.0	90	360.0	6.7		OPERADOR	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>3</u>
		B 1 200 Kg	133.3	90	120.0	10.0						
						<u>16.7</u>	<u>22.5</u>					
1	EMPACADORA	A 2 400 Kg	200.0	85	170.0	14.1		OPERADOR	1	1	1	3
		B 1 200 Kg	200.0	85	170.0	7.1		EMPACADORES	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>9</u>
						<u>21.2</u>	<u>22.5</u>		<u>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>12</u>

C O N C E P T O	D I A	A Ñ O
No. de obreros	87	
Producción de A	2400 Kg	585 600 Kg
Producción de B	1200 Kg	292 800 Kg
Utilidad de A		137 616 000 \$
Utilidad de B		49 776 000 \$

EFICIENCIA	HR. REQ.	HR. DISP.
Molinos	88.5	90.0
Mezclador	20.0	22.5
Cocedores	88.5	90.0
Homogenizador	16.7	22.5
Empacadora	21.2	22.5
	234.9	247.5

$$\text{Eficiencia de la planta} = 234.9 \div 247.5 = 95 \%$$

3.3.5 Planeación a largo plazo

Sean tres productos, que según estimaciones - del mercado al que están orientados, tendrán un crecimiento en sus ventas, durante los próximos cinco años como se indica a continuación.

Se desea determinar los requerimientos de maquinaria, y mano de obra para esos próximos años.

<u>PRODUCTO</u>	<u>1983</u>	<u>1984</u>	<u>1985</u>	<u>1986</u>	<u>1987</u>
C-1	8 000	9 000	11 000	13 000	15 000
C-2	5 000	6 000	7 000	9 000	11 000
R-1	7 000	9 000	11 000	13 000	15 000

C O M P O N E N T E S

<u>PRODUCTO</u>	<u>100</u>	<u>110</u>	<u>120</u>	<u>200</u>
C-1	3	2	-	-
C-2	2	-	1	-
R-1	2	1	1	2

Hay dos departamentos en producción: Fabricación y Ensamble. En el primero se producen los componentes y en el segundo se ensamblan los productos.

COMPONENTES REQUERIDOS
A TRAVES DE LOS AÑOS

<u>ENSAMBLES</u>	<u>1983</u>	<u>1984</u>	<u>1985</u>	<u>1986</u>	<u>1987</u>
100	48 000	57 000	69 000	83 000	97 000
110	23 000	27 000	33 000	39 000	45 000
120	12 000	15 000	18 000	22 000	26 000
200	14 000	18 000	22 000	26 000	30 000

DATOS DE OPERACION

<u>PRODUCTO</u>	<u>MAQ.</u>	<u>PRODUCC. DIARIA</u>	<u>No. DE OBREROS</u>	<u>EFIC. %</u>
100	A	100	2	90
110	B	60	1	90
120	C	50	1	90
200	D	40	2	90
C-1	E	50	3	85
C-2	F	30	2	85
R-1	G	40	3	85

A continuación se presentan 5 tablas, en las - que se determinarán los requerimientos adicionales - de mano de obra y equipo.

1983, AÑO 1 DE 5, BASE 250 DIAS/AÑO

<u>CENTRO DE TRABAJO</u>	<u>No. DE MAQS.</u>	<u>UNIDADES - DIARIAS CAPAC.</u>	<u>DIARIAS REQUERS.</u>	<u>CAPACIDAD UTIL. (%)</u>	<u>EQUIPO ADICIONAL</u>	<u>NO. DE OBREROS ACTUAL</u>	<u>ADIC.</u>
FABRICACION							
MAQ - A	2	200	192	96	-	4	-
MAQ - B	2	120	92	77	-	2	-
MAQ - C	1	50	48	96	-	1	-
MAQ - D	2	80	56	70	-	4	-
ENSAMBLADO							
MAQ - E	1	50	32	64	-	3	-
MAQ - F	1	30	20	67	-	2	-
MAQ - G	1	40	28	70	-	3	-

DETERMINACION DE LA CAPACIDAD DISPONIBLE DIARIA:

COMPONENTE (100), PRODUCIDO EN LA MAQUINA (A) = PRODUCCION DIARIA X N° DE MAQUINAS DISPONIBLES = $100 \times 2 = 200$ UDS/DIA

DETERMINACION DE LOS REQUERIMIENTOS DIARIOS:

COMPONENTE (100) = PRODUCCION TOTAL EN 1983 \div N° DE DIAS DISPONIBLES AL AÑO = $48000 \div 250 = 192$

1984, AÑO 2 DE 5, BASE 247 DIAS/AÑO

<u>CENTRO DE TRABAJO</u>	<u>NO. DE MAQS.</u>	<u>UNIDADES - DIARIAS CAPAC.</u>	<u>DIARIAS REQUERS.</u>	<u>CAPACIDAD UTIL. (%)</u>	<u>EQUIPO ADICIONAL</u>	<u>No. DE OBREROS ACTUAL</u>	<u>OBROS ADIC.</u>
FABRICACION							
MAQ - A	2	200	231	116	1	4	2
MAQ - B	2	120	110	83	-	2	-
MAQ - C	1	50	61	122	1	1	1
MAQ - D	2	80	73	91	-	4	-
ENSAMBLADO							
MAQ - E	1	50	37	74	-	3	-
MAQ - F	1	30	25	83	-	2	-
MAQ - G	1	40	37	93	-	3	-

SE REQUERIRA UNA MAQUINA ADICIONAL DEL TIPO A Y B, ASI COMO EL NUMERO RESPECTIVO DE OBREROS NECESARIOS PARA OPERARLAS

1985, AÑO 3 DE 5, BASE 244 DIAS/AÑO

<u>CENTRO DE TRABAJO</u>	<u>No. DE MAQS.</u>	<u>UNIDADES - DIARIAS CAPAC.</u>	<u>DIARIAS REQUERS.</u>	<u>CAPACIDAD UTIL. (%)</u>	<u>EQUIPO ADICIONAL</u>	<u>No. DE OBREROS ACTUAL</u>	<u>OBREROS ADIC.</u>
FABRICACION							
MAQ - A	3	300	283	94	-	6	-
MAQ - B	2	120	136	113	1	2	1
MAQ - C	2	100	74	74	-	2	-
MAQ - D	2	80	91	114	1	4	2
ENSAMBLADO							
MAQ - E	1	50	46	92	-	3	-
MAQ - F	1	30	29	97	-	2	-
MAQ - G	1	40	46	115	1	3	3

SE REQUERIRAN NUEVAS MAQUINAS DEL TIPO B, D Y G, ASI COMO EL NUMERO RESPECTIVO DE OBREROS NECESARIOS PARA OPERARLAS

1986, AÑO 4 DE 5, BASE 251 DIAS/AÑO

<u>CENTRO DE TRABAJO</u>	<u>No. DE MAQS.</u>	<u>UNIDADES - DIARIAS CAPAC.</u>	<u>REQUERS.</u>	<u>CAPACIDAD UTIL. (%)</u>	<u>EQUIPO ADICIONAL</u>	<u>No. DE OBREROS ACTUAL</u>	<u>ADIC.</u>
FABRICACION							
MAQ - A	3	300	331	110	1	6	2
MAQ - B	3	180	156	87	-	3	-
MAQ - C	2	100	88	88	-	2	-
MAQ - D	3	120	104	87	-	6	-
ENSAMBLADO							
MAQ - E	1	50	52	104	*	3	*
MAQ - F	1	30	36	120	1	2	1
MAQ - G	2	80	52	65	-	6	-

SE REQUIERE MAQUINARIA ADICIONAL DEL TIPO A Y F ASI COMO EL NUMERO RESPECTIVO DE OBREROS

* SE PUEDE ABSORBER LA DIFERENCIA AUMENTANDO LA EFICIENCIA

1987, AÑO 5 DE 5, BASE 253 DIAS/AÑO

<u>CENTRO DE TRABAJO</u>	<u>No. DE MAQS.</u>	<u>UNIDADES - DIARIAS CAPAC.</u>	<u>REQUERS.</u>	<u>CAPACIDAD UTIL. (%)</u>	<u>EQUIPO ADICIONAL</u>	<u>No. DE OBREROS ACTUAL</u>	<u>ADIC.</u>
FABRICACION							
MAQ - A	4	400	384	96	-	8	-
MAQ - B	3	180	178	99	-	3	-
MAQ - C	2	100	103	103	*	2	*
MAQ - D	3	120	119	99	-	6	-
ENSAMBLADO							
MAQ - E	1	50	60	120	1	3	3
MAQ - F	2	60	44	73	-	3	-
MAQ - G	2	80	60	75	-	6	-

SE REQUIERE MAQUINARIA ADICIONAL DEL TIPO E ASI COMO EL NUMERO RESPECTIVO DE OBREROS.

* SE PUEDE ABSORBER LA DIFERENCIA AUMENTANDO LA EFICIENCIA

3.3.6 Presupuesto en la Planeación de Producción

Pronóstico de Vestas												
Artículo	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
10-20	800	800	700	700	600	700	700	800	850	850	850	700
10-30	850	850	800	800	900	900	800	700	700	750	750	600
10-40	800	800	900	900	800	800	800	600	600	650	600	750
10-50	850	900	900	850	850	850	750	800	800	800	900	800
30-10	350	350	350	200	200	200	300	350	350	375	375	100
30-15	750	700	700	700	700	700	700	700	800	800	700	700

±

Diferencia
 en Inventario de Artículos Terminados
 +
 Niveles Mínimos

=

Itinerario
de Producción

Parte No. 284 B

Operación	Horas hombre	Horas máquina
1 Estampado	0.83	0.83
2 Fresado	0.70	0.70
3 Taladrado	1.86	3.00
6 Soldadura	0.26	0.52

Programa Maestro de Producción												
Artículo	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
10-20	600	800	700	750	700	700	700	800	800	800	800	800
10-30	700	600	600	650	650	650	650	450	450	450	450	450
20-40	400	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500
20-50	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
30-10							400	400	400	400	400	400
30-15	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700	700

Facturas de Materiales

Parte No. 284 B

16 gal de EDDAB 0.3 lb

Diagrama de Cargas de Máquina

Grupo de máquina E F M A M J

Grupo	E	F	M	A	M	J
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						

Análisis de Personal y Equipo

Turnos de trabajo

Departamento	Trabajadores	Turnos
Estampado	2 400	1 768
Fresado	1 476	1 476
Esmerido	10 945	8 095
Soldadura	4 492	3 247
Subensamble	8 076	3 648
Montaje final	11 482	480

Análisis de Materiales

Antido en frío de 8" 2" 28 000 kgtrs

16 gal de EDDAB 35 000 kgtrs

Papelón SP 1/16 785 kgtrs

Cata-rosc. de 5/16" y 18 1/2 9,040 kgtrs

Impresión calé 7,042 lbs

Lata 247 S 14,000 lbs

Materiales de empaque de 2" x 4" 3 000 kgtrs

Presupuesto de Instalaciones y Equipo

Ampliación al costo de \$

12	Prensas 198
8	Taladrado 6 lb

Registro de Personal

Limpiadores	88
Fresadores	30
Oper. prensa estamp.	26
Soldadores	28
Taladradores	88
Inspectores	28

Presupuesto de Operación

Directos Presupuesto Anual

Supervisión	70 347
Man. de materiales	30 472
Suministros	12 948
Total directos	
Depreciación	20 084
Impuestos	40 382
Calentamiento	15 872
Luz	8 328

Inventario de Producción en Proceso

Parte No. 284 B

Oper 1	72,947
2	12,385
3	14,828
4	37,428

Inventario de Materias Primas

Lata 247 S

Pedido, Ordo. Nivel, Pedido en Ene - Nivel min. 30

1,100	900	800	1,000
-------	-----	-----	-------

Orden de Compra

12 Prensas 198

Programa de Contratación

	E	F	M
O.P.E.	1		
Taladrados	3	1	
Soldadores	8	1	
Ins. y otros	3		
Ensambl.	4		
Practicos	8	3	

Requisición de Personal Enero

1 Oper. prensa estamp

8 Taladradores

Programa Departamental

Prensas de estampado Enero

Mes	Dici	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
884	840	800	82,000										
298	35,000	1,400											
167	80,500	3,000											
428	60,900	5,000											

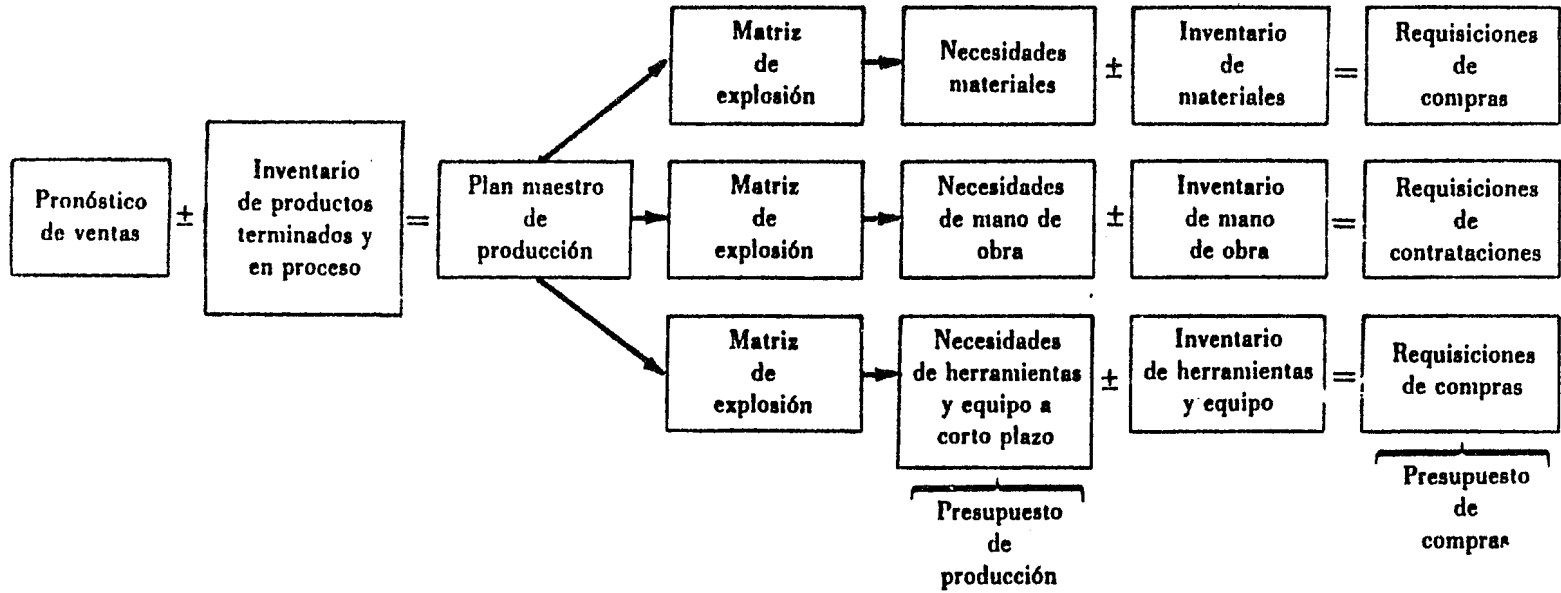
Orden de Trabajo Enero 284 B 38,000

Programa de Obtención

U'lvrr	E	F	M
246	1,000	1,000	1,000
287	888	888	700
289	843	1,000	800
327	882	300	780
386	328	437	380

Orden de Compra 1,000 gal de Lata 888 gal por semana

El Proceso:



3.4 INFORMACION PARA PLANEACION DE LA PRODUCCION INTERMITENTE

3.4.1 Información requerida

- 1.- Demanda histórica de órdenes producidas.
- 2.- Tiempos de procesamiento (medio).
- 3.- Número de órdenes terminadas sin atraso.
- 4.- Porcentaje de órdenes terminadas con atraso.
- 5.- Tiempo medio entre pedido de órdenes.
- 6.- Tiempo promedio de espera.
- 7.- Número promedio de órdenes en espera.
- 8.- Tiempo disponible en los centros de trabajo - (capacidad en horas).
- 9.- Promedio de la distribución de terminaciones.
- 10.- Desviación estandar de la distribución de terminaciones.
- 11.- Número promedio de etapas que siguió el proceso.
- 12.- Cantidad de equipo y su clasificación.
- 13.- Cantidad de obreros y su clasificación.
- 14.- Probabilidad de que haya nadie en el sistema - productivo.
- 15.- Probabilidad de n-órdenes que esperan y están-siendo atendidas.

- 16.- Probabilidad de demora.
- 17.- Número de posibles órdenes si es finito.
- 18.- Número máximo permitido de órdenes, o de tiempo disponible antes de rechazo o de espera.
- 19.- Rutas de proceso.
- 20.- Materia prima y materiales.
- 21.- Costo por mantener órdenes en espera.
- 22.- Relación entre costos de inventarios, de órdenes que esperan y de órdenes en proceso.
- 23.- Reglas de programación y su eficiencia probada.
- 24.- Porcentaje de mano de obra utilizada.
- 25.- Porcentaje de capacidad de máquinas utilizada.
- 26.- Eficiencia del equipo y maquinaria.
- 27.- Días hábiles laborables en el año.
- 28.- Convenios sindicales.
- 29.- Mantenimiento de equipo (calendario).
- 30.- Presupuesto de operaciones.
- 31.- Factores externos.

3.4.2 Procedimiento de la función de planeación

1.- A la llegada de un pedido u orden de trabajo, se debe registrar en un archivo de órdenes nue-

vas. A-2

2.- Determinar requerimientos de material, mano de obra, tiempo de proceso, tipo de máquinas a emplear. A-3

3.- Agregar la nueva orden, el programa de fechas estimadas, en función del pronóstico de carga de máquinas y las características de su proceso, así como la facilidad para la provisión de materiales. A-4

4.- Comparar los requerimientos de la nueva orden, con las facilidades de producción, mediante el informe de cargas de máquina, informe de demoras, informe de materiales, informe de ingeniería y reglas de programación establecidas. ¿Hay cobertura para procesar la nueva orden?:

a).- Se puede procesar. A-5

b).- No se puede procesar. A-3

5.- Programación de producción de nuevas órdenes, programación de trabajos con fechas de iniciación y rutas, materiales, herramientas, equipo, ingeniería, etc.

3.4.3 Información resultante

- 1.- Recorrido alternativo de operaciones.
- 2.- Equipo alternativo a emplear.
- 3.- Mano de obra clasificada.
- 4.- Tiempo de operaciones.

- 5.- Tiempo de empleo de maquinaria.
- 6.- Unidades por hora y eficiencias.
- 7.- Requerimientos de materiales.

3.4.4 La planeación y el sistema informativo

1.- Se determina un plan general en base a la demanda histórica, que sirva de soporte para las -- operaciones productivas (predicción).

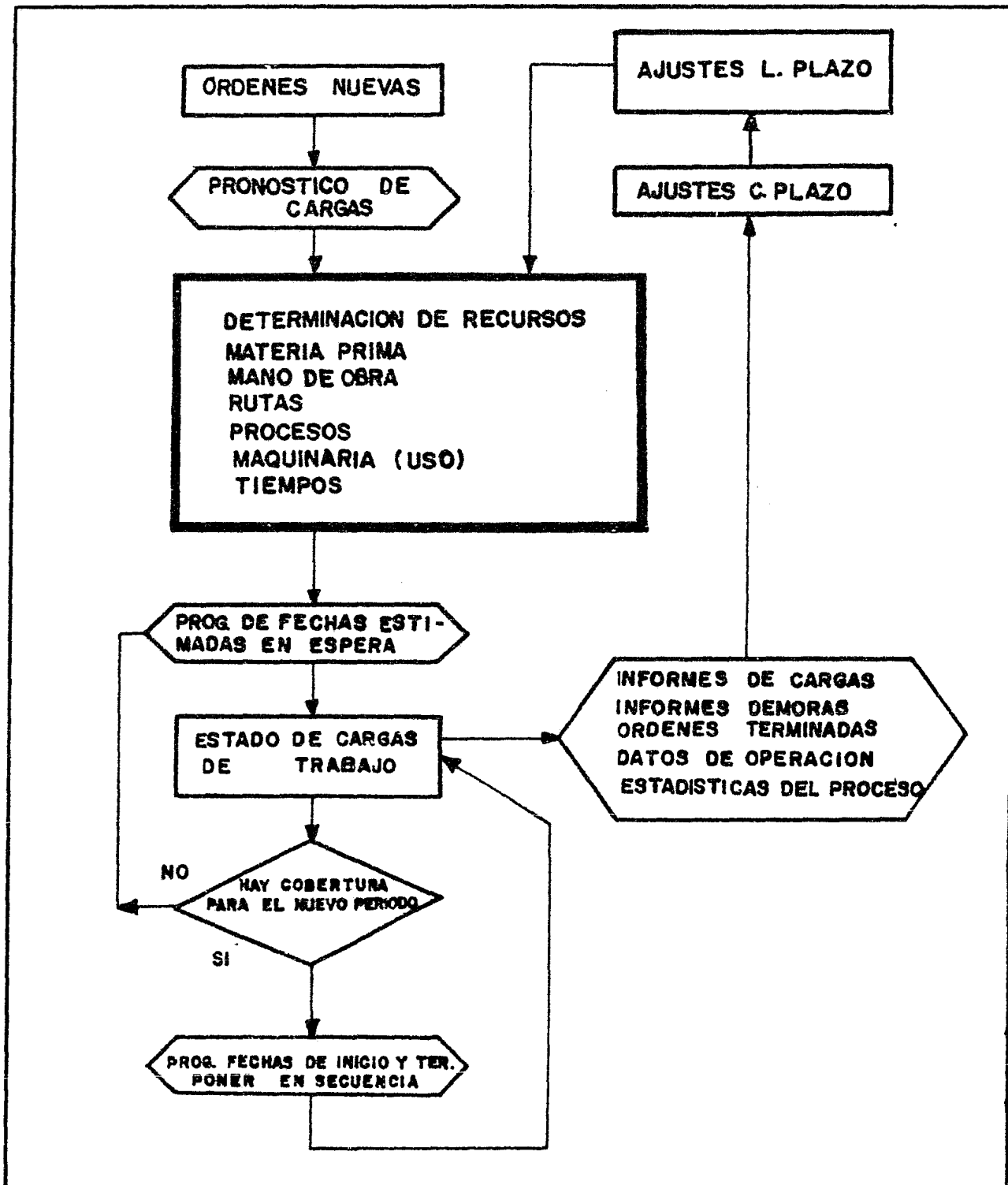
2.- Se determinan necesidades de materia prima y materiales, componentes y partes (inventarios).

3.- Se determina si un pedido puede o no ser -- procesado, en base a la información de emisión, -- avance y control de órdenes en proceso.

4.- Se fija programa de producción, en base a reglas ya probadas de programación.

5.- Se detectan cambios leves o significativos, en este sistema productivo para su aprovechamiento, uso en la planeación a distintos intervalos de tiem po.

6.- Se procesa la información, del estado de - carga de máquinas y demoras, así las probabilidades de los eventos ocurridos para establecer y depurar, los parámetros que determinan un mejor plan general o maestro de producción.



3.4.5 FLUJO INFORMATIVO DE PLANEACION

3.5 TECNICAS DE PLANEACION DE PRODUCCION INTERMITENTE

3.5.1 Sistemas de producción intermitente

Los sistemas de producción intermitente, son aquellos en los cuales las instalaciones deben ser suficientemente flexibles, para poder manejar una gran variedad de productos de diferentes tipos y tamaños. El arreglo de las máquinas es por procesos, utilizándose máquinas de propósito general, ya que en estos casos no se puede utilizar un solo patrón de secuencia de las operaciones.

La planeación y control de la producción en los sistemas de producción intermitente, requieren primeramente de un análisis de las órdenes de venta, desde el punto de vista de ingeniería, para así poder determinar la materia prima y las partes necesarias, para cumplir el pedido y las operaciones que se requerirán para completar el proceso de producción sobre esa orden.

A continuación se reúne información para formular el programa cronológico de producción, que nos determina el tiempo que se necesita para cumplir con el pedido. Con base en esta información se expide la orden de trabajo, iniciándose las actividades de la producción.

Los sistemas intermitentes están representados en la práctica por los talleres mecánicos generales, hospitales, talleres de ebanistería, etc.

Características:

- 1.- Producción de una amplia variedad de productos.
- 2.- Producción en lotes de tamaño pequeño, ya que no son productos requeridos por la sociedad en grandes cantidades.
- 3.- Uso de maquinaria de propósito general.
 Por ejemplo: Taladros, fresadoras, tornos esmeriladoras, etc.
- 4.- Una gran variedad de insumos.
 Materia prima, máquinas y herramientas, - suministros de operación, productos semiterminados, edificios, energía y hombres.
- 5.- Distribución de máquinas por proceso.
 Ya que cada producto necesita una secuencia diferente de operaciones.
- 6.- Maquinaria e instalaciones flexibles.
 Las máquinas tienen mayor flexibilidad en términos de los artículos que pueden producirse.
- 7.- Planeación y control de la producción bastante compleja debido al elevado número de variables.
- 8.- El costo de la mano de obra directa, es más - elevado que en el sistema de producción conti-

nuo, debido a la mayor especialización.

- 9.- Existe poca automatización.
- 10.- El transporte de materiales es bastante flexible para adaptarse a los diferentes tipos y tamaños de los productos. Por ejemplo: Carretillas, cajas de herramientas, plataformas, - - grúas, camiones elevadores, etc.
- 11.- Mayores inventarios entre una operación y otra.

Por lo general los productos están en un estado de terminación parcial, durante varios días o varias semanas.

- 12.- Los tiempos de fabricación son mayores.

Debido a que se carece de automatización.

- 13.- Mano de obra directa más calificada.

- 14.- No existen inventarios de producto terminado.

Ya que nada más se fabrica la cantidad -- que pide el cliente.

- 15.- La producción se basa totalmente en las órde--nes de venta.

Ventajas:

- A).- Menor inversión en maquinaria, debido a la poca automatización.
- B).- Si se tiene una parte del proceso detenido, éste no afecta demasiado la continuidad de la producción.
- C).- No resulta muy costoso cambiar los productos fabricados por otros productos sustitutos.
- D).- Para pequeños volúmenes de producción resulta muy económico.
- E).- Los grandes proyectos sólo pueden desarrollarse como sistemas de producción intermitente.

Desventajas:

- A).- El recorrido del producto a través del proceso es más largo, esto ocasiona un mayor tiempo de proceso y mayores problemas en el transporte.
- B).- Requiere de una gran variedad de insumos, lo que puede ocasionar grandes problemas en el suministro de los mismos.
- C).- Se necesita una gran cantidad de materiales en el transcurso del proceso, de lo que se deriva una gran cantidad de inventarios.

- D).- Grandes problemas en la planeación y control - de la producción, debido a la gran cantidad de variables que se manejan y a la complejidad -- misma del sistema.
- E).- Costos de mano de obra más elevados debido a - la poca automatización y al consiguiente aumento de la fuerza laboral.
- F).- Son necesarios operarios con mucha mayor habi- lidad, que los requeridos en los sistemas de - producción continua.
- G).- El espacio ocupado por unidad de producción es mayor, debido a la distribución de maquinaria- y a la repetición de equipo necesario.
- H).- Existe mucha dificultad para realizar pruebas- en los procesos.

3.5.2 Plan general de producción mediante líneas de espera

Las líneas de espera en las máquinas, para la realización de operaciones de una pieza; las fases de un proceso en espera a través de los diferentes departamentos. Las órdenes completas, en espera para su proceso en un taller, son ejemplos de problemas clásicos en los talleres de producción intermitente.

Se tratarán varios modelos, de la aplicabilidad de las líneas de espera.

Los objetivos son tres primordialmente:

1.- La probabilidad de que una orden de producción sea demorada.

2.- El número promedio de órdenes de trabajo - que están esperando.

3.- El tiempo promedio de espera.

Se aplicará la regla de decisión de, "el primero en llegar, primero en ser servido", a menos que se indique lo contrario.

Simbología

- λ = Promedio de pedidos (tasa media de arribo)
- U = Intervalo medio entre llegadas = $1/\lambda$
- μ = Media de pedidos atendidos (tasa media de servicio)
- V = Media del tiempo de servicio $1/\mu$
- M = Número de máquinas o líneas de ensamble
- K = Número de operaciones diversas
- P_0 = Probabilidad de que no haya pedido en el sistema
- P_n = Probabilidad de n pedidos en el sistema en espera y siendo atendidos
- D = Probabilidad de demora
- L = Número de pedidos (esperado) promedio de los que esperan y están siendo atendidos
- L_q = Número de pedidos u órdenes promedio que sólo esperan
- W = Tiempo empleado promedio en el sistema productivo incluye espera y los que están siendo atendidos
- W_q = Tiempo empleado promedio de espera
- N = Número de posibles pedidos o clientes si es finito
- c = Número máximo permitido antes del amontonamiento (rechazo a hacer cola)

ρ = Factor de utilización de la línea de producción o relación de intensidad de tráfico, $\rho < 1$, cola finita

Las cantidades W y Wq son promedios de todas las órdenes de pedido de fabricación arribando. También definimos

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} \quad \text{para un canal } (M=1) \quad (1)$$

$$\rho = \frac{\lambda}{M\mu} \quad \text{para } M \text{ canales } (M > 1) \quad (2)$$

Al parámetro ρ se le llama factor de utilización del canal o relación de intensidad de tráfico y debe ser menor de 1 para una cola finita (una con Lq finita).

Antes de analizar los modelos específicos, haremos notar cuatro relaciones que se mantienen para cada tipo de cola en estado estable, tiempos y pedido u órdenes en el sistema:

$$L = \lambda W \quad \text{o} \quad W = \frac{L}{\lambda} \quad (3)$$

$$Lq = \lambda Wq \quad \text{o} \quad Wq = \frac{Lq}{\lambda} \quad (4)$$

$$W = Wq + \frac{1}{\mu} \quad (5)$$

La ecuación (3) establece que el número de órdenes en un sistema es dado por el valor esperado del tiempo que se emplea en el sistema multiplicado por

el número esperado de llegadas por unidad de tiempo. La ecuación (4) es la relación análoga de espera por el servicio. La (5) une las otras dos estableciendo que el tiempo promedio empleado en el sistema es el tiempo promedio de espera antes del servicio, más el tiempo promedio de éste. Sustituyendo el (5) de (3) y (4)

$$L = Lq + \frac{\lambda}{\mu} \quad (6)$$

Cuando los trabajos arriban aleatoriamente, la fracción que tiene que esperar para ser atendida es igual a la probabilidad de que M o más trabajos estén en el sistema. Por tanto, la probabilidad de la demanda:

$$D = P_M + P_{M+1} + \dots = 1 - (P_0 + P_1 + \dots + P_{M-1}) \quad (7)$$

La longitud esperada de la línea, Lq ; y el número esperado en el sistema (esperando y siendo atendida), L , es dada por los primeros momentos de las probabilidades relevantes, o sea, la longitud de la línea en función de la probabilidad:

$$L = \sum_{n=0}^{\infty} nP_n \quad (8)$$

$$Lq = \sum_{n=M+1}^{\infty} (n-M)P_n \quad (9)$$

Estos son resultados útiles sólo si las expresiones para la P_n se encuentran disponibles. Sin embargo, si cualquiera de los cuatro parámetros L , Lq , W , Wq

pueden calcularse por otros medios, entonces (3) - (5) proporciona las otras tres.

El Papel de las Distribuciones de Poisson y Exponencial

Supóngase que el número de llegadas de pedidos en cualquier intervalo de tiempo de duración t tiene una distribución de Poisson. Por la tabla 2, - con $m = \lambda t$, la función de densidad es

$$f_p(x | \lambda t) = \frac{e^{-\lambda t} (\lambda t)^x}{x!} \quad x = 0, 1, 2, \dots$$

Si el tiempo es medido desde el instante del último arribo, entonces la probabilidad de que el próximo arribo ocurra más tarde del tiempo t es

$$f_p(0 | \lambda t) = e^{-\lambda t} = \text{Re}(t | 1/\lambda)$$

Hemos, por tanto, demostrado que si el número de arribos tiene una distribución de Poisson (con una tasa media de arribo λ), los tiempos entre arribos están distribuidos exponencialmente (con media $\mu = 1/\lambda$). En forma inversa, cuando los tiempos entre arribos se sabe que tienen una distribución exponencial, el número de arribos debe tener una distribución Poisson.

En forma similar, si el tiempo que se requiere para atender a un pedido se encuentra exponencialmente distribuido, el número de servicios completados tiene una distribución de Poisson (en los período

dos en los cuales el sistema no está vacío). Las distribuciones exponenciales y de Poisson juegan, por tanto, un papel importante en la teoría de las líneas de espera, y varios modelos, en extremo útiles, se basan sobre ellas.

Modelos de una sola línea de ensamble

Una variedad de problemas de línea de espera - incluyen tan sólo un canal de servicio y pueden ser resueltos por medio de las fórmulas en la tabla 1.- Los seis diferentes modelos cubren un amplio arreglo de situaciones prácticas. Donde las fórmulas directas son convenientes, se incluyen; de otra manera se derivan de las simples relaciones básicas definidas en la primera parte de este capítulo. Notamos las siguientes fórmulas adicionales:

La columna (2) presenta la más simple de todas las líneas de espera -un canal, arribos de Poisson y tiempos exponenciales de servicio. Los resultados que ahí se expresan pueden extenderse fácilmente a ciertos otros tipos de modelos. Primero, por (7) - con $M = 1$,

$$D = 1 - (1 - \rho) = \rho \quad (10)$$

Segundo, podemos derivar la probabilidad de que el tiempo empleado en el sistema exceda a un valor particular W_0 . Si el tiempo del servicio y el inter-arribos están, ambos, exponencialmente distribuidos, entonces también lo estará el tiempo en el sistema, w . Entonces w tiene la función de distribución acumulativa

$$Fe(w/W) = 1 - e^{-w/W} \quad \text{o} \quad Re(w/W) = e^{-w/W}$$

Sustituyendo para W de la tabla 1,

$$RE(W_0) = e^{-(\mu - \lambda) W_0} \quad (11)$$

Distribución exponencial

$$\begin{aligned} Fe(t/T) &= 1 - e^{-t/T} \\ Re(t/T) &= e^{-t/T} \end{aligned} \quad (12)$$

Modelos de un solo canal

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Distribución de la tasa de arriba	Poisson	Poisson	Poisson	Poisson	Poisson	Poisson
Universo (Número de circuitos potenciales)	∞	∞	∞	∞	N	∞
Naturaleza de la cola	línea	línea	línea	línea	línea	El número en el sistema se truncó a un máximo de c
Número de etapas de servicio	b = 1	b > 1	b = 1	b = 1	b = 1	b = 1
Distribución del tiempo de servicio	exponencial	Erlang (gamma)	constante	arbitraria, con media 1/μ y varianza σ²	exponencial	exponencial
P ₀	1 - ρ	1 - ρ	1 - ρ	1 - ρ	$(\sum_{n=0}^N \frac{N!}{(N-n)!} \rho^n)^{-1}$	$\frac{1-\rho}{1-\rho^{c+1}}$
P _n	(1 - ρ)ρⁿ	n.d.	n.d.	n.d.	$\frac{N!}{(N-n)!} \rho^n P_0$	$\frac{1-\rho}{1-\rho^{c+1}} \rho^n$ (n ≤ c)
L	$\frac{\rho}{1-\rho}$	$\frac{b+1}{b} \frac{\rho}{1-\rho} + \rho$	L _q + ρ	L _q + ρ	$N - \frac{1-P_0}{\rho}$	$\frac{\rho}{1-\rho} - \frac{(c+1)\rho^{c+1}}{1-\rho^{c+1}}$
L _q	$\frac{\rho^2}{1-\rho}$	$\frac{b+1}{b} \frac{\rho^2}{1-\rho}$	$\frac{\rho^2}{N(1-\rho)}$	$\frac{\lambda \sigma^2 + \rho^2}{N(1-\rho)}$	$N - \frac{c+1}{\rho} (1-P_0)$	$\frac{\rho^2}{1-\rho} - \frac{(c+1)\rho^{c+1}}{1-\rho^{c+1}}$
W	$\frac{1}{\rho-1}$	$\frac{b+1}{b} \frac{1}{\rho-1} + \frac{1}{\rho}$	$\frac{1}{\lambda}$	$\frac{1}{\lambda}$	$\frac{1}{\lambda}$	$\frac{1}{\lambda}$
W _q	$\frac{\rho}{\rho-1}$	$\frac{b+1}{b} \frac{\rho}{\rho-1}$	$\frac{\rho}{N(\rho-1)}$	$\frac{L_q}{\lambda}$	$\frac{L_q}{\lambda}$	$\frac{L_q}{\lambda}$

Tabla 2

Distribución	Variable y Range	Parámetros	Función de densidad de probabilidad	Media	Varianza
Hipergeométrica	X = 0, 1, 2, ..., a	N, D, a (p = 1 - q = D/N)	$f_p(X|N, D, a) = \frac{C_a^X C_{N-a}^{a-X}}{C_N^a}$	ap	$\frac{N-a}{N-1}$
Binomial	X = 0, 1, 2, ..., n	n, p	$f_p(X|n, p) = C_n^X p^X q^{n-X}$ $= \frac{n!}{X!(n-X)!} p^X q^{n-X}$	np	npq
Beta	p (0 ≤ p ≤ 1)	a, X	$f_p(p|a, X) = \frac{(a-1)!}{(X-1)!(a-X-1)!} p^{X-1} (1-p)^{a-X-1}$	$\frac{X}{a}$	$\frac{X(a-X)}{a^2(a+1)}$
Rectangular*	p (0 ≤ p ≤ 1)	a, 1	$f_p(p|a, 1) = f_p(p|1, 1) = 1$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{12}$
Rectangular**	X (a ≤ X ≤ b)	a, b	$f_p(X|a, b) = \frac{1}{b-a}$	$\frac{a+b}{2}$	$\frac{b^2-a^2}{12}$
Pascal	n = X, X+1, X+2, ...	X, p	$f_p(n|X, p) = C_{n-1}^{X-1} p^X q^{n-X}$	$\frac{X}{p}$	$\frac{Xq}{p^2}$
Geométrica	n = 1, 2, 3, ...	p	$f_p(n|p) = f_p(n|1, p) = pq^{n-1}$	$\frac{1}{p}$	$\frac{q}{p^2}$
Poisson	X = 0, 1, 2, ...	μ	$f_p(X|\mu) = \frac{e^{-\mu} \mu^X}{X!}$	μ	μ
Gamma	n = 0 t ≥ 0, n = 0, 1, 2, ...	X X, Y	$f_p(t|X) = \frac{e^{-\lambda t} \lambda^X t^{X-1}}{\Gamma(X)}$ $f_p(t|X, Y) = \frac{e^{-\lambda t} (\lambda Y)^X t^{X-1}}{\Gamma(X)}$	X XY	X XY²
Exponencial	t ≥ 0	Y	$f_p(t|Y) = f_p(t|1, Y) = \frac{1}{Y} e^{-t/Y}$	Y	Y²
Normal	--- ≤ X ≤ --- --- ≤ z ≤ ---, z = $\frac{X-\mu}{\sigma}$	μ, σ	$f_p(X|\mu, \sigma) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(X-\mu)^2}{2\sigma^2}}$ $f_p(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{z^2}{2}}$	μ	σ²

* Derivada como una especial de distribución beta ** Varianza general

Tabla 1

3.5.3 Taller intermitente abierto

Un taller abierto, atiende pedidos de un solo-tipo de producción empleado por varias empresas. - Los pedidos tienen las siguientes características.

- a) Los pedidos tienen un promedio de cuatro por semana (de 40 horas)
- b) La capacidad de producción es de 10 pedidos por-semana
- c) Los pedidos tienen una distribución de Poisson
- d) El tiempo de producción es exponencial.

Encontrar

- 1) La proporción de tiempo inactivo
- 2) La probabilidad de que tres pedidos estén en el-sistema productivo
- 3) La probabilidad de encontrar cuando menos un pedido en el sistema
- 4) El número promedio de pedidos en el sistema
- 5) El tiempo empleado de proceso por pedido incluyendo la espera
- 6) El tiempo promedio empleado por pedido, espera y fabricación

- 7) El número promedio esperado de pedidos en el sistema productivo
- 8) La probabilidad de estar en pedido más de 10 horas en el sistema

Solución

Tasa media de arribos semanal, $\lambda = 4$

Tasa media de lotes de producción, $\mu = 10$

Factor de utilización del sistema $\rho = \lambda/\mu = 0.4$

De las fórmulas adicionales tabla - 1

1) $P_0 = 1 - 0.4 = 0.6$

Tiempo inactivo 0.6×40 (hrs/sem.) = 24 hr/sem.

2) $P_3 = (0.6)(0.4)^3 = 0.0384$

Porcentaje $0.0384 \times 100 = 3.84\%$

3) $D = \rho = 0.4$; $0.4 \times 100 = 40\%$

4) $L = 0.4/(1 - 0.4) = 0.67$ hr

En horas $(1/6)(40)(\text{sem/ped.})(\text{hr/sem}) = 6.67$ hr/
pedido

5) $L = e/(1-e) = 0.4/(1-0.4) = 0.67$

Número esperado $0.67 \times 0.67 = .447$ pedidos

6) $W_q = e^2/(1-e) = 0.16/(1-0.4) = 0.267$

7) $W_q = e/(\mu - \lambda) = 0.4/(10-4) = 0.067$

En horas $(0.067)(40) = 2.68$ hr

8) $P_0 = 10/40 = \frac{1}{4}$; $P_0(\frac{1}{4}) = e^{-(10-4)(\frac{1}{4})} = 0.223$

El porcentaje $0.223 \times 100 = 22.30\%$

3.5.4 Taller intermitente cerrado

Un taller cerrado realiza cierto trabajo a una tasa media de 15 por semana. Los trabajos llegan a una tasa media de 12 por semana y están divididos - en tres categorías: 1) órdenes atrasadas, que deben hacerse tan pronto una máquina esté libre; 2) trabajos sobre pedido, que son los siguientes en la línea; y 3) trabajos para futuras existencias, que pueden esperar. Cada semana hay, en promedio, 2.5 órdenes atrasadas, 4 regulares y 5.5 para existencias. Los arribos son Poisson y los tiempos de servicio exponenciales. Encuentre W , Wq , L y Lq para este sistema.

Este es un sistema en el cual la disciplina de espera es del tipo de prioridades sin derecho a eliminar al elemento en servicio antes de que éste termine. Primero enlistamos las fórmulas para el caso general de M canales de servicio, con el índice g - referente a la g -ésima clase de prioridad ($g=1, 2, \dots, G$); λ_g es la tasa media de arribo para la g -ésima clase. Todas las clases se adicionan hasta el total de arribos, o sea,

$$\sum_{i=1}^G \lambda_i = \lambda$$

El tiempo esperado en un sistema para arribos es la g -ésima clase está dado por

$$W_g = \frac{1}{AB_{g-1} B_g} + \frac{1}{\mu} \quad (A)$$

$$A = \frac{M!(M\mu - \lambda)}{(\lambda/\mu)^M} \sum_{j=0}^{M-1} \frac{(\lambda/\mu)^j}{j!} + M\mu$$

$$B_g = 1 - \frac{1}{M\mu} \sum_{i=1}^g \lambda_i \quad B_0 = 1$$

En el presente caso $M = 1$, lo cual proporciona

$$A = \frac{\mu^2}{\lambda} = \frac{(15)^2}{12} = 18.75$$

$$B_1 = 1 - \frac{\lambda_1}{\mu} = 1 - \frac{2.5}{15} = 0.833$$

$$B_2 = 1 - \frac{\lambda_1 + \lambda_2}{\mu} = 1 - \frac{2.5 + 4}{15} = 0.567$$

$$B_3 = 1 - \frac{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3}{\mu} = 1 - \frac{\lambda}{\mu} = 1 - \frac{12}{15} = 0.2$$

$$W_1 = \frac{1}{AB_0B_1} + \frac{1}{\mu} = \frac{1}{(18.75)(1)(0.833)} + \frac{1}{15} = 0.064 + 0.067 = 0.131 \text{ semanas}$$

$$W_2 = \frac{1}{AB_1B_2} + \frac{1}{\mu} = \frac{1}{(18.75)(0.833)(0.567)} + 0.067 = 0.113 + 0.067 = 0.180 \text{ semanas}$$

$$W_3 = \frac{1}{AB_2B_3} + \frac{1}{\mu} = \frac{1}{(18.75)(0.567)(0.2)} + 0.067 = 0.470 + 0.067 = 0.537 \text{ semanas}$$

De (5) se desprende que el primer término del lado derecho de (A) es Wqg . Por lo mismo,

$$Wq_1 = 0.064 \text{ semanas}$$

$$Wq_2 = 0.113 \text{ semanas}$$

$$Wq_3 = 0.470 \text{ semanas}$$

Ahora calculamos Lq y Lqg a partir de las relaciones básicas $Lg = \lambda_g Wg$ y $Lqg = \lambda_g Wqg$

Véase tabla 3.5.4

Tabla 3.5.4

	Clase prioritaria, g			TOTALES
	1	2	3	
λ_g	2.5	4	5.5	12
L_g	0.328	0.720	2.954	4.002
L_{qg}	0.165	0.452	2.585	3.202

Note que para el sistema equivalente sin prioridades, la tabla 1 nos da

$$L = \frac{0.8}{1 - 0.8} = 4 \quad L_q = \frac{(0.8)^2}{1 - 0.8} = 3.2$$

La L_g y L_{qg} se aproxima a estos totales, dentro de errores de redondeo.

3.5.5 Taller cerrado incremento de producción

Un taller cerrado recibe una tasa media de 60-trabajos por semana, y consta de 4 máquinas, así cada máquina procesa 15 trabajos. Estas reciben una-media de 10 órdenes atrasadas, 16 regulares y 22 de existencias cada semana. Encuentre W , Wq , L y Lq para este sistema, suponiendo que las prioridades no tienen derecho a sacar al elemento en servicio.

Aquí $M = 4$; de otro modo procederemos como en el problema 3.5.4. Ahora,

$$\lambda = 10 + 16 + 22 = 48 \quad \frac{\lambda}{\mu} = \frac{48}{15} = 3.2$$

$$A = \frac{4! [4(15) - 48]}{(3.2)^4} \left[1 + 3.2 + \frac{(3.2)^2}{2!} + \frac{(3.2)^3}{3!} \right] = 40.59$$

$$B_0 = 1$$

$$B_1 = 1 - \frac{10}{4(15)} = 0.833$$

$$B_2 = 1 - \frac{10 + 16}{4(15)} = 0.567$$

$$B_3 = 1 - \frac{48}{4(15)} = 0.200$$

(Note que las B son las mismas que en el problema anterior ya que tanto la carga de trabajo como el número de máquinas se incrementó en igual forma).

$$W_1 = \frac{1}{(40.59)(1)(0.833)} + \frac{1}{15} = 0.030 + 0.067 = 0.097 \text{ se-} \\ \text{manas.}$$

$$W_2 = \frac{1}{(40.59)(0.833)(0.567)} + \frac{1}{15} = 0.052 + 0.067 = \\ = 0.119 \text{ semanas.}$$

$$W_3 = \frac{1}{(40.59)(0.567)(0.200)} + \frac{1}{15} = 0.217 + 0.067 = \\ = 0.284 \text{ semanas.}$$

De éstas, $W_{q1} = 0.030$ semanas; $W_{q2} = 0.052$ se-
manas; $W_{q3} = 0.217$ semanas.

Tabla 3.5.5

	Clase prioritaria, g		
	1	2	3
λ_g	10	16	22
L_g	0.963	1.902	6.250
L_{qg}	0.296	0.835	4.783

3.5.6 Sistema intermitente cerrado cambio de regla de decisión

Un taller cerrado, procesa una media de 15 órdenes de producción por semana. Arriban a una tasa media de 12 por semana y están divididos en: 1) Órdenes atrasadas, se deben procesar tan pronto quede libre una máquina; 2) Trabajos sobre pedido, que son los siguientes en la línea productiva; y 3) Trabajos para futuras existencias que pueden esperar. Cada semana hay un promedio de 2.5 órdenes atrasadas, 4 regulares y 5.5 para existencias.

Los arribos son de Poisson, y los tiempos de servicios exponenciales, encontrar:

El tiempo promedio empleado (W).

El tiempo promedio de espera (Wq).

El número promedio de los que esperan, y están siendo atendidos (L).

El número promedio de órdenes que sólo esperan (Lq).

La disciplina de la línea es de jerarquía absoluta, cuando un trabajo de mayor prioridad se presenta, el servicio es interrumpido y los trabajos con baja prioridad esperan, a la línea de espera. (Para una distribución exponencial del tiempo de servicio, es indiferente, que el servicio con derecho a prioridad se reanude donde fue dejado o se inicie nuevamente desde el principio).

Aquí la fórmula para W_g es

$$W_g = \frac{1}{\mu B_{g-1} B_g}$$

cuando B_{g-1} y B_g como antes. Por tanto,

$$W_1 = \frac{1}{15(1)(0.833)} = 0.080 \text{ semanas}$$

$$W_2 = \frac{1}{15(0.833)(0.567)} = 0.141 \text{ semanas}$$

$$W_3 = \frac{1}{15(0.567)(0.200)} = 0.588 \text{ semanas}$$

Las W_{qg} , L_g y L_{qg} se obtienen como con anterioridad (véase tabla 3.5.6). De nuevo, las L_g y L_{qg} suman lo mismo que las L y L_q , no prioritarias, equivalentes, dentro de los errores de redondeo.

Tabla 3.5.6

	Clase prioritaria, g			TOTALES
	1	2	3	
W_{qg}	0.013	0.074	0.521	
g	2.5	4	5.5	12
L_g	0.200	0.564	3.234	3.998
L_{qg}	0.033	0.297	2.867	3.197

3.5.7 Planeación de producción por pedido

Los tiempos de proceso, de un artículo compuesto de 4 partes, es como se indica en las hojas de ruta correspondiente a cada parte.

La carga residual de las máquinas, se indica en la gráfica de Gantt.

Cuál será la fecha de terminación, para un nuevo pedido de 8000 unidades.

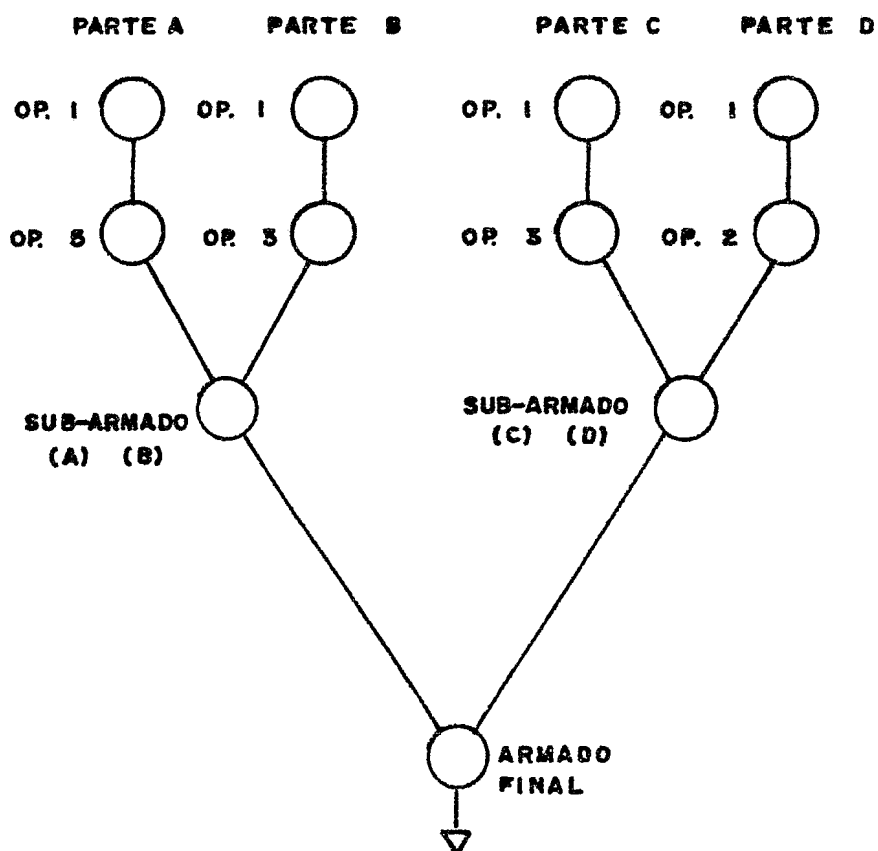
PARTE (A)		
OPERACIONES	MAQUINA	TIEMPO EN HORAS/1.000 UNIDADES
1	46	1,0
2	48	1,0
3	31	1,0
4	60	1,0
5	61	1,0

PARTE (B)		
OPERACIONES	MAQUINA	TIEMPO EN HORAS/1.000 UNIDADES
1	60	1,0
2	40	3,0
3	48	1,0

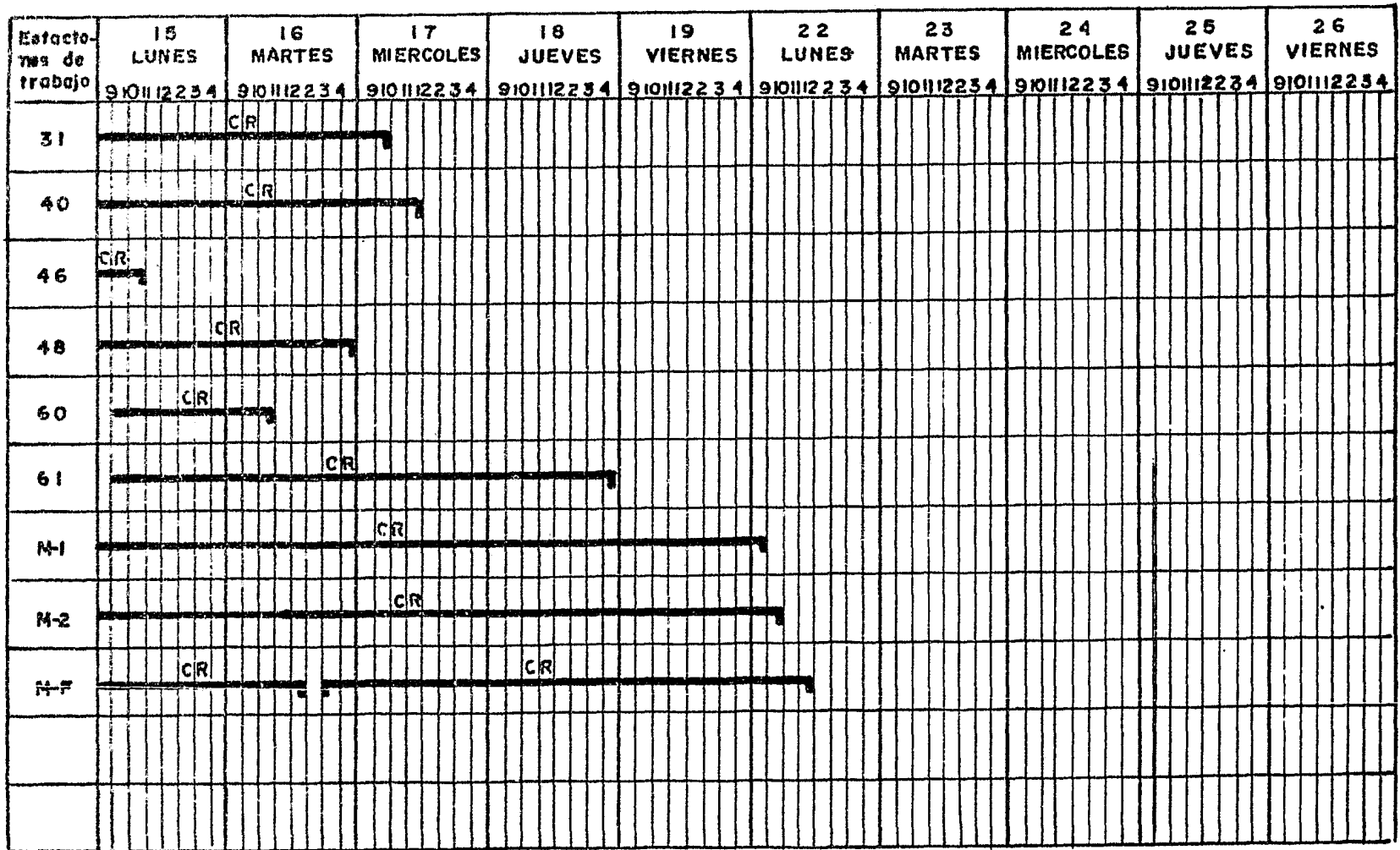
PARTE (C)		
OPERACIONES	MAQUINA	TIEMPO EN HORAS/1.000 UNIDADES
1	60	1,5
2	46	2,0
3	31	2,0

PARTE (D)		
OPERACIONES	MAQUINA	TIEMPO EN HORAS/1.000 UNIDADES
1	48	2,0
2	31	1,0
Los tiempos de Sud-Armado y Armado son:		
SUB-ARMADO (A) - (B)		
OPERACIONES	MAQUINA	TIEMPO EN HORAS/1.000 UNIDADES
1	M-1	1,0
SUB-ARMADO (C) - (D)		
OPERACIONES	MAQUINA	TIEMPO EN HORAS/1.000 UNIDADES
1	M-2	1,5
ARMADO FINAL		
OPERACIONES	MAQUINA	TIEMPO EN HORAS/1.000 UNIDADES
1	M-F	2,0

PROCESO DE ENSAMBLE



Gráfica de Gantt. Carga Residual

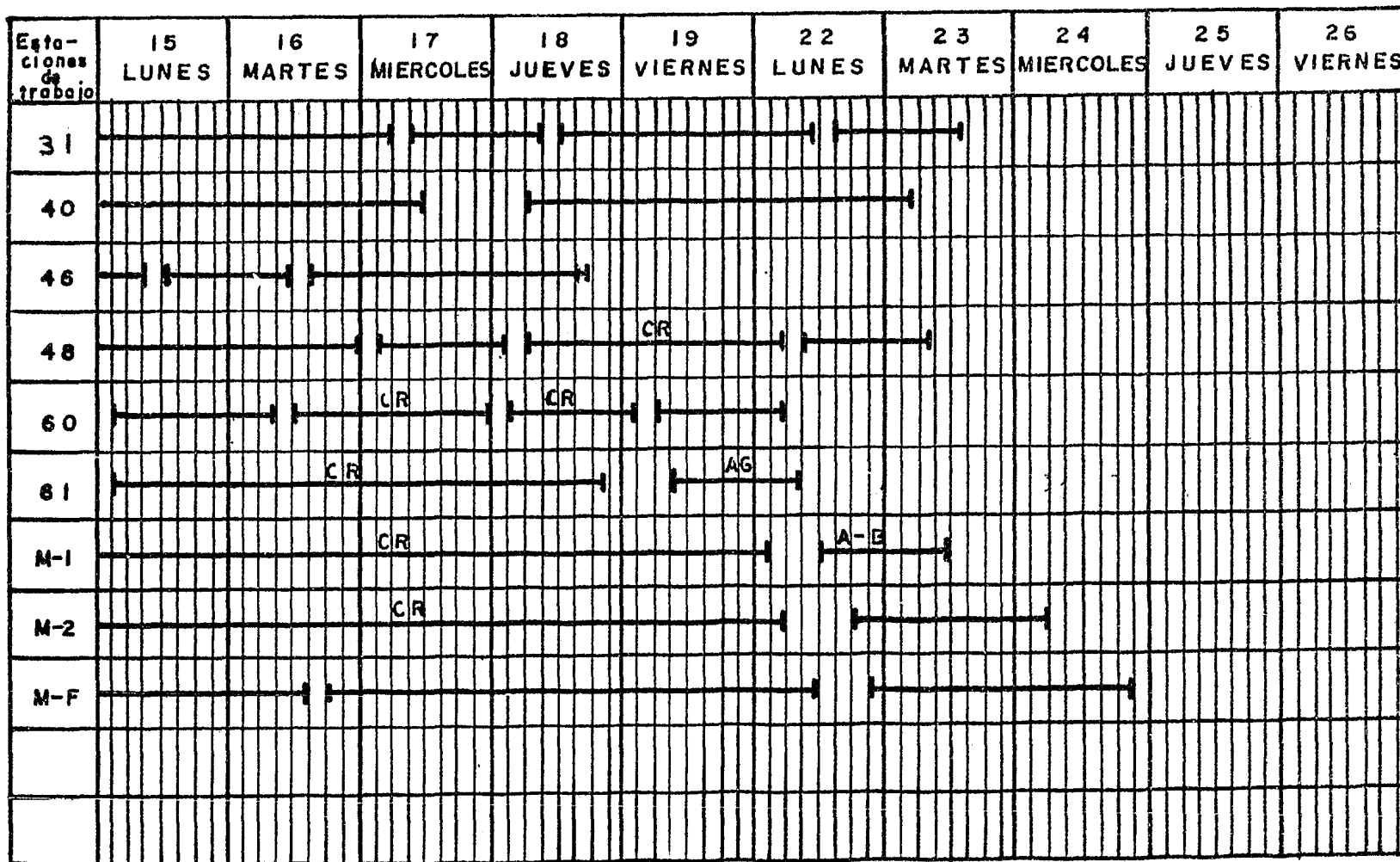


REQUERIMIENTOS DE EQUIPO

<u>MAQ.</u>	<u>OPERACIONES</u>	<u>HORAS (*)</u>	<u>TOT-HRS.</u>
31	A3, C3, D2,	8 + 16 + 8 + (3)	35
40	B2,	24 + (1)	25
46	A1, C2	8 + 16 + (2)	26
48	A2, B3, D1	8 + 8 + 16 + (3)	35
60	A4, B1, C1	8 + 8 + 12 + (3)	31
61	A5,	8 + (1)	9
M1	AB,	8 + (1)	9
M2	CD	12 + (1)	13
MF	A.F.	16 + (1)	17

* Mínimo de horas requeridas para la realización de las operaciones correspondientes para la producción del nuevo pedido de 8000 unidades. Las horas que están indicadas entre paréntesis son las mínimas necesarias para realizar los cambios de operación. A continuación se muestra las fechas de terminación de producción de componentes y ensamble del producto.

Tiempo de Terminación:



CAPITULO IV

I N V E N T A R I O S

4.1 LOS INVENTARIOS

4.1.1 Necesidades de tener inventarios

Los inventarios constituyen una función vital en la producción y distribución de artículos en nuestra economía. Como consumidores, dependemos de los comerciantes para mantener existencias de los artículos que deseamos comprar. Los comerciantes dependen de sus proveedores, para mantener inventarios que sus clientes deseen comprar. Un proceso de producción depende del almacén de existencias, para mantener inventarios de materias primas y otros componentes de la producción, una economía moderna simplemente no podría funcionar sin ellos; como tampoco lo podría hacer una economía primitiva.

A pesar de su obvia necesidad, a menudo se considera a los inventarios, como causantes de costos indeseados o males necesarios que deben tolerarse. Los costos de inventarios, no difieren realmente de los demás costos, tales como equipos, personal y gastos generales. Nadie los desea, pero son inevitables.

En general, los inventarios se necesitan debido a la falta de sincronización entre los siguientes pares de factores.

Proveedores y el proceso de producción

De una etapa de producción, a la siguiente etapa

Del proceso de producción a los clientes.

Sea la siguiente descripción:

ENTRADAS	INVENTA- RIOS	SALIDAS
De los proveedo- res	Materiales	Al proceso de prod.
De una etapa	En proceso	A la siguiente eta pa
De producción	Art. termi nados	Al cliente

Se observa que los niveles de los tres tipos - de inventarios, no son independientes. Un inventario excesivo de productos terminados, puede conducir a tasas de producción reducidas, las cuales a su vez pueden ocasionar que el inventario de materias primas, sea mayor que el planeado. Inventarios muy bajos de materias primas pueden reducir la velocidad de la producción, ocasionando que el inventario de productos terminados caiga por debajo - de los niveles planeados. Debe formularse por lo - tanto una política de inventarios, que haga frente a estas eventualidades.

En los últimos años existe un interés creciente, en el control científico de los inventarios, - esto es, la utilización de modelos matemáticos que sirvan para operar eficazmente los sistemas de in--

ventarios.

La mayoría de los problemas de inventarios (de materias primas y de productos terminados), se relacionan con la respuesta a dos preguntas fundamentales:

Qué cantidad pedir cada vez (bien sea de un proveedor o de la propia planta de producción).

Cuándo (o con qué frecuencia), hacer un pedido.

En cada una de estas preguntas están envueltos costos opuestos. Con la primera, están relacionados los costos de pedir demasiado o de pedir muy poco cada vez. Con la segunda, los de hacer pedidos demasiado frecuentes o con frecuencia insuficiente.

Las dos preguntas no son independientes. La respuesta a una de ellas afecta la respuesta a la otra.

El objetivo general, es el minimizar la suma de estos costos.

4.1.2 Objetivos del control del inventario

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 del inventario son:

- a) Tener el mínimo de inversión en existencias, - en materias primas y partes componentes, en materiales en proceso y en productos terminados.
- b) Mantener el nivel de las existencias de mate-- rias primas y partes componentes, de manera -- tal que las operaciones de producción no sufra demoras por faltantes.
- c) Mantener el nivel de existencias de productos- terminados, de acuerdo con la demanda de los - clientes, para así dar un servicio de entrega- oportuno.
- d) Descubrir a tiempo los productos que no tienen movimiento, y los que se han deteriorado o son ya obsoletos en el mercado.
- e) Establecer una buena custodia en los almacenes para evitar fugas, despilfarros o maltratos - por descuido.
- f) Estar alerta ante los cambios en las demandas- del mercado.
- g) Mantener al mínimo los costos por almacenamientos.
- h) Establecer un transporte eficiente, de las - - existencias de materias primas y de productos- terminados, incluyendo las funciones de despacho y recibo.
- i) Establecer un sistema eficiente de información, sobre las existencias de materias primas y de- productos terminados.
- j) Proporcionar informes sobre el valor de los ing

ventarios, al departamento de contabilidad.

- k) Cooperar con el departamento de compras, de manera que se puedan lograr adquisiciones económicas y eficientes.
- l) Realizar predicciones sobre las necesidades futuras de inventarios.

El control efectivo de los inventarios casi - nunca se logra, debido a ciertas condiciones, que - impiden la obtención de todos los objetivos a la - vez y son los siguientes:

El personal de producción tiende a tener demasiadas existencias de materias primas, debido al alto costo y a los cambios de programa que representa el quedarse sin éstas.

Los agentes de compras, al intentar minimizar los costos de los materiales, tienden a realizar - compras en grandes cantidades para obtener los descuentos por cantidad, esto también conduce a demasiadas.

La variación en la entrega de la materia prima por parte de los proveedores, por adelantado o por retraso con respecto a la fecha indicada.

El constante cambio en la relación oferta-demanda, tiene como consecuencia que las predicciones sobre las futuras necesidades de materias primas - sean inexactas. Estos cambios hacen que sean difíciles de mantener reglas rígidas en el control del inventario, complicando las técnicas analíticas utilizadas para mantener dicho control.

4.1.3 Definición de políticas

Toda compañía debe planear bien y con anticipación todas sus decisiones y operaciones, estableciendo políticas para el control de los inventarios. Algunas políticas comunes a todas las compañías son las siguientes:

- a) Determinar si las ventas son sobre pedido o sobre las existencias en almacén, para establecer las políticas adecuadas de producción y de almacenamiento de productos terminados.
- b) Debe definirse la política de niveles de existencias, de acuerdo con las altas y bajas estacionales, o según las altas y bajas en períodos de producción.
- c) Determinar si los productos terminados se almacenarán en un almacén, en la fábrica o en los almacenes de distribución, en distintas áreas de la ciudad o del país.
- d) De acuerdo con las posibilidades económicas de la empresa, deben definirse las políticas, que fijan los límites para compras adelantadas por riesgos de escasez de materias primas, o por conocimiento de futuras alzas de precios.
- e) Deben establecerse los sistemas de abastecimiento y producción, mediante pronósticos de ventas periódicos o anuales.

4.2 INFORMACION PARA LA PLANEACION Y EL CONTROL DE LOS INVENTARIOS

4.2.1 Información requerida

- 1.- Número de parte-componente.
- 2.- Número de proveedor.
- 3.- Tipo de parte (materia prima, ensamble o subensamble)
- 4.- Unidad de medida.
- 5.- Precio actual.
- 6.- Cantidad a pedir (mínima, máxima, fija).
- 7.- Número de días de consumo.
- 8.- Tiempo de entrega (comprada o manufacturada).
- 9.- Situación (causa alta, baja o cambio).
- 10.- Existencia de seguridad.
- 11.- Costo de mantenimiento en inventario.
- 12.- Costo de pedir.
- 13.- Precios de descuento por cantidad.
- 14.- Tamaño de lote económico.
- 15.- Período de reposición.
- 16.- Clasificación ABC
- 17.- Requerimientos por período de a) productos terminados, componentes, materia prima, suministros.

4.2.2 Procedimiento para planear las existencias

- 1.- Determinar los artículos que se van a comprar y también a fabricar, mediante un programa de control de materiales, que se ajuste a la demanda pronosticada y al plan consiguiente de producción. A-2
- 2.- Hacer un análisis de los materiales que se van a comprar, y establecer una clasificación A, B, C, según su importancia. A-3
- 3.- Determinar costos por mantener existencias en el almacén. A-4
- 4.- Determinar costos para realizar un pedido de compra. A-5
- 5.- Determinar costos por falta de existencias, que afecten la producción y su atraso consecuente. A-6
- 6.- Calcular el lote económico de compra empleando fórmulas de modelos determinísticos. A-7
- 7.- Fijar políticas de reorden, empleando fórmulas probabilísticas. A-8
- 8.- Calcular cantidades de reserva adecuadas, mediante cálculos probabilísticos. A-9
- 9.- Determinar la conveniencia de comprar con descuento por cantidad. A-10
- 10.- Considerar situaciones probables, como la de apresuramiento, calidad, entregadas, atrasadas, etc. A-11

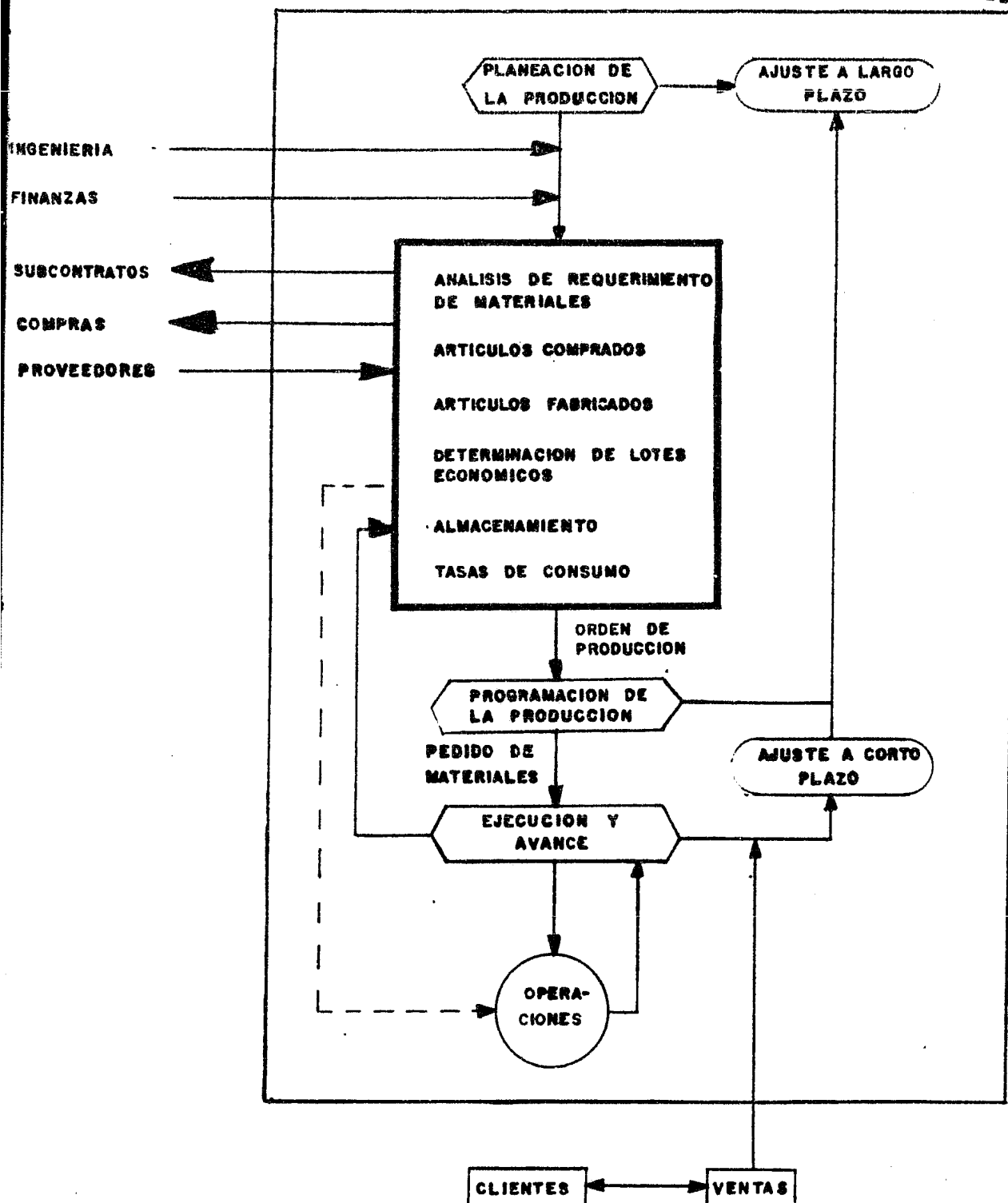
- 11.- Hacer: requisición (almacén); pedido (compras).
A-12
- 12.- Recepción e inspección. A-13
- 13.- Almacenamiento, registro, entregas de partidas para la fabricación según programa de producción. A-14
- 14.- Producción y operaciones. A-15
- 15.- Resultados de control de calidad, de los materiales en proceso, y de productos acabados. -
A-16
- 16.- Programación y planeación de producción; simplificación, estandarización y sustitución de materiales, revisión y establecimiento de políticas.

4.2.3 Información resultante

- 1.- ¿Qué comprar?
- 2.- ¿Cuánto comprar?
- 3.- ¿Cuándo pedir?
- 4.- ¿Cuándo va a llegar?
- 5.- Inventario promedio
- 6.- Existencias de seguridad
- 7.- Consumos

4.2.4 Los inventarios y el sistema informativo

- 1.- Mediante el plan de producción, se determinan las adquisiciones de materia prima y materiales (Planeación).
- 2.- Se determinan los modelos y técnicas, para adquirir y mantener materiales; se fijan las políticas de adquisición, reorden, existencias, etc. (Inventarios, planeación)
- 3.- Se entregan y controlan salidas de almacén, de acuerdo al programa productivo (Inventarios, - Programación, ejecución, avance y control).
- 4.- Fabricación de partes, ensambles y productos; materiales dañados y desperdicios, defectos. - (Control).



4.2.5 FLUJO INFORMATIVO DE LA PRODUCCION Y CONTROL DE INVENTARIOS

4.3 TECNICAS PARA DETERMINAR INVENTARIOS EN SISTEMAS DE PRODUCCION CONTINUA

4.3.1 Análisis y clasificación A-B-C

El control de las existencias es una función - relacionada con la producción. Este debe realizarse de acuerdo con un criterio apropiado que tome en -- cuenta la naturaleza y regularidad del consumo.

Se debe concentrar la atención a los artículos cuyos valores de consumo sean elevados. El análisis A-B-C se basa en los siguientes conceptos:

Los artículos A, a pesar de ser pocos, son los de mayor importancia ya que representan la mayor - parte del dinero empleado en los inventarios:

Los artículos B, son los de importancia secundaria, su control debe ser moderado sin llegar a la regularidad, precisión y frecuencia de los anteriores.

Los artículos C, son los que a pesar de ser nu merosos, constituyen una pequeña parte del dinero - empleado en los inventarios y sus controles deben - ser menos costosos.

Los valores más usuales en la práctica son

<u>Artículos</u>	<u>% Artículos</u>	<u>% Valor de consumo</u>
A	10 al 15 %	75 al 80 %
B	15 al 30 %	15 al 20 %
C	60 al 70 %	5 al 10 %

El procedimiento para realizar un análisis --

A-B-C, es el siguiente

- Hacer un listado de cada uno de los artículos, indicando el consumo anual en unidades, su precio unitario así como el consumo anual valorizado; este último se obtiene al multiplicar los conceptos anteriores.

- Ordenar los artículos de mayor a menor consumo valorizado, e indicando a la vez el consumo anual acumulado.

- Determinar cuáles son los artículos que constituyen el 80% del valor de consumo (A), el 15% (B) y el 5% (C). Se pueden elegir otros porcentajes usando como base el cuadro anterior

Ejemplo

Se tiene un inventario constituido por 10 artículos con los siguientes datos de consumo anual, precio unitario y consumo anual valorizado.

<u>Artículo</u>	<u>Consumo anual</u>	<u>Precio Unitario</u>	<u>Consumo Valorizado</u>
1	200 000	8.00	1 600 000.00
2	800 000	1.00	800 000.00
3	20 000	18.00	360 000.00
4	100	2 000.00	200 000.00
5	2 000 000	0.20	400 000.00
6	400	100.00	40 000.00
7	1 000 000	8.00	8 000 000.00
8	600 000	2.00	1 200 000.00
9	200 000	20.00	4 000 000.00
10	20 000	20.00	400 000.00
		<u>T O T A L</u>	<u>17'000 000.00</u>

Análisis

Si sacamos el porcentaje de los artículos de alto valor determinaremos a los artículos de la clase A:

$$0.80 \times 17\,000\,000.00 = 13\,600\,000.00$$

La cantidad que más se aproxima a 13 600.000.00 es la suma de los consumos valorizados de los artículos (9), (7) y (1)

Obteniendo el porcentaje de los artículos de medio valor determinaremos a los artículos de la clase B:

$$0.15 \times 17\,000\,000.00 = 2\,550\,000.00$$

La cantidad que más se aproxima a 2 550 000.00 es la correspondiente al consumo valorizado de los artículos (8), (2), (5).

Los artículos C de bajo valor son los restantes (3), (4), (6) y (10) cuyo consumo valorizado es igual a 850 000.00

4.3.2 Parámetros y variables

Demanda (D)

A la demanda se le conoce comúnmente como consumo, la finalidad de un análisis de inventarios es la de prever, lo que se ha de consumir en un tiempo futuro, con objeto de mantener existencias suficientes para las necesidades de la producción o de las ventas, y no excederse en la inversión y en los costos de almacenamiento.

Las predicciones de la demanda se basan en pronósticos de ventas, y en datos estadísticos de consumo durante un período determinado.

Tamaño del lote (Q)

El tamaño del lote, es el conjunto de unidades que integran la cantidad ordenada en un pedido de compra, y puede expresarse en kilogramos, metros, litros o en su equivalente monetario.

Tiempo de adquisición (T_a)

El tiempo de adquisición, se considera desde que se comienza a elaborar la orden de pedido, hasta que entra al almacén lo ordenado, y puede darse en días, semanas o meses.

Punto de reorden (Pr)

Es la cantidad precalculada de existencias de materiales, o de productos terminados, que deberá consumirse durante el período de reabastecimiento, es en sí, la señal que indica la necesidad de hacer un pedido por la cantidad prevista para recuperar el tope fijado como máximo de existencias.

El punto de reorden está determinado por: la cantidad que represente el consumo normal, durante el tiempo que tarda el reabastecimiento, más una cantidad de reserva que se mantiene para los casos imprevistos de variación en las entregas o en el consumo.

Reserva (Xs)

Es la cantidad de materiales o productos terminados, que se mantienen en existencia, como una previsión de seguridad en los casos de que la entrega se demore, o existan consumos más rápidos a lo previsto.

El cálculo de la reserva es muy importante, ya que si es excesiva, aumentará la inversión en los inventarios, y si es insuficiente, crecerá el costo de faltantes en la producción o en las ventas.

Costo unitario (Cu)

Para productos terminados el costo unitario, -

es la suma de los costos directos e indirectos de fabricación.

Para los materiales el costo unitario, es el precio de compra, más el costo por concepto de transporte, gastos de aduana, etc.

Costo de hacer un pedido (C_p)

El costo de hacer un pedido de compra, es la suma de todos los gastos anuales, inherentes al abastecimiento de materias primas y materiales, dividida entre el número de pedidos de compra del año.

El costo de preparación de una orden de producción, es la suma de todos los gastos anuales incurridos en el requerimiento, la programación y los cambios en las máquinas y los procesos, dividida entre el número de órdenes de producción al año. En algunos productos, o líneas de productos se calculan en forma individual, el tiempo y costo de los cambios, para obtener el factor costo que requerirá el cálculo del lote económico de producción.

Costo de mantener (C_m)

Los costos anuales de almacenamiento de existencias, se expresan como un porcentaje del promedio anual del valor del inventario; incluyen gastos de caja, así como costos intangibles pero reales como los siguientes:

- a) Intereses sobre el capital invertido en las - - existencias.
- b) El valor del espacio ocupado por los almacenes, en relación con el valor del espacio total de - la planta.
- c) Sueldos y prestaciones del personal que inter--viene en las zonas de recibo, de almacenamiento y de embarque.
- d) El costo de primas de seguros por el local y el valor de las existencias.
- e) El costo de depreciación de las instalaciones - de los equipos de almacenamiento y de movimien--to de materiales.
- f) Costos por mermas y obsolescencia.
- g) Mantenimiento de las instalaciones, impuestos y otros gastos

Costo de hacer un pedido (Cp)

Cada vez que se formula un pedido de compra, - se gasta tiempo y por consecuencia, dinero en todos los departamentos que intervienen en él. La suma de todos los gastos anuales de estos departamentos, se prorratea entre el número de pedidos hechos en el - año, obteniéndose así el costo por cada pedido.

Normalmente los pedidos se archivan por número consecutivo, de tal manera que tomando el primer nú--mero y el último del período, se obtiene el dato de pedidos al año. Analizando el siguiente ejemplo se--dará una idea de cómo se determina el costo de ha--cer un pedido.

ANALISIS DE COSTOS DE UNA ORDEN DE COMPRA QUE OCURRE 2421 VECES
AL AÑO.

GASTOS	SUELDO MENSUAL (millares)	SUELDO ANUAL (millares)	PERSONAL	COSTO ANUAL (millares)
Jefe del departamento de compras	25	300	1	300
Compradores	15	180	3	540
Expedidores	10	120	3	360
Empleados	8	96	2	192
Secretarias	10	120	2	240
Empleados recepción	8	96	2	192
Empleados de control de calidad	10	120	1	120
Empleados de cuentas por pagar	10	120	1	120
Papelería	---	---	--	60
Gastos generales	---	---	--	30
Teléfono, correo, tele gramas, telex	---	---	--	25
				TOTAL 2179

Costo de una orden de compra

$$\frac{\$ 2179000}{2421} = \$ 900$$

Costos de Mantener un Inventario (Cm).

Manejar y mantener existencias en un almacén - cuesta; ya que a mayor cantidad almacenada, de materia prima o de productos terminados, mayor es el - costo por unidad anual. Los costos más comunes son los siguientes:

a) Costo de Inversión (Ci)

Los inventarios forman una gran parte del capital de trabajo de una compañía, tan malo es mantener el dinero ocioso como tenerlo muerto en una sobreeexistencia de materia prima o de artículos terminados, ya que cada peso invertido en el inventario - aún siendo de fondos propios de la compañía, causa un interés sobre el capital, ya que podría utilizarse en otras inversiones que fueran productivas como por ejemplo: en edificio, maquinaria, equipo, compras de oportunidad en mercancías, inversión en valores, etc. Pero como ese dinero está invertido en el inventario no puede disponerse de él, y por lo tanto requiere que se asigne un costo que indique la pérdida de utilidades, para entender lo anterior examinemos los siguientes ejemplos:

Ejemplo 1.- Si una empresa está ganando una utilidad del 25% en su inversión total, el dinero que se destina al inventario pudiera ganar también el 25%, entonces - ese sería el costo del dinero invertido en el inventario.

Ejemplo 2.- Si una compañía mantiene préstamos a corto plazo con un banco. El dinero invertido en el inventario podría utilizarse para retirar algunos de estos préstamos, en este caso el costo del dinero invertido en el inventario, sería fácil medirlo por la tasa de interés pagado por los préstamos a corto plazo.

Ejemplo 3.- El dinero utilizado en el inventario podría invertirse en valores, ganando el interés que paguen las financieras o los bancos. Esta sería la tasa que podría aplicarse como costo del dinero invertido en el inventario.

b) Costo de Almacenaje (Ca)

El espacio que se requiere para almacenar las existencias tiene un costo. Si el local no es de la empresa, se tiene como costo la renta, calefacción y luz; si el local es propio, en lugar de renta se toma la depreciación del edificio, impuestos sobre la propiedad y los intereses sobre la inversión.

$$\% Ca = \frac{Ca}{I \times Cu} \times 100$$

Donde:

%Ca = Porcentaje anual del costo de almacenaje.

Ca = Costo de almacenaje anual.

I = Inventario promedio almacenado.

Cu = Costo unitario de los artículos.

c) Costo por Desperfectos (Cd)

Muchas clases de mercancías y artículos bajan de valor durante el almacenamiento. Tal cosa puede suceder por el deterioro que sufran, roturas, corrosión, oxidación y descomposición; se comprende que a mayor cantidad almacenada mayor es el riesgo que se sufre, por tal motivo esta pérdida de valor representa un costo.

d) Costo por Obsolescencia (Co)

El costo por obsolescencia, es la pérdida en el valor de un artículo debido a que ha disminuido o ha cesado la demanda por él. Lo anterior puede ser por variaciones en la moda, cambios en la tecnología, etc. Ya que el artículo saldrá a un menor precio.

e) Costo por Mermas (Cr)

Las mermas son un factor que refleja disminuciones no planeadas de artículos en inventarios. Esto por lo general toma la forma de latrocinios de los empleados y, en algunos casos, robo descarado durante asaltos.

$$\%Cdor = \frac{Cd + Co + Cr}{I \times Cu} \times 100$$

$\%Cdor$ = Porcentaje anual de los costos de desperfectos, obsolescencia y mermas.

f) Costos por Seguros (Cs)

Los costos de seguro representan primas de seguro pagadas sobre las pólizas, que cubren pérdidas resultantes de incendios, robos, inundaciones y - - otras calamidades. Sea que la compañía pague ella misma estas pérdidas, o se paguen primas a una compañía aseguradora.

$$\%Cs = \frac{Cs}{I \times Cu} \times 100$$

%Cs = Porcentaje anual del costo por seguros.

e) Impuestos (Imp.)

Los impuestos se aplican sobre el valor del inventario almacenado, por lo tanto esto representa - un costo, el impuesto sobre bienes y raíces queda - excluido.

f) Personal (Hh)

Horas hombre requeridas según el volumen manejado, para hacer los movimientos, los recuentos físicos y su cuidado, se calcula su porcentaje con - respecto al valor del inventario.

Todos los porcentajes obtenidos en los incisos anteriores, se suman para así obtener el porcentaje anual del costo de mantener. El costo anual de mantener el inventario, se obtiene multiplicando el - porcentaje anual del costo de mantener, por el costo unitario por artículo.

$$\% Cm = \% Ci + \% Ca + \% Cdor + \% Cs + \% imp. + Hh.$$

$$Cm = \% Cm \times Cu$$

Costo por la falta de existencias (Cf)

Este costo es prácticamente imposible de medir, por lo tanto no se lleva en la contabilidad ni se carga al costo del producto. Por ejemplo:

Si en una línea de producción existe un faltante de un material que no se puede sustituir, esto puede interrumpir no solamente una operación sino muchas veces una cadena de operaciones. El tiempo de mano de obra y maquinaria ociosa, elevará el costo de manufactura. Los costos debidos a faltantes pueden traducirse en pérdidas, pues no permiten surtir a tiempo los pedidos de los clientes.

Algunos de estos costos son los siguientes:

Costos de envío adicionales.

Costos por manejos especiales.

Ventas perdidas.

Cientes perdidos.

4.3.3 Determinación del lote óptimo de compra

La determinación del lote óptimo de compra, nos permite tomar decisiones que nos minimicen los costos totales incrementales (C.T.I.). Estos costos se definen, como, la suma de los costos de mantener el inventario más los costos de pedir; matemáticamente:

$$C.T.I. = Q/2 \times C_m \times C_u + D/Q \times C_p$$

C.T.I. = Costo total incremental.

$Q/2$ = Inventario promedio.

C_m = % del costo anual de mantener el inventario.

C_u = Costo unitario de los artículos.

D = Demanda anual.

Q = Lote pedido.

C_p = Costo de hacer un pedido.

Costo total de mantener

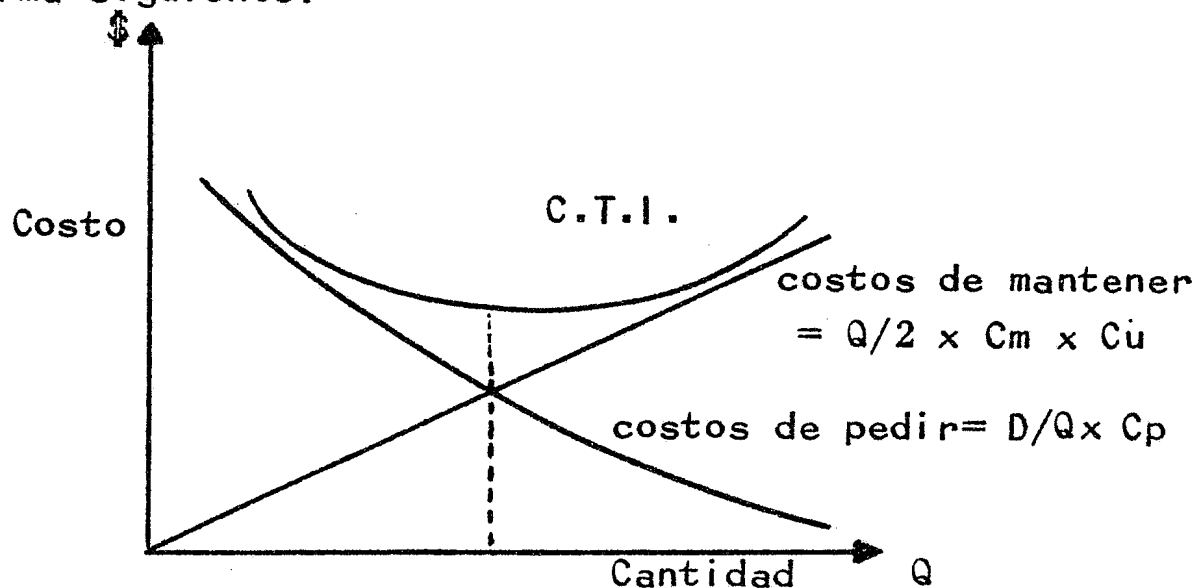
$$\text{el inventario} = Q/2 \times C_m \times C_u$$

$$\text{Costo total de pedir} = D/Q \times C_p$$

De acuerdo con las anteriores relaciones, se comprende que; cuando aumenta la cantidad pedida, los costos de mantener el inventario aumentan, y los costos de pedir disminuyen ya que se colocan pocos pedidos para satisfacer las necesidades anuales. Si la cantidad pedida es pequeña, los costos de mantener el inventario, serán pequeños pero se tendrán

que colocar muchos pedidos, por lo tanto los costos de pedir resultarán muy altos.

Esto se puede describir esquemáticamente en la forma siguiente:



El lote óptimo de compra, corresponde al punto más bajo de la curva del costo total, y para encontrarlo se hace lo siguiente:

- 1º Se deriva la ecuación del costo total con respecto a Q .
- 2º Se iguala a cero.
- 3º Se despeja a Q .

$$C.T.I = Q/2 \times C_m \times C_u + D/Q \times C_p$$

$$\frac{d(C.T.I)}{d(Q)} = \frac{C_m \times C_u}{2} - \frac{D \times C_p}{Q^2} ;$$

hay mínimo cuando $\frac{d^2 (C.T.I)}{d(Q)^2} = 0$

$$\frac{C_m \times C_u}{2} - \frac{D \times C_p}{Q^2} = 0$$

$$\frac{C_m \times C_u}{2} = \frac{D \times C_p}{Q_o^2} \qquad Q_o^2 = \frac{2 \times D \times C_p}{C_m \times C_u}$$

$$Q_o = \sqrt{\frac{2 \times D \times C_p}{C_m \times C_u}}$$

$Q_o =$ Lote óptimo de compra.

Para calcular el número de pedidos que se efectuarán al año

$$\underline{N_o = D/Q_o}$$

El tiempo existente entre pedidos, en días:

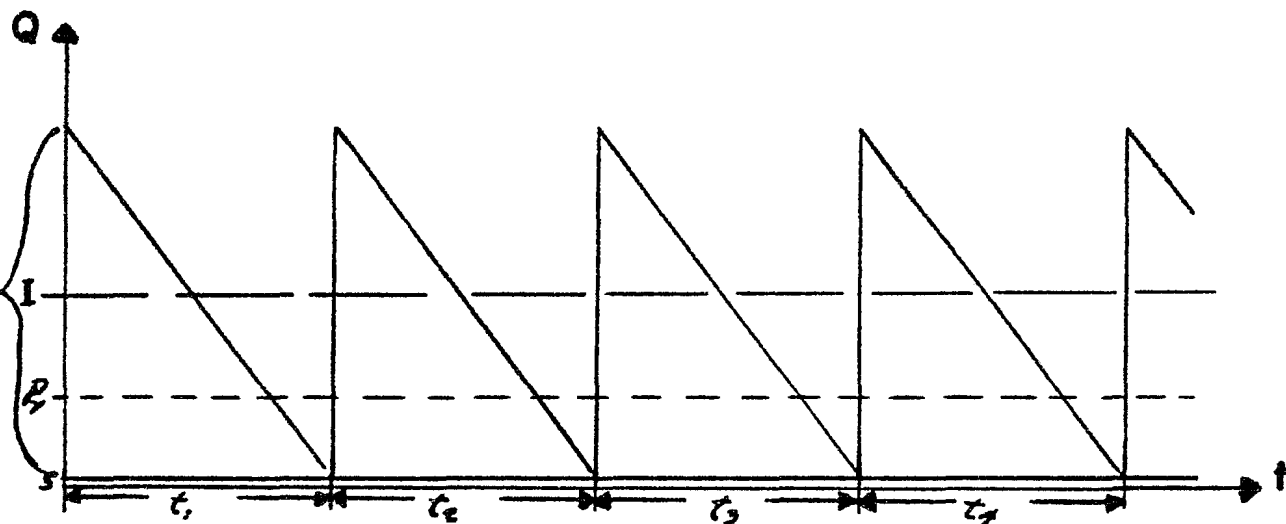
$$\underline{T_o = Q_o/D \times 365 \text{ días}}$$

El costo total incremental óptimo es:

$$\underline{(C.T.I)_o = Q_o/2 \times C_m \times C_u + D/Q_o \times C_p}$$

Estas fórmulas son aplicables cuando todos los parámetros son conocidos y no varían durante un pe-

modo continuo, se obtiene un modelo como el que se aprecia en la siguiente figura:



$I_{máx.}$ = Inventario máximo

Q_0 = Lote óptimo de compra;

I = Inventario promedio;

P_r = Punto de reorden; es el punto en que se emite el nuevo pedido, en este punto se tiene la cantidad promedio que se consumirá en el tiempo de reposición, más una cantidad de reserva.

S = Nivel de seguridad o inventario mínimo.

4.3.4 Clasificación y análisis de los datos

Para clasificar y analizar los datos sobre ventas, producción, abastecimientos e inventarios; se utilizarán las técnicas de la Estadística, estas técnicas permiten:

- 1º - Agrupar metódicamente una gran cantidad de hechos pasados u observados, para analizarlos y así obtener conclusiones que nos permitan optimizar las decisiones.
- 2º.- Reducir riesgos por incertidumbres, debido a la variabilidad de los hechos pasados u observados.
- 3º.- Reforzar con estimaciones calculadas el criterio, eliminando la corazonada en situaciones donde se puede calcular la probabilidad de que suceda un evento.
- 4º.- Fijar límites de control a los datos analiza--dos.

Para ejemplificar estas técnicas, se tienen las siguientes ventas tomadas al azar:

30	165	105	135	125
65	90	145	125	104
154	135	145	155	125
180	110	95	125	230
150	85	115	95	100
160	190	165	55	185
120	135	120	75	120

Distribución de Frecuencias

Para efectuar el análisis de los datos, se agrupan en rangos de igual tamaño (intervalos de clase), y se cuenta el número de datos dentro de cada intervalo. A esta cuenta se le conoce como frecuencia absoluta.

Histograma

A la gráfica de la distribución de frecuencias, se le llama histograma, la cual nos ayuda a visualizar más fácilmente la distribución de frecuencias. Los intervalos de clase se marcan en el eje de las abscisas, y las frecuencias correspondientes a los intervalos de clase se marcan en el eje de las ordenadas.

Marca de Clase

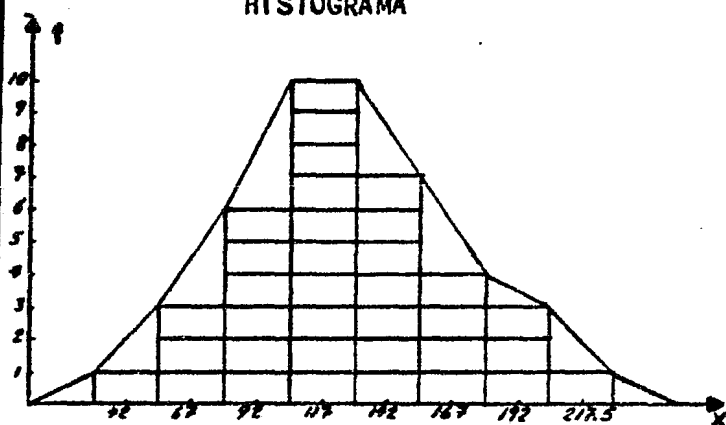
La marca de clase es el punto medio del intervalo de clase, y se obtiene sumando los límites inferior y superior del intervalo y se divide entre 2. Por ejemplo la marca de clase del intervalo 32-38 es $(32+38)/2 = 35$.

AGRUPACION DE LOS DATOS POR SU FRECUENCIA

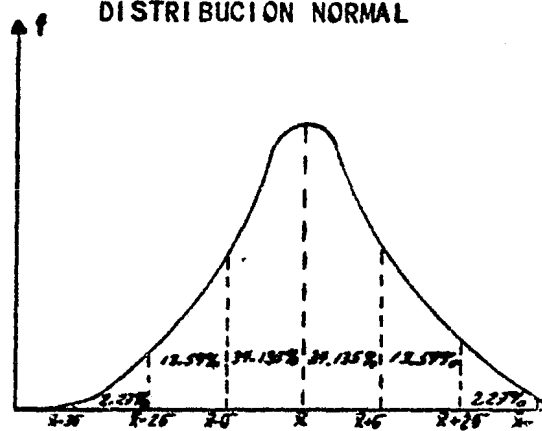
Intervalos de clase	Marcas de clase X_i	Frecuencia f_i	Media aritmética o promedio \bar{X}
30 - 54	42	1	126.3
55 - 79	67	3	126.3
80 - 104	92	6	126.3
105 - 129	117	10	126.3
130 - 154	142	7	126.3
155 - 179	167	4	126.3
180 - 204	192	3	126.3
205 - 230	217.5	1	126.3

$$n = 35$$

HISTOGRAMA



DISTRIBUCION NORMAL



Al aumentar el número de datos la curva formada se hace regular, y posee una forma muy similar a la de una campana, como se aprecia en la figura, a esta distribución se le llama DISTRIBUCION NORMAL, y como se nota muestra una tendencia central.

Medidas de Tendencia Central

Son tres las medidas de tendencia central: La media aritmética o promedio, la mediana y la modalidad o modo.

Media Aritmética

La media dá una idea bastante aproximada de dónde se encuentra centrado el histograma, y se define como la suma de los productos de las marcas de clase por su frecuencia respectiva, dividida entre la suma de las frecuencias.

$$\bar{X} = \frac{X_1 f_1 + X_2 f_2 + X_3 f_3 + \dots + X_n f_n}{n}$$

Donde:

n = Suma de las frecuencias.

\bar{X} = Media aritmética.

o también:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i f_i$$

El símbolo de suma Σ (sigma griega), indica "suma de"

Para nuestro ejemplo:

$$\bar{X} = \frac{1}{35} (4420.5) = 126.3 \quad \underline{\bar{X} = 126.3}$$

Mediana

La mediana de una agrupación de datos se define como el valor central, si existe, luego que se -

han formado éstos en orden de magnitud. Para nuestro ejemplo la mediana, es "125".

La Modalidad

La modalidad o modo de un grupo de datos, se define como el valor que se presenta con la máxima frecuencia, si existe. Así pues, para nuestro ejemplo la modalidad, es "125" (ya que se repite cuatro veces).

Cuando la distribución es perfectamente normal, el valor de la media, la mediana y el modo es el mismo valor. Cuando hay tendencia de los datos a salirse de la medida central se determina la dispersión de los datos.

Medidas de Variación o Dispersión

La forma que toma una distribución, queda determinada por la separación de los datos con respecto del valor medio, al grado de separación se le conoce como dispersión de los datos, la desviación estándar y la varianza son las más utilizadas para conocer la dispersión de un conjunto de datos.

Desviación Estandar (σ)

Para calcular la desviación estándar se utilizan las siguientes fórmulas:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n f_i d_i^2}{n-1} - \left(\frac{\sum_{i=1}^n f_i d_i}{n-1}\right)^2} \quad \text{--- (1)}$$

$$\hat{\sigma} = c \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n f_i u_i^2}{n-1} - \left(\frac{\sum_{i=1}^n f_i u_i}{n-1}\right)^2} \quad \text{--- (2)}$$

$d_i = X_i - A$ y son las desviaciones de X_i de una marca de clase tomada como referencia, "A".

c = Tamaño de los intervalos.

$$u = \frac{X - A}{c} \quad \text{o también} \quad u_i = \frac{d_i}{c}$$

Varianza (σ^2)

La varianza de un conjunto de datos se define como el cuadrado de la desviación estándar.

Sigamos con nuestro ejemplo:

Para calcular estas medidas se utilizará la segunda ecuación ya que nos resulta una mayor simplificación en los cálculos

Marcas de clase	c	frecuencia f_i	$u_i = \frac{X_i - A}{c}$	$f_i \cdot u_i$	$f_i \cdot u_i^2$
42	<u>25</u>	1	-3	-3	9
67		3	-2	-6	12
92		6	-1	-6	6
<u>117</u>	A	10	0	0	0
142		7	1	7	7
167		4	2	8	16
192		3	3	9	27
217.5		1	4	4	16

$$n = \sum f = 35$$

$$\sum u_i = 13 \quad \sum f_i u_i^2 = 93$$

$$\sigma = 25 \sqrt{\left(\frac{93}{34} - \frac{13}{34}\right)^2} = 25 \sqrt{2.73 - 0.138} = 25 \sqrt{2.592}$$

$$\sigma = 25(1.61) = 40.25$$

$$\sigma = 40.25$$

$$\underline{\underline{\sigma^2 = 1620}}$$

4.3.5 Sistemas Q y P de inventarios

Hay dos sistemas fundamentales que pueden usarse en los problemas de inventarios, y el análisis matemático necesario depende del método que se desee.

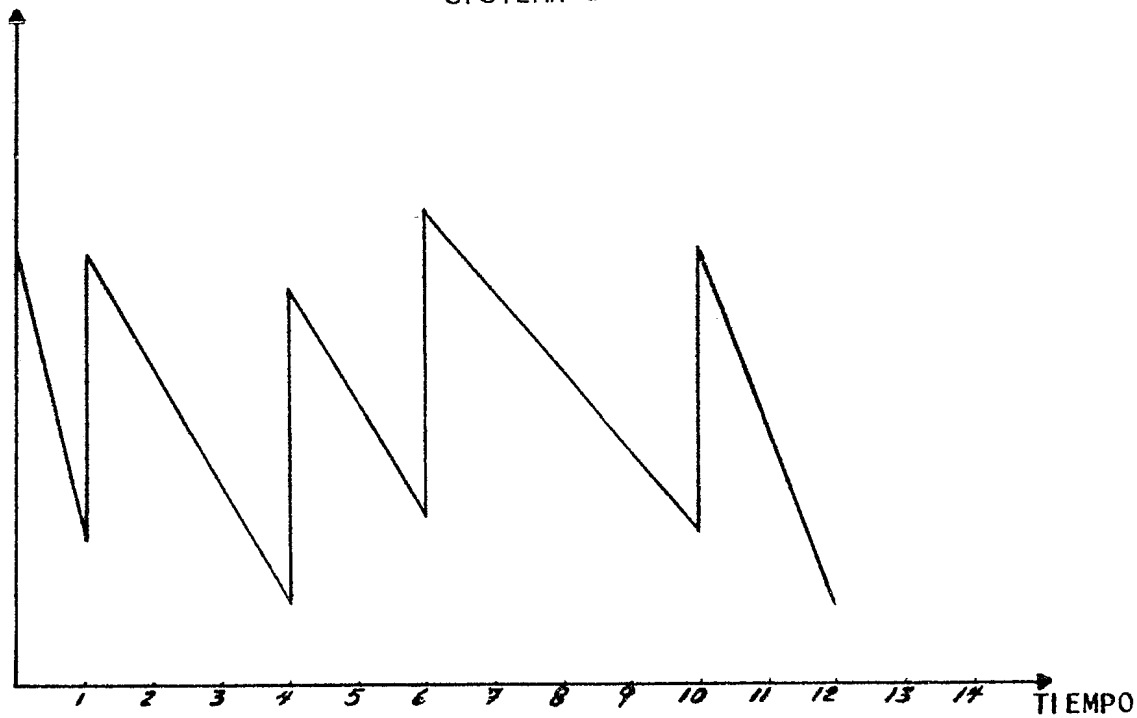
Los dos sistemas pueden diferenciarse en función de dos variables controlables: La frecuencia de los pedidos y la cantidad pedida.

En el primer sistema el tamaño del pedido es fijo y las fluctuaciones de la demanda, son amortiguadas variando el tiempo entre pedidos. Por lo tanto como el pedido es fijo, se designa como sistema "Q" o sistema de Punto de Reorden.

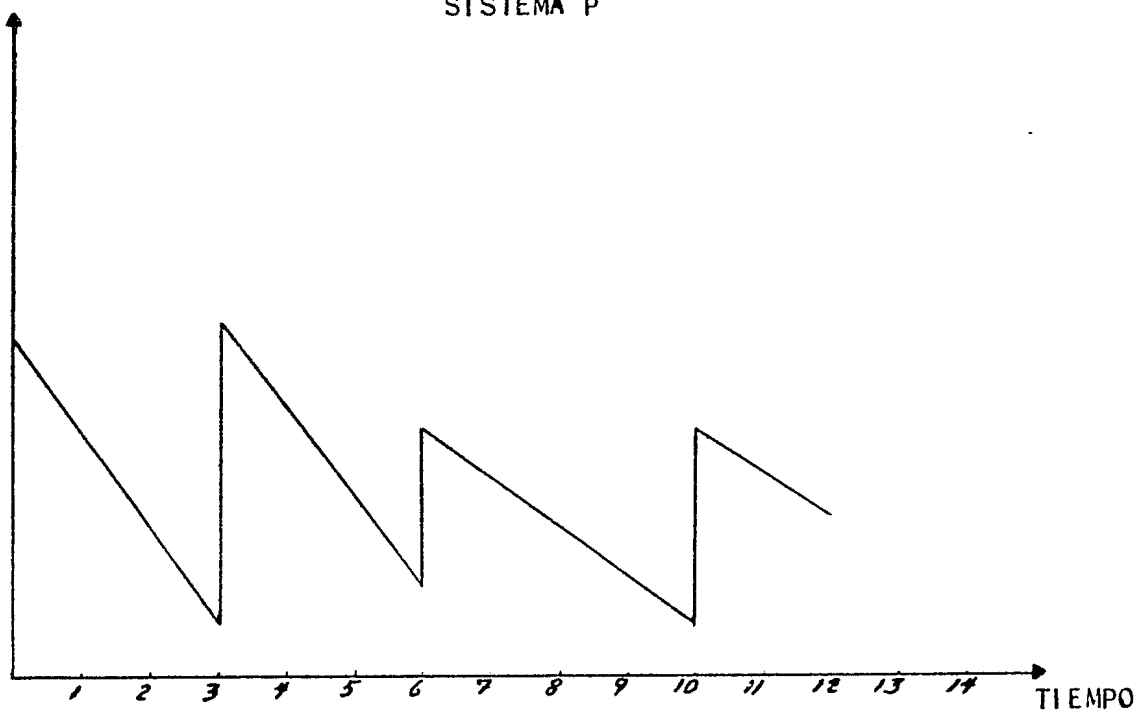
El segundo sistema tiene un período fijo para hacer pedidos; por tanto, permite que el tamaño del pedido varíe con las fluctuaciones de la demanda. El período de los pedidos se determina por análisis, y entonces se revisa la cantidad del artículo que hay en el inventario, a intervalos iguales al período para hacer los pedidos. La cantidad que se pide, variará según que la cantidad en inventario, sea inferior o superior al promedio obtenido para el artículo en cuestión. Por supuesto, el promedio de la cantidad que se pedirá se determinará por medio del análisis, y las fluctuaciones de la demanda con respecto al promedio, se añaden a esta cantidad para decidir el tamaño total del pedido. Este sistema tiene la ventaja de que requiere solamente la revisión periódica de la situación del inventario, lo que es muy conveniente cuando se llevan registros centrales de las existencias. Como el período para hacer pedidos en este sistema es fijo, se le designa con el nombre de sistema "P" o sistema de Revisiones Periódicas.

TAMAÑO
DEL
LOTE

SISTEMA Q

TAMAÑO
DEL
LOTE

SISTEMA P



Sistema "Q"

Como ya se ha indicado, el sistema "Q" tiene un tamaño fijo para el pedido y la frecuencia de órdenes de compra variable, ya que las fluctuaciones de la demanda son suavizadas variando el tiempo entre pedidos. Las órdenes de compra se formulan por una cantidad previamente determinada, que no necesariamente tiene que ser la del lote económico calculado.

La orden de compra de un material, se formula cuando las existencias disminuyen, a un cierto nivel determinado como mínimo, que normalmente es la cantidad de unidades suficiente para satisfacer el promedio del consumo, durante el tiempo de adquisición, más una cantidad de reserva que sirva para absorber cualesquier fluctuación en la demanda durante dicho período.

Este sistema se aplica comúnmente en la compra de materiales de mediano valor (Clase B), para los de clasificación se aplica el sistema de control de doble depósito.

Sistema "P"

Este sistema tiene períodos fijos previamente establecidos para formular las órdenes de compra, sin embargo el tamaño de la orden varía de manera tal que pueda absorber, las fluctuaciones de la demanda entre un período.

Con este sistema se reduce a un mínimo, la costosa y continua vigilancia de los saldos en las existencias, ya que la revisión se hace periódicamente, cada semana, quincena, mes o de acuerdo con cualquier otro ciclo; además permite establecer políticas de reabastecimiento automático, en períodos cíclicos uniformes.

El control del sistema, bajo condiciones de eficiencia en su procedimiento, debe reducir el promedio de fluctuaciones en el nivel del inventario, en relación directa con las fluctuaciones de la demanda comparada con los pronósticos.

Para que este sistema sea eficiente debe cubrir los siguientes requisitos:

- 1º.- El sistema de reabastecimiento debe cumplirse a intervalos fijos.
- 2º.- El tiempo de adquisición (T_a) deberá quedar fijado, para lo cual se debe realizar un pronóstico sobre la demanda, durante ese tiempo y llevar estadísticas de consumos y de errores en los pronósticos.
- 3º.- Los pedidos a proveedores deberán ser expeditados anticipadamente a la fecha de entrega.

- 4º.- Cada artículo debe tener su fecha de revisión y ésta deberá hacerse sin demora.
- 5º.- Formular la orden de compra por la cantidad - que habrá de consumirse en el próximo período, más la cantidad calculada para el tiempo de adquisición y la reserva.

Cálculo del Punto de Reorden

Para determinar el punto de reorden se pueden hacer los siguientes análisis:

- Grado de seguridad con factor de Poisson
- Costo de faltantes y costo por excedentes

El primer sistema se utiliza cuando los promedios de órdenes mensuales, son más o menos estables y las cantidades han sido fijadas por lotes económicos de producción. El segundo es conveniente cuando la incertidumbre en los consumos de las existencias, y las entregas de proveedores son inciertas.

Análisis del grado de seguridad con factor de Poisson.

Para calcular el punto de reorden por este sistema se utiliza la fórmula siguiente

$$Pr = X_{Ta} \times Ta + P \sqrt{X_{Ta} \times Ta}$$

Donde:

- Pr = Punto de reorden
- X_{Ta} = Consumo durante el tiempo de adquisición
- Ta = Tiempo de adquisición en días, semanas o meses
- P = Factor de la tabla de Poisson

Tabla de factor P, de Poisson

factor	Porcentaje de faltantes aceptables	factor P	Porcentaje de faltantes - aceptables
4	Nunca	1.48	7.00
3.5	0.023	1.41	8.00
3	0.135	1.35	9.00
2.8	0.260	1.20	10.00
2.6	0.470	1.16	12.50
2.5	0.620	1.04	15.00
2.4	0.820	1.00	15.87
2.33	1.000	0.85	20.00
2.17	1.500	0.68	25.00
2.06	2.000	0.53	30.00
1.96	2.500	0.30	35.00
1.89	3.000	0.26	40.00
1.82	3.500	0.13	45.00
1.76	4.000	0.00	50.00
1.65	5.000		
1.56	6.000		

Ejemplo	Consumo-promedio diario	Tiempo de adquisición	Porcentaje de faltantes durante el período de reabastecimiento	Pr
	100	2.5	5	?

$$Pr = 250 + 1.65 \sqrt{250}$$

$$Pr = 250 + 26$$

$$\underline{\underline{Pr = 276}}$$

Análisis del costo de faltantes y costo por excedentes

Para determinar el punto de reorden por este sistema se utiliza la fórmula siguiente:

$$Pr = X_{Ta} \times Ta + (X_{Ta} \times Ta \times 0.7 \times dem)$$

Donde:

Pr = Punto de reorden

X_{Ta} = Consumo durante el tiempo de adquisición

Ta = Tiempo de adquisición, en días, semanas o meses

0.7 = Factor constante para todos los casos

dem = Demora, en porcentaje estimado de tiempo de posible tardanza en el reabastecimiento

Ejemplo

Consumo en el tiempo de adquisición	tiempo de adquisición	% demora	Punto de reorden
100	2.5 días	0.3	?

$$Pr = 100 \times 2.5 + (100 \times 2.5 \times 0.7 \times 0.3)$$

$$Pr = 250 + 52.5$$

$$Pr = 303$$

Cálculo de la Reserva

Para determinar las existencias de reserva que han de mantenerse, con el fin de reducir al mínimo los faltantes, y la inversión en el inventario se realiza el siguiente procedimiento:

- 1º.- Se obtienen las estadísticas de consumo en el tiempo de adquisición
- 2º.- Se les saca la desviación estándar
- 3º.- Se utiliza la tabla de distribución de frecuencias para la curva normal
- 4º.- Se multiplica la desviación estándar, por la desviación estándar bajo la curva para un determinado nivel de seguridad

Para comprender lo anterior veamos el ejemplo siguiente

Mes	Consumo
Enero	20
Febrero	30
Marzo	20
Abril	110
Mayo	30
Junio	100
Julio	40
Agosto	80
Septiembre	40
Octubre	40
Noviembre	80
Diciembre	40

Una compañía mueblera tuvo los siguientes consumos de refrigeradores, durante el período que comprende desde el momento en que hace el pedido al proveedor hasta la llegada al almacén, el costo anual de mantenimiento de existencias de reserva es de \$20.00 por unidad. La gerencia de la empresa establece la política de administrar con un 5% de faltantes, esto es con un nivel de seguridad del 95%

Para resolver este problema formamos la siguiente tabla.

	X_i	\bar{X}	$(X_i - \bar{X})$	$(X_i - \bar{X})^2$
X_1	20	50	- 30	900
X_2	30	50	- 20	400
X_3	20	50	- 30	900
X_4	110	50	60	3 600
X_5	30	50	- 20	400
X_6	100	50	50	2 500
X_7	40	50	- 10	100
X_8	80	50	30	900
X_9	40	50	- 10	100
X_{10}	40	50	- 10	100
X_{11}	50	50	0	0
X_{12}	40	50	- 10	100

$$\sum X_i = 600$$

$$\sum (X_i - \bar{X})^2 = 10,000$$

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} = \frac{600}{12} = 50$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{10,000}{11}} = \sqrt{909.09} = 30$$

Por tanto la desviación estándar de los consumos de los 12 meses es de 30 unidades

Tabla de niveles de servicio y de costo de existencias de reserva

Nivel de seguridad %	Desviaciones estándar bajo la curva (P)	Desviación estándar (σ)	Unidades de reserva $X_s = (P \times \sigma)$	Costo de mantenimiento por	Costo anual de la reserva $X_s \times C_m$
50	00	30	0	20	0
60	0.25	30	7.5	20	150
70	0.52	30	15.6	20	312
80	0.84	30	25.2	20	504
90	1.28	30	38.4	20	768
95	1.64	30	<u>49.2</u>	20	<u>984</u>
96	1.75	30	52.5	20	1 050
97	1.88	30	56.4	20	1 128
98	2.05	30	61.5	20	1 230
99	2.33	30	69.9	20	1 398
99.9	3.09	30	92.7	20	1 854

De acuerdo a los resultados obtenidos, la empresa - mueblera debe tener 49 refrigeradores de reserva, - para una confiabilidad de 95% de no tener faltantes, costándole anualmente \$ 984

4.3.6 Modelo de descuentos por cantidad

La función básica de la gente del departamento de compras es adquirir las unidades necesarias, con la calidad requerida, al menor precio posible, por lo tanto va a existir entre esta gente una tendencia de buscar menores precios, aunque deben adquirir mayor cantidad de unidades por vez, aumentando en consecuencia las existencias en inventario.

El descuento por cantidad se basa en el número de unidades que se piden, por lo general, el precio por unidad baja cuando aumenta la cantidad del pedido.

El cálculo del tamaño óptimo del pedido, se basa en el supuesto de que el costo unitario de los artículos no varía, cualquiera que sea la cantidad adquirida, sin embargo al existir descuentos por cantidad el precio de compra se convierte en una variable.

Mediante unos cálculos muy sencillos, se puede saber si los descuentos por cantidad, representan un ahorro neto o si el aumento en los costos de mantenimiento del inventario los absorbería totalmente. Para comprender lo anterior se analizará detalladamente el siguiente ejemplo:

Supóngase que el costo de capital de una empresa, o el rendimiento sobre la inversión mínimo deseado es del 20% anual. Es obvio que sólo se justificará un aumento del inventario, cuando los descuentos repre

senten más del 20% de rendimiento sobre la inversión adicional.

Demanda anual -----(D) = 36000 unidades

Costo de hacer un pedido(Cp) = \$ 125

Costo de mantener -----(%Cm) = 20 %

Costo unitario -----(Cu) = \$ 5.00

1º.- Se calcula el tamaño óptimo del pedido

$$Q_0 = \sqrt{\frac{2 D C_p}{C_u \% C_m}} = \sqrt{\frac{2 \times 36000 \times 125}{5 \times .2}} = \sqrt{\frac{9000000}{1}}$$

$$\underline{Q_0 = 3000 \text{ unidades}}$$

2º.- Se calcula el número óptimo de pedidos

$$N_0 = \frac{D}{Q_0} = \frac{36000}{3000} = \underline{12}$$

4.3.7 Método de Lagrange

Ver ejemplo práctico en el capítulo VII.

ANÁLISIS DE LOS DESCUENTOS POR CANTIDAD

Artículo No: <u>489-AX</u> Demanda anual (D) = <u>36000 Unids.</u>	T. Econ. del Lote	<u>Alternativas de descuentos</u>		
		<u>1a.</u>	<u>2a.</u>	<u>3a.</u>
1.- Cantidad por orden de compra (Q).	3000	6000	12000	36000
2.- Número de pedidos al año (N).	12	6	3	1
3.- Costo unitario (Cu).	5.00	4.95	4.70	4.50
4.- Inventario promedio (Q/2).	1500	3000	6000	18000
5.- Costo promedio de mantenimiento (Q/2 x Cu x Cm).	1500	2970	5640	16200
6.- Costo total de pedir (N x Cp).	1500	750	375	125
7.- Costo total incremental (renglón 5 + renglón 6)	3000	3720	6015	16325
8.- Costo anual de los artículos (D x Cu)	180000	178200	169200	162000
9.- Costo total anual (renglón 7 + renglón 8)	183000	181920	175215	178325
10.- Economía anual con respecto a la columna anterior (Ea) = resta de las columnas en el renglón 9	-----	1080	6705	-----
11.- Valor de cada pedido (Q x Cu)	15000	29700	56400	162000
12.- Valor medio del inventario = (Q x Cu/2) = I	7500	14850	28200	81000
13.- Incremento del inventario con respecto a la columna anterior (ΔI)	-----	7350	13350	52800
14.- Rendimiento anual en % - sobre el incremento medio de la inversión Rend. = (E/ΔI) x 100	-----	14.69 %	50.22 %	-----

En este ejemplo se toma la decisión de adquirir 12000 unidades por cada compra, porque la economía lograda, representa más del 20% del capital que se necesita invertir adicionalmente.

4.4 INFORMACION EN INVENTARIOS PARA PRODUCCION INTERMITENTE

4.4.1 Información requerida

- 1.- Requerimientos de materia prima, materiales, -- partes y componentes.
- 2.- Costo por hacer un pedido.
- 3.- Costo de mantenimiento.
- 4.- Precio de venta.
- 5.- Descuento por cantidad y/o pronto pago.
- 6.- Políticas de adquisición.
- 7.- Costos por faltantes o demoras.
- 8.- Costos de preparación.
- 9.- Tiempo de entrega.
- 10.- Tamaño del lote a pedir (mínimo, máximo, fijo, abierto).
- 11.- Especificaciones de ingeniería.

4.4.2 Procedimiento para la planeación de inventarios

- 1.- Se determinan los requerimientos de materiales de la nueva orden. A-2
- 2.- Se recaba información sobre proveedores, especificaciones, entrega de plazo, etc. A-3

- 3.- Los materiales se confrontan con las existencias, si son de uso corriente o bien la confrontación, se hace con otros pedidos próximos a procesar, con el objeto de integrar en un mismo lote de compra:
 - a).- La materia prima está disponible de inmediato. A-7
 - b).- Está disponible a corto plazo. Antes del inicio de la producción. A-4
- 4.- Hacer el pedido de adquisición. Aplicar modelos de decisión de acuerdo a la política establecida: cuándo y cuánto. A-5
- 5.- Informe de materia prima y materiales. A-6
- 6.- Se consulta al cliente, si acepta el aplazamiento en la entrega de su pedido de fabricación:
 - a).- Si acepta se ajustan las fechas de producción. A-7
 - b).- Si no acepta se cancela el pedido. A-7
- 7.- Cancelación de pedido y/o fabricación.

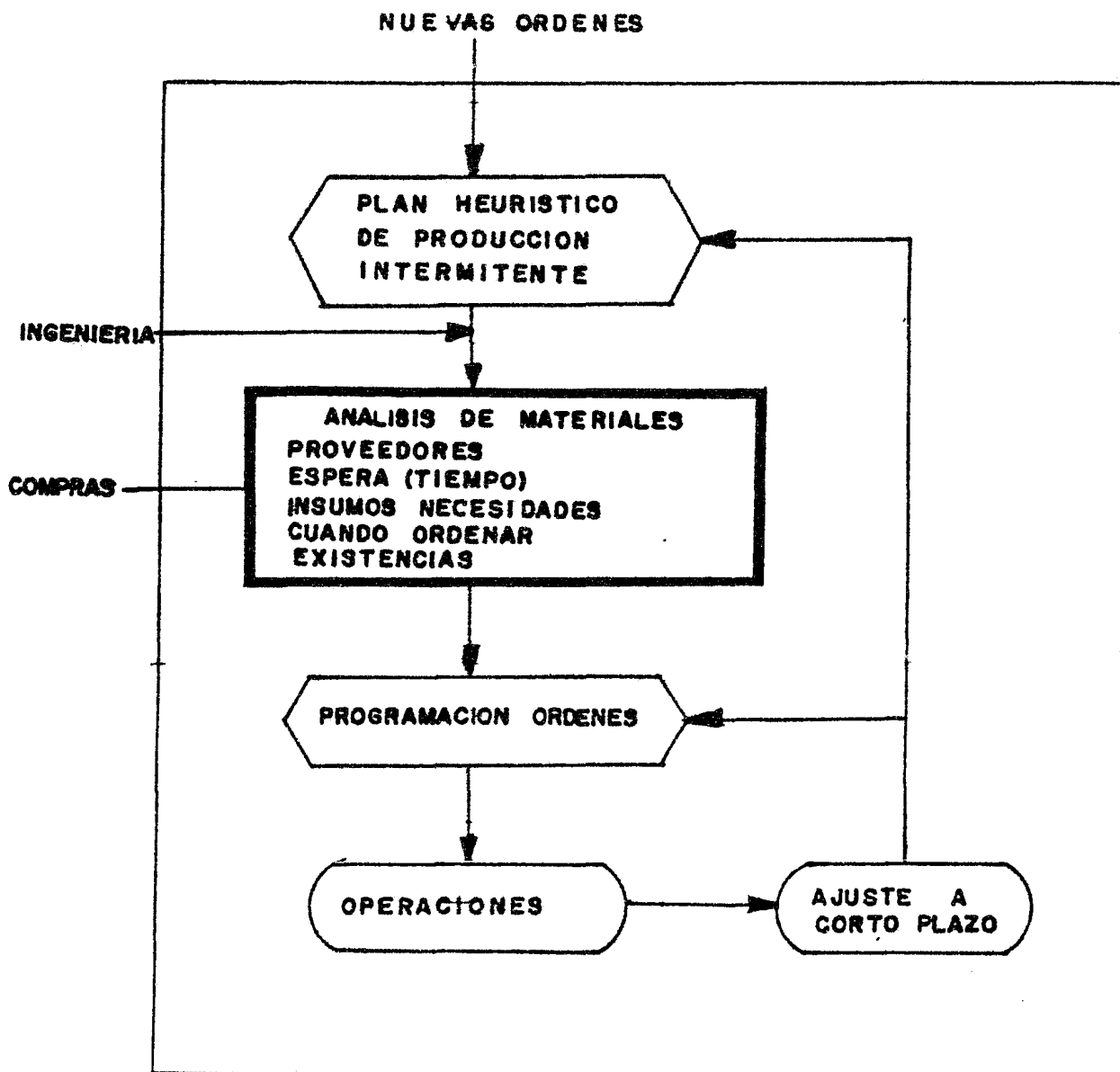
4.4.3 Información resultante

- 1.- ¿Qué comprar?
- 2.- ¿Cuánto comprar?
- 3.- ¿Cuándo comprar?
- 4.- ¿Cuándo va a llegar?
- 5.- Consumos

- 6.- Existencias de seguridad por mal manejo, desperdicio, etc.
- 7.- Consumos.

4.4.4 La función de inventarios y el sistema informativo

- 1.- Se calculan los requerimientos de materia prima y materiales, así como sus características y especificaciones (Planeación).
- 2.- Se fijan fechas para ordenar la compra, las cantidades deseadas óptimas, y el tiempo de llegada (Inventarios).
- 3.- Se ajustan fechas de entrega de materiales a producción, de acuerdo a los programas de trabajo (Programación).
- 4.- Se evalúa el estado de los materiales en proceso; detectar posibles reajustes por desperdicios, mal manejo y operación, defectos, etc., (Programación, ejecución, avance y control).



4.4.5 DIAGRAMA DE FLUJO INFORMATIVO EN INVENTARIOS

4.5 MODELOS DE INVENTARIOS EN SISTEMAS INTERMITENTES

4.5.1 Inventarios para producción intermitente

De los tres tipos de producción intermitente - que existen, el de producción abierta es el que mayor dificultad reviste para la adquisición y aseguramiento de sus materiales.

Sólo se adquieren los artículos, para un pedido comprometido de trabajo, y pocos talleres tienen inventarios para pedidos posteriores, entra en juego la probabilidad para que éstos se concreten.

Los datos de trabajos en años anteriores, y las posibilidades del mercado en la fecha corriente, determinan las condiciones de riesgo bajo las cuales se pueden determinar los inventarios.

Simbología empleada en los modelos de inventarios probabilísticos:

R = punto de re-orden, unidades

B = existencia de seguridad, unidades

L = tiempo base, unidades de tiempo

q = cantidad de orden

u = costo unitario por faltante

c = costo de almacenamiento por unidad y período.

A = costo de un reabastecimiento

u = tasa de consumo, unidades por -
período

\bar{u} , σ_u , $f(u)$, $F(u)$ = media, desviación estándar,
p.d.f. y c.d.f. de u

El esquema se ilustra, para un ciclo, en la Figura 1. Si el consumo es a una tasa de \bar{u} , habrá una existencia de seguridad B que se conserva al final del ciclo. La existencia al punto de orden se acomodará, por tanto, a una tasa de consumo incrementada, tal como se representa mediante la línea intermitente inferior para la cual $u = R/L$. Si la tasa de consumo es $u > R/L$, un faltante de

$$Lu - R = L(u - \frac{R}{L})$$

será el resultado, con costo condicional para cada ciclo en el que suceda de

$$kuL(u - \frac{R}{L})$$

y el costo esperado es dado por

$$kuL \int_{R/L}^{\infty} (u - \frac{R}{L}) f(u) du$$

Si el producto se hace en q unidades a la vez, en--

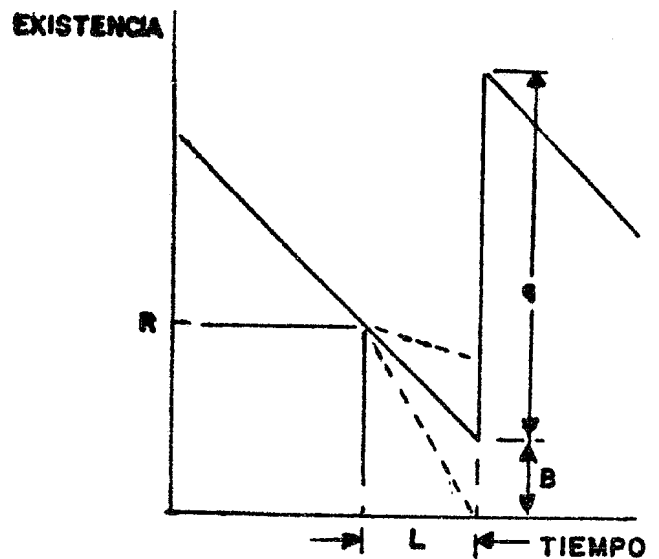


Fig. 1

tonces, a la larga, habrá \bar{u}/q ciclos de inventario en cada período. Así, el costo esperado por falta de existencias por período es

$$\frac{\bar{u}}{q} k_u L \int_{R/L}^{\infty} (u - \frac{R}{L}) f(u) du$$

A este costo debemos añadir el de mantenimiento de las existencias durante el tiempo base. Aquí diferenciamos dos casos distintos.

4.5.2 Cantidad de orden sin reserva de seguridad

La experiencia señala que una variación hasta de 14% en cada lado del lote económico resulta en un incremento de precio de cerca del 1%. Así, si la existencia de seguridad es pequeña en relación con el tamaño del lote, no se origina ningún problema de importancia si a cada punto de re-orden, los faltantes de seguridad creados en el último ciclo son añadidos a cada punto de re-orden. Por ejemplo, 500 artículos son ordenados en una ocasión, con una existencia de seguridad de 85; la última vez la existencia de seguridad estaba parcialmente agotada, por lo que sólo había 42 unidades en existencia en el momento que llegó el nuevo embarque. Así, $500 + (85 - 42) = 543$ sería la cantidad de la nueva orden.

El costo total de almacenamiento es el que se debe tanto al ciclo como al margen de seguridad. Debido a las variaciones en la demanda, el valor real

de B al final del ciclo puede variar, como se muestra en las dos líneas intermitentes de la Fig. 1. - El promedio de la cantidad de existencias de seguridad es dado por $B = R - L\bar{u}$, por lo que el costo promedio de almacenamiento es $c(R - L\bar{u})$. El costo esperado total de las existencias de seguridad es, por tanto,

$$C_B = c(R - L\bar{u}) + \frac{\bar{u}}{q} k_u L \int_{R/L}^{\infty} (u - \frac{R}{L}) f(u) du \quad (1)$$

Diferenciando para obtener un mínimo

$$\frac{dC_B}{dR} = c + \frac{\bar{u}}{q} k_u L \left(-\frac{1}{L}\right) F(u) \Big|_{R/L} = 0$$

$$c - \frac{\bar{u}}{q} k_u \left[1 - F\left(\frac{R^*}{L}\right) \right] = 0$$

$$F\left(\frac{R^*}{L}\right) = 1 - \frac{cq}{k_u \bar{u}} \quad (2)$$

La cantidad q de orden es determinada en forma separada por la fórmula del tamaño económico del lote, ya conocida

$$q^* = \sqrt{\frac{2A\bar{u}}{c}}$$

Ejemplo

La demanda anual está normalmente distribuida, con media de 5000 unidades y una desviación estándar de 100. Los costos de reabastecimiento son \$10- por cada vez. Los de almacenamiento son 10 ¢ por -

unidad anual y la pérdida por faltante es de 20 ¢ - por unidad. El tiempo de espera es de dos meses - - (1/6 del año). El tiempo de producción puede ser ignorado. Encuentre el punto de orden, la cantidad, la existencia de seguridad esperada y el costo óptimo.

Por lo anterior $q^* = \sqrt{\frac{2(10)(5000)}{0.1}} = \underline{1000 \text{ unidades}}$

Por (2) $F_N(6R^* | 5000, 100) = 1 - \frac{(0.1)(1000)}{(0.2)(5000)} = 0.9$

Por tabla 1, $z^* = 1.282$, por lo que

$$6R^* = \bar{u} + (1.282) \sigma_u = 5000 + (1.282)(100) = 5128.2$$

$$R^* = \frac{5128.2}{6} \approx \underline{855 \text{ unidades}}$$

$$B = R^* - L\bar{u} = \frac{5128.2 - 5000}{6} = \underline{21 \text{ unidades}}$$

Para encontrar C^* , note que para la distribución normal la integral en (1) es $\sigma_u L(z^*)$, por lo que la porción de C_B^* que pertenece a la existencia de seguridad es

$$C_B^* = c(R^* - L\bar{u}) + \frac{\bar{u}}{q^*} k_u L(z^*)$$

cuando $z^* = 1.282$ y $L(z^*)$ por tabla 11 es 0.04730.

$$C_B^* = (0.1)(21) + \frac{5000}{1000}(0.2)\frac{1}{6}(100)(0.04730) = 2.10 + 0.79 = \underline{\$2.89}$$

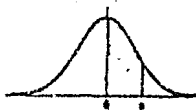
Además, el costo de conservar las existencias por ciclo debe considerarse. De la fórmula ya conocida:

$$C_C^* = \sqrt{2A\bar{u}c} = \sqrt{2(10)(5000)(0.1)} = \underline{\$100}$$

y

$$C^* = C_B^* + C_C^* = 2.89 + 100 = \underline{\$102.89}$$

Área
bajo la
Curva Estándar
normal
de 0 a z



z	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0.0	.0000	.0040	.0080	.0120	.0160	.0199	.0239	.0279	.0319	.0359
0.1	.0398	.0438	.0478	.0517	.0557	.0596	.0636	.0675	.0714	.0753
0.2	.0793	.0832	.0871	.0910	.0948	.0987	.1026	.1064	.1103	.1141
0.3	.1179	.1217	.1255	.1293	.1331	.1368	.1406	.1443	.1480	.1517
0.4	.1554	.1591	.1629	.1666	.1703	.1740	.1777	.1814	.1851	.1887
0.5	.1924	.1960	.1995	.2031	.2066	.2101	.2136	.2171	.2206	.2241
0.6	.2276	.2311	.2345	.2379	.2413	.2447	.2481	.2515	.2549	.2582
0.7	.2616	.2649	.2683	.2716	.2749	.2782	.2815	.2848	.2881	.2913
0.8	.2945	.2977	.3009	.3041	.3072	.3104	.3135	.3166	.3196	.3227
0.9	.3257	.3287	.3317	.3347	.3376	.3405	.3434	.3463	.3491	.3519
1.0	.3547	.3575	.3603	.3631	.3658	.3685	.3712	.3739	.3765	.3792
1.1	.3819	.3846	.3873	.3900	.3927	.3953	.3979	.4005	.4031	.4057
1.2	.4082	.4108	.4134	.4159	.4184	.4209	.4234	.4259	.4283	.4308
1.3	.4332	.4356	.4381	.4405	.4429	.4453	.4477	.4501	.4525	.4549
1.4	.4573	.4597	.4621	.4645	.4669	.4692	.4716	.4739	.4763	.4786
1.5	.4809	.4832	.4854	.4877	.4900	.4922	.4944	.4966	.4988	.5009
1.6	.5030	.5051	.5072	.5093	.5113	.5133	.5153	.5173	.5192	.5211
1.7	.5231	.5250	.5269	.5288	.5307	.5325	.5344	.5362	.5381	.5399
1.8	.5418	.5436	.5454	.5473	.5491	.5509	.5527	.5545	.5563	.5581
1.9	.5600	.5617	.5635	.5653	.5671	.5688	.5706	.5723	.5740	.5758
2.0	.5775	.5792	.5809	.5826	.5843	.5859	.5876	.5893	.5909	.5925
2.1	.5941	.5957	.5973	.5989	.6005	.6021	.6036	.6052	.6067	.6082
2.2	.6098	.6113	.6128	.6143	.6158	.6173	.6188	.6203	.6218	.6232
2.3	.6247	.6261	.6276	.6290	.6305	.6319	.6334	.6348	.6362	.6376
2.4	.6390	.6404	.6418	.6432	.6446	.6460	.6474	.6488	.6502	.6516
2.5	.6530	.6544	.6558	.6572	.6586	.6600	.6614	.6628	.6642	.6656
2.6	.6670	.6684	.6697	.6711	.6725	.6738	.6752	.6766	.6779	.6793
2.7	.6807	.6820	.6834	.6847	.6860	.6874	.6887	.6900	.6913	.6926
2.8	.6939	.6952	.6965	.6978	.6991	.7004	.7017	.7030	.7043	.7056
2.9	.7069	.7081	.7094	.7106	.7118	.7130	.7142	.7154	.7166	.7178
3.0	.7189	.7201	.7212	.7224	.7235	.7246	.7257	.7268	.7278	.7289
3.1	.7299	.7309	.7318	.7328	.7337	.7347	.7356	.7365	.7374	.7383
3.2	.7392	.7401	.7410	.7419	.7427	.7436	.7445	.7453	.7461	.7469
3.3	.7477	.7485	.7493	.7501	.7509	.7517	.7525	.7533	.7541	.7549
3.4	.7556	.7564	.7571	.7579	.7586	.7594	.7601	.7608	.7615	.7623
3.5	.7630	.7637	.7644	.7651	.7658	.7665	.7672	.7679	.7686	.7692
3.6	.7699	.7705	.7712	.7718	.7724	.7730	.7736	.7742	.7748	.7754
3.7	.7759	.7765	.7770	.7776	.7781	.7786	.7791	.7796	.7801	.7806
3.8	.7811	.7816	.7821	.7826	.7831	.7836	.7841	.7846	.7851	.7856
3.9	.7859	.7864	.7869	.7874	.7879	.7883	.7888	.7893	.7898	.7902

Tabla I

Integral de pérdida normal unitaria,*
 $L(z) = \int_z^\infty (x-z) \phi(x) dx$

z	.00	.01	.02	.03	.04	.05	.06	.07	.08	.09
0	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000	.0000
.1	.0000	.0004	.0008	.0012	.0016	.0020	.0024	.0028	.0032	.0036
.2	.0040	.0044	.0048	.0052	.0056	.0060	.0064	.0068	.0072	.0076
.3	.0080	.0084	.0088	.0092	.0096	.0100	.0104	.0108	.0112	.0116
.4	.0120	.0124	.0128	.0132	.0136	.0140	.0144	.0148	.0152	.0156
.5	.0160	.0164	.0168	.0172	.0176	.0180	.0184	.0188	.0192	.0196
.6	.0200	.0204	.0208	.0212	.0216	.0220	.0224	.0228	.0232	.0236
.7	.0240	.0244	.0248	.0252	.0256	.0260	.0264	.0268	.0272	.0276
.8	.0280	.0284	.0288	.0292	.0296	.0300	.0304	.0308	.0312	.0316
.9	.0320	.0324	.0328	.0332	.0336	.0340	.0344	.0348	.0352	.0356
1.0	.0360	.0364	.0368	.0372	.0376	.0380	.0384	.0388	.0392	.0396
1.1	.0400	.0404	.0408	.0412	.0416	.0420	.0424	.0428	.0432	.0436
1.2	.0440	.0444	.0448	.0452	.0456	.0460	.0464	.0468	.0472	.0476
1.3	.0480	.0484	.0488	.0492	.0496	.0500	.0504	.0508	.0512	.0516
1.4	.0520	.0524	.0528	.0532	.0536	.0540	.0544	.0548	.0552	.0556
1.5	.0560	.0564	.0568	.0572	.0576	.0580	.0584	.0588	.0592	.0596
1.6	.0600	.0604	.0608	.0612	.0616	.0620	.0624	.0628	.0632	.0636
1.7	.0640	.0644	.0648	.0652	.0656	.0660	.0664	.0668	.0672	.0676
1.8	.0680	.0684	.0688	.0692	.0696	.0700	.0704	.0708	.0712	.0716
1.9	.0720	.0724	.0728	.0732	.0736	.0740	.0744	.0748	.0752	.0756
2.0	.0760	.0764	.0768	.0772	.0776	.0780	.0784	.0788	.0792	.0796
2.1	.0800	.0804	.0808	.0812	.0816	.0820	.0824	.0828	.0832	.0836
2.2	.0840	.0844	.0848	.0852	.0856	.0860	.0864	.0868	.0872	.0876
2.3	.0880	.0884	.0888	.0892	.0896	.0900	.0904	.0908	.0912	.0916
2.4	.0920	.0924	.0928	.0932	.0936	.0940	.0944	.0948	.0952	.0956
2.5	.0960	.0964	.0968	.0972	.0976	.0980	.0984	.0988	.0992	.0996
2.6	.1000	.1004	.1008	.1012	.1016	.1020	.1024	.1028	.1032	.1036
2.7	.1040	.1044	.1048	.1052	.1056	.1060	.1064	.1068	.1072	.1076
2.8	.1080	.1084	.1088	.1092	.1096	.1100	.1104	.1108	.1112	.1116
2.9	.1120	.1124	.1128	.1132	.1136	.1140	.1144	.1148	.1152	.1156
3.0	.1160	.1164	.1168	.1172	.1176	.1180	.1184	.1188	.1192	.1196
3.1	.1200	.1204	.1208	.1212	.1216	.1220	.1224	.1228	.1232	.1236
3.2	.1240	.1244	.1248	.1252	.1256	.1260	.1264	.1268	.1272	.1276
3.3	.1280	.1284	.1288	.1292	.1296	.1300	.1304	.1308	.1312	.1316
3.4	.1320	.1324	.1328	.1332	.1336	.1340	.1344	.1348	.1352	.1356
3.5	.1360	.1364	.1368	.1372	.1376	.1380	.1384	.1388	.1392	.1396
3.6	.1400	.1404	.1408	.1412	.1416	.1420	.1424	.1428	.1432	.1436
3.7	.1440	.1444	.1448	.1452	.1456	.1460	.1464	.1468	.1472	.1476
3.8	.1480	.1484	.1488	.1492	.1496	.1500	.1504	.1508	.1512	.1516
3.9	.1520	.1524	.1528	.1532	.1536	.1540	.1544	.1548	.1552	.1556

Tabla II

* From: E. Scholten, Probability and Statistics for Business Decisions, McGraw-Hill, Nueva York 1969, págs. 794, 797.

4.5.3 Modelo conjunto de pedido y reserva de seguridad

Cuando la existencia de seguridad es relativamente grande respecto al ciclo de existencias, la ecuación para el costo total C debe incluir los términos para el ciclo y debe conducir a una solución simultánea, tanto para q^* como para R^* . Las existencias promedio son ahora las de seguridad más la mitad de las del ciclo, o sea, $R - L\bar{u} + (q/2)$. Por tanto,

$$C = c(R - L\bar{u} + \frac{q}{2}) + \frac{\bar{u}}{q} k_u L \int_{R/L}^{\infty} (u - \frac{R}{L}) f(u) du + \frac{A\bar{u}}{q} \quad (3)$$

Los valores óptimos R^* y q^* se obtienen de

$$\frac{\partial C}{\partial R} = c - \frac{\bar{u}}{q} k_u \left[1 - F\left(\frac{R^*}{L}\right) \right] = 0$$

lo que nuevamente da (2), y

$$\frac{\partial C}{\partial q} = \frac{c}{2} - \frac{\bar{u}}{q^2} \left[A + k_u L \int_{R/L}^{\infty} (u - \frac{R}{L}) f(u) du \right] = 0 \quad (4)$$

Ejemplo

Reelaborando los datos del ejercicio (4.5.2), mediante la consideración simultánea del punto y la cantidad de orden.

Ya que la demanda mencionada es de distribución normal, la integral en (4) se reduce a $\sigma_u L(z)$, cuando $z = [(R/L) - \bar{u}] / \sigma_u$ de lo que

$$q = \left\{ \frac{2\bar{u}}{c} \left[A + k_u L \sigma_u L(z) \right] \right\}^{1/2} \quad (5)$$

Como primer ensayo usamos $q = 1000$ unidades y, en consecuencia, $z = 1,282$. El lado derecho de (5) nos produce entonces

$$\left\{ \frac{2(5000)}{0.1} \left[10 + (0.2) \frac{1}{6} (100)(0.4730) \right] \right\}^{1/2} = 1007.85$$

Esto no concuerda con $q = 1000$; por lo tanto tratamos $q = 1008$. Por (2)

$$F\left(\frac{R^*}{L}\right) = \frac{(0.1)(1008)}{(0.2)(5000)} = 0.8992$$

Tabla - 1, $z = 1,277$, y (5) nos da

$$q = \left\{ 100\,000 \left[10 + (3.33)L(z) \right] \right\}^{1/2} = \left\{ 100\,000 \left[10 + (3.33)(0.04780) \right] \right\}^{1/2} \cong 1\,008 \text{ unidades}$$

La concordancia es bastante buena para que finalicemos el proceso de iteración.

$q^* = 1008$ unidades, $z^* = 1.277$ $R^* = L(\bar{u} + \sigma_u z^*) = \underline{855 \text{ unidades des.}}$

La existencia de seguridad es $B = 21$ unidades, como antes, ya que las R son prácticamente las mismas.

Para obtener C^* , sustituimos q^* en (4) y después multiplicamos por q^* . Reacomodando,

$$\frac{cq^*}{2} - \frac{A\bar{u}}{q^*} = W$$

donde W es el término integral de (3). Sustituyendo para W en (3) obtenemos

$$C^* = c\left(R^* - L\bar{u} + \frac{q^*}{2}\right) + \frac{cq^*}{2} - \frac{A\bar{u}}{q^*} + \frac{A\bar{u}}{q^*} = c(R^* - L\bar{u} + q^*) \quad (6)$$

la cual está libre de distribución, o sea, no depende de $f(u)$. Sustituyendo,

$$C^* = (0.1)(21 + 1008) = \$ 102.90$$

Esta es virtualmente la misma respuesta que en (4.5.2). Se ve con claridad por estos datos que los cálculos separados para el ciclo de existencias y las de seguridad o punto de re-orden se justifican. Cuando no es así, se debe utilizar el método iterativo.

4.5.4 Modelo conjunto probabilístico

Un taller ha estudiado la demanda de un cierto tipo de trabajo en los últimos años (ver tabla 1) y desean determinar sus existencias.

Deberá emplearse la tabla uno para estimar el punto de orden y la cantidad para un solo ciclo productivo. Los reabastecimientos cuestan \$ 25 cada uno, hay un cargo de almacenamiento de 20 cents. por pieza anual y un costo de faltante de 40 cents. por artículo. El tiempo base es de $1 \frac{1}{2}$ meses ($\frac{1}{8}$ de año). Suponga que las existencias de seguridad y las del ciclo deberán calcularse en forma separada.

Tabla 1

Demanda unidades/año	Probabilidad
1000-1999	0.02
2000-2999	0.08
3000-3999	0.10
4000-4999	0.20
5000-5999	0.35
6000-6999	0.25

En este caso, el método del ejemplo 4.5.2 debe aplicarse a una distribución empírica. Primero, -- construimos la tabla dos usando los puntos medios u y sumando para obtener la distribución acumulativa $F(u)$.

Tabla 2

u	$f(u)$	$F(u)$
1500	0.02	0.02
2500	0.08	0.10
3500	0.10	0.20
4500	0.20	0.40
5500	0.35	0.75
6500	0.25	1.00

por lo que $\bar{u} = \sum uf(u) = 5030$

$$q^* = \sqrt{\frac{2(25)(5030)}{0.2}} \approx 1121 \text{ unidades}$$

$$y \quad F(R^*/L) = 1 - \frac{(0.2)(1121)}{(0.4)(5030)} = 0.8886$$

Este nivel de servicio deberá interpolarse en el -- que es, evidentemente, el más alto intervalo de clase. Empieza con 6 000 para el cual $F(u) = 0.75$. Ne-

cesitamos un $(0.8886 - 0.75)$ adicional fuera de los 0.25 de los datos en los intervalos de clase. La cantidad a adicionar a 6 000 es, por tanto,

$$\frac{0.8886 - 0.75}{0.25} (999) \approx 554$$

Siendo ahí, 999 artículos en el intervalo de clase. Así $R^*/L = 6\,554$ y

$$R^* = \frac{6554}{8} \approx 819 \text{ artículos}$$

$$B^* = 819 - \frac{5030}{8} \approx 190 \text{ artículos}$$

Para obtener C_B^* , tenemos que por la integral - en uno en forma finita; esto es

$$\sum_{R^*/L}^{\infty} \left(u - \frac{R^*}{L}\right) f(u) = \sum_{R^*/L}^{\infty} u f(u) - \frac{R^*}{L} \sum_{R^*/L}^{\infty} f(u)$$

El primer término a la derecha es el primer momento respecto al origen de todos los datos que se encuentran sobre $R^*/L = 6\,554$. Como se muestra en la Fig. 1, la única área que califica es parte del intervalo de la clase más alta. La probabilidad asociada con ella es $1 - 0.8886 = 0.1114$, y la distancia a su centroide es

$$\frac{1}{2}(6554 + 6999) = 6776.5$$

El segundo término es

$$\frac{R^*}{L} R\left(\frac{R^*}{L}\right) = (6554)(0.1114)$$

La suma es, por tanto,

$$(6776.5)(0.1114) - (6554)(0.1114) = 24.79$$

Por lo que (1) da

$$C_B^* = (0.2) \left(819 - \frac{5030}{8} \right) + \frac{5030}{1121} (0.4) \left(\frac{1}{8} \right) \quad (24.79)$$

$$= 38.05 + 5.56 = \$ 43.61$$

Para la existencia del ciclo $C_C^* = \sqrt{2(25)(5030)(0.2)}$

$$= \$224.28, \text{ por lo que}$$

$$C^* = 43.61 + 224.28 = \underline{\underline{\$267.89}}$$

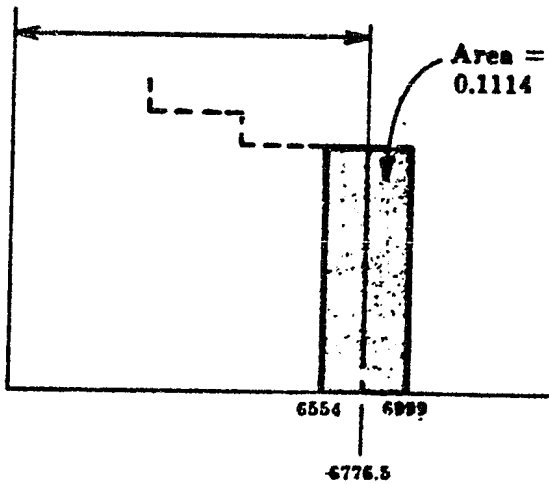


Fig. 1

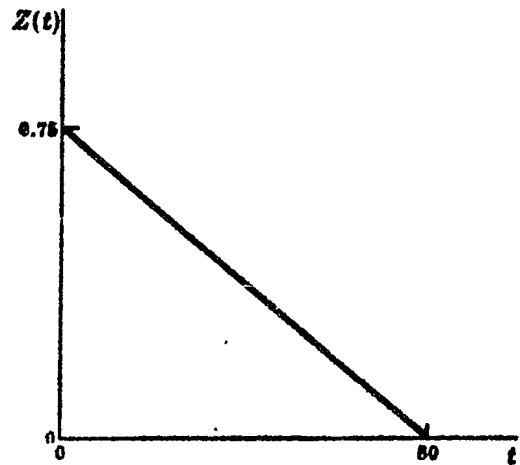


Fig. 2

CAPITULO V

PROGRAMACION DE LA PRODUCCION

5.1 PROGRAMACION

5.1.1 La función de programación

La función de programación es convertir una orden de producción, en asignación de cargas de máquinas para realizar las diversas operaciones específicas en los centros de trabajo, con tiempos de iniciación y terminación para cada tarea.

La predicción de la demanda suministra una estimación de la demanda para cada producto durante un período de tiempo. La planeación de la producción, desarrolla un plan sincronizado que relaciona y equilibra los recursos con los requerimientos durante el mismo período de tiempo. El manejo de inventarios regula el flujo de materiales, partes y productos hacia dentro, a través y hacia fuera del sistema productivo. La programación de las operaciones es la asignación de éstas a máquinas determinadas tomando en cuenta las restricciones de precedencia.

5.1.2 Programación continua e intermitente

Se han desarrollado varias técnicas para programar, lo que demuestra la gran variedad de tipos de fabricación que existen, y la complejidad de las operaciones productivas asociados a las mismas.

Los procedimientos van desde la aplicación úni

camente del sentido común, tomando como enfoque - - práctico, hasta sofisticados algoritmos matemáticos, empleando a menudo la combinación de varias técnicas, para realizar la función de programación.

En la producción continua o estándar, el problema de la programación está en gran parte resuelto, ya que los problemas se resuelven al diseñar - las líneas de producción. Se fijan las secuencias de las operaciones productivas, se balancean las líneas y se determina la tasa básica de producción. - Para un período de producción en particular, se determina por cuantas horas se va a producir, si se va a emplear tiempo extra, o si se aumenta o disminuye el número de turnos, o bien subcontratar parte del trabajo o cambiar la tasa básica de producción, aumentando o reduciendo la mano de obra y balanceando las líneas de producción nuevamente.

En la producción intermitente o por pedido (taller), ninguna decisión de programación, está integrada con el proceso de fabricación, puesto que en cada trabajo se debe establecer un proceso único, o sea determinar la secuencia necesaria en las máquinas de proceso múltiple, para fabricar el producto. En muchos casos es importante sólo un conjunto conocido de productos, y con sólo algunas modificaciones, lo que da otra variante importante a los sistemas intermitentes, y signifique que la secuencia de operaciones sea normalmente fija a excepción de trabajos especiales, ayudando notablemente a que se pueda determinar la demanda, y con ello planear la existencia de materiales, materia prima y contratación de mano de obra.

5.1.3 Objetivos de la programación

- 1.- Minimizar el inventario medio de proceso.
- 2.- Minimizar el tiempo medio de fabricación.
- 3.- Minimizar el número medio de productos pendientes.
- 4.- Minimizar las pérdidas de materia prima.
- 5.- Minimizar los retrasos.
- 6.- Minimizar los costos asociados con la producción.
- 7.- Maximizar el uso de máquinas y personal.
- 8.- Maximizar la terminación de órdenes a clientes diversos.
- 9.- Maximizar la entrega a clientes que pagan mejor o compran a mayor volumen.
- 10.- Maximizar la eficiencia secuencial.

La naturaleza y complejidad de la función de programación, varía enormemente entre los diferentes sistemas de fabricación, de tal forma que al hacer la asignación y secuenciación de los trabajos, se deben tomar en cuenta el objetivo que se persigue, al considerar el o los propósitos antes señalados, observando su interdependencia favorable o contradictoria.

En los sistemas intermitentes, es casi imposible lograr una alta utilización de los equipos y del personal, así como altos inventarios en proceso, agotada la existencia de materia prima y constante-

tiempo extra.

5.1.4 Restricciones de programación

En las técnicas para programar, se toman varios supuestos que son útiles, para establecer un programa, aunque también en cierta medida, pueden limitar la utilidad del mismo cuando alguno de los supuestos varía enormemente con la realidad. El grado de estas suposiciones varía para los diferentes sistemas de producción.

- 1.- Las máquinas están siempre disponibles.
- 2.- Las máquinas nunca se dañan.
- 3.- Los tiempos de preparación son conocidos.
- 4.- Los tiempos de proceso son conocidos.
- 5.- Las operaciones no se pueden dividir, ni combinar con otras o estar superpuestas.
- 6.- Cada operación iniciada en una máquina, debe terminarse, antes de comenzar con otra en la misma máquina.
- 7.- Los tiempos de operación, son independientes de la secuencia en que se ejecutan.
- 8.- Las fechas de terminación de órdenes, son conocidas y fijas.
- 9.- Las secuencias de operación son fijas.
- 10.- No habrá demoras por falta de material.
- 11.- Hay espacio suficiente para el material en proceso.
- 12.- No habrá ausentismo ni accidentes.

5.1.5 Reglas de decisión para programación

Son reglas de decisión lógicas para programar operaciones en máquinas. Suministran una manera - - práctica de llegar a buenos programas, aunque por - lo general no son los óptimos. Un buen programa persigue: 1) todas las órdenes de producción se terminan a su debido tiempo, 2) el tiempo ocioso en cada máquina debe ser mínimo, y 3) no exista acumulación de trabajos en proceso entre máquinas.

El objetivo de los programas es minimizar la suma de los costos asociados por los atrasos, el tiempo ocioso y el inventario de trabajo en proceso. La mayoría de las reglas de decisión están diseñadas para minimizar uno sólo de los tres factores antes mencionados. Las reglas de decisión más típicas son:

1.- Al que llega primero se le atiende primero: Las operaciones se colocan en línea a medida que llegan a una máquina. Se procesan secuencialmente, esta regla es la más usada y la más difícilde implementar y es satisfactoria en muchas situaciones.

2.- Al último que llega se le atiende primero: Parecida a la anterior, usada cuando las operaciones se acumulan, la operación que está encima se hace a continuación por ser lo que más conviene. La inconveniencia es que las operaciones de la base de acumulamiento esperan mucho tiempo.

3.- La operación más corta primero: Entre las operaciones que esperan en una máquina se escoge la

que tenga el menor tiempo de procesamiento, esta regla minimiza el tiempo ocioso en especial cuando el trabajo fluye entre varias máquinas. El inconveniente es que las operaciones largas quedan estancadas por largo tiempo.

4.- La operación más larga primero: Esta regla es útil cuando la planta está operando por encima de su capacidad o en ella. También se utiliza para subcontratar los trabajos más pequeños o menos rentables.

5.- Fecha de terminación más próxima: Se procesa la operación que tenga más cerca la fecha de terminación planificada, para minimizar el retraso general de las órdenes.

6.- Mínimo tiempo de demora por operación: Para cada operación que espera procesamiento en una máquina, el tiempo restante de proceso en otra máquina de esta orden se resta del tiempo remanente total antes de la fecha de terminación planificada. Este resultado se divide luego por el número de operaciones subsiguientes en este orden en total. La operación para la cual este valor sea menor, se realiza primero. Esta regla funciona muy bien para un gran taller.

7.- Selección al azar: La operación que se debe procesar primero entre las que esperan se escoge al azar.

La elección de una regla de decisión así como de su mantenimiento depende del criterio que se use, del tamaño de la planta, de la naturaleza de los pedidos recibidos, de los tamaños de los pedidos. A -

medida que las situaciones cambian, la regla tiene que ser cambiada o bien modificada, se debe controlar el desempeño de la regla manteniendo registros de tiempo ocioso, porcentaje de órdenes cumplidas y acumulación de inventario de trabajo en proceso.

5.1.6 Secuenciación

1.- Cargar las máquinas: Las órdenes de producción se convierten en tareas específicas. Se determinan los requerimientos de mano de obra, máquinas y materiales. Las tareas se asignan a las máquinas. Cuando son posibles las asignaciones alternativas, se debe tener en cuenta la carga de trabajo existente en las máquinas alternativas. Todas las órdenes de trabajo de producción, planeadas o no, deben ir a través de este paso.

2.- Evaluar la carga de trabajo: Se determinan los requerimientos agregados de mano de obra, tiempo de máquina y materiales para cada máquina, y se comparan luego con las capacidades correspondientes. Dependiendo del resultado, se toman decisiones en relación a los cambios en el tamaño de la fuerza de trabajo, cambios en la tasa de producción, cantidad de tiempo extra, cambio en el número de turnos, y si se debe recurrir a subcontratos. Todas estas operaciones deben de amoldarse al plan general y deben de aprobarse las desviaciones significativas. Se comprueban las necesidades de materias primas y subensambles. Si no existen en inventario cantidades suficientes para producir la cantidad total requerida, debe decidirse si se ha de producir una -

orden parcial. En todo caso, los materiales y los subensambles asignados a órdenes de producción ya aprobados, no estarán en disponibilidad para otros usos.

3.- Poner en secuencia los trabajos en cada máquina: Aquí debemos establecer el orden en que deben efectuarse todas las tareas asignadas a cada máquina. Las relaciones de precedencia entre las tareas de la misma orden de producción deben de seguirse. También se deben observar las prioridades vigentes. Solamente se ordenan aquellas tareas para las cuales se cuenta con una provisión suficiente de materias primas.

4.- Desarrollar un programa detallado: Todas las decisiones anteriores se ponen ahora sobre una escala de tiempo, libre de cualquier clase de conflictos.

5.2 INFORMACION PARA PROGRAMAR

5.2.1 Información requerida

- 1 Plan de producción y alternativas
- 2 Pronóstico de producción
- 3 Cantidad a producir
- 4 Lote económico
- 5 Tasa de producción
- 6 Materiales y materia prima requerida
- 7 Capacidad de máquinas
- 8 Número de máquina
- 9 Ruta de trabajo o proceso
- 10 Números de operaciones por producto
- 11 Tiempos de preparación y producción
- 12 Mano de obra por categorías
- 13 Eficiencias: Mano de obra y maquinaria por cada centro de trabajo
- 14 % de desperdicio
- 15 Cargas de trabajo
- 16 Programa de mantenimiento
- 17 Calendario de trabajo anual
- 18 Líneas de espera
- 19 Tiempos de entrega

5.2.2 Procedimiento para programar

1.- Convertir la orden de producción en requerimientos: a) maquinaria (Hrs), b) mano de obra, - c) materiales. Considerar eficiencias y % de desperdicio. A-2

2.- Comparar requerimientos contra capacidad y recursos disponibles.

i).- Los requerimientos son menores. A-3

ii).- Los requerimientos son mayores. A-4

iii).- Los requerimientos son iguales. A-5

3.- Determinación de la capacidad adicional:

i).- Sin modificar la tasa de producción ni el balanceo de líneas: a) tiempo extra, b) turnos adicionales, c) subcontratos. A-5

ii).- Modificar la tasa de producción y la fuerza de trabajo. Se vuelven a equilibrar las líneas de producción. A-6

4.- Emplear el exceso de capacidad

i).- Sin modificar la tasa de producción ni el balanceo de líneas: a) aumentar el inventario de productos terminados, b) negociar nuevas órdenes de producción.

ii).- Modificar la tasa de producción, reducir tasa y personal. A-6

5.- Tasa de producción invariable y las líneas de producción balanceadas. A-7

6.- Modificación de tasa productiva y volver a equilibrar líneas de producción. A-7

7.- Comparar si el plan del período de programación, está dentro de los límites del presupuesto y el plan de producción maestro.

i).- Está dentro de los límites. A-10

ii).- Está fuera de los límites. A-8

8.- Aprobación de la desviación del plan de operaciones general o maestro.

i).- Aprobación. A-10

ii).- Desaprobación. A-9

9.- Determinar la alternativa más adecuada dentro del plan de operaciones, considerando la optimización en el uso de recursos, los costos asociados y sus consecuencias económicas. A-10

10.- Establecer la secuencia de las operaciones, en cada centro de trabajo y en cada máquina. - A-11

11.- Generar programas de producción detallados para el ciclo de operaciones.

5.2.3 Información resultante

1.- Programa de producción por departamento o centro productivo y por cada máquina (Programación y ejecución)

- a) ¿Qué va a fabricarse?
- b) ¿Cuánto va a fabricarse?
- c) ¿Dónde va a fabricarse?

2.- Carga de máquinas u orden de trabajo por cada máquina y por centros de trabajo (Ejecución, avance y control).

3.- Secuencia y alternativas, si el proceso no es fijo (Ejecución).

4.- Ruta de operaciones y/o descripción del proceso (Ejecución).

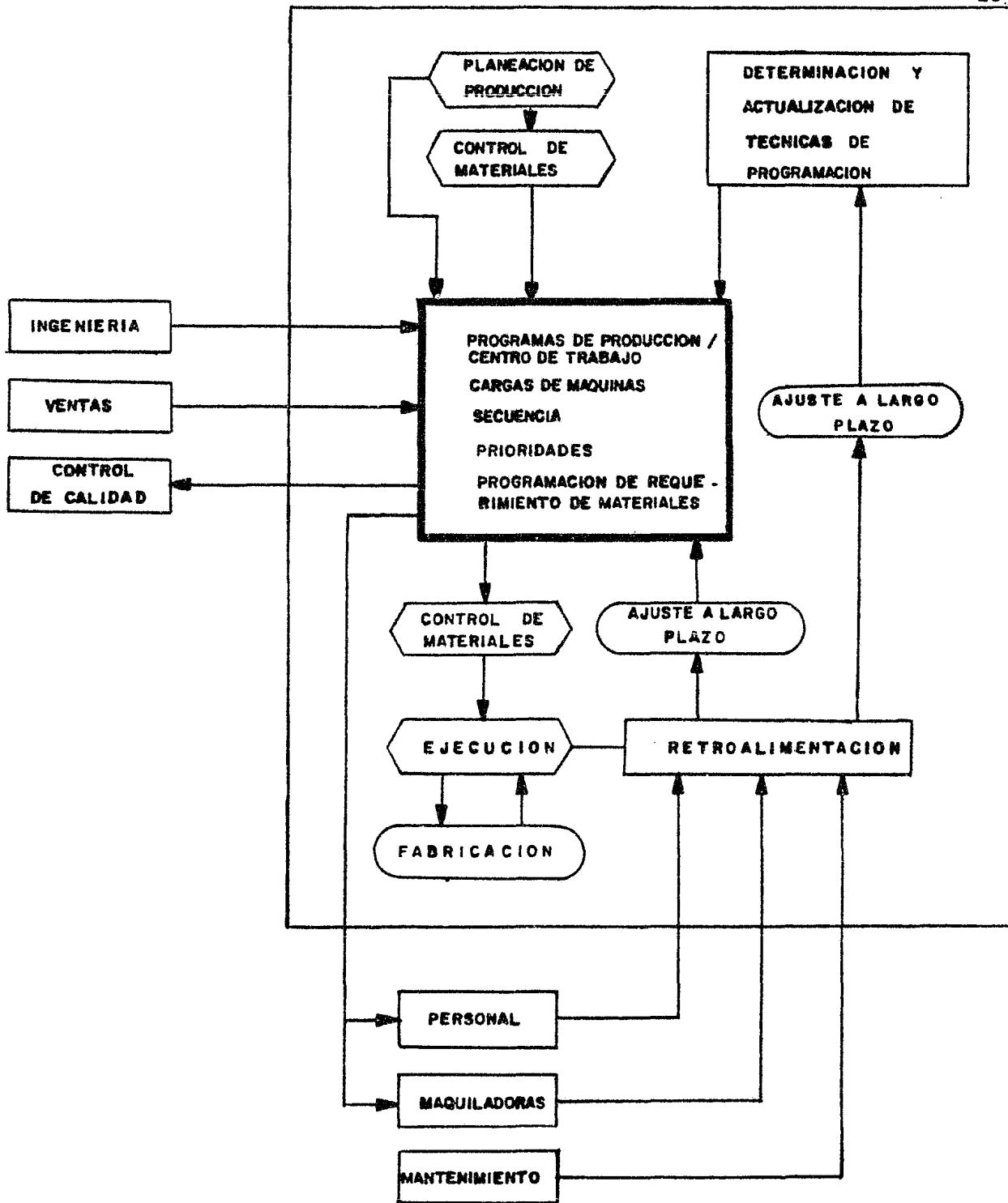
- a) Número de operación
- b) Descripción de la operación
- c) Máquina o equipo
- d) Tiempo de preparación
- e) Tiempo de proceso
- f) Número de herramientas
- g) Gente total requerida
- h) Material a emplear

5.- Materiales y materia prima a emplearse (Inventarios).

6.- Eficiencias y estándar de trabajo (Ejecución).

5.2.4 Programación y el sistema informativo

- 1 Plan de producción general o maestro (Planeación).
- 2 Existencia de materiales y productos terminados de control de materiales (Inventarios).
- 3 Capacidad de planta (Ingeniería)
- 4 Programa de producción (Ejecución, avance y control).
- 5 Programa de requerimiento de materiales y materia prima (Inventarios).
- 6 Lista de gente especializada requerida.
- 7 Informe del avance de la producción (Ejecución, avance y control).



5.2.5 DIAGRAMA DE FLUJO EN LA FUNCION DE PROGRAMACION

5.3 TECNICAS DE PROGRAMACION EN SISTEMAS DE PRODUCCION CONTINUA

5.3.1 Tamaño óptimo del lote de producción para un solo producto

El objeto de determinar el tamaño del lote óptimo de producción, es el de minimizar los costos asociados con las corridas de producción y los costos de llevar el inventario de los productos fabricados.

Los costos asociados con la producción son:

1.- Preparación de maquinaria.- Adecuación del equipo y maquinaria con moldes, plantillas, nuevas herramientas de operación, o sea dispositivos propios para el nuevo o nuevos tipos de productos que se requiere producir.

2.- Cambio y manejo de nuevos materiales y materia prima, relacionados con la calidad de diseño para el diferente producto a fabricar.

3.- Comprobación de la nueva producción.- Prueba de funcionamiento de la nueva producción. El producto debe reunir la calidad especificada y se debe de uniformizar el proceso productivo.

4.- Formulación de diversas órdenes y pedidos. Los relacionados al almacén de materiales y materia prima, a control de calidad, ingeniería de planta, departamentos técnicos, etc., con el objeto de llevar a cabo la nueva corrida de producción.

Los costos asociados de llevar el inventario - son:

1.- Costo de Inversión. Es el interés que se - podría obtener en emplear el capital en otros ren-- glones.

2.- Costo de Almacenaje. Se refiere al costo - del espacio ya sea rentado o propio (depreciación - del edificio), mantenimiento de anaqueles, calefac- ción, luz, etc.

3 - Costo por Desperfectos. Son los deterioros, roturas, descomposición, corrosión, oxidación, que - sufren los productos como riesgo de un largo almace - naje o por ser grande la cantidad de ellos en alma- cenaje. Estos productos por lo general bajan de va- lor, o lo pierden totalmente.

4.- Costo por Obsolescencia. Pérdida del valor del artículo por haber disminuido la demanda por - él.

5.- Costo de Seguros. Póliza que cubre posi-- bles siniestros.

6.- Costo por Impuesto. Impuesto gubernamental aplicado sobre el valor del producto almacenado, re - presenta un costo.

7.- Costo de Personal. Costos por mano de obra empleada en el manejo, recuentos físicos, cuidado - que requiere el producto.

8.- Costo por Faltante. Es la percepción que - se pierde por falta de productos que satisfagan com - pletamente la demanda.

Todos estos tipos de costos se tratan con mayor detalle en el capítulo de inventarios.

La suma de todos los costos antes señalados nos representa el llamado costo total incremental. Quedan marginados los costos de los materiales y de la mano de obra implicada en la fabricación directa, ya que éstos se cargan al producto y se consideran fijos por unidad.

Las siguientes figuras nos muestran la relación producción demanda Fig. 1 y el costo total incremental por ciclo o corrida de producción Fig. 2

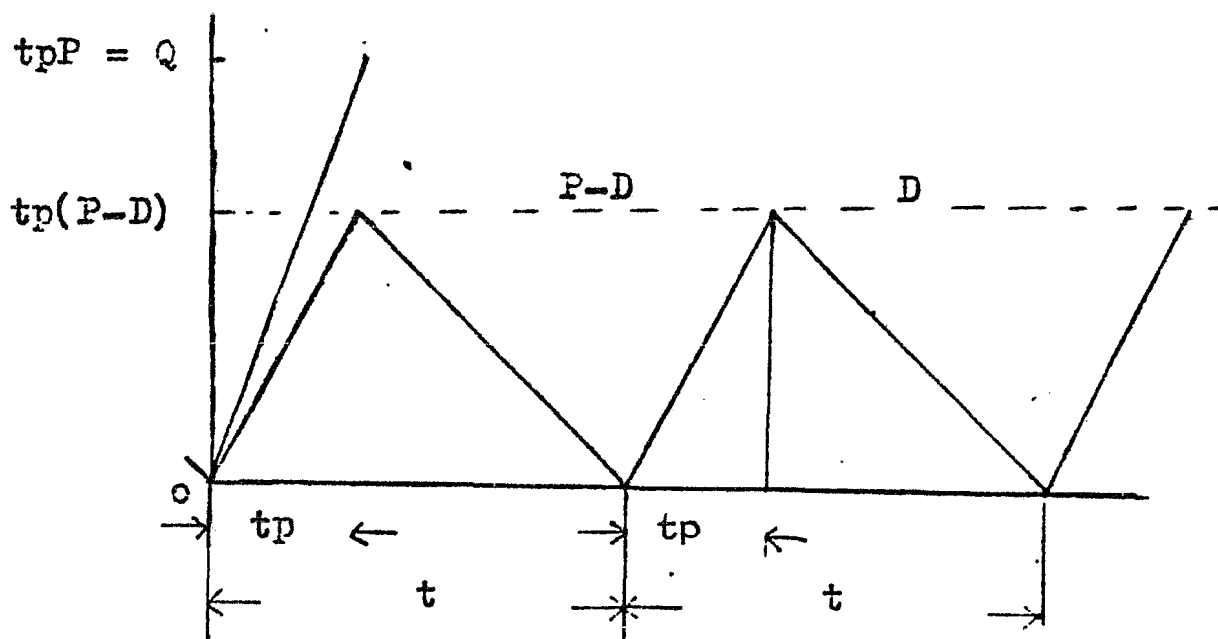
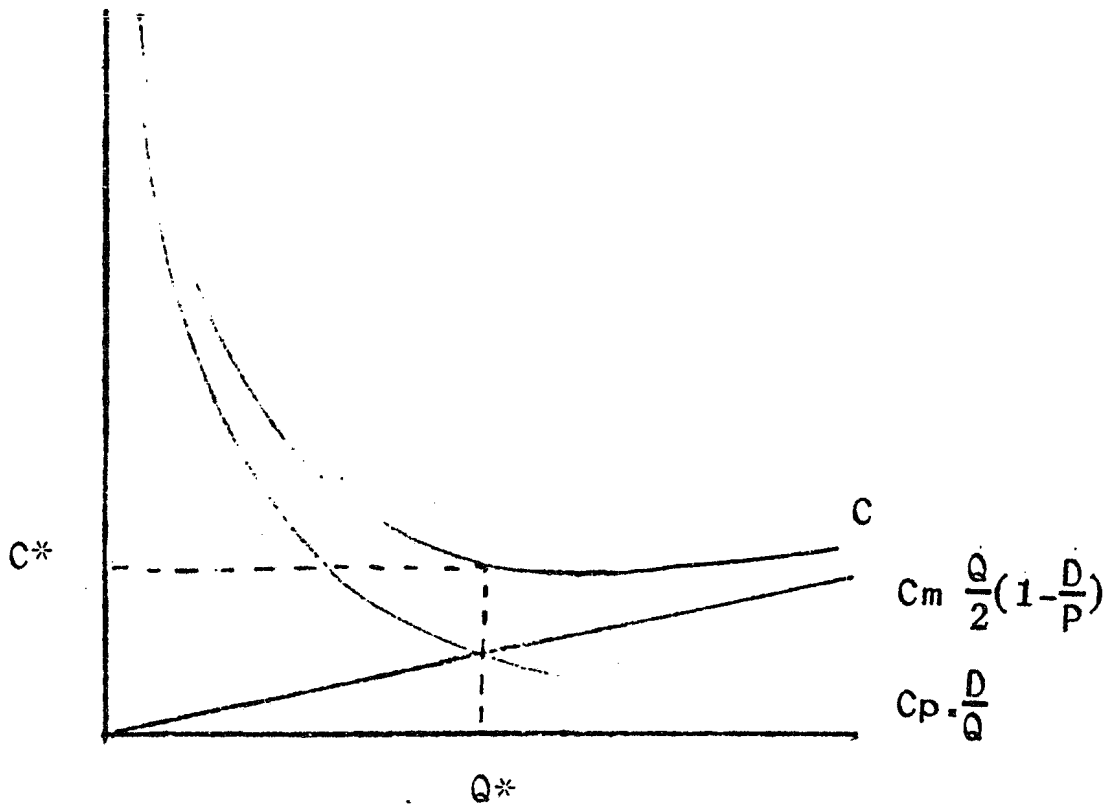


Fig. 1



Simbología

- R = Requerimientos anuales de la demanda
- C_p = Costo de preparación de la producción (ciclo)
- D = Demanda por unidad de tiempo
- C_m = Costo de mantener el inventario
- P = Tasa de producción por unidad de tiempo
- t_p = Período de producción
- t = Duración de un ciclo de inventario (o sea,
 $t = Q/D$)
- Q = Cantidad de productos a producir por período
- C = Costo total (suma de costos de preparar y mantener por período de producción y ciclo de inventario)

Consideraciones:

1. C_p engloba todos los costos asociados a la preparación del período de producción.

2. C_m engloba todos los costos asociados con mantener o llevar el inventario durante el ciclo previsto.

3. Se necesita un tiempo t_p para producir Q productos. Durante t_p se acumularán productos en la cantidad $P-D$ por unidad de tiempo. El nivel máximo que se alcanzará es: $t_p(P-D)$; pero $t_p P = Q$, $t_p = Q/2$ - por tanto $(Q/P)(P-d) = Q(1-D/P)$. Así el inventario medio de productos a mantener por el costo asociado es $C_m(Q/2)(1-D/P)$. La tasa de producción debe ser mayor que la tasa de demanda, o sea $P > D$. También hay demanda durante el período t_p . Es claro que el tiempo t (duración del ciclo de inventario), es mayor que el tiempo t_p .

4. Hay R/Q períodos de producción y su costo será $C_p(R/Q)$

Desarrollo de la ecuación del lote óptimo:

Es obvio que la obtención del lote económico Q , nos va a minimizar la suma de los costos de preparación, de la producción y mantenimiento del inventario de productos, por tanto:

$C =$ Costo de preparar + Costo de mantener

$$C = C_p(R/Q) + C_m(Q/2)(1-D/P) \quad (1)$$

Derivando (1) con respecto a Q:

$$dC/dQ = -C_p(R/Q^2) + (C_m/2)(1-D/P) \quad (2)$$

Igualando a cero la ecuación (2) y despejando a Q:

$$Q = 2 \cdot C_p \cdot R / C_m(1-D/P) \quad (3)$$

Q es la cantidad óptima. Sustituyendo (3) en (1):

$$C = 2 \cdot C_p \cdot C_m \cdot R(1-D/P) \quad (4)$$

C es el costo total mínimo. Ver Fig. 2

$$N = R/Q \quad (5)$$

N es el número óptimo de períodos de producción - -
anuales

$$T = 12 \text{ meses}/N \quad (6)$$

T es el tiempo óptimo (en meses) entre períodos

Un ejemplo. Calcular: Q, C, N y T si los valores son:

R = 20 000 artículos al año, $C_p = 1\ 000$ \$ por período, $C_m = 4$ \$ por artículo al año, $D = 20\ 000$ - artículos al año ($D = R$) y $P = 72\ 000$ artículos al año.

$$Q = 2(1000)(20000)/4(1-20000/72000) = 3\ 721 \text{ artículos}$$

$$C = 2(1000)(4)(20000)(1-20000/72000) = 10\ 750 \$$$

$$N = 20\ 000/3\ 721 = 5.37 \text{ veces al año}$$

$$T = 12/5.37 = 2.23 \text{ meses entre períodos. (Este es el tiempo que duran los artículos en inventario).}$$

5.3.2 Tamaño óptimo de producción para varios productos.

Ver ejemplo de aplicación en el capítulo VII, -
7.5.2

5.3.3 Balanceo de líneas de producción

La inmensa mayoría de los productos son ensamblados de varios componentes, algunos de los cuales - son también ensamblados con otros sub-componentes.- Así las líneas de producción se caracterizan por el movimiento de materia prima, o de partes en proceso de una estación de trabajo a otra.

Los procesos requeridos se asignan a estaciones de trabajo, donde se realizan operaciones de un solo tipo de material que fluye por ese lugar.

El tiempo ciclo, denotado por C , es el período en que una pieza permanece en una estación. La - - asignación de tareas a las estaciones deben optimizar el desempeño definido para tal fin. El balance perfecto en una línea de producción, ocurre cuando en todas sus estaciones de trabajo, hay la misma - cantidad de trabajo y el producto se ensambla armónicamente y fluye sin retrasos.

Formulación del problema

Un producto se elabora mediante:

- 1) N Procesos.
- 2) K Estaciones de trabajos, $K: .N$

- 3) t_i Tiempo de elaboración del proceso i , $i=1, \dots, n$
- 4) $\sum_{i=1, n} t_i$ Tiempo total de trabajo del producto,
- 5) C Permanencia de una pieza en una estación.

Entre un trabajo y otro, existe una relación de precedencia. El desempeño de un balance de líneas lo determina generalmente el tiempo muerto l , expresado como:

$$l = KC - \sum t_i \quad \text{-----} \quad (1)$$

El retraso del balance, se denota por D , y es también una medida de desempeño y se calcula como:

$$d = \frac{KC - \sum t_i}{KC} \quad \text{-----} \quad (2)$$

La eficiencia máxima posible

$$e_{\text{máx.}} = \frac{\sum t_i}{KC}, \quad i = n \quad \text{-----} \quad (3)$$

Si la tasa de producción es P , el número de operarios requeridos es:

$$N = PKC \quad \text{-----} \quad (4)$$

El problema de balance de líneas es asignar n procesos a las K estaciones, a fin de minimizar el tiempo muerto o retraso del balance sujeto a las

restricciones de precedencia; minimizar d , K o Kc - es minimizar l .

El valor de C oscila entre una cota inferior - dada por t_i máxima, $i = 1, \dots, n$ y una superior dada por $\sum t_i$

$$t_i, \text{ máx} \leq C \leq \sum t_i$$

La condición necesaria, mas no suficiente, para lograr que $d = 0$ es que $\sum t_i / C$ sea un número entero, como producto de números primos.

Ejemplo.- Suponer 9 procesos:

<u>PROCESO</u>	<u>PRECEDE</u>	<u>PROCESO</u>
1	A	3,4
2	A	4
3	A	5
4	A	5,6
5	A	7
6	A	7
7	A	8,9
8	A	0
9	A	0

TABLA (1)

RELACION DE PRECEDENCIA

1	3		7	8
2	4	5 6		9
I	II	III	IV	V

PROCESO TIEMPO DE PROCESO t_i

1	5
2	3
3	6
4	8
5	10
6	7
7	1
8	5
9	<u>3</u>
	48

DESARROLLO

1) Tiempo máximo $t_i \text{ máx} = 10$

2) Tiempo total: $t_i = 48$

3) Determinación de C:

a) $t_i, \text{máx} \leq C \leq \sum t_i = 48$; C = número entero

b) t_i como producto de número primos

$$t_i = 48 = 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 3$$

$$C_1 = 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 3 = 48$$

$$C_2 = 2 \times 2 \times 2 \times 3 = 24$$

$$C_3 = 2 \times 2 \times 2 \times 2 = 16$$

$$C_4 = 2 \times 2 \times 3 = 12$$

c) El balance perfecto está dentro de 4 casos diferentes, $K = t_i/C$:

Estaciones de trabajo:

$$K_1 = t_i/C_1 = 48/48 = 1 \text{ estación}$$

$$K_2 = t_i/C_2 = 48/24 = 2 \text{ estaciones}$$

$$K_3 = t_i/C_3 = 48/16 = 3 \text{ estaciones}$$

$$K_4 = t_i/C_4 = 48/12 = 4 \text{ estaciones}$$

d) Probando primero con $C = C_3 = 16$

a) Asignar trabajos cuya t_i acumulada sea mayor o igual a 16

ORDEN DE PRECEDENCIA	PROCESO (NUM)	t_i	t_i	ACUMULADA	ASIGNACION
(1)	(2)	(3)	PARCIAL (4)	(5)	(6)
I	1	5	8	8	I
	2	3			I
II	3	6	14	22	II
	4	8			I
III	5	10	17	39	II
	6	7			III
IV	7	1	1	40	III
	8	5			III
V	9	3	8	48	III

TABLA (1)

La tabla (1) se construye hasta la Col (5), se analizan las combinaciones de los tiempos de los procesos respetando la precedencia entre ellos. Se asignan los procesos a nuevas estaciones de trabajo, cuyos nuevos tiempos parciales deben ser aceptables con $C_3 = 16$.

b) Nueva tabla

ORDEN DE PRECEDEN CIA	PROCESO	t_i	t_i PARCIAL	t_i ACUMULADA
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
I	1	5		
	2	3		
	4	8	16	16
II	3	6		
	5	10	16	32
III	6	7		
	7	1		
	8	5		
	9	3	16	48

TABLA (2)

El balance es perfecto ya que no existen tiempos muertos. Para $C=16$, se requieren sólo 3 estaciones de trabajo Fig. (2); lo que indica que para los ciclos 12, 24 y 48, el balance es imperfecto y contiene tiempos muertos.

I	II		III	IV		V
	3			7		8
1	4		5			9
2			6			
1		2			3	

Fig. (2)

TIEMPO MUERTO

$$I = KC - t_i = 3(16) - 48 = 0$$

EFICIENCIA

$$e \text{ máx.} = \frac{t_i}{KC} \times 100 = \frac{48}{3(16)} \times 100 = 100\%$$

Si suponemos que se requieren 1000 productos - diarios y se disponen de 450 minutos al día, encontrar el número de operarios necesarios para cada - operación.

$$N = P \times t_i$$

Cada unidad o producto ensamblado debe salir - en un tiempo de:

$$1 \text{ producto} = 450 \text{ min}/1000 \text{ pzs.} = 0.45 \text{ min/pza.}$$

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	
OPERA CION	t_i	$t_i/0.45$	NUMERO DE OPE RARIOS	$t_i/\text{No. Op.}$	$P_i = \frac{\# \text{Op.} \times 450}{t_i}$	
1	5	11.11	11	0.455	990	*3
2	3	6.66	7	0.429	1050	
3	6	13.33	13	0.462	975	*2
4	8	17.77	18	0.444	1012.5	
5	10	22.22	22	0.455	990	*3
6	7	15.55	16	0.438	1028.5	
7	1	2.22	2	0.5	900	*1
8	5	11.11	11	0.455	990	*3
9	3	6.6	7	0.429	1050	

107

TABLA (3)

ALGUNAS CONSIDERACIONES

$$E_f = \frac{P_i}{450} \times \frac{t_i}{\text{No. Total}}$$

La operación 7 con sólo dos operarios determina la producción de la línea

$$E_f = \frac{P_7}{450} \times \frac{t_i}{107} = \frac{900}{450} \times \frac{48}{107} = 0.897 = 89.7\%$$

Se podrían utilizar los servicios de otro operador que trabajaría en la operación No. 7 y en la No. 3, entonces la producción quedaría determinada por las operaciones cuya tasa de producción es de 990 piezas por turno.

$$E_f = \frac{990}{450} \times \frac{48}{108} = 0.977 = 97.7 \%$$

La eficiencia aumentaría al 97.7%. Ahora bien, si se aumenta el número de obreros a 112, esto es que todas las pi fueran arriba de 1000 piezas por turno, la eficiencia no sería del 100% debido a que habría más operarios de los necesarios, desbalanceo en el trabajo. La producción quedaría limitada por la $P_4 = 1012$

$$E_f = \frac{1012}{450} \times \frac{48}{112} = 0.963 = 96.3\%$$

Así que para alcanzar una eficiencia cercana al 100%, es utilizar los servicios de dos o tres operarios, que combinen actividades en las operaciones críticas y hacer que la producción sea más racionalizada.

5.3.4 La programación lineal

La programación lineal como un método de optimización de recursos, se materializó como producto de las matemáticas modernas, en 1947, cuando DANTZIG publicó su método SIMPLEX. Desde entonces, los avances en este campo han sido rápidos. Las primeras aplicaciones fueron de tipo militar, aunque pronto se hizo aparente su potencialidad en la solución de problemas de tipo industrial.

Los problemas de programación lineal tienen una estructura básica que podemos resumir en los siguientes puntos:

- a) Se desea alcanzar un "objetivo" como: maximizar utilidades, minimizar gastos o minimizar tiempo-desocupado, en el sistema en estudio.
- b) Existe un número determinado de "variables" que deben trabajarse simultáneamente, tales como: horas-máquina, horas-hombre, espacio disponible, capital, etc., dependiendo del problema. Algunas de estas variables son endógenas (materias, mano de obra); otras, exógenas (productos). Las variables endógenas comúnmente se llaman "recursos".
- c) Entre las variables existe un gran número de interacciones que permite relacionarlas entre sí, dando lugar a ciertas ecuaciones, al tratar matemáticamente estas interrelaciones. Los valores que se pueden tomar quedan entonces restringidos, por lo que en programación lineal hablamos de "restricciones". Es muy importante hacer notar-

que estas relaciones entre las distintas variables, deben dar como resultado expresiones algebraicas que relacionan funciones lineales; de otro modo, el sistema no podrá resolverse aplicando los métodos de programación lineal.

Los principales modelos matemáticos que encuentran aplicación inmediata dentro del campo económico-industrial y son objeto de estudio por métodos 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 objetivo 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.
2. Modelo de Dietas: Este modelo se llama así porque originalmente se diseñó para determinar la dieta humana más económica. Podemos decir que en su versión generalizada trata de obtener la mezcla de materias primas más económica, que obedezca a cierta composición cuantitativa conocida de antemano. Debido a que los costos de las materias primas cambian con el tiempo, es importante

te 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 del departamento 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:

Supongamos que una cierta compañía produce un artículo cuya demanda tiene fluctuaciones importantes durante el período de estudio. 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, minimice los costos de producción. Este arreglo puede encontrarse resolviendo el modelo de programación lineal.

LA ESTRUCTURA DE LOS PROBLEMAS DE PROGRAMACION LINEAL

La mayor parte de los problemas de programación lineal poseen las siguientes características: - hay dos o más productos que se forman de las mezclas de dos o más ingredientes. Hay máquinas u otros elementos que se utilizan en la manufactura de los diferentes productos, y cuya capacidad es limitada. En forma alterna, las cantidades de los ingredientes son limitadas. Hay, por último, una función de utilidad basada en la contribución a la utilidad por cada unidad de producto; se requiere encontrar las cantidades de producción que maximicen la función de utilidad.

Otra versión del problema de mezcla establece las cantidades mínimas para cada ingrediente y minimiza los costos; las dos versiones son equivalentes en esencia.

Digamos que dos productos se fabrican en cantidades X_1 y X_2 . Los requerimientos, restricciones y contribución a la utilidad se establecen en la Fig. 1. Aquí a_{ij} señala la cantidad del ingrediente i , en una unidad de producto j .

	Producto 1	Producto 2	Cantidad disponible
Ingrediente 1	a_{11}	a_{12}	b_1
Ingrediente 2	a_{21}	a_{22}	b_2
Contribución a la utilidad, por unidad	c_1	c_2	

Fig. 1

Primero, las cantidades no deben ser negativas. Por tanto,

$$x_1 \geq 0, \quad x_2 \geq 0 \quad (1)$$

Las dos restricciones pueden también expresarse como desigualdades:

$$\begin{aligned} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 &\leq b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 &\leq b_2 \end{aligned} \quad (2)$$

De hecho, sólo podrá haber una restricción, o más de dos. Una tercera podría expresarse así:

$$a_{31}x_1 + a_{32}x_2 \leq b_3$$

Sin embargo, como demostraremos, excepto en casos de coincidencia matemática, rara vez sucede esto en la práctica: no más de dos restricciones determinarán el resultado final en un caso de dos productos. La tarea será seleccionar x_1 y x_2 que maximicen la función de utilidad o función objetiva.

$$Z = c_1x_1 + c_2x_2 \quad (3)$$

Disponemos de varios métodos para resolver problemas de dos productos. Los más fáciles son los métodos gráfico y el de enumeración, que se basa en el primero. Una versión del método de enumeración puede usarse para tres productos con dos restricciones. Para más productos y más restricciones, el método simplex es el que se deberá escoger.

5.3.5 Método gráfico (dietas-ingredientes)

La Fig. 1, muestra el número de kilos de cada uno de los dos ingredientes en una unidad de cada uno de los dos compuestos químicos. ¿Cuántas unidades X_1 y X_2 de los dos compuestos deberán producirse? Los materiales A y B son los únicos con restricciones. Una unidad del compuesto 1 constará de 8 kilos de A y 2 de B, pero también podrá tener A y B sólo como ingredientes "activos" en una masa de "excipiente".

	Compuesto 1	Compuesto 2	Cantidad disponible
Material A	8	4	160
Material B	2	6	60
Contribución a la utilidad, \$/unidad	3	4	

Fig. 1

De (2) las desigualdades de restricción son

$$\text{Para A: } 8X_1 + 4X_2 \leq 160 \quad \text{y} \quad 2X_1 + X_2 \leq 40$$

$$\text{Para B: } 2X_1 + 6X_2 \leq 60 \quad \text{y} \quad X_1 + 3X_2 \leq 30$$

Estas ahora tienen que ser representadas en forma gráfica. La gráfica está restringida al cuadrante nor-este, satisfaciendo así (1). Ahora, convirtamos las desigualdades en ecuaciones:

$$2X_1 + X_2 = 40 \quad X_1 + 3X_2 = 30$$

La ecuación de la izquierda se representa en la Fig. 2(a). Cuando $X_1 = 0$, $X_2 = 40$, y cuando $X_2 = 0$, $X_1 = 20$. Así, la restricción en A es limitada por

la línea que va de $(0,40)$ a $(20,0)$ y el área sombreada representa todos los puntos que satisfacen la desigualdad original.

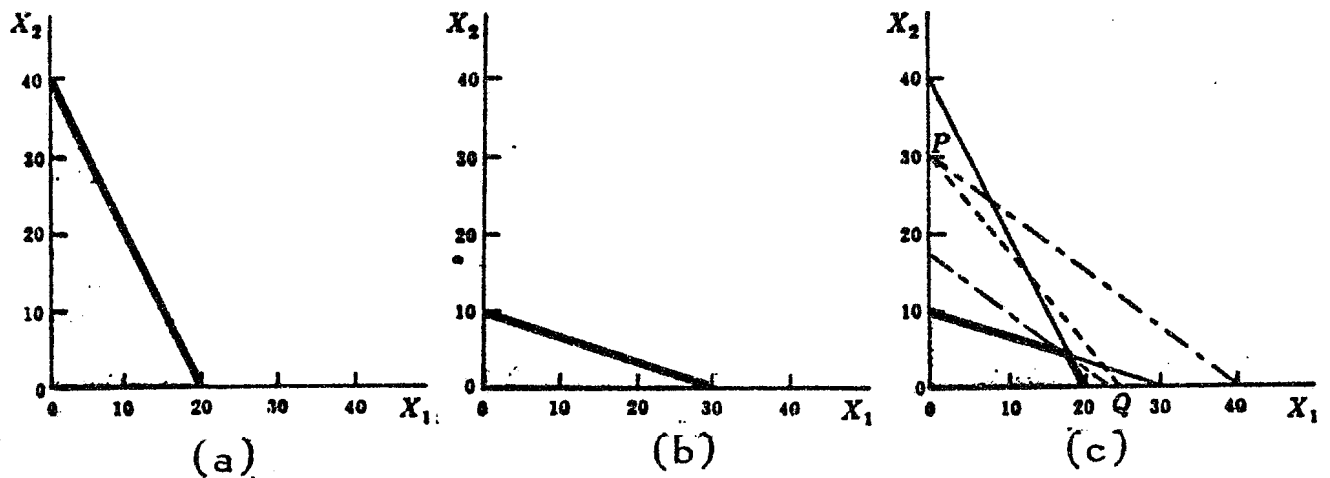


Fig. 2

En forma similar, la segunda restricción es el área delimitada por los ejes X_1 - y X_2 - y por la línea $X_1 + 3X_2 = 30$, o sea, nuevamente la desigualdad se convierte en igualdad en su límite. Cuando $X_1 = 0$, $X_2 = 10$; cuando $X_2 = 0$, $X_1 = 30$. Así, la restricción en B es limitada por la línea $(0,10)$ a $(30,0)$. Nuevamente se muestra en la Fig. 2(b) que el área sombreada representa la desigualdad original.

En la Fig. 2(c) ambas restricciones se muestran juntas; el cuadrilátero sombreado es la parte que satisface ambas restricciones. Ahora, considere la función objetivo; de (3).

$$Z = 3X_1 + 4X_2$$

Para cualquier valor fijo de Z , $X_2 = \frac{1}{4}(Z - 3X_1)$. La

pendiente de esta línea es

$$\frac{dX_2}{dX_1} = -\frac{3}{4}$$

o, en general, la pendiente de la función objetivo (3) es $-c_1/c_2$. Ahora, trace cualquier línea con una pendiente de $-3/4$; por ejemplo la línea que va de $(0,30)$ a $(0,40)$, la cual se muestra en línea-punteada en la Fig. 2(c). Después, trace una línea paralela (utilizando escuadra y regla) hasta que toque por vez primera una esquina del área sombreada (o sea, factible). La esquina de primer contacto representa la solución: lea las coordenadas de ese punto y el problema está resuelto. Esta es la esquina donde los dos límites de las restricciones se intersecan. Sus coordenadas son $X_1^* = 18$, $X_2^* = 4$. Por tanto, deberán producirse 18 unidades de X_1 y 4 de X_2 .

La utilidad máxima

correspondiente es $Z^* = 3(18) + 4(4) = \underline{\$70}$

En este caso, se utilizan los recursos. Esta, sin embargo, no es una condición necesaria. Si la función de utilidad fuese tal que el punto $(20,0)$ fuera óptimo, todo el A, pero sólo 40 kilos de las 60 disponibles de B, se utilizarían.

5.3.6 Programación por enumeración

Da los requerimientos por unidad de tres productos, junto con las restricciones y las contribuciones utilitarias. Resuelva este problema de programación por enumeración.

	Productos			Cantidad disponible Kg
	1	2	3	
	Kg/unidad			
Ingrediente A	6	4	8	1000
Ingrediente B	3	7	2	600
Contribución a la utilidad, \$/unidad	3	4	6	

La función de utilidad es $Z = 3X_1 + 4X_2 + 5X_3$.

Las restricciones son

$$\begin{array}{l}
 \text{a)} \quad 6X_1 + 4X_2 + 8X_3 \leq 1000 \\
 \text{b)} \quad 3X_1 + 7X_2 + 2X_3 \leq 600 \\
 \text{c)} \quad X_1 \geq 0 \\
 \text{d)} \quad X_2 \geq 0 \\
 \text{e)} \quad X_3 \geq 0
 \end{array}$$

Estas desigualdades se tratan ahora como ecuaciones y se resuelven tres a la vez. Hay 10 maneras de escoger conjuntos de tres ecuaciones del total de las 5 que definen el problema. En la tabla 1, los conjuntos de ecuaciones se listan en la Col. (1); las soluciones X_1 , X_2 y la X_3 en Cols. (2), (3) y (4); y los valores correspondientes de la función objetivo en Col. (5). En los 3 casos Z carece de significado.

porque, aunque las ecuaciones en la Col.(1) son satisfechas, las soluciones violan una de las otras desigualdades. Por ejemplo la solución al conjunto-abc incluye una X_3 negativa, lo cual viola la restricción (e). Los conjuntos de ecuaciones se resuelven convencionalmente. Por ejemplo, considere el conjunto abc. De (c), $X_1 = 0$. Por tanto

$$\text{De a): } X_2 + 2X_3 = 250$$

$$\text{De b): } -7X_2 - 2X_3 = -600$$

$$\hline -6X_2 = -350$$

$$X_2 = 58.3$$

$$X_3 = \frac{250 - 58.3}{2} = 95.9$$

Conjunto de ecuaciones	X_1	X_2	X_3	Z	Viola la desigualdad
abc	0	58.3	95.9	713	
abd	233.3	0	-50	..	e)
abe	153.3	20	0	539	
acd	0	0	125	625	
ace	0	250	0	..	b)
ade	168.7	0	0	500	
bcd	0	0	300	..	a)
bce	0	85.7	0	343	
bde	200	0	0	600	
cde	0	0	0	0	

Tabla 1

El arreglo óptimo es hacer 58 unidades del producto 2, 96 del 3 y ninguno del 1. Para tres productos y dos restricciones el resultado indicará que sólo uno o dos productos deberán elaborarse para maximizar la utilidad. La ganancia correspondiente es \$713.

5.3.7 El Método simplex Programación utilitaria

El método simplex

El método simplex es el más generalizado para resolver problemas de programación lineal; se puede utilizar para cualquier número razonable de productos y restricciones y, además del arreglo óptimo, proporciona otra información útil. También debe señalarse que es un procedimiento laborioso y repetitivo que se adapta mejor para las computadoras.

La siguiente presentación se basa en un ejemplo con tres variables y tres restricciones. El método se presenta en forma de algoritmo, o sea, un conjunto de instrucciones. Los lectores familiarizados con álgebra lineal reconocerán que el proceso es, en esencia, uno de inversión matricial.

E j e m p l o

La figura 1 proporciona los tiempos de procesamiento de tres productos en tres departamentos, junto con las capacidades departamentales y las contribuciones utilitarias. Encuentre la mezcla de productos que nos dé la máxima utilidad.

	Productos			Capacidad
	A	B	C	
Departamento I	10	2	1	100
Departamento II	3	13	4	150
Departamento III	2	3	12	120
Contribución a la utilidad	5	7	6	

Fig. 1

Paso 1. Las restricciones pueden escribirse:

$$10X_1 + 2X_2 + X_3 \leq 100$$

$$3X_1 + 13X_2 + 4X_3 \leq 150$$

$$2X_1 + 3X_2 + 12X_3 \leq 120$$

El primer paso es reducirlas a ecuaciones añadiendo las variables de holgura S_1 , S_2 y S_3 :

$$10X_1 + 2X_2 + X_3 + S_1 + 0 + 0 = 100$$

$$3X_1 + 13X_2 + 4X_3 + 0 + S_2 + 0 = 150$$

$$2X_1 + 3X_2 + 12X_3 + 0 + 0 + S_3 = 120$$

Todas las variables se restringen a ser no negativas.

Paso 2. Escriba el cuadro simplex inicial, Fig.2(a). El cuerpo de la tabla consiste simplemente en los coeficientes de las tres ecuaciones restrictivas. Los encabezados de columna son los coeficientes de la función de utilidad, que, después de la inclusión de variables de holgura, se convierte en:

$$Z = 5X_1 + 7X_2 + 6X_3 + 0S_1 + 0S_2 + 0S_3$$

Ya que las variables de holgura representan capacidad desperdiciada, sus valores c_j , véase, ec. (3) del 5.3.4. La columna encabezada b inicialmente está formada por las constantes de las ecuaciones de restricción.

Paso 3. Empiece con una solución inicial factible. En ésta, sólo las variables de holgura son positivas; por tanto, éstas serán las listadas en la columna Activa. La primera columna c_j , da sus valores c_j , los cuales son cero. En esta etapa, $X_1=X_2=X_3=0$.

		c_j	5	7	6	0	0	0		
c_i	Activa	b	X_1	X_2	X_3	S_1	S_2	S_3		
0	S_1	100	10	2	1	1	0	0	50	
0	S_2	150	3	13	4	0	1	0	11.538 SALE	
0	S_3	120	2	8	12	0	0	1	40	
	Z_j	0	0	0	0	0	0	0		
	$c_j - Z_j$		5	7	6	0	0	0		

ENTRA

a) Cuadro inicial

		c_j	5	7	6	0	0	0		
c_i	Activa	b	X_1	X_2	X_3	S_1	S_2	S_3		
0	S_1	76.924	9.538	0	0.384	1	-0.154	0	200.3	
7	X_2	11.538	0.231	1	0.308	0	0.077	0	37.5	
0	S_3	85.386	1.307	0	11.076	0	-0.231	1	7.709 SALE	
	Z_j	80.766	1.617	7	2.156	0	0.539	0		
	$c_j - Z_j$		3.383	0	3.844	0	-0.539	0		

ENTRA

b) Segundo cuadro

		c_j	5	7	6	0	0	0		
c_i	Activa	b	X_1	X_2	X_3	S_1	S_2	S_3		
0	S_1	73.964	9.493	0	0	1	-0.146	-0.035	7.791 SALE	
7	X_2	9.164	0.195	1	0	0	0.083	-0.028	47.0	
6	X_3	7.709	0.118	0	1	0	-0.021	0.090	65.3	
	Z_j	110.402	2.073	7	6	0	0.455	0.344		
	$c_j - Z_j$		2.927	0	0	0	-0.455	-0.344		

ENTRA

c) Tercer cuadro

		c_j	5	7	6	0	0	0		
c_i	Activa	b	X_1	X_2	X_3	S_1	S_2	S_3		
5	X_1	7.791	1	0	0	0.105	-0.015	-0.004		
7	X_2	7.645	0	1	0	-0.020	0.086	-0.027		
6	X_3	6.790	0	0	1	-0.012	-0.019	0.090		
	Z_j	133.21	5	7	6	0.313	0.413	0.331		
	$c_j - Z_j$		0	0	0	-0.313	-0.413	-0.331		

d) Cuarto cuadro (óptimo)

Fig. 2

Paso 4. Calcule el renglón marcado Z_j de

$$Z_j = \sum a_{ij} c_i$$

Así, para la columna b

$$Z_j = 100(0) + 150(0) + 120(0) = 0$$

para la columna X_1

$$Z_j = 10(0) + 3(0) + 2(0) = 0$$

y así sucesivamente para todo el renglón. El valor Z_j en la columna b proporciona la utilidad realizada por la solución del paso 3.

Paso 5. La hilera $c_j - Z_j$ muestra el beneficio derivado de añadir una unidad de esa variable. Así, para las primeras tres columnas, los valores son $5 - 0 = 5$, $7 - 0 = 7$ y $6 - 0 = 6$. Por tanto la mejor decisión, como siguiente paso, es traer la variable X_2 , porque cada unidad adicionada también aumenta \$7 a la función de utilidad. Por tanto, la columna X_2 se señala como entra; a ésta nos referiremos como la columna pivote, o sea, la columna con el $c_j - Z_j$ más alto.

Paso 6. Determine el renglón que deba ser sacado de la solución, es decir, el renglón con la menor contribución. Para esto, la columna θ , a la derecha, es la que se usa: θ es igual a el valor de b para cada renglón dividido por el elemento en la columna pivote para ese renglón. De aquí

$$\theta_1 = \frac{100}{2} = 50 \quad \theta_2 = \frac{150}{13} = 11.538 \quad \theta_3 = \frac{120}{3} = 40$$

El renglón pivote, el que tiene el valor menor de 0, está marcado como SALE; es aquel que deja la solución y es reemplazado por un nuevo renglón que representa la variable de la columna pivote, en este caso X_2 .

Paso 7. Calcule los renglones y columnas del segundo cuadro simplex.

a) El nuevo renglón X_2 reemplaza al de S_2 . Se obtiene de dividir cada elemento del anterior renglón S_2 entre el elemento pivote en ese renglón, que es el elemento en la columna pivote, o sea, dividiendo entre 13. Así, en el nuevo renglón, el elemento pivote anterior es reemplazado por un 1; el nuevo renglón es:

$$7 X_2 \quad 11.538 \quad -0.231 \quad 1 \quad 0.308 \quad 0 \quad 0.077 \quad 0$$

Note que la primera columna puede ahora tener la c_j para X_2 , la cual es \$ 7.

b) El nuevo renglón S_1 se obtiene deduciéndose, elemento por elemento, el nuevo renglón X_2 , multiplicando por el elemento pivote del renglón anterior - (encerrado en círculo):

Anterior S_1	100	10	② 1	1	0	0	
$-2(X_2)$	-23.076	-0.462	-2	-0.616	0	-0.154	0
Nueva S_1	76.924	9.538	0	0.384	1	-0.154	0

c) El nuevo renglón S_3 se obtiene de la misma manera:

$$\begin{array}{r}
 \text{Anterior } S_3 \\
 -3 \{X_2\} \\
 \hline
 \text{Nueva } S_3
 \end{array}
 \begin{array}{ccccccc}
 120 & 2 & \textcircled{3} 12 & 0 & 0 & 1 \\
 -34.614 & -0.693 & -3 & -0.924 & 0 & -0.231 & 0 \\
 \hline
 85.386 & 1.307 & 0 & 11.076 & 0 & -0.231 & 1
 \end{array}$$

El efecto de los pasos a), b) y c) es reemplazar el elemento interseccional (elemento principal) del renglón y columna pivotes - - (aquí es 13) por 1, y todos los demás elementos de la columna pivote por 0. Por otra parte, la nueva columna S_2 tiene otros números que - sustituyen a 0 1 0. Así, el intercambio de X_2 y S_2 queda terminado.

Paso 8. Construya el segundo cuadro, Fig. 2(b), usando los renglones calculados en el paso 7. Se calculan después las Z_j . Ellas son 7 veces las entradas en el nuevo renglón X_2 , las demás tienen $c_j = 0$ como en el primer cuadro; v.gr. $7(11.538) = 80.766$, $7(0.231) = 1.617$, - etc. Sustrayendo la Z_j de la c_j en la parte superior de cada columna, muestra que de nuevo hay valores positivos. El más grande se señala-ENTRA, y se ve que es X_3 ; cada unidad de éste mejorará la utilidad - en \$3 844 si se aumenta. Obteniendo ahora las θ :

$$\theta_1 = \frac{76.924}{0.384} = 200.3 \quad \theta_2 = \frac{11.538}{0.308} = 37.5 \quad \theta_3 = \frac{85.386}{11.076} = 7.709$$

Así, el renglón S_3 es el pivote y se indica SALE. Hasta ahora, - la utilidad ha mejorado de 0 en el primer cuadro hasta \$80.766.

Paso 9. Repita el paso 7 para el segundo cuadro.

a) El nuevo renglón X_3 , señalado (X_3), reemplaza al renglón S_3 ; divi- da el renglón S_3 entre 11.076 para obtener

$$\{X_3\} \quad 7.709 \quad 0.118 \quad 0 \quad 1 \quad 0 \quad -0.021 \quad 0.090$$

b) Sustraiga $(0.384) \{X_3\}$ del anterior S_1 para obtener el nuevo S_1 :

Anterior S_1	76.924	9.538	0	0.384	1	-1.154	0
$-(0.384)\{X_3\}$	<u>-2.960</u>	<u>-0.045</u>	<u>0</u>	<u>-0.384</u>	<u>0</u>	<u>0.008</u>	<u>-0.035</u>
Nuevo S_1	73.964	9.493	0	0	1	-1.146	-0.035

c) Sustraiga $(0.308)\{X_3\}$ del anterior X_2 para obtener el nuevo X_2 :

Anterior X_2	11.538	0.231	1	0.308	0	0.077	0
$-(0.308)\{X_3\}$	<u>-2.374</u>	<u>-0.036</u>	<u>0</u>	<u>-0.308</u>	<u>0</u>	<u>0.006</u>	<u>-0.028</u>
Nuevo X_2	9.164	0.195	1	0	0	0.083	-0.028

Paso 10. Construya el tercer cuadro, Fig. 2(c), usando los resultados del paso 9. Calcule las Z_j ; la función de utilidad es ahora mejorada a

$$(73.964)(0) + (9.164)(7) + (7.709)(6) = \$ 110.402$$

La siguiente anotación en el renglón Z_j es $(0.195)(7) + (0.118)(6) = 2.073$, y así sucesivamente en los demás términos. En la hilera $(c_j - Z_j)$ todas las entradas son ahora 0 o negativas, excepto para la columna X_1 , donde el valor de $c_j - Z_j$ indica que cada unidad de X_1 que puede ser aportada incrementará las utilidades en \$2.927.- La columna X_1 es entonces señalada ENTRA. También $\theta = 7.791$ es el valor más bajo de θ , por lo que el renglón S_1 es ahora el renglón pi vote y se señala SALE.

Paso 11. Revise la matriz, como en el paso 7.

a) La nueva hilera X_1 , denotada por $\{X_1\}$, reemplaza S_1 ; divida la hilera S_1 entre 9.493 para obtener:

$$\{X_1\} \quad 7.791 \quad 1 \quad 0 \quad 0 \quad 0.105 \quad -0.015 \quad -0.003$$

b) Reste $(0.195) \{X_1\}$ del X_2 anterior para obtener el nuevo X_2 :

Anterior X_2	9.164	0.195	1	0	0	0.083	-0.028
$-(0.195) \{X_1\}$	<u>-1.519</u>	<u>-0.195</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>-0.020</u>	<u>0.003</u>	<u>0.001</u>
Nuevo X_2	7.645	0	1	0	-0.020	0.086	-0.027

c) Reste $(0.118) \{X_1\}$ del anterior X_3 para obtener el nuevo X_3

Anterior X_3	7.709	0.118	0	1	0	-0.021	0.090
$-(0.118) \{X_1\}$	<u>-0.919</u>	<u>-0.118</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>-0.012</u>	<u>0.002</u>	<u>0.000</u>
Nuevo X_3	6.790	0	0	1	-0.012	-0.019	0.090

Paso 12. Complete el cuarto cuadro, Fig. 2(d). Todas las $c_j - Z_j$ son ahora cero o negativas, así que la solución es óptima. La utilidad óptima es

$$Z = (7.791)(5) + (7.645)(7) + (6.790)(6) = \$ 133.21$$

Cuando se hacen 7.791 unidades de A, 7,645 de B y 6.790 de C

Paso 13. Para comprobar el trabajo, sustituya en las restricciones:

$$10(7.791) + 2(7.645) + 1(6.790) = 99.99$$

$$3(7.791) + 13(7.645) + 4(6.790) = 149.95$$

$$2(7.791) + 3(7.645) + 12(6.790) = 120.00$$

Así, dentro de los errores de aproximación, las restricciones se satisfacen y, en este caso, todos los recursos se emplean.

El cuadro final nos da importante información adicional. En la columna S_1 ,

$$z_j = 0.105(5) - (0.020)(7) - (0.012)(6) = 0.313$$

y $c_j - z_j = 0 - 0.313$. Esto se podrá interpretar como: la variable de holgura S_1 es parte de la restricción del departamento 1. Incrementando la capacidad de éste en 1 unidad, o sea, incrementando b_1 en $b_1 + 1$, obtendremos un incremento en la utilidad de \$0.313, siempre y cuando se hicieran 0.105 unidades adicionales de X_1 , y las cantidades de X_2 y X_3 fueran reducidas en 0.020 y 0.012 unidades, respectivamente. S_2 y S_3 se interpretan en forma similar.

5.3.8 El Modelo de transporte

El problema de transporte es similar al de asignación, excepto que hay 1 o más artículos que pueden ser asignados a cualquier elemento dado. Por ejemplo, podremos tener cuatro almacenes que son abastecidos por tres plantas. Dados los costos de transportación de cada planta a cada almacén por unidad del producto, ¿cómo deberá distribuirse la producción de cada planta entre los almacenes para que los costos totales de transportación sean minimizados? O, si hay 6 máquinas que realizan 4 diferentes trabajos, ¿cómo, dados los tiempos empleados en cada trabajo y en cada máquina, deberá distribuirse el trabajo para minimizar el tiempo total? El método utilizado es, a veces, considerado como un caso especial de programación lineal, pero la técnica para solucionarlo es algo diferente. Esto se explica mejor a través de un ejemplo.

EJEMPLO 1.- El cuerpo de la Fig.1(a) proporciona los costos de transportación por unidad entre 3 plantas y 4 almacenes; v.gr., cuesta -- \$10 enviar una unidad de la planta I al almacén C. Las producciones de las plantas y los requerimientos de almacén se listan en los márgenes. ¿Cómo deberá distribuirse la producción de cada planta para minimizar los costos de transportación?

		ALMACENES				Producción de planta
		A	B	C	D	
		Costos unitarios de <u>trans</u> portación				
PLANTAS	I	12	13	10	11	10
	II	10	12	14	10	9
	III	14	11	15	12	7
Requerimientos de almacén		6	5	7	8	TOTAL 26

a) Datos

		ALMACENES			
		A	B	C	D
PLANTAS	I	2	3	0	1
	II	1	2	4	0
	III	4	1	5	2

b) Matriz de costos revisada

		ALMACENES				Producción de planta
		A	B	C	D	
PLANTAS	I	6(1)	4(2)			10
	II		1(3)	7(4)	1(5)	9
	III				7(6)	7
Requerimientos de almacén		6	5	7	8	TOTAL 26

c) Asignación de la esquina noroeste

		ALMACENES				Producción de planta
		A	B	C	D	
PLANTAS	I	5(3)		5(4)		10
	II	1(2)			8(1)	9
	III		5(6)	2(5)		7
Requerimientos de almacén		6	5	7	8	TOTAL 26

d) Primera asignación "óptima"

Fig. 1.

Paso 1. El menor costo unitario es \$10. Ya que lo que tiene que ser minimizado es el excedente sobre este costo, modificamos la matriz del costo deduciendo \$10 en cada elemento Fig. 1 (b) .

Paso 2. Encuentre cualquier arreglo posible. Un método es empezar por la esquina noroeste, haciendo una asignación máxima de 6 unidades, y continuar como se muestra en la Fig. 1(c). Los números entre paréntesis muestran el orden en el cual se hacen las asignaciones. Este procedimiento es simple, pero puede conducir a una solución que sea demasiado grande en costo. Es mejor, por tanto, en general, tratar de acercarse lo más posible a la respuesta correcta mediante la asignación del máximo posible en el elemento de menor costo y continuar de esta manera hasta que el número requerido de asignaciones se haya llevado a cabo. El resultado se muestra en la Fig. 1 (d), con el orden de las asignaciones nuevamente entre paréntesis. Hay $n = r + c - 1$ asignaciones, donde r y c son los números de renglones y columnas, respectivamente. Es posible tener menos, pero no habrá más si las cantidades máximas han sido asignadas en cada paso, como se especificó.

Paso 3. Anote los costos de la matriz revisada, - - Fig. 1(b) en cada entrada en la que se haya hecho - una asignación; éstas se muestran en itálicas en la Fig. 2(a).

Paso 4. Calcule los "valores" de la asignación. Es to se hace mediante la anotación de un cero en el - margen de alguna columna o renglón y calculando los otros marginales de acuerdo a:

$$p_{ij} = r_i + c_j \quad (1)$$

donde p_{ij} es el elemento i, j de la matriz de costos, r_i la anotación marginal en el renglón y c_j la anotación marginal en la columna respectiva. Después de que los marginales se han calculado, (1) se emplea para encontrar los valores para las células - restantes (o sea, aquellas sin los valores puestos - en el paso 3). En los cálculos siguientes, cada - costo o valor es seguido por posición en la matriz.

Fije 0(I)

$$0(C, I) - 0(I) = 0(C)$$

$$5(C, III) - 0(C) = 5(III)$$

$$1(B, III) - 5(III) = -4(B)$$

$$2(A, I) - 0(I) = 2(A)$$

$$1(A, II) - 2(A) = -1(II)$$

$$0(D, II) - (-1)(II) = 1(D)$$

Esto completa los marginales. Ahora, las entradas - para los demás elementos se registran y calculan.

$$0(I) + (-4)(B) = -4(B, I)$$

$$0(I) + 1(D) = 1(I, D)$$

$$-1(II) + (-4)(B) = -5(II, B)$$

$$-1(II) + (0)(C) = -1(II, C)$$

$$5(III) + 2(A) = 7(III, A)$$

$$5(III) + 1(D) = 6(III, D)$$

		ALMACENES				Entrada del renglón
		A	B	C	D	
PLANTAS	I	2	-4	0	1	0
	II	1	-5	-1	0	-1
	III	7(7-4 = 3)	1	5	6(6-2 = 4)	5
Entrada de la columna		2	-4	0	1	

a) Primera Tabla de Valores

		ALMACENES				Producción de planta
		A	B	C	D	
PLANTAS	I	5(-) →		5(+)		10
	II	1(+) ←		↓	8(-)	9
	III		5	2(-)	↑	7
Requerimientos de almacén		6	5	7	8	TOTAL 26

b) Reasignación por el método del eslabón

		ALMACENES				Producción de planta
		A	B	C	D	
PLANTAS	I	3		7		10
	II	3			6	9
	III		5		2	7
Requerimientos de almacén		6	5	7	8	TOTAL 26

c) Segunda asignación

		ALMACENES				Entrada del renglón
		A	B	C	D	
PLANTAS	I	2	0	0	0	0
	II	1	-1	-1	0	-1
	III	3	1	1	2	1
Entrada de la columna		2	0	0	1	

d) Segunda Tabla de Valores

Fig. 2

Paso 5. Reste cada entrada en la matriz de costo, - Fig. 1(b), de la entrada correspondiente de la ma-- triz de valores, Fig. 2(a). Sólo buscamos diferen- cias que sean mayores a cero; por lo que no necesi- tamos escribir la sustracción de los números itáli- cos (los que nos conducen a una diferencia de 0) o- de los valores negativos o de cero de los elementos (las que conducen a diferencias negativas). Esto - nos deja sólo las posiciones (III,A) y (III,D); la- sustracción muestra que ambas diferencias son posi- tivas Fig. 2 (a).

Paso 6. Se sigue que haciendo una asignación en - (III,D), el sitio del mayor valor positivo, reduci- rá los costos. Esto se hace a través del método del eslabón, en el cual la asignación máxima se hace en la posición seleccionada, (III,D), mientras se ajus- tan las otras para que las asignaciones totales no- sean afectadas. Como se muestra en la Fig. 2 (b), - una ruta es trazada; empiece por poner un (+) en la posición (III,D), después continúe horizontal o ver- ticalmente a cualquier posición donde ya se haya he- cho alguna asignación en la Fig. 2 (d), siempre y - cuando esa posición se encuentre en una "esquina", - o sea, que para continuar la ruta, tengamos que ha- cer un giro en ángulo recto. Ponga un (-) en una - esquina, (II,D). Continúe con la misma regla con -- (II,A) y ponga un (+); después un (-) en (I,A), un (+) en (I,C) y un (-) en (III,C). El efecto de es- te procedimiento es asegurarnos de que una cantidad sea reasignada, la cual hará que la posición menor- con un (-) se iguale a cero mientras que los valo- res marginales permanecen intactos. Aquí el efecto-

es poner un 2 en (III,D), dejando (III,C), vacío. - Note que (III,B) está fuera de la ruta; no todas las entradas son afectadas por un cambio de este tipo, pero un mínimo de cuatro lo será. La asignación resultante se muestra en la Fig. 2 (c).

Paso 7. Repita los pasos 4 y 5 en el nuevo arreglo. La tabla de nuevos valores aparece en la Fig. 2 (d). Puesto que todas las sustracciones incluidas en el paso 5 nos dan resultado cero o negativo, esta asignación es la óptima. Su costo, Z^* , es

$$Z^* = 3(12) + 7(10) + 3(10) + 6(10) + 5(11) + 2(12) = \$275$$

Esto se compara con

$$Z = 5(12) + 5(10) + 1(10) + 8(10) + 5(11) + 2(15) = \$285$$

para la asignación original de la Fig. 1 (d), y con

$$Z = 6(12) + 4(13) + 1(12) + 7(14) + 1(10) + 7(12) = \$328$$

para la asignación de la esquina noroeste, Fig. 1(c).

5.3.9 Diagrama de Gantt

El diagrama se utiliza para:

- a) Diagrama de barras de un proceso productivo.
- b) Diagrama de barras de carga de trabajo en máquinas o equipo.
- c) Diagrama de barras de carga de trabajo en los departamentos.

Estos diagramas se forman, como sigue:

- 1) Se determinan cuáles son los trabajos o actividades principales del proceso.
 - 2) Se hace una estimación de la duración efectiva de la actividad.
 - 3) Se representa cada actividad mediante una barra recta horizontal cuya longitud es a una escala determinada, representativa de la duración efectiva de dicha actividad.
- d) Se hace una lista de las actividades, manteniendo el orden requerido por la secuencia de operaciones, utilizando un renglón del diagrama para la representación gráfica de cada actividad en la lista.
- e) Se desplaza la barra que representa la duración de cada actividad, a través del renglón correspondiente, según los requerimientos impuestos por la secuencia propia del proceso productivo, tomando en cuenta que el extremo izquierdo de la barra indica la fecha de iniciación de la actividad y su extremo derecho, la fecha esperada de terminación de la misma.
- f) La última actividad en la lista nos marcará en el diagrama, por medio de la posición de su extremo derecho, la fecha de terminación esperada del proceso productivo.

- g) Si esta fecha es satisfactoria, se acepta el programa. En otra forma, recurriendo al criterio y experiencia personal del programador, se harán los cambios necesarios, ya sea acortando el tiempo requerido por cada actividad, o modificando la secuencia de las mismas, hasta llegar a una solución aceptable.

Gantt de un Proceso Productivo

Programar la fabricación de un lote de 500 válvulas, tomando en cuenta los siguientes datos:

- a) Los moldes para fundir las partes se terminan en 4 días.
- b) Las partes fundidas se moldean en 2 días.
- c) El material para estopero y vástago estará en la planta 3 días después de situar el pedido.
- d) El maquinado, ensamble de las partes, y prueba y empaqueo de las válvulas se terminará, como sigue:

Cuerpos	3 días
Bushings	3 días
Vástagos	1 día
Estoperos	1 día
Manerales	3 días
Ensamble	3 días
Prueba y empaques	1 día

Solución: La lista de las actividades principales - será:

Ordenar materiales

Ordenar empaques y tuercas

Fabricar moldes

Moldear partes 1, 2 y 6

Maquinar cuerpo

Maquinar bushing

Maquinar vástago

Maquinar estopero

Maquinar maneral

Ensamblar partes

Probar y empacar válvulas.

Debido al sistema de control establecido en la planta, el maquinado de las partes fundidas no puede iniciarse sino hasta que se recibe el lote del departamento de fundición. El ensamblado podrá empezar desde cuando se reciba el lote de partes del departamento de maquinado, prueba y empaque hasta recibir el lote ensamblado.

PROGRAMA PARA LA PRODUCCION DE 500 VALVULAS
DE ASIENTO MODELO 00A1

Actividad	L	M	M	J	V	S	L	M	M	J	V	S	L	M
	1a. Semana						2a. Semana							
Ordenar materiales	■	■	■											
Ord. Emp. y Tuerc.	■	■	■											
Fabricar moldes	■	■	■	■										
Moldear 1, 2 y 6					■	■	■	■						
Maquinar cuerpo							■	■	■	■				
Maquinar bushing							■	■	■	■				
Maquinar vástago				■										
Maquinar estopero					■									
Maquinar maneral							■	■	■	■				
Ensamblar										■	■	■	■	■
Probar y empacar														■
Fecha de iniciación						Fecha de terminación								
Lunes 13 de febrero de 1982						Martes 28 de febrero de 1982								
DURACION: 13 días efectivos														

En el anterior diagrama, podemos observar que existen actividades que aunque no se empiecen a tiempo o no se terminen en el tiempo esperado, no afectan el tiempo de terminación del proyecto, por ejemplo: podremos ordenar el material para la fabricación de estoperos y vástagos entre el lunes 13 y viernes 17, sin que esto afecte el término de completación del proyecto, ya que no requerimos estas partes antes del día jueves 23 que iniciaremos el ensamble. Este tipo de actividades son no críticas, en cambio si atrasamos la fabricación de moldes, se retrasará en igual forma la fecha de terminación del lote. Esta es, entonces, una actividad crítica.

5.4 INFORMACION PARA PROGRAMACION DE PRODUCCION INTERMITENTE

5.4.1 Información requerida

- 1.- Número de identificación de la orden.
- 2.- Cantidad.
- 3.- Fecha de terminación.
- 4.- Lista de materiales de cada orden.
- 5.- Secuencia de operaciones.
- 6.- Tiempos de preparación y operación.
- 7.- Máquinas y equipos en que se pueden efectuar las operaciones.
- 8.- Carga actual de trabajo.

- 9.- Demoras y atrasos.
- 10.- Prioridades y reglas de decisión.
- 11.- Calendario efectivo.
- 12.- Especialidades y actitudes de la mano de obra.

5.4.2 Procedimiento de la función de programación

- 1.- La nueva orden de trabajo se le asigna una secuencia, con fecha de iniciación de operaciones. A-2
- 2.- Se activa información de materiales, herramientas, tiempo efectivo disponible del equipo y maquinaria, ingeniería. A-3
- 3.- Sistema de cargas de máquina por centros de trabajo, programación de operaciones. Aplicación de reglas de programación adecuadas a la situación productiva. A-4
- 4.- Programa de fechas de terminación prometidas, de operaciones, de fabricación y ensamble. A-5
- 5.- Registro de órdenes en proceso. A-6
- 6.- Fechas ajustadas de inicio y terminación de operaciones, contra el informe del estado de carga de máquinas, y el informe de atrasos y demoras. A-2

5.4.3 Información resultante

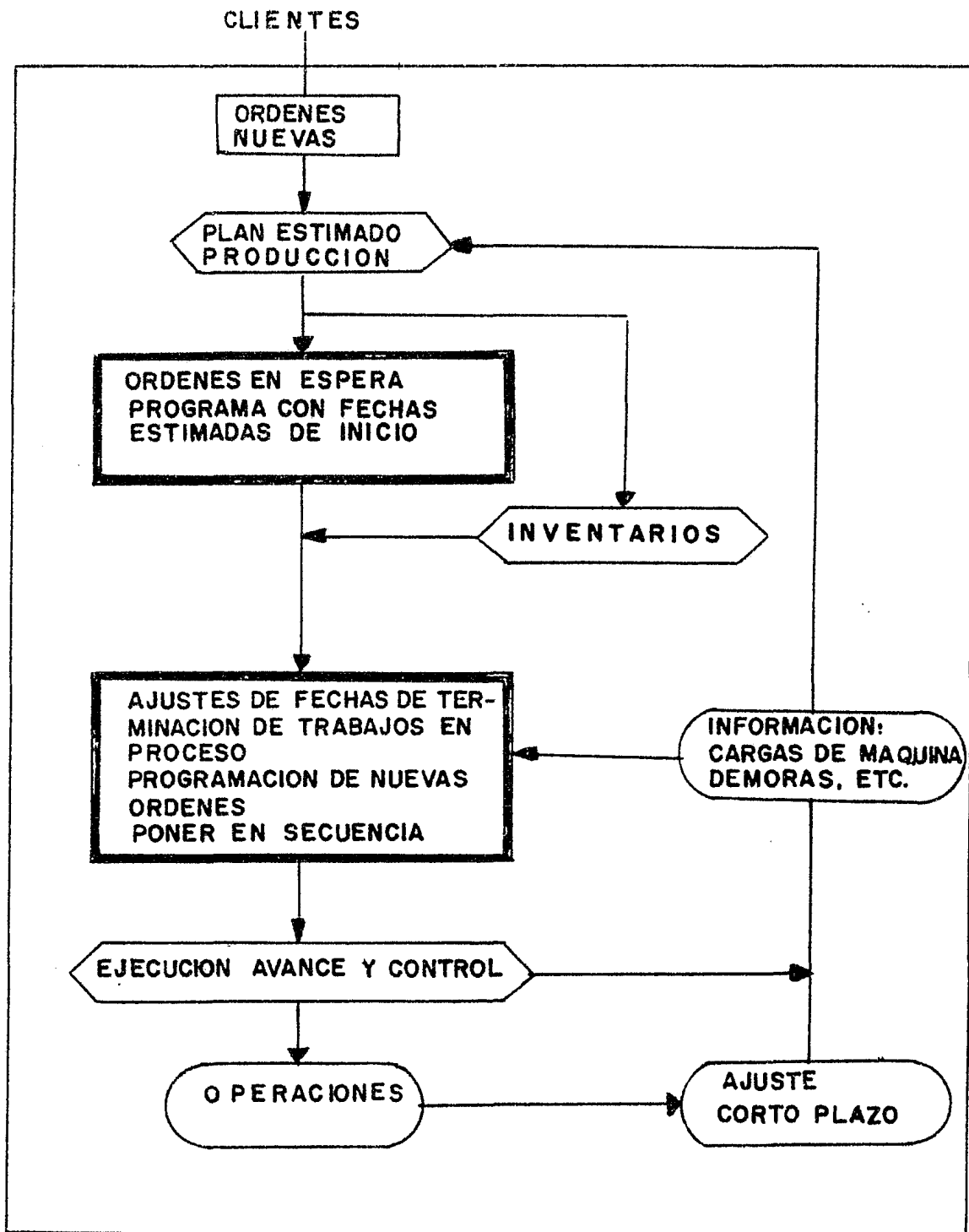
- 1.- Fechas de inicio.

- 2.- Cantidades.
- 3.- Operaciones.
- 4.- Secuencias.
- 5.- Avance.
- 6.- Tiempo de espera.
- 7.- Longitud de la espera.
- 8.- Tiempo promedio de realización.
- 9.- Entradas y salidas.
- 10.- Comportamiento o estado del taller, o centros-
de trabajo.
- 11.- Demoras y carga residual.
- 12.- Máquina y equipo.
- 13.- Gastos.
- 14.- Terminación.

5.4.4 Programación y el sistema informativo

- 1.- Existe un plan base de operaciones, datos de ca
pacidad, mano de obra, inventarios, (Planea-
ción).
- 2.- Un plan de trabajos en espera, y con tiempos es
timados de inicio (Programación).
- 3.- Estado de existencias de materiales, disponibi-
lidad y despacho de los mismos (Inventarios).

- 4.- Emisión de programas diarios, y/o semanales - para ordenar órdenes atrasadas, en espera o - nuevas, según políticas de producción y deci-- siones de programación, (Programación ejecu- - ción, avance y control).
- 5.- Estado de cargas actuales y residuales, infor- mación de demoras, atrasos, anormalidades y - datos de operación (Ejecución, avance y con- trol).



5.4.5. DIAGRAMA INFORMATIVO EN PROGRAMACION

5.5 TECNICAS DE PROGRAMACION EN SISTEMAS DE PRODUCCION INTERMITENTE

5.5.1 Programación intermitente

La programación de taller es un campo en que la definición idiosincrática de términos es cosa corriente, y donde es usual que un artículo comience con dicha definición que difiere, aunque sea en pequeña medida, de todas las restantes. La programación misma es una palabra tan fecunda en connotaciones diferentes y confusas que intentaremos evitar cualquier tipo de uso particular de ella en el resto de este trabajo. En general, parece aceptarse que la descripción más conveniente del problema fundamental de la programación es la organización de secuencias. Las entidades que pasan por el taller aquí se denominan trabajos y la tarea que se ejecuta sobre ellas en una máquina se denomina aquí operación ("tarea"). Donde ello es aplicable, el ordenamiento tecnológico impuesto a las operaciones de cada trabajo recibe el nombre de itinerario. Por consiguiente, la función de organización de secuencias puede definirse como el ordenamiento de las operaciones en los trabajos de las máquinas, sujeto a restricciones de itinerario, con el fin de obtener el mejor valor para cierta medida de eficacia adecuada para el sistema. El ordenamiento que se logra se denomina programa (geométricamente, sería un gráfico de Gantt) y puede obtenerse mediante la operación de organización de secuencias como un horario proyectado, o bien es posible que sólo se manifieste retrospectivamente si se utiliza de modo di-

námico un sistema de números de prioridad, o si los trabajos se incorporan de modo dinámico al taller.

Los modelos de talleres invariablemente investigan la eficacia de los procedimientos de organización de secuencias cuando se atenuaban ciertas restricciones.

La mayoría de los sistemas de organización de secuencias puede incluirse en una de dos clases, según que su función objetiva persiga el completamiento de todas las tareas en un conjunto estático con la mayor rapidez posible (al margen del tiempo en que se complete cada trabajo individual) o la optimización del valor de cierto parámetro del sistema como criterio equivalente en los casos en que se introducen constantemente trabajos en el taller; o que su objetivo sea optimizar el valor de cierta función del tiempo en que se completan los trabajos individuales. Podemos describir superficialmente estas dos clases como el problema del "lapso mínimo de fabricación" y el problema de la "fecha de vencimiento".

Los criterios típicos, la primera clase son:

1. Concluir el último trabajo con la mayor rapidez posible; es decir, minimizar el intervalo de tiempo desde el principio del procesamiento hasta el completamiento de todos los trabajos.
2. Concluir cada trabajo con la mayor rapidez posible. (Minimizar la suma de tiempos de completamientos).

3. Minimizar los costos de inventario en el curso - del proceso.
4. Maximizar la utilización de las máquinas.

y para la segunda clase:

1. Minimizar el número de trabajos tardíos.
2. Minimizar el retraso total.
3. Minimizar los costos originados en la pauta de - cumplimiento exacto de las fechas de vencimien--to. Este aspecto incluye a los dos primeros como formas particulares de la función de costos.- Pueden incluirse los costos originados en el cumplimiento temprano.

Medidas de Rendimiento

1. La distribución de tiempos para completar un trabajo-tiempo desde la introducción en el taller - hasta que se termina el procesamiento de la última operación.
2. La distribución del retraso de los trabajos (el-tiempo transcurrido entre el completamiento real de un trabajo y el completamiento deseado).
3. La magnitud del inventario de trabajo que está - procesándose en el taller.
4. La utilización de las instalaciones del taller - (el complemento del tiempo ocioso).

5.5.2 Programación por asignación

EL PROBLEMA DE ASIGNACION

El problema general es tomar n recursos (trabajos) y asignarlos a n máquinas, sabiendo cuál es el costo de cada alternativa; los tiempos empleados también podrán usarse. La tarea es minimizar el costo total de la asignación. Esta labor quizá no pueda hacerse en forma adecuada por enumeración; por ejemplo, 5 trabajos pueden ser asignados a 5 máquinas en $5 \times 4 \times 3 \times 2 = 120$ maneras.

EJEMPLO Cuatro trabajos deberán ser asignados a 4 máquinas; es sabido que el tiempo empleado por cada una en el trabajo será como se muestra en la Fig. 1 (a). Encuentre una asignación que minimice la suma de los tiempos necesarios. (Suponga que todos los trabajos tienen el mismo costo).

		M A Q U I N A S						M A Q U I N A S						M A Q U I N A S			
		A	B	C	D			A	B	C	D			A	B	C	D
Trabajos	a	15	18	21	24	a	0	1	5	7	a	-0	-1	-5	-7		
	b	19	23	22	18	b	4	6	6	1	b	3	5	5	0		
	c	26	17	16	19	c	11	0	0	2	c	-11	-0	-0	-2		
	d	19	21	23	17	d	4	4	7	0	d	4	4	7	0		
		a)						b)						c)			
		A B C D						A B C D						A B C D			
a		0	1	5	10	a	0	0	4	10	a	0	0	4	10		
b		0	2	2	0	b	0	1	1	0	b	0	1	1	0		
c		-11	-0	-0	-5	c	-12	-0	-0	-6	c	-12	-0	-0	-6		
d		1	1	4	0	d	1	0	3	0	d	1	0	3	0		
		d)						e)									

Fig. 1

1. Primero modifique la matriz de tiempo (costo), Fig. 1 (a). Deduzca el tiempo más pequeño (no-cero) en cada columna de todos los elementos de esa columna, obteniendo, cuando menos, un cero en cada una Fig. 1(b) .

2. En cada renglón con elementos positivos, deduzca el tiempo mínimo de todos los elementos en ese renglón. En la Fig. 1(b), esto se aplica sólo al segundo renglón, porque todas las demás ya tienen cero. El resultado es la Fig. 1(c). Si el paso 1 ha producido cuando menos un cero al menos en cada renglón, el presente paso podrá omitirse.

3. Ahora, trace el número mínimo de líneas que cubran todos los ceros. En la Fig. 1(c) tres líneas serán suficientes. Si hay tantas de estas líneas como renglones o columnas, será posible una asignación óptima. Si no, la matriz deberá cambiarse. Aquí hay tres líneas en vez de cuatro, por lo que el siguiente paso será necesario.

4. En la Fig. 1(c) reste el elemento descubierto más pequeño (aunque es 3) de todos los elementos descubiertos. Introduzca los resultados en la Fig. 1(d). Después, añada el mismo número a los elementos a los cuales las líneas de la Fig. 1(c) intersecan (2 en la línea a y 7 en la c), para obtener 10 y 5, respectivamente. Anote los resultados en la Fig. 1(c) y complete la figura anotando los otros elementos cubiertos sin cambio.

5. Repita el paso 3. En la Fig. 1(d) es nuevamente posible cubrir todos los ceros sólo con tres líneas. Por lo tanto, repita el paso 4, para obte--

ner la Fig. 1(e) en la cual son necesarias cuatro - líneas. Esta es la matriz óptima.

6. Haga las asignaciones reales, empezando por el cero que sea único en su renglón o columna. (Si no existe dicho cero, empiece con cualquier cero).- Aquí, éste es cC. Complete la asignación; como puede suceder, hay más de una. Las dos soluciones son

cC, aA, bD, dB; Tiempo = $16 + 15 + 18 + 21 = 70$

cC, aB, bA, dD; Tiempo = $16 + 18 + 19 + 17 = 70$

5.5.3 Programación en un taller Contribución utilitaria

Dos productos tienen el siguiente proceso. Hay un taller que lo más que puede hacer son 200 productos del tipo 1, ó 100 del tipo 2, por día. El taller de pintura tiene una capacidad diaria de 120 productos del tipo 1, ó 160 del tipo 2. También el tratamiento térmico puede procesar no más de 90 artículos del tipo 2 por día; el producto 1 no necesita de este proceso. El producto 1 tiene una contribución a la utilidad de \$4 cada uno; el 2, de \$6. - Encuentre la combinación óptima de productos 1 y 2- y la utilidad correspondiente.

Como siempre, $X_1 \geq 0$, $X_2 \geq 0$. Para el taller:- Cuando $X_1 = 0$, $X_2 = 100$; cuando $X_2 = 0$, $X_1 = 200$. - Usando geometría elemental, o (1.2), la ecuación de la línea límite es

$$X_2 = 100 - \frac{100}{200} X_1$$

y la restricción, obtenida por multiplicación y simplificación, es

$$(i) \quad X_1 + 2X_2 \leq 200$$

Para el taller de pintura: cuando $X_1 = 0$, $X_2 = 160$; cuando $X_2 = 0$, $X_1 = 120$. Por tanto, la línea límite es dada por

$$X_2 = 160 - \frac{160}{120} X_1$$

por lo que la restricción es

$$(ii) \quad 4X_1 + 3X_2 \leq 480$$

Para el taller de tratamiento térmico:

$$(iii) \quad X_2 \leq 90$$

El área factible se muestra en la Fig. 1. Para completar la lista de los vértices, las coordenadas de A y de B deben ser encontradas. Para A resolvemos simultáneamente la (i) y (iii) anteriores, usándolas como ecuaciones:

$$(i') \quad X_1 + 2X_2 = 200$$

$$(iii') \quad X_2 = 90$$

$$\text{Por tanto} \quad X_1 = 20$$

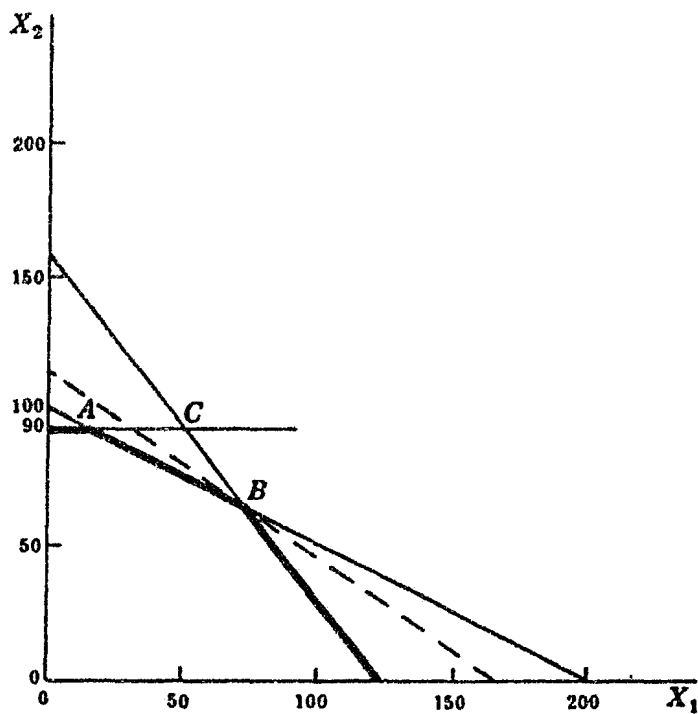


Fig. 1

Tabla 1

X_1	X_2	$Z = 4X_1 + 6X_2$
0	90	540
20	90	620
72	64	672*
120	0	480

Para B, resolvemos simultáneamente (i) y (ii), nuevamente como ecuaciones:

$$(i') \quad X_1 + 2X_2 = 200$$

$$(ii') \quad 4X_1 + 3X_2 = 480$$

De (i') $X_1 = 200 - 2X_2$. Sustituyendo en (ii'):

$$4(200 - 2X_2) + 3X_2 = 480$$

$$320 - 5X_2 = 0$$

$$X_2 = 64$$

$$X_1 = 72$$

Sólo nos resta tabular las coordenadas de los vértices y calcular la función objetivo $Z = 4X_1 + 6X_2$ para cada una. El punto $(0,0)$ no es, obviamente, la mejor solución y puede ser omitido. Es también innecesario considerar el punto C, el cual se encuentra fuera del área factible. Sin embargo, cuando no disponemos de un diagrama, tendrá que ser probado. La tabla 1 señala el punto $X_1 = 72$, $X_2 = 64$ como el óptimo, por lo que deberán fabricarse 72 artículos del tipo 1 y 64 del tipo 2, con una utilidad de \$ 672.

5.5.4 Secuenciación de operaciones Producción intermitente

La secuenciación tiene como objetivo encontrar el orden de ejecución de n trabajos (dependientes o independientes), que requieren una serie de procesos en m máquinas, de manera que se optimice una medida de desempeño definida para tal fin.

La secuenciación tiene como objetivo encontrar el orden óptimo de elaboración de los diferentes procesos requeridos por n trabajos distintos en m máquinas, de acuerdo a ciertas medidas de desempeño global.

Los problemas de secuenciación se clasifican de acuerdo a:

- a) El patrón de llegada de los trabajos. Un problema de secuenciación es estático si la producción de n trabajos diferentes en m máquinas puede ordenarse e instrumentarse en un solo periodo de tiempo; es dinámico si el orden de producción y su implementación se realiza a través de varios periodos de tiempo.
- b) El número de máquinas. Existen problemas de secuenciación de n trabajos ($n \geq 1$) en una sola máquina y otros, en m máquinas ($m > 1$).
- c) De acuerdo al flujo de producción. Este puede ser en serie, si se sigue una ruta preconcebida donde el proceso $k + 1$ precede al k , $k = 1, 2, \dots, r$, o bien aleatorio, donde no existe una ruta

preconcebida de procesos. Los trabajos pueden ser independientes unos de otros, o bien puede existir una interdependencia entre los mismos. Existen rutas llamadas generales, que mezclan los flujos en serie con los aleatorios.

- d) De acuerdo al objetivo que se busca optimizar. Los problemas de secuenciación pueden optimizar el tiempo total de procesamiento de todos los trabajos en todas las máquinas, o minimizar el retraso promedio de todos los trabajos o de alguno en particular. Otras medidas de desempeño son: los tiempos promedios de procesamiento de los trabajos, su variancia utilización promedio de las diferentes máquinas herramientas, la impuntualidad, etc.

Para distinguir los diferentes problemas de secuenciación, Conway, Maxwell y Miller proponen una notación de 4 parámetros, (A/B/C/D), donde:

- A = Llegada de los trabajos; si es un problema estático, A es el número de trabajos; si se trata de un problema dinámico, A denota la característica de las llegadas (constantes, variables, determinísticas o estocásticas), cuya descripción detallada se proporciona en "líneas de espera".
- B = Número de máquinas.
- C = Tipo de flujo: puede ser en serie (F), aleatorio (R) o general (G).
- D = Criterio de optimización.

Por ejemplo, $(3/2/F/F_{\text{máx}})$ indica el problema de secuenciar 3 trabajos en serie en 2 máquinas, tal que se minimice el tiempo de flujo máximo.

En la notación que se proporciona en seguida, se distingue la información que se conoce anticipadamente de aquella que se genera durante la ejecución de todos los procesos asociados a la producción de un cierto artículo. Para el primer tipo de información se utilizan letras minúsculas y, para la segunda, mayúsculas.

Para definir los parámetros importantes en los modelos de secuenciación se consideran los siguientes supuestos:

- a) Cada máquina elabora un solo proceso a la vez.
- b) Se tienen n trabajos independientes, cada uno con una serie de procesos que requieren una relación de precedencia.
- c) La descripción de cada proceso se conoce con an ticipación.
- d) Los tiempos de ajuste de maquinaria son indepen dientes de la secuencia de los procesos y se in cluyen en los tiempos de proceso.
- e) Una vez iniciado un proceso, éste sólo interrum pte hasta su conclusión.

Lo anterior indica que para n trabajos y una máquina, existen $n!$ maneras diferentes de ordenar su secuencia. Sea $[[k]] = q$ la notación que indica que el k -ésimo trabajo se encuentra en el q -ésimo

lugar para ser procesado. Por ejemplo $[4] = 1$, indica que el cuarto trabajo se hará primero, mientras que $[1] = 4$, indica que el trabajo 1 entra en el cuarto lugar de la secuencia.

Considere n trabajos que requieren de un proceso en una máquina. Se define por:

t_j = Tiempo de proceso requerido por el trabajo j .

r_j = Período de tiempo en el que el trabajo j está listo para procesarse.

d_j = Tiempo prometido de entrega, es decir, el período de tiempo en el que el trabajo j debería entregarse.

Los parámetros anteriores se conocen con antelación. Se define como C_j , al tiempo de terminación del trabajo j .

En los problemas de secuenciación se utilizan generalmente dos medidas de desempeño: el tiempo de flujo del trabajo j , F_j , y el retraso del trabajo j , L_j , las que se definen a continuación:

$$F_j = C_j - r_j, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

$$L_j = C_j - d_j, \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

Note que valores negativos de L_j indican eficiencia, mientras que valores positivos indican ineficiencia. Se define la impuntualidad del trabajo j ,

denotada por T_j , a

$$T_j = \text{Máx} \{0, L_j\} \quad (3)$$

Si se consideran n trabajos que requieren de un proceso en una sola máquina, se tienen las siguientes definiciones:

tiempo promedio de flujo, $\bar{F} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n F_j$ (4)

impuntualidad promedio, $\bar{T} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n T_j$ (5)

tiempo de flujo máximo, $F_{\text{máx}} = \text{Máx}_{1 \leq j \leq n} F_j$ (6)

impuntualidad máxima, $T_{\text{máx}} = \text{Máx}_{1 \leq j \leq n} T_j$ (7)

número de trabajos impuntuales, $N_t = \sum_{j=1}^n \delta(T_j)$ (8)

donde

$$\delta(x) = \begin{cases} 1, & \text{si } x > 0 \\ 0, & \text{de otra manera,} \end{cases}$$

Con estos conceptos se pueden describir algunas técnicas (exactas y aproximadas) para resolver problemas de secuenciación de:

- n trabajos, 1 máquina
- n trabajos, 2 máquinas
- n trabajos, 3 máquinas
- 2 trabajos, m máquinas
- n trabajos, m máquinas.

5.5.5 Dos trabajos en una máquina

Suponga que se requieren 2 trabajos, A y B, cada uno con 2 procesos P_1 , P_2 que se realizan respectivamente en 2 máquinas herramientas distintas. Suponga que la duración de cada proceso es:

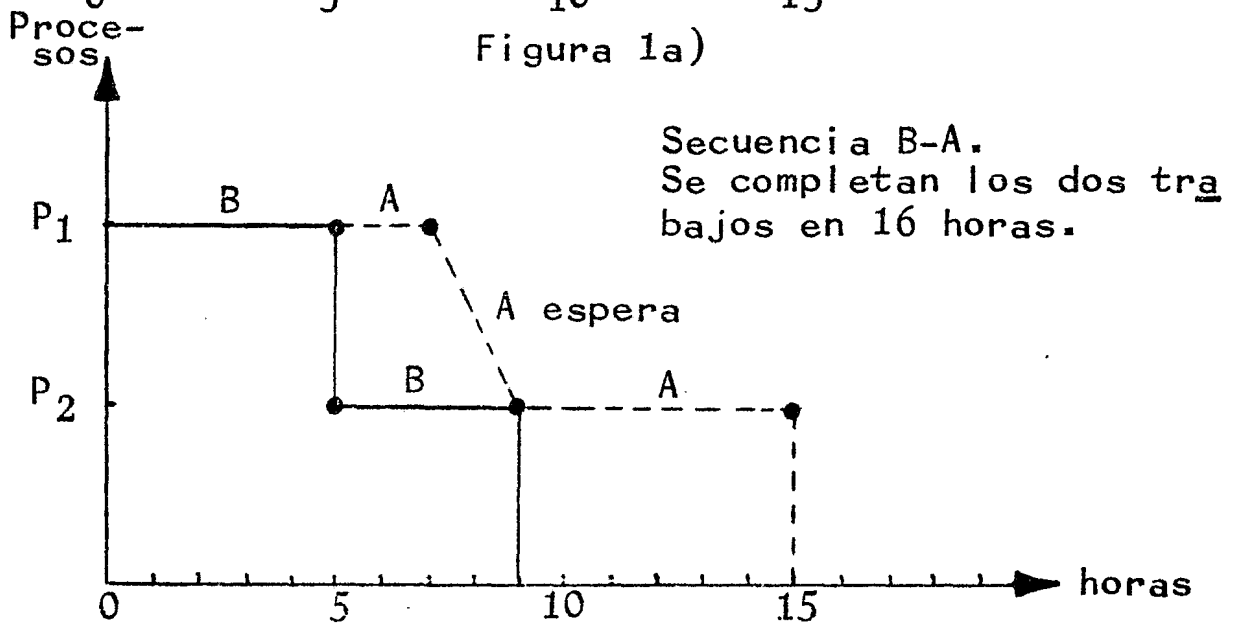
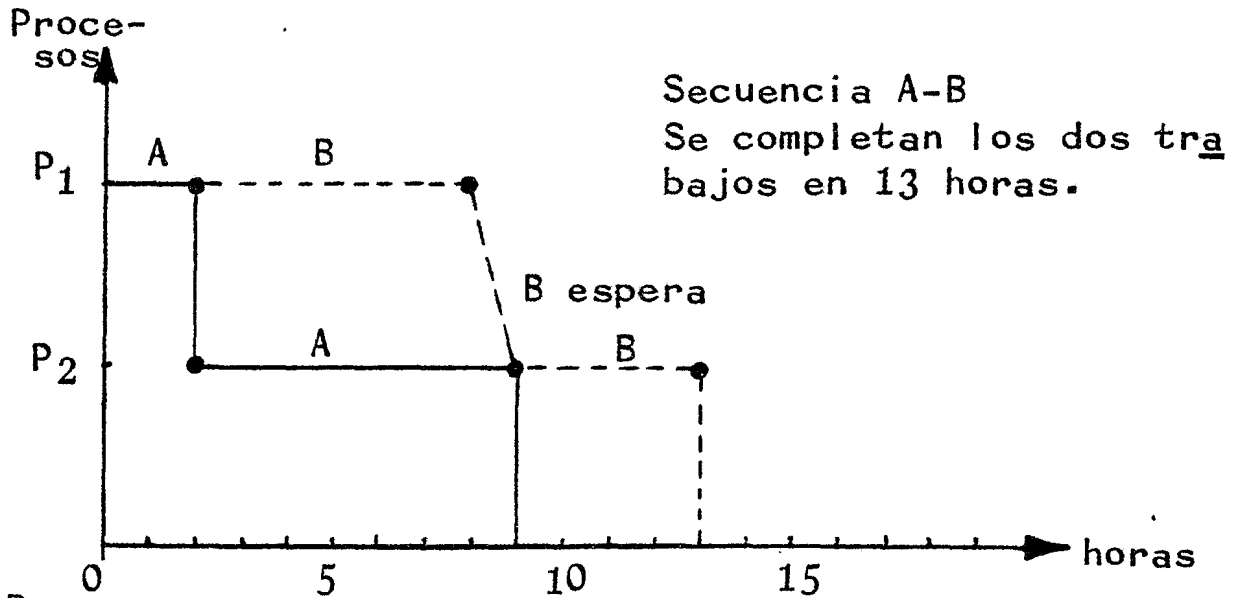
		Proceso	
		P_1	P_2
Trabajo	A	2	7
	B	5	4

horas por 1000 piezas

T - 1

Existen sólo $2! = 2$ posibles secuencias, la A-B o la B-A. En la primera, el trabajo A pasa antes que el trabajo B por el proceso P_1 y después por el P_2 ; en la otra secuencia se invierte el orden.

En las figuras 1 a y b se muestra la gráfica de Gantt para cada secuenciación.



Las gráficas anteriores demuestran que la secuencia A-B es mejor que la B-A: en la primera se completan los dos trabajos en 13 horas; en la segunda se utilizan 16 horas.

5.5.6 N trabajos en una máquina

Se considera el problema $(n/1/F/F)$ consiste en secuenciar n trabajos ($n > 1$) en una máquina. Sean t_1, t_2, \dots, t_n los tiempos conocidos de proceso de n trabajos diferentes e independientes en una máquina. Existen $n!$ maneras diferentes de ordenar la secuenciación de estos trabajos. Por ejemplo si $n = 20$, existen 2.432902×10^{18} maneras diferentes de secuenciarlos, cada una de ellas con un tiempo promedio total de flujo. Se requiere encontrar aquella secuencia que minimice éste. Si se denota por $t_{[k]}$ el tiempo de proceso del trabajo que entra en la k -ésima posición, el siguiente teorema resuelve este problema de secuenciación.

Teorema 1

El tiempo promedio de flujo, \bar{F} , se minimiza con la secuencia $t_{[1]} \leq t_{[2]} \leq \dots \leq t_{[n]}$. Esta secuencia se denomina el tiempo de procesamiento más corto (TPC).

El algoritmo que se deriva del teorema 1 es muy simple. Se busca aquel trabajo cuya t_j sea la mínima entre todos y se le hace $t_{[1]}$, de los que quedan se busca el mínimo y se le hace $t_{[2]}$ y así sucesivamente hasta encontrar $t_{[n]}$.

Se prueba que este algoritmo también encuentra la secuencia óptima que minimiza el tiempo promedio de espera y el tiempo promedio de retraso. Este al-

goritmo también funciona si los trabajos tienen -- asignados una ponderación w_j , que denota su impor-- tancia. En este último caso la secuencia óptima la proporciona el siguiente TPC

$$\frac{t [1]}{w [1]} \leq \frac{t [2]}{w [2]} \leq \dots \leq \frac{t [n]}{w [n]}$$

Ejemplo

Se requiere secuenciar 6 trabajos en una máqui na herramienta tal que se minimice \bar{F} . Los tiempos de proceso, t_j , y la importancia de cada trabajo, w_j , se proporciona a continuación

Trabajo	t_j (horas)	w_j	t_j/w_j
1	10	5	2.00
2	6	10	0.60
3	5	5	1.00
4	4	1	4.00
5	2	3	0.67
6	8	5	1.60

Tabla 2

El TPC es

$$0.60 < 0.67 < 1.00 < 1.60 < 2.00 < 4.00$$

por lo que la secuencia óptima de trabajos es la

$$\{2, 5, 3, 6, 1, 4\} .$$

5.5.7 N trabajos en dos máquinas

Considere el problema de secuenciación ($n/2/F/F_{\text{máx}}$) consistente en ordenar n trabajos seriados in dependientes en 2 máquinas tal que se minimice el tiempo de flujo máximo; cada trabajo requiere de dos procesos secuenciales distintos, realizándose el primero en una máquina y, el siguiente, en la otra. La secuencia de los procesos no se puede alterar.

Sea t_{ij} el tiempo de proceso j ($j = 1, 2$), del trabajo i , ($1, 2, \dots, n$). El algoritmo que resuelve este problema, diseñado por Johnson, prosigue de la siguiente manera:

1. Sea $k = 1$ y $p = n$.
2. Encuentre el mínimo t_{ij} . Si éste ocurre para $j = 1$ se le hace $t_{[k], 1}$ y $t_{[k], 2}$. Se elimina del análisis posterior. Si, por el contrario, el mínimo t_{ij} ocurre para $j = 2$, se le hace $t_{[p], 1}$ y $t_{[p], 2}$. Se elimina del análisis posterior.
2. Con los t_{ij} restantes se repite el procedimiento del paso anterior haciendo $k = k + 1$ si $j = 1$, o $p = p - 1$ si $j = 2$. Los empates se resuelven arbitrariamente. El algoritmo termina en n iteraciones.

Ejemplo

Suponga un problema de ordenación de 5 trabajos, cada uno de los cuales requiere dos procesos secuenciales (forjar y pintar), en dos máquinas distintas. Los tiempos de proceso se muestran a continuación:

Trabajo	Procesos	
	Forjar	Pintar
1	4	3
2	1	2
3	5	4
4	2	3
5	5	6

Tiempo en horas por 1000 piezas

Tabla 3

Iteración 1.

1. Sea $k = 1$ $p = 5$.
2. El mínimo valor de las t_{ij} corresponde a $t_{21} = 1$. Como $j = 1$, se asigna el primer lugar ($k = 1$), al segundo trabajo.
3. Se elimina el segundo trabajo del análisis y se hace $k = 2$, $p = 5$.

Iteración 2.

2. El mínimo valor de las t_{ij} restantes corresponde a $t_{41} = 2$. Como $j = 1$, se asigna el segundo lugar ($k = 2$), al trabajo 4.
3. Se elimina el cuarto trabajo del análisis y se hace $k = 3$, $p = 5$.

Iteración 3.

2. El mínimo valor de las t_{ij} restantes corresponde a $t_{12} = 3$. Como $j = 2$ se asigna el quinto lugar ($p = 5$), al trabajo número uno.
3. Se elimina el trabajo uno del análisis y se hace $k = 3$, $p = 4$.

Iteración 4.

2. El mínimo valor de las t_{ij} restantes corresponden a $t_{32} = 4$. Como $j = 2$ se asigna el cuarto lugar ($p = 4$), al trabajo número 3.
3. Se elimina el trabajo 3 del análisis y se hace $k = p = 3$. Esto indica que se entra a la última iteración, que se puede resolver implícitamente.

Como el único trabajo que no ha sido ordenado es el quinto, y la única posición de la secuencia que no ha sido asignada es la tercera, queda implícita que el quinto trabajo se ubica en el tercer lugar.

La secuencia óptima es la $\{2, 4, 5, 3, 1\}$, donde los números dentro del paréntesis identifican el trabajo. El tiempo de proceso será de 21 horas, de acuerdo a la gráfica de Gantt de la figura 1.

Jackson ha demostrado que el algoritmo de Johnson puede modificarse para encontrar el tiempo mínimo total de procesamiento de todos los trabajos en 2 máquinas, cuando los procesos pueden intercambiarse, es decir, resuelve el problema $(n/2/G/F_{\text{máx}})$.

El algoritmo de Jackson divide a los trabajos en 4 grupos:

$\{A\}$ = el conjunto de trabajos que requieren sólo del primer proceso.

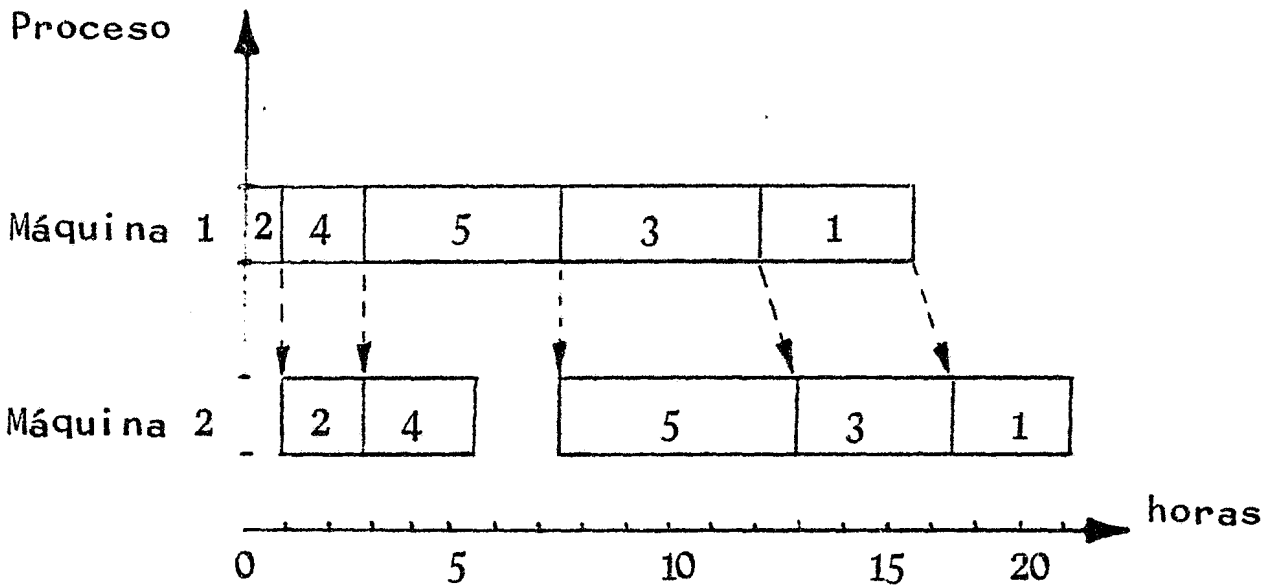


Figura 2 Gráfica de Gantt para la secuencia $\{2, 4, 5, 3, 1\}$

$\{B\}$ = el conjunto de trabajos que requieren sólo del segundo proceso.

$\{AB\}$ = el conjunto de trabajos que requieren del primer proceso y después del segundo.

$\{BA\}$ = el conjunto de trabajos que requieren del segundo proceso y después del primero.

Con el algoritmo de Johnson se procede a ordenar los trabajos en el conjunto $\{AB\}$; se repite lo anterior para el conjunto $\{BA\}$. A continuación se selecciona una secuencia arbitraria para los conjuntos $\{A\}$ y $\{B\}$. Finalmente se combinan los resultados anteriores de la siguiente manera:

Proceso 1: Secuencia $\{AB\}$, seguida de la $\{A\}$ y finalizada por la $\{BA\}$.

Proceso 2: Secuencia $\{BA\}$, seguida de la $\{B\}$ y finalizada por la $\{AB\}$.

5.5.8 N Trabajos en M Máquinas

El algoritmo de Johnson sirve para resolver un caso particular del problema de secuenciación ($n/3/F/F_{\text{máx}}$) correspondiente a n trabajos en 3 máquinas. La particularidad del caso la proporcionan las siguientes condiciones:

$$\text{Mín}_{i=1, \dots, n} \{t_{i1}\} \geq \text{Máx}_{i=1, \dots, n} \{t_{i2}\} \quad (9)$$

6

$$\text{Mín}_{i=1, \dots, n} \{t_{i3}\} \geq \text{Máx}_{i=1, \dots, n} \{t_{i2}\} \quad (10)$$

Lo anterior equivale a decir que el método de Johnson es útil sólo cuando el segundo proceso está completamente dominado por el primer o tercer proceso. Si las propiedades anteriores no se cumplen, el problema ($n/3/F/F_{\text{máx}}$), se resuelve con otros algoritmos, como los de Ignall y Schrage, Giglio y Wagner, Story y Wagner, algunos de los cuales se detallan más adelante.

Ejemplo

Considere 4 trabajos que requieren, cada uno, de 3 procesos secuenciales. Los detalles se proporcionan a continuación

Trabajo	Proceso 1	Proceso 2	Proceso 3
1	8	2	4
2	5	4	5
3	6	1	3
4	7	3	2

Tiempo en horas por 1000 piezas.

Como $\text{Mín}_{i=1, \dots, n} \{t_{i1}\} = 5 > \text{Máx}_{i=1, \dots, n} \{t_{i2}\} = 4$, se puede

utilizar el algoritmo de Johnson, para 2 nuevos procesos A y B, siendo A la suma del proceso 1 y 2, y B, el de 2 y 3. Los nuevos datos se muestran a continuación.

Trabajo	Proceso A		Proceso B	
	Proceso 1 + proceso 2	Proceso 2 + proceso 3	Proceso 1 + proceso 2	Proceso 2 + proceso 3
1	10		6	
2	9		9	
3	7		4	
4	10		5	

T-5

El algoritmo de Johnson genera una secuencia - óptima $[2, 1, 4, 3]$

5.5.9 Dos trabajos en M máquinas

Existe una solución gráfica del problema - - $(2/m/G/F_{\text{máx}})$. Esta técnica fue diseñada originalmente por Akers y Friedman y actualizada por Hardgrave y Nemhauser.

Suponga que existen m máquinas, numeradas $1, 2, \dots, m$, que procesan 2 trabajos. Sean los tiempos de proceso

$t_{11}, t_{12}, \dots, t_{1m}$ para el trabajo 1

$t_{21}, t_{22}, \dots, t_{2m}$ para el trabajo 2

Estos tiempos pueden graficarse en 2 ejes coordenados, como se ilustra en la figura 3.

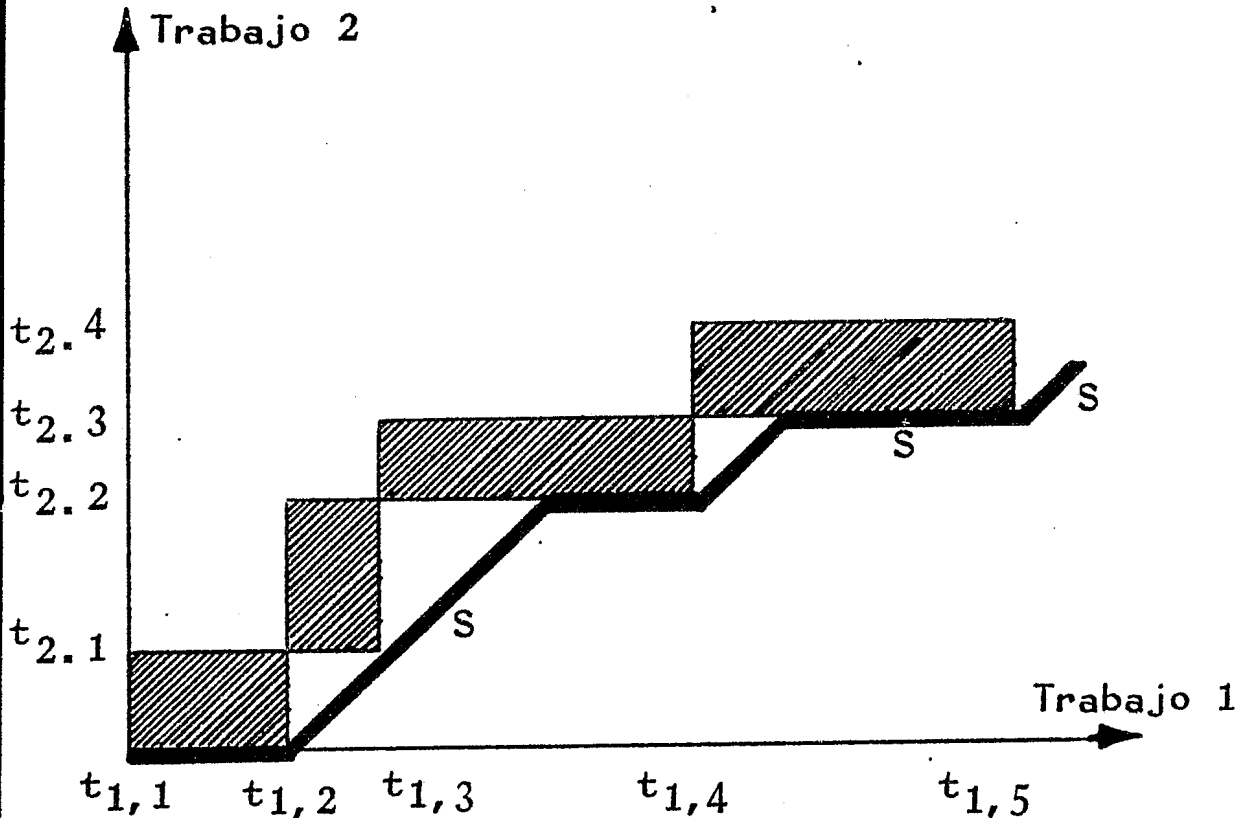


Figura 3

Una secuencia puede representarse por una línea, S , que:

a) va del punto $(0,0)$ al $(\sum_{j=1}^m t_{1j}, \sum_{j=1}^m t_{2j})$

b) está a compuesto de tramos horizontales (se elabora únicamente el trabajo 1), tramos verticales (se elabora únicamente el trabajo 2) y tramos a 45° de cualquier eje (se elaboran simultáneamente ambos trabajos, cada uno en una máquina diferente)

- c) No penetra en ninguna de las áreas sombreadas - de la figura 3, indicando la imposibilidad de - que una máquina realice simultáneamente ambos - trabajos.

Existen 2^m diferentes configuraciones de esta línea S, indicando por lo tanto, igual número de posibles secuencias. Se trata de encontrar aquella cuya suma de segmentos verticales (tiempo total asociado al segundo trabajo) u horizontales (tiempo total asociado al primer trabajo) que sea la mínima. En la figura 4, se muestra gráficamente la razón de tantas alternativas. Al encontrar la línea S una región sombreada puede bifurcarse de varios modos.

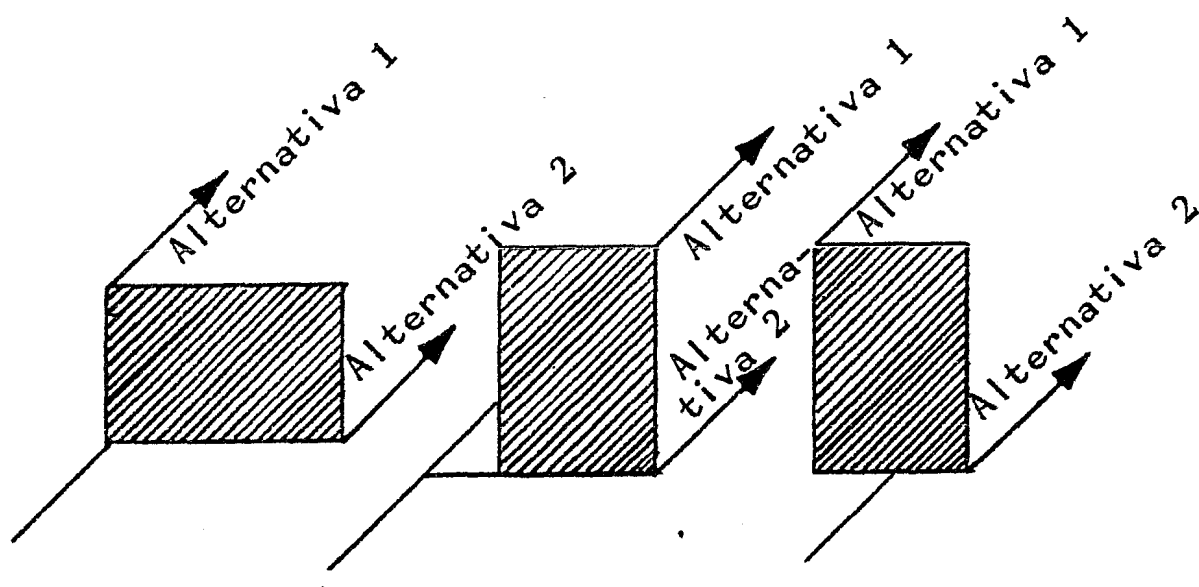


Figura 4.

Ejemplo

Suponga que cada uno de dos trabajos requiere de 4 procesos secuenciales denominados a, b, c y d. - El primer trabajo se debe realizar en el orden a, b, c, d; el segundo en el d, b, a, c. Los tiempos del trabajo i en la máquina j , t_{ij} , $i = 1, 2$; $j = a, b, c, d$ son:

Trabajo	Máquina			
	a	b	c	d
1	2	5	3	2
2	3	5	2	6

En la figura 5 se muestran las regiones sombreadas asociadas a este problema.

El tiempo total mínimo del primer trabajo es 12 unidades y 17 del segundo. Por lo general, la línea S óptima no es tan fácil de encontrar y a base de prueba y error, se requiere intentar varias combinaciones antes de hallar la solución correcta.

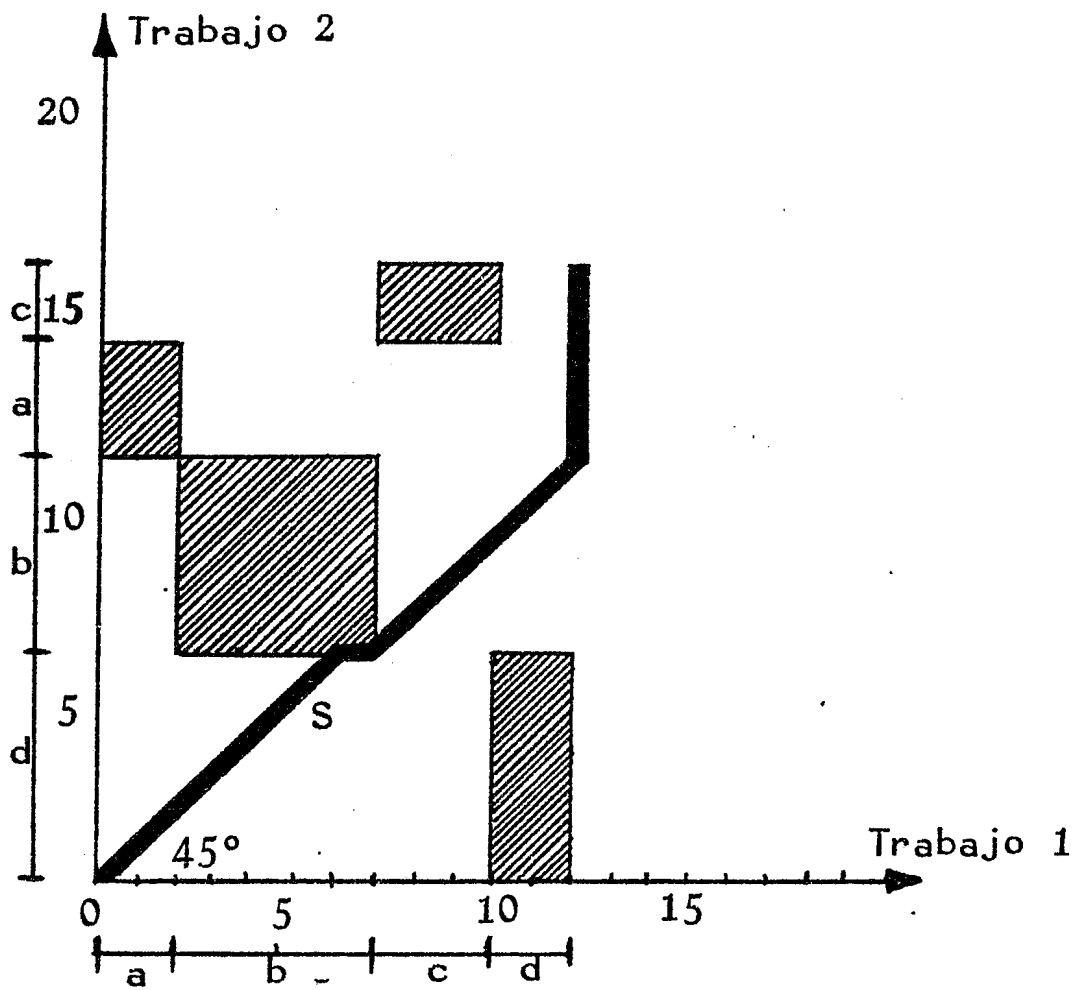


Figura 5

5.5.10 Programación PERT/CPM

En 1957, fue desarrollado en Estados Unidos - por Morgan R. Walker, y por James E. Kelley Jr., un método para la planeación, programación y control, - fundamentalmente basado en análisis de redes, al - que se le llamó C.P.M. (Critical Path Method). Fue puesto a prueba por primera vez en el período 1957-58 en la construcción de la planta de Dupont en - - Louisville, obteniéndose ahorros tan considerables - que permitieron su adopción inmediata como método - para la planeación, programación y control de proce - sos productivos.

El PERT fue desarrollado en 1958 en los Esta-- dos Unidos como un producto de la investigación rea - lizada por la firma Booz, Allen y Hamilton, de Chi - cago, Illinois, a solicitud de la Oficina de Proyec - tos Espaciales de la Marina de los Estados Unidos. - Este método se creó para controlar el programa para la ejecución del Proyecto Polaris, dando como re - sultado un ahorro de cerca de dos años en el tiempo - de ejecución del proyecto.

Ambos métodos, basados fundamentalmente en las mismas consideraciones teóricas al análisis de re - des, se ejecutan en forma distinta. A la fecha se - ha logrado obtener un método híbrido conocido con - el nombre PERT/CPM y el cual, dejando a un lado mu - chas de las laboriosas consideraciones probabilísti - cas del PERT original, se combina con el CPM en al - guna de sus etapas de ejecución, dando como resulta - do un método más práctico, menos sofisticado que - sus antecesores.

Mencionaremos, como información, algunos de los nuevos métodos existentes, que no son sino modificaciones a los originales PERT o CPM.

CPS (Critical Path Scheduling).

LESS (Least-Cost Estimating and Scheduling).

PEP (Programation and Evaluation Procedure).

MAP (Manpower Allocation Procedure).

La red de un proceso productivo es una representación gráfica que utiliza flechas para indicar cada una de las actividades; y círculos, para indicar eventos de iniciación y terminación de actividades. La flecha que representa una actividad, deberá estar orientada en el sentido de avance del proceso; su longitud puede ser cualquiera, no siendo indicación de su tiempo de duración. Todas las flechas se iniciarán en círculos y terminarán en círculos que representan el evento de iniciación y de terminación de una actividad. El evento de terminación de una actividad, será evento de iniciación de la actividad siguiente.

Para definir la secuencia que deberá seguirse en la representación de las actividades, es conveniente elaborar una tabla de secuencias. Esta tabla tendrá tantos renglones y columnas como actividades tenga el proceso.

Para construirla, se escriben las actividades, una en cada renglón de la tabla, y manteniendo el mismo orden, se escriben en cada columna. Se siguen

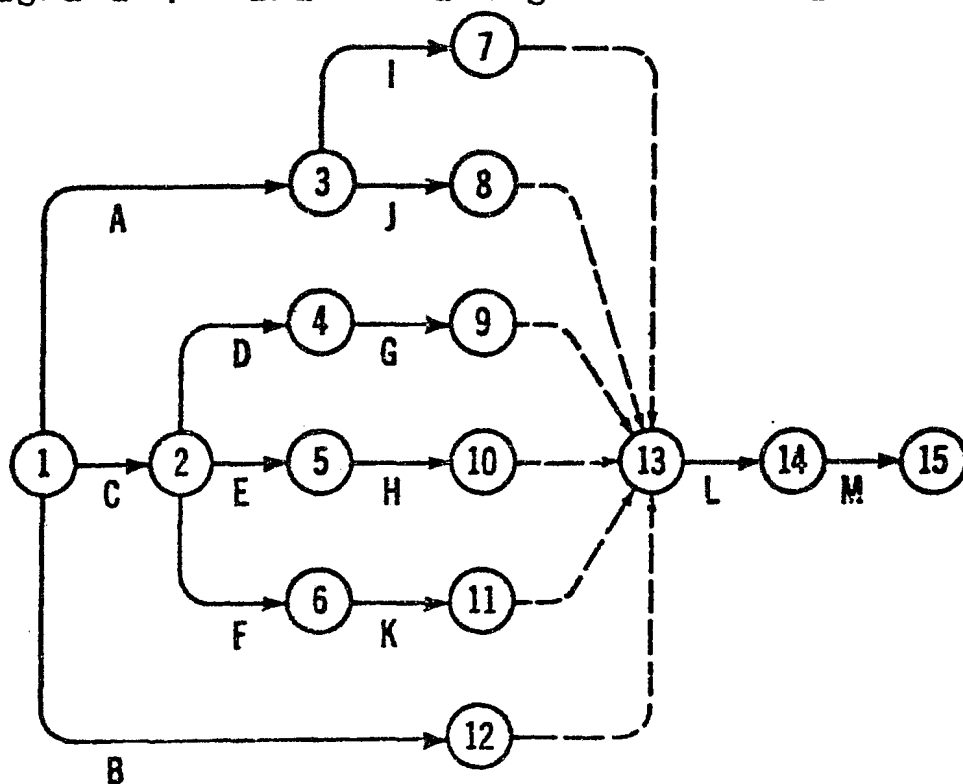
a continuación dos reglas:

- a) Se analiza la actividad correspondiente a cada uno de los renglones, y se determina cuáles actividades pueden realizarse inmediatamente después de terminada la actividad en cuestión. Para esto se recorre el renglón examinando las columnas de la tabla, y colocando una X en los casilleros de las columnas que corresponden a las actividades que pueden realizarse inmediatamente después.

- b) Se analiza la actividad correspondiente a cada una de las columnas, y se determina cuáles actividades deben precederle inmediatamente antes de poder iniciar la actividad en cuestión. Para esto, se recorre la columna examinando los renglones de la tabla, y colocando una X en los casilleros de los renglones que corresponden a las actividades que deben ejecutarse inmediatamente antes.

Una vez definida en esta forma la secuencia entre actividades, se construye la red correspondiente, utilizando flechas punteadas como auxiliares, - cuando sea necesario unir entre sí eventos sin actividad propiamente dicha.

El diagrama quedará en la siguiente forma:



Una vez construido, se numeran los eventos para clasificarse las actividades, teniendo cuidado - que al evento de iniciación de una actividad, le co rresponda siempre un número menor que al evento de - terminación de la misma actividad. Estos números - permitirán formar el código de actividades, como se muestra a continuación: (Ver tabla en la sig. pág.)

Estimación del tiempo de duración de una actividad

Para determinar el tiempo de duración de las - actividades en las cuales por alguna razón no se co noce su duración, se emplea un valor probabilístico, a partir de la estimación pesimista y optimista del mismo valor dado por la siguiente ecuación:

$$t_e = \frac{a + 4m + b}{6}$$

A c t i v i d a d	Código
Fabricar moldes	1, 2
Ordenar material partes No. 3 y 5	1, 3
Ordenar tuercas y empaques	1, 12
Fundir parte No. 1	2, 4
Fundir parte No. 2	2, 5
Fundir parte No. 6	2, 6
Maquinar parte No. 3	3, 7
Maquinar parte No. 5	3, 8
Maquinar parte No. 1	4, 9
Maquinar parte No. 2	5, 10
Maquinar parte No. 6	6, 11
Auxiliar	7, 13
Auxiliar	8, 13
Auxiliar	9, 13
Auxiliar	10, 13
Auxiliar	11, 13
Auxiliar	12, 13
Ensamble	13, 14
Inspección y empaque	14, 15

en donde:

t_e = tiempo estimado

a = tiempo más optimista

m = tiempo esperado

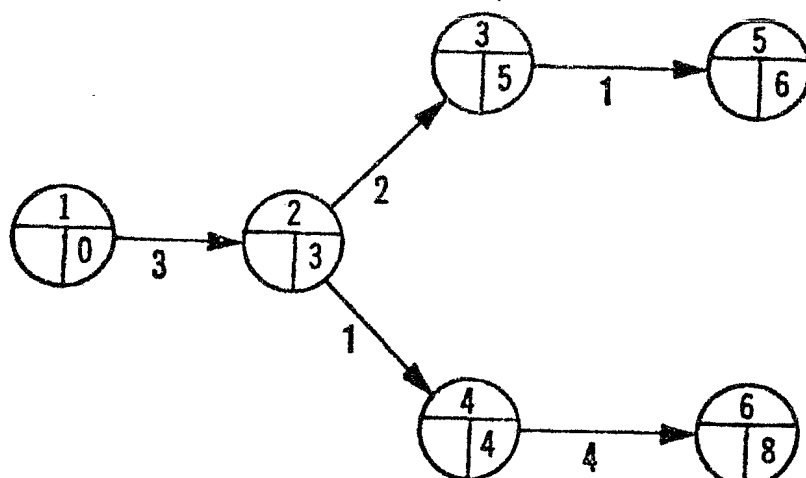
b = tiempo más pesimista

Conocido el tiempo de duración de cada una de las actividades se anota éste a un lado de cada flecha representativa de la actividad correspondiente.

Determinación del tiempo de iniciación más próximo

Para poder determinar qué actividades del diagrama son críticas, es necesario conocer el tiempo de iniciación más próximo de cada una de las actividades. Este tiempo se acostumbra anotar en el casillero derecho que queda al dividir el círculo que representa el evento de iniciación de la actividad.

Estos tiempos se determinan situando al primer evento del diagrama de flechas en un tiempo de iniciación 0 (cero) y calculando el tiempo de iniciación del evento siguiente en el diagrama, en el sentido del flujo, sumando el tiempo de duración de la actividad correspondiente. Supongamos una fracción de red formada por cinco actividades:



- la 1,2 con tiempo de duración 3 días.
- la 2,3 con tiempo de duración 2 días.
- la 2,4 con tiempo de duración 1 día.
- la 3,5 con tiempo de duración 1 día.
- y la 4,6 con tiempo de duración 4 días.

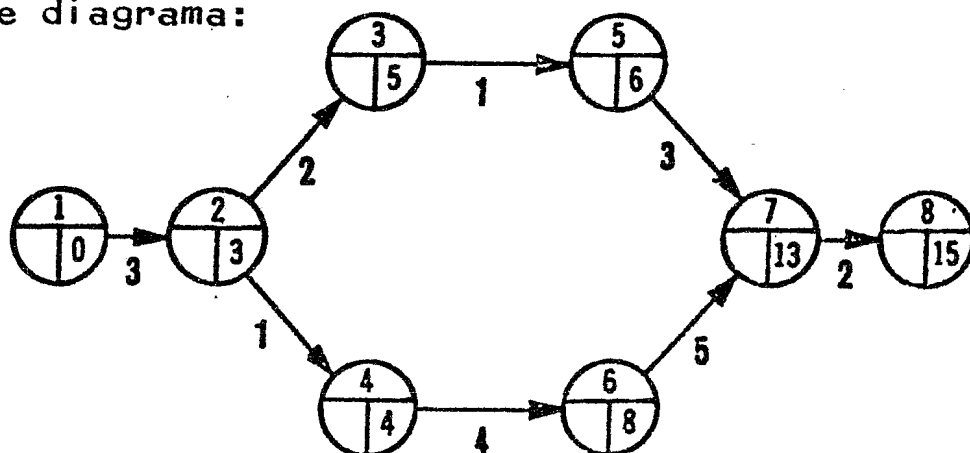
Si situamos un tiempo más próximo de iniciación igual a 0 (cero) para la primera actividad - (1,2), el tiempo de iniciación más próximo de las actividades subsecuentes (2,3) y (2,4) será $0 + 3$ días = 3 días, ya que, según la secuencia obligada, no podrá empezar la actividad (2,3) o (2,4) sin antes haber terminado la actividad (1,2), que tiene un tiempo de duración de 3 días. De modo que anotamos este tiempo en el casillero derecho del evento 2.

Ahora bien, la actividad (3,5) es precedente de la actividad (2,3), que tiene un tiempo de duración de 2 días, entonces si la fecha más próxima de iniciación de la actividad (2,3) es al 3er día, no se podrá iniciar la actividad (3,5) sino hasta el día 5 como fecha más próxima.

Razonando en igual forma, deducimos que la actividad (4,6) no podrá empezarse sino hasta el día 4, como fecha más próxima.

Procediendo en esta forma a través del diagrama se puede concluir cuál será la fecha de terminación más próxima para el proceso diagramáticamente representado por la red, ya que las fechas anotadas en los círculos son de iniciación más próximas para la actividad posterior y de terminación más próxima para la actividad anterior.

Existe en algunos nodos de la red, cierta incertidumbre que se resuelve lógicamente, como en el siguiente diagrama:



Enfoquemos nuestra atención al evento (7) del diagrama. Este evento representa la iniciación de la actividad (7,8), pero, al mismo tiempo, está representando la fecha de terminación de las actividades (5,7) y (6,7). La actividad (5,7) se termina al día $6 + 3 = 9$; en cambio, la actividad (6,7) se termina al día $8 + 5 = 13$. Si deben estar terminadas ambas actividades antes de iniciar la actividad (7,8), entonces la fecha de iniciación más próxima de esta actividad será el día 13 y no el día 9, como alguien podría pensar. Se debe anotar ésta, como la fecha de iniciación más próxima en el nodo o evento (7).

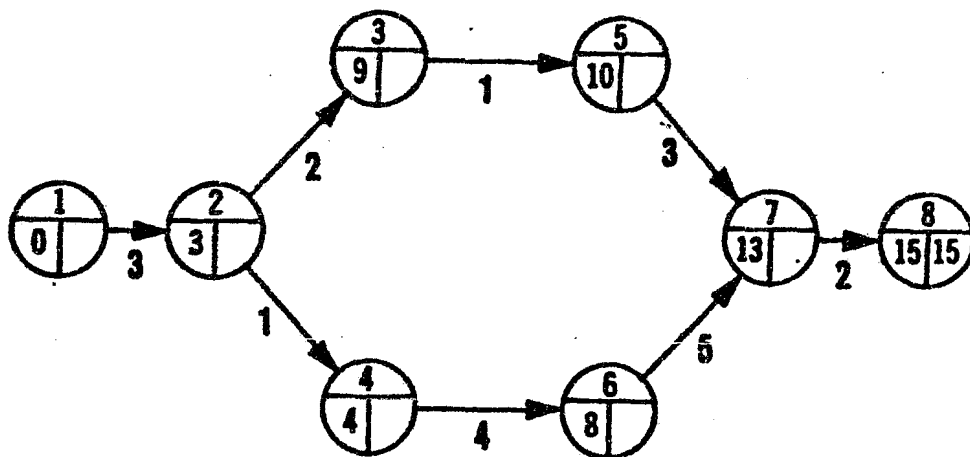
En este diagrama, el evento 8 marca el tiempo-

de terminaci3n de la actividad (7,8) que es la ultima del proceso. Luego, la fecha de terminaci3n del proceso ser3 15 d3as despu3s de haberlo iniciado.

Determinaci3n del tiempo de iniciaci3n m3s alejado

Definiremos este tiempo, como la fecha m3s alejada de iniciaci3n de una actividad que es posible fijar, sin que se atrase el tiempo de terminaci3n del proceso.

Utilizaremos la red anterior para explicar c3mo se determina:



Hab3amos fijado como fecha de terminaci3n del proceso 15 d3as, de modo que si la actividad (7,8) se realiza en 2 d3as, lo m3s tarde que podemos iniciarla es el d3a 13, sin alterar la fecha de terminaci3n del proceso. Esta fecha se anota en el casillero izquierdo del c3rculo que representa el evento de iniciaci3n de dicha actividad. Ahora bien, -

la actividad (5,7) se realiza en 3 días; si ya determinamos que debe estar terminada a más tardar el día 13, lo más tarde que podemos iniciarla será el día 10.

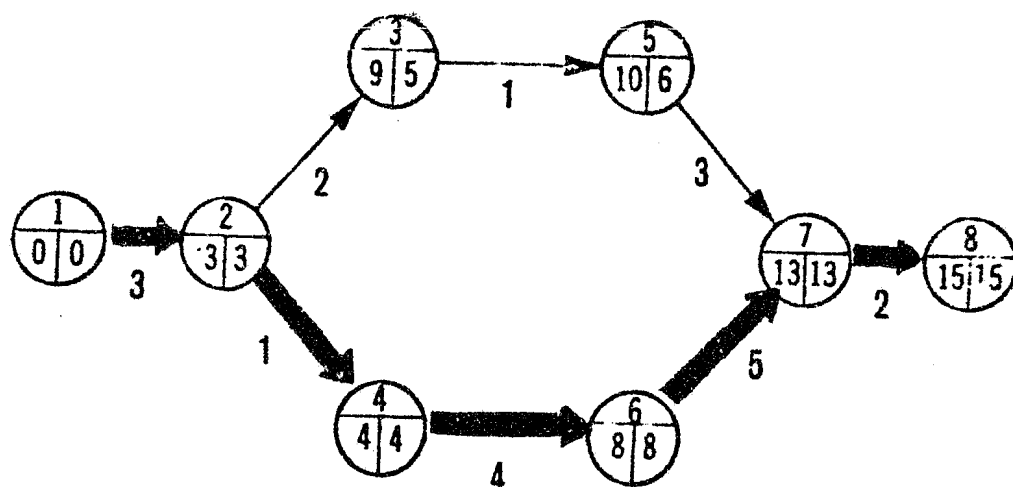
En la misma forma, determinamos los tiempos de iniciación más alejada de las distintas actividades, recorriendo el diagrama de atrás hacia adelante hasta llegar al nodo (2) en el cual se presenta una incertidumbre que resolvemos razonando lógicamente:

La fecha de terminación de la actividad (2,3) es el día 9; esta actividad se realiza en 2 días, luego podemos iniciarla el día 7; por otro lado la actividad (2,4) debe estar terminada el día 4 si se realiza en 1 día; lo más tarde que se puede iniciar es el día 3, ya que si no se hace así, el proceso no se termina en la fecha especificada, de modo que la fecha de iniciación más alejada para el nodo (2) es el día 3 y no el día 7.

La red, con las fechas de iniciación más próxima y más alejada para cada evento quedará: (Ver - - sig. grabado)

Determinación de la ruta crítica

Aquellos eventos cuya fecha de iniciación más próxima y más alejada sean iguales determinan cuáles actividades son críticas, es decir, no tienen margen. Si se atrasa su inicio, se atrasa en igual forma el tiempo de terminación del proceso.



Estas actividades, las hemos representado en el diagrama con línea más gruesa. Su trayectoria forma la ruta crítica de actividades. En estas actividades hay que volcar todos los recursos disponibles para asegurar que se realicen en el tiempo estipulado; en otra forma, se atrasará la fecha de terminación del proyecto.

Hasta aquí el método PERT/CPM, ha cubierto la fase Planeación del proceso.

Determinación del margen de una actividad

Aquellas actividades que no son críticas, tienen un margen libre, dentro del cual pueden retardar su iniciación o prolongar su ejecución sin afectar la fecha de completación del proceso.

Si en una actividad no crítica se prolonga su ejecución hasta agotar su margen, se convierte en una actividad crítica pero no necesariamente perteneciente a la ruta crítica, ya que atrasará el tiempo de iniciación de la actividad siguiente; pero si

esta última actividad dispone de un margen, éste -- puede ser capaz de absorber este retraso sin modificar el tiempo de terminación del proceso.

El margen libre de una actividad se define como el plazo existente entre la fecha de iniciación más próxima y la fecha de iniciación más alejada para esa actividad. Así por ejemplo, la actividad - (3,5) en la red anterior tendrá un margen libre de $9 - 5 = 4$ días. Esto quiere decir que puede atrasarse su iniciación cuatro días, estando terminada, - por tanto, el día 10 en lugar del 6, y no afectará la fecha de terminación del proceso (15 días); o - puede ejecutarse en 4 días más del tiempo previsto, es decir en 5 días, sin tampoco afectar la fecha de terminación del proceso.

Es sumamente importante conocer cuáles actividades son críticas, para controlar en alto grado su ejecución, así como conocer el margen de las actividades no críticas ya que son las que dan flexibilidad a la programación.

Ejemplo

En una planta de la industria hulera, se intenta lanzar un nuevo producto al mercado. A la fecha se ha cubierto la etapa experimentación, con una investigación realizada en el laboratorio que ha permitido establecer la formulación del nuevo producto y las condiciones para su elaboración. Se han fabricado los moldes necesarios, y ahora se intenta producirlo en la planta, en una escala reducida, suficiente para obtener las muestras necesarias para - pruebas físicas y una investigación de mercados que

permitirá fijar precio de venta y aceptación en el mercado. Estos son datos básicos en la investigación económica que decidirá si se amplía la planta existente, para producirlo como un artículo más de la línea que actualmente maneja la planta.

Ya que para obtener esta muestra es necesario utilizar el equipo existente, suspendiendo la producción regular, lo cual originará pérdidas, se cree conveniente minimizar este tiempo de paro, programando la elaboración de muestras, para lo cual se utilizará el método PERT/CPM que permite localizar las actividades críticas.

Se desean elaborar 300 kg. del producto a través de un proceso que requiere las siguientes actividades por carga de 100 kg.:

Limpieza inicial de molinos	15 min.
Pesada de los componentes	10 min.
Masticación de la carga	8 min.
Mezclado de los componentes	20 min.
Laminado de la carga	3 min.
Troquelado	5 min.
Vulcanizado	7 min.
Inspección y empaque	30 min.
Limpieza molinos	15 min.

Las operaciones de masticado, mezclado y laminado se efectúan consecutivamente en el molino.

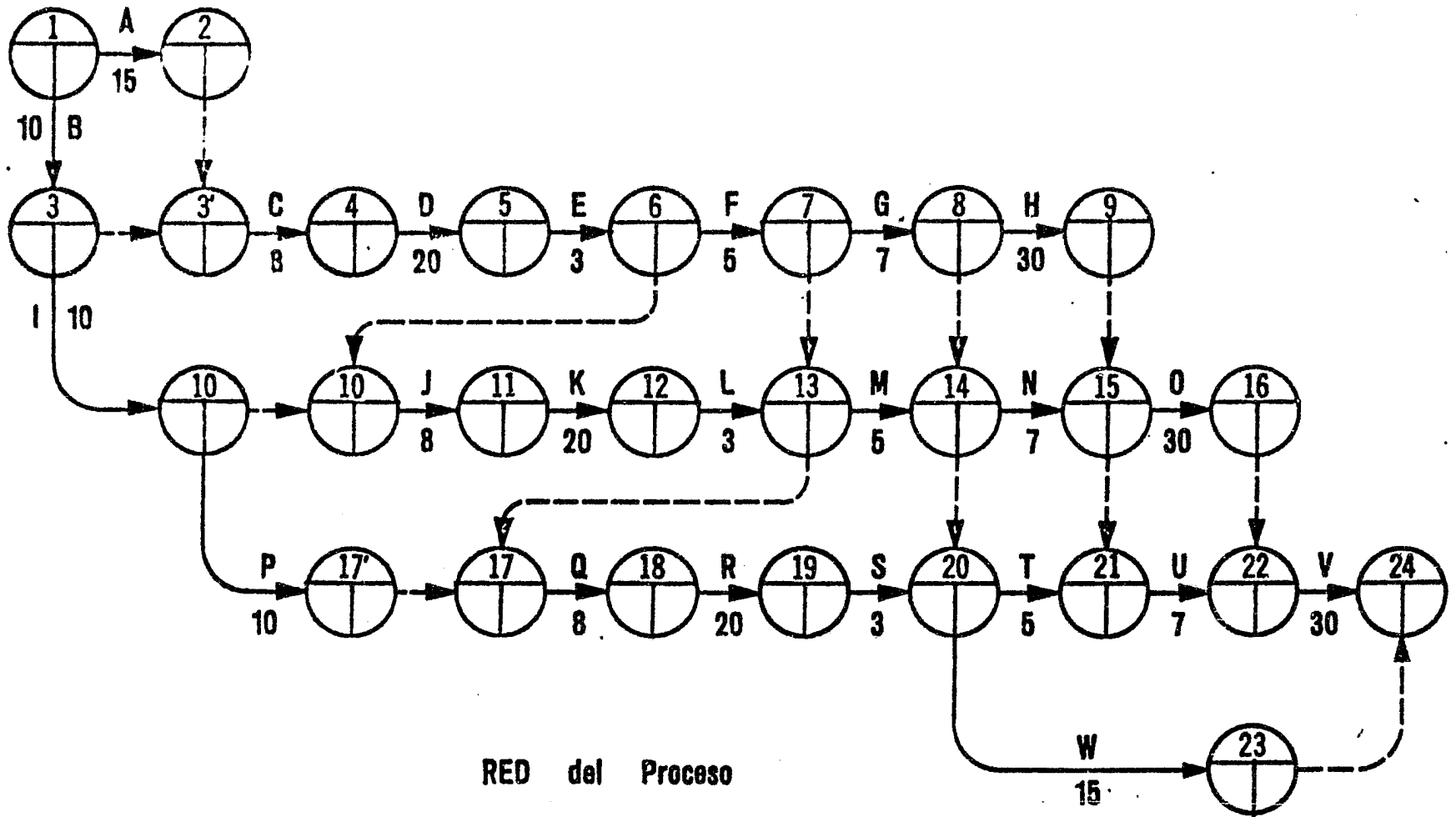
Se cuenta, además, con una báscula, una troqueladora, una prensa de vulcanizado y una empacadora.

Se pueden asignar tres operarios a este trabajo. La tabla de secuencias para las tres cargas es la siguiente:

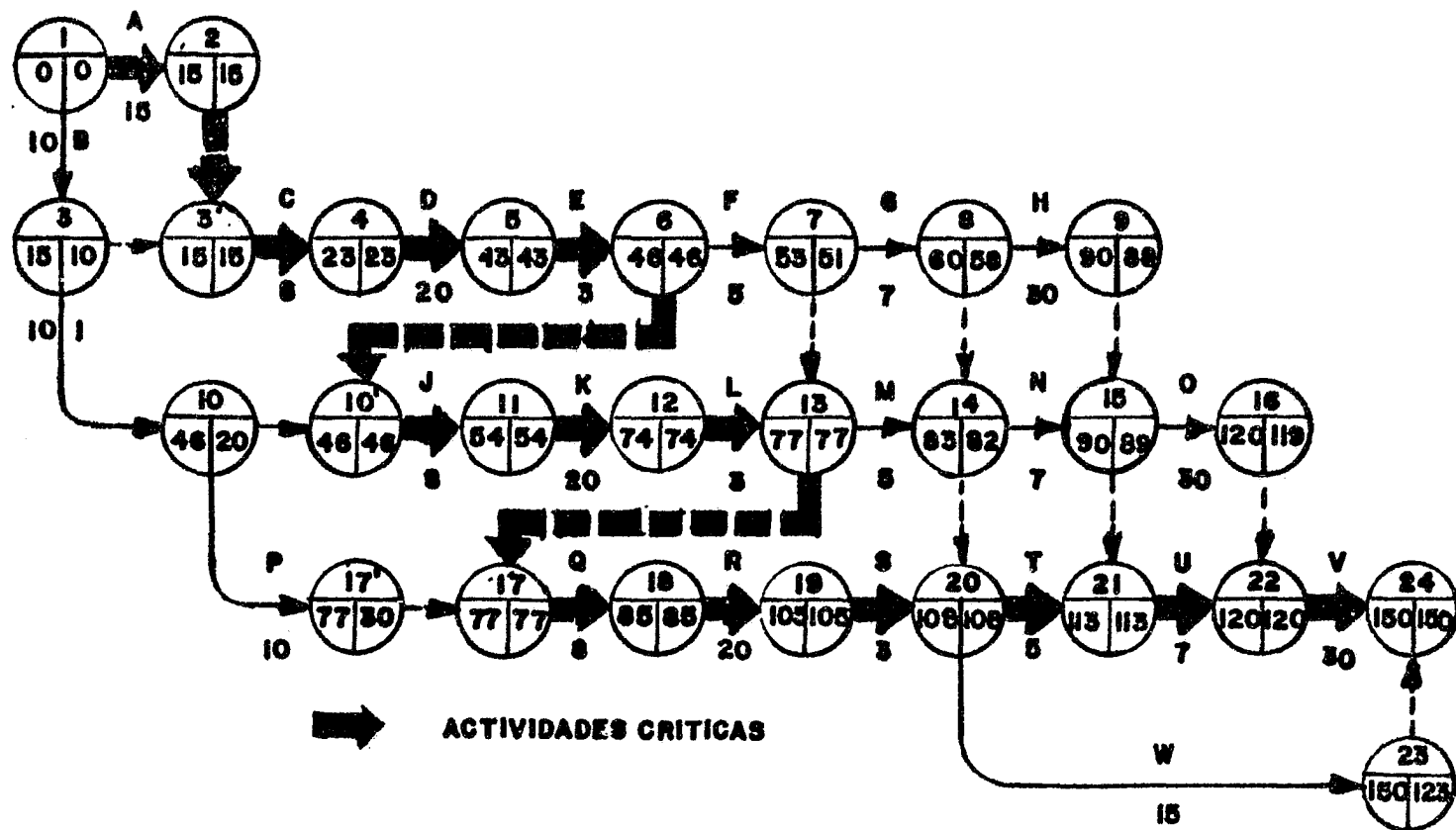
Clave	A c t i v i d a d	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	
A	Limpieza Inicial			X																					
B	Pesar carga 1			X						X															
C	Masticar carga 1				X																				
D	Mezclar carga 1					X																			
E	Laminar carga 1						X				X														
F	Troquelar carga 1							X					X												
G	Vulcanizar 1								X					X											
H	Inspecc. y Emp. 1															X									
I	Pesar carga 2										X						X								
J	Masticar carga 2											X													
K	Mezclar carga 2												X												
L	Laminar carga 2													X				X							
M	Troquelar carga 2														X						X				
N	Vulcanizar carga 2															X						X			
O	Inspecc. y Emp. 2																						X		
P	Pesar carga 3																X								
Q	Masticar carga 3																	X							
R	Mezclar carga 3																		X						
S	Laminar carga 3																				X			X	
T	Troquelar carga 3																					X			
U	Vulcanizar carga 3																						X		
V	Inspecc. y Emp. 3																								
W	Limpiar Molino																								

Solución:

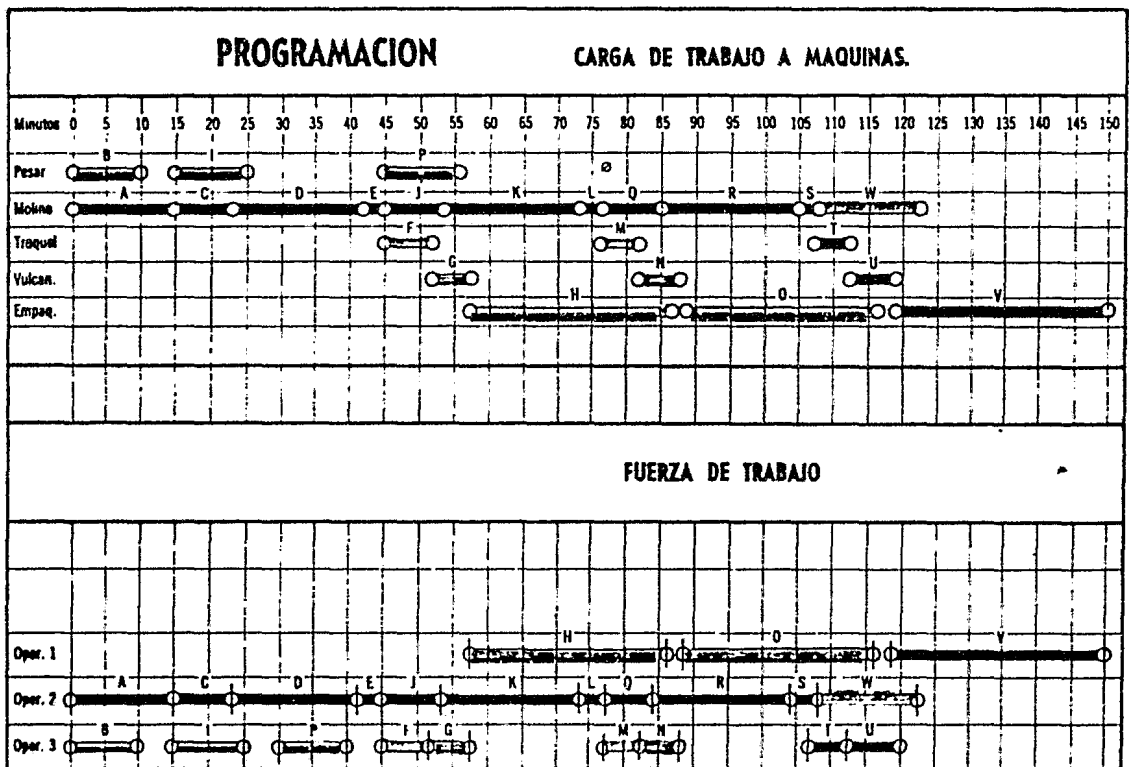
La fabricación de las muestras requeridas no puede realizarse en menos de 150 min. ($2\frac{1}{2}$ hrs.), mientras no se acelere el tiempo de terminación de las actividades críticas. Para programar la ejecución de las distintas actividades, se toman como base las actividades críticas, las cuales no tienen flexibilidad en cuanto a su tiempo de iniciación, y tomando en cuenta los recursos disponibles (máquinas-obreros), se programa el resto de las actividades en los tiempos más convenientes, dentro de



RED del Proceso



... la flexibilidad que los márgenes permitan, representándose la programación por medio de un diagrama de barras, como se muestra en el esquema adjunto.



Sin embargo, esta programación sigue adoleciendo de un grave defecto: no se tiene en el esquema una idea correcta de la secuencia. El método PERT/CPM permite, en esta fase, obviar dicha dificultad, como veremos a continuación.

MAPA DE UN PROYECTO

A la representación gráfica de un proyecto, que muestra las fechas de iniciación y terminación, márgenes y secuencia de las distintas actividades, se le conoce comúnmente como "mapa del proyecto".

Para construirlo, se forman, en primer lugar, grupos de actividades que se realizan por un mismo equipo de obreros, en la misma máquina, en el mismo departamento, o que tienen algo en común.

Las actividades de cada grupo, se representarán a nivel, sobre un mismo renglón del mapa.

Se sitúan sobre calendario los eventos de iniciación y terminación de las actividades críticas, en el renglón correspondiente a su grupo, uniéndose entre sí por las flechas que representan cada una de las actividades, quedando en esta forma graficada la ruta crítica. Las actividades no críticas se programan a continuación, en los tiempos adecuados, según los recursos disponibles, haciendo uso de sus márgenes si es necesario. Una vez definidas sus posiciones en la escala de tiempos, y graficadas en el renglón correspondiente, se unen a los eventos correspondientes, según la red del proceso, mostrando los márgenes aún existentes, por medio de líneas punteadas. La interrelación de eventos será indica-

ción de la secuencia obligada:

Utilizaremos el ejemplo anterior para aclarar la construcción.

Ya que contamos sólo con tres operarios, dividiremos las actividades en tres grupos, dependiendo de cuál operario realice la actividad en cuestión:

OPERARIO 1:

Insp. y Emp. 1 (H)	empieza: 57	termina: 87
Insp. y Emp. 2 (O)	empieza: 89	termina: 119
Insp. y Emp. 3 (V)	empieza: 120	termina: 150

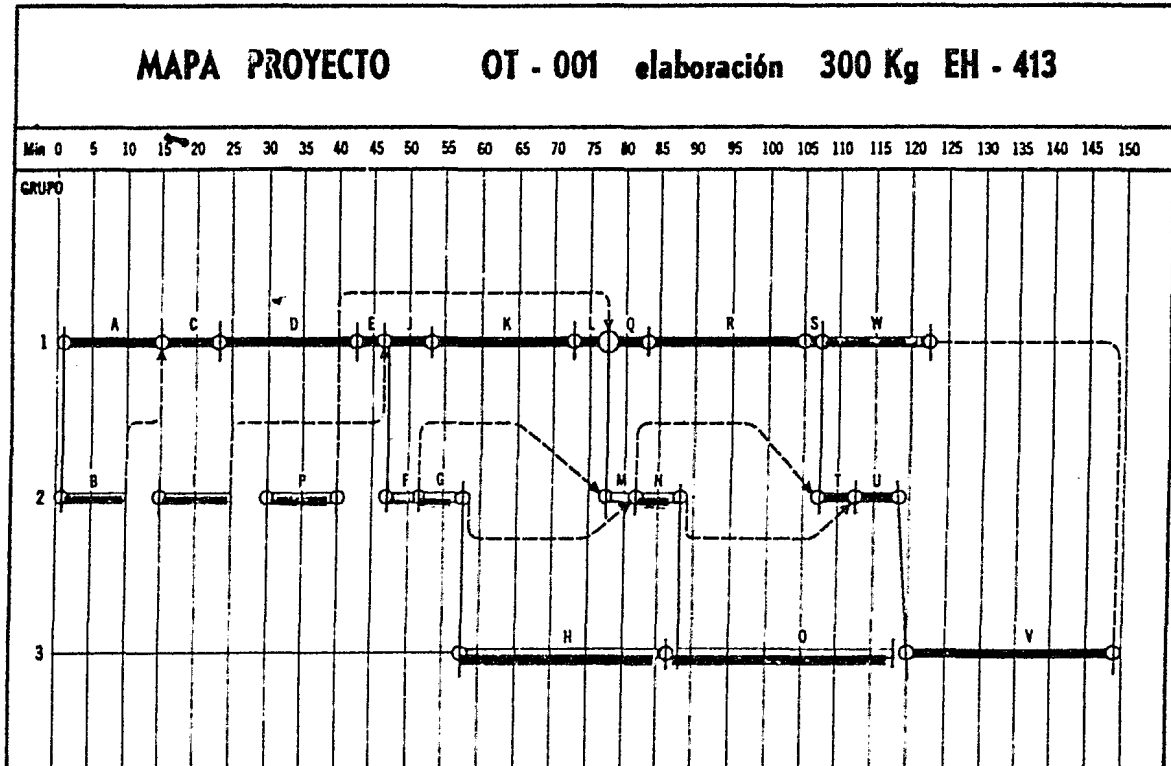
OPERARIO 2:

Limpieza molino (A)	empieza: 0	termina: 15
Masticar 1 (C)	empieza: 15	termina: 23
Mezclar 1 (D)	empieza: 23	termina: 43
Laminar 1 (E)	empieza: 43	termina: 46
Masticar 2 (J)	empieza: 46	termina: 54
Mezclar 2 (K)	empieza: 54	termina: 74
Laminar 2 (L)	empieza: 74	termina: 77
Masticar 3 (Q)	empieza: 77	termina: 85
Mezclar 3 (R)	empieza: 85	termina: 105
Laminar 3 (S)	empieza: 105	termina: 108
Limpieza Molino (W)	empieza: 108	termina: 123

OPERARIO 3:

Pesar carga 1 (B)	empieza: 0	termina: 10
Pesar carga 2 (I)	empieza: 15	termina: 25
Pesar carga 3 (P)	empieza: 30	termina: 40
Troquelar 1 (F)	empieza: 46	termina: 51
Vulcanizar 1 (G)	empieza: 51	termina: 58
Troquelar 2 (M)	empieza: 77	termina: 82
Vulcanizar 2 (N)	empieza: 82	termina: 89
Troquelar 3 (T)	empieza: 108	termina: 113
Vulcanizar 3 (U)	empieza: 113	termina: 120

A continuación, graficamos cada una de las actividades y re presentamos la secuencia, el MAPA del proceso como se muestra a continuación: (Ver gráfica adjunta)



C A P I T U L O VI

EJECUCION Y CONTROL DE LA PRODUCCION

6.1 EJECUCION, AVANCE Y CONTROL DE LA PRODUCCION

6.1.1 La Función de distribución

Consiste en poner en marcha las actividades en los diversos centros de trabajo. Las decisiones se convierten en acciones. Una vez emitido el programa de producción se transmiten las órdenes e instrucciones a todos los departamentos involucrados en la fabricación, para que éstos aporten con oportunidad su participación a las sucesiones previamente planeadas y programadas. De esta manera los responsables de realizar el trabajo sabrán cuándo hacerlo y cuenten con las herramientas, materiales, hojas de proceso, planos, especificaciones técnicas y de calidad.

El trabajo de distribución o despacho inicia la ejecución de las operaciones productivas y es el intermediario entre programación y control de producción con la producción fehaciente.

1.- Asignación de trabajo: A la máquina o máquinas en el punto de trabajo.

a) El programa: Programación ha asignado un tiempo definido al trabajo, y el supervisor es el encargado de asignar el trabajo según lo requiera el programa.

b) Secuencia de Itinerario. Cada parte tiene su secuencia de operación específica, el supervisor transmite esta secuencia.

c) Orden de Preferencia. Hay pedidos que reciben esta preferencia de acuerdo a los cambios y necesidades de ventas, anteponiéndolos en las listas de asignación.

2. Preparación del Trabajo Asignado: Para las estaciones de trabajo.

a) Materiales y Partes. El supervisor es el responsable de emitir los vales de almacén y autorizaciones de traslado de manera que los materiales, materia prima y partes necesarias para ejecutar el trabajo, estén listas en las estaciones de operación antes o en el momento que hagan falta.

b) Herramienta e Instrumentos, Accesorios y Calibres. El supervisor también es responsable de la emisión de los vales y autorización de traslados para que estén listas en el punto de trabajo.

c) Trabajo Proveniente de otros Departamentos o Secciones. El supervisor mismo ha de estar seguro de que hay trabajo dispuesto para su sección.

6.1.2 Avance y retroinformación

Consiste en realizar y supervisar el proceso productivo. Los supervisores deben dar instrucciones a los trabajadores, los materiales deben ser entregados, las piezas deben trasladarse de una operación a la siguiente, se debe registrar lo producido

y compararlo con el programa.

1.- Adquisición de Datos: Registro, recolección y transmisión de información sobre producción, hechos reales que ocurren en los centros de trabajo.

2.- Inspección y Evaluación. Comparar los resultados con los resultados esperados, y la ejecución con los estándares.

3.- Terminación del Trabajo. Los supervisores han de asegurarse que los trabajos pasen de un departamento(s) al siguiente(s), reportar la producción, tiempos perdidos si los hubo así como sus causas - falla de energía eléctrica, falta de material, material defectuoso, máquinas descompuestas, etc., - reportar ausencia de obreros, hora de terminación, número de turno y fecha.

4.- Retroinformación. Transmitir a programación y control de producción, así como a los departamentos relacionados con el proceso productivo la información previa, durante la producción y posterior a la misma. Esta información relevante sirve para el control y planeación correctiva a corto, mediano y largo plazo.

6.1.3 Control de producción

El control de producción descansa sobre mecanismos por medio de los cuales se puedan detectar, registrar y ajustar las variables que intervienen en el desarrollo del proceso productivo, de modo -

que los resultados obtenidos estén de acuerdo a los resultados planeados y programados.

El control está estrecha y directamente relacionado con la planeación, son interdependientes e incluye todos los procedimientos y técnicas para alcanzar los objetivos de la producción, mediante las funciones de la planeación que incluye la autoregulación del sistema informativo-productivo.

6.2 INFORMACION DE EJECUCION Y CONTROL EN SISTEMAS CONTINUOS

6.2.1 Información requerida

- 1 Qué debe fabricarse
- 2 Programa de operaciones
- 3 Lista de materiales
- 4 Rutas y hojas de procesos
- 5 Tiempos de proceso y preparación
- 6 Maquinaria en que debe efectuarse cada operación
- 7 Lotes económicos de producción
- 8 Instrucciones y prioridades
- 9 Probabilidad de los eventos del proceso productivo
- 10 Estandar de ejecución y desviaciones permisibles, tanto a corto como a largo plazo, de las funciones de predicción, planeación, inventarios, programación, ingeniería y control de calidad.

6.2.2 Proceso de la ejecución y el control de la producción

1.- Programación proporciona el programa de - operaciones para su realización. A-2

2.- Preparación del trabajo

a) Materiales y partes.

b) Herramientales, instrumentos, accesorios plantillas, calibres, etc.

c) Disponibilidad de la maquinaria.

d) Disponibilidad de los operarios.

e) Transferencia de material en proceso.

f) Hojas de proceso, rutas, especificaciones, etc. A-3

3.- Secuencia del itinerario y orden de preferencia. A-4

4.- Están todos los recursos disponibles para la producción: materiales, medios de fabricación, - procedimientos de trabajo, etc.

a) Si hay disponibilidad. A-5

b) No hay disponibilidad. A-1

5.- Asignación del trabajo según lo requiera - el programa. A-6

6.- Iniciación y/o desarrollo del programa y - del proceso productivo. A-7

7.- Adquisición de datos y hechos que ocurren en los centros de trabajo. Seguimiento de la producción. A-8

8.- Avance del progreso de la producción, continuidad del proceso y/o terminación del mismo:

a) ¿Hay diferencias significativas entre la programación y la realización?. A-9

b) ¿No hay diferencias significativas?. A-10

9.- Evaluación y activación, establecimiento de acciones correctivas:

a) Inmediatas. A-2

b) A corto plazo y largo plazo. A-1

10.- Registro de los datos significativos y evaluación de la ejecución. A-11

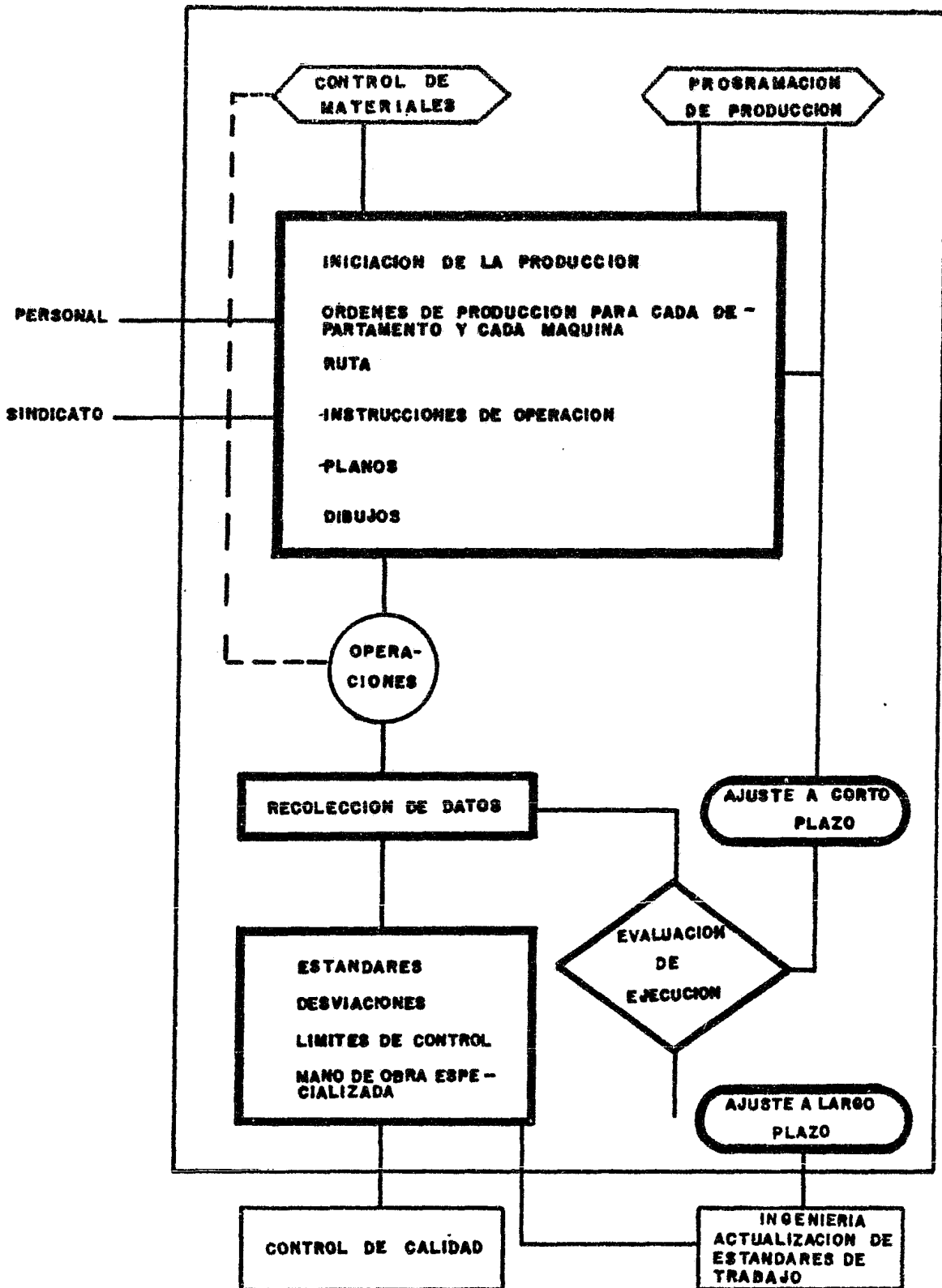
11.- Determinación y actualización de todos los parámetros y técnicas de planeación, programación y control. Verificación y/o ajuste de los estándares, desviaciones permisibles y límites de control. Retroalimentación de información en las funciones productivas involucradas.

6.2.3 Información resultante

- 1.- Tiempo empleado en completar la fabricación.
- 2.- Hora de terminación, tiempos perdidos, etc.
- 3.- Cantidad producida, inventario en proceso, etc.
- 4.- El resultado de las actividades de la predicción, planeación, inventario, programación y producción, sujetas a medición y rendimiento. (Ver - - 6.3.3)
- 5.- Determinación de relación causa-efecto, de lo planeado y programado y de lo que se procesa y fue producido.
- 6.- Datos para ajustar y actualizar los parámetros de decisión, ejecución y control (Técnicas y modelos de planeación, inventarios, programación, etc.), demás medidas de efectividad.
- 7.- Continuidad de los medios de suministro de órdenes, decisiones, solicitudes, acciones correctivas. Para un mejor autocontrol.

6.2.4 Ejecución y control y el sistema informativo

- 1.- Suministro de órdenes y programas de trabajo. Programación.
- 2.- Distribución, asignación e inicio o continuidad de la producción y su progreso. Ejecución y control.
- 3.- Registro, actualización y ajuste de los parámetros de efectividad y control de las funciones de predicción, planeación, inventarios, programación y control.



8.2.5 DIAGRAMA DE FLUJO EN LA FUNCION DE EJECUCION, AVANCE Y CONTROL DE PRODUCCION

6.3 EL CONTROL EN PRODUCCION CONTINUA

6.3.1 Establecimiento del proceso de control

1) La Planeación General

a) El Plan Presupuestal. Controlar los gastos conciliando la producción real con la demanda del mercado. Fija el volumen de producción para un determinado período de tiempo. Fija cantidades globales y tiempos aproximados.

b) Plan Maestro. Indica la metodología que debe seguirse. Aquí se hace presente la división entre el control de la producción en masa y el control de producción de flujo. En el primer caso las operaciones y las rutas de trabajo son estándares y se repiten continuamente hasta que se hace necesario alguna modificación en el proceso. En el segundo caso el control de flujo es aplicable a producciones continuas en industrias como la petrolera, la del vidrio y la química. El proceso de producción de flujo se diseña y se programa cuando se construye la planta. La línea está equilibrada y en secuencia.

c) Planeación Corriente (corto plazo). Es la planeación de detalle: 1) Análisis de la producción con respecto a materiales, máquinas y mano de obra; 2) Análisis de las operaciones, mejor método, tiempo de producción y sucesión de operaciones; 3) Determinación de la cantidad o lote de fabricación y 4) Fijación de fechas y tiempos.

El control implica: 1) cada orden se ejecute - en el menor tiempo; 2) cada proceso o máquina cuente con abastecimiento constante y 3) información - continua de autoregulación del proceso productivo.

2) Indole de Fabricación

El grado de control depende del producto, es - mínimo cuando el producto es homogéneo y de una sucesión fija de procesos como la industria del papel o las fibras sintéticas. Es de grado alto cuando - el producto requiere de cientos de piezas de diversos materiales, cada pieza lleva varias operaciones en una o varias máquinas, como ocurre con la industria automotriz, máquinas de escribir, etc.

3) Variedad y Magnitud de las Operaciones.

La variedad y la magnitud de las operaciones - complica el control de la producción. En la fabricación mixta de productos comerciales en masa e inventariables cuando se aprovecha el excedente de la capacidad. Se debe equilibrar y regular -control- -continuarmente la carga productiva.

6.3.2 Factores que determinan el control

a) Los factores que lo complican

1.- Número de piezas del producto

2.- Número de operaciones de cada pieza

- 3.- Dependencia entre operaciones (precedencia)
- 4.- Versatilidad y capacidad de las máquinas
- 5.- Repetición inestable de los pedidos
- 6.- Tamaño variable de los pedidos

b) Los factores que lo simplifican

- 1.- Repetición fija de pedidos de producción
- 2.- Capacidad fija de máquinas y procesos
- 3.- Método invariable de procesos y operaciones
- 4.- Homogeneidad de componentes
- 5.- Sin fechas fijas de terminación

6.3.3 Control y efectividad del sistema informativo

A) Medidas de efectividad en la predicción

Actividad	Criterio de comparación
1 Demanda real para artículos de mercado normal	1 Límite establecido en el pronóstico de demanda
2 Número y tamaño de las órdenes de emergencia	2 Distribuciones estadísticas de los datos históricos
3 Ordenes canceladas	3 Distribuciones estadísticas de los datos históricos

- | | | | | |
|---|------------------------------|---|---|---|
| 4 | Demanda por nuevos productos | - | 4 | Exploración del mercado, análisis de las ventas |
|---|------------------------------|---|---|---|

B) Medidas de Efectividad en la Planeación

Actividad

Criterio de comparación

- | | | | |
|----|-------------------------------|----|---|
| 1 | Utilización porcentual | 1 | Indice de ejecución acumulativo |
| 2 | Producción retrasada | 2 | Representación normal, con límite superior de control |
| 3 | Tiempos de operación | 3 | Tiempos estándares |
| 4 | Tiempo extra requerido | 4 | Punto económico de cambio de turno |
| 5 | Subcontratos | 5 | Punto de equilibrio de fabricar o comprar |
| 6 | Desperdicio y reproceso | 6 | Estándares de control de calidad |
| 7 | Congestión de flujo | 7 | Indice de ejecución establecido |
| 8 | Niveles de inventario | 8 | Espacio asignado a inventarios |
| 9 | Inversión de inventario | 9 | Limitación presupuestal |
| 10 | Utilización de especialidades | 10 | Especialidades disponibles |

11 Tendencias de <u>utiliza</u> ción de capacidades	11 Capacidad a corto, me- diano y largo plazo, - planes de mantenimien- to y desplazamiento
12 Capacidad utilizada - por nuevos productos	12 Estándares de ingenie- ría
13 Cantidad de demoras - causadas por fallas - de máquinas	13 Instalaciones económi- cas de mantenimiento
14 Eficiencias del proce <u>so</u>	14 Procedimientos estánda <u>re</u> s y métodos de traba <u>jo</u> ; nuevos procesos - disponibles
15 Cantidades de produc- ción	15 Cantidades de produc- ción planeadas
16 Inventarios finales	16 Inventarios finales - planeados
17 Tiempo extra requeri- do	17 Tiempo extra planeado
18 Tiempo usado en mante <u>ni</u> miento preventivo	18 Mantenimiento preven- tivo programado
19 Frecuencia y duración de fallas de equipo	19 Distribuciones estadís <u>ti</u> cas correspondientes
20 Factor de tiempo ocio <u>so</u>	20 Tiempo ocioso promedio, con límite de control- superior
21 Costos de fabricación	21 Costos estándares
22 Gastos generales	22 Gastos presupuestados

23 Productividad de la - mano de obra	23 Productividad esperada
24 Ausentismo	24 Ausentismo esperado - por período
25 Número de órdenes de - urgencias	25 Número anticipado de - los registros históri- cos
26 Paros por falta de su ministros	26 Inventarios planeados, proveedores confiables

C) Medidas de Efectividad en Inventarios

Actividad	Criterio de Comparación
1 Nivel y costo promedio	1 Estándar derivado del - análisis de lotes eco- nómicos
2 Número de agotamiento de existencias y costo	2 Número permitido por - la política gerencial
3 Número y costo de pedi- dos de partes y mate- riales	3 Estándar derivados del análisis de lotes eco- nómicos
4 Costo total de C.1, - C.2 y C.3	4 Costo total esperado
5 Valor de inventario - perdido en depósito	5 Índice de ejecución - acumulativo
6 Tiempos de demora de - pedidos y de fabrica- ción	6 Distribuciones corres- pondientes en estadís- ticas

- | | |
|---|--|
| 7 Utilización durante -
los tiempos de demoras | 7 Distribuciones estadís <u>ti</u>
cas correspondientes |
| 8 Inversión total en in-
ventario | 8 Restricciones presu-
puestales |

D) Medidas de Efectividad en Programación

Actividad	Criterio de Comparación
1 Producción terminada	1 Producción programada
2 Tiempos de terminación	2 Tiempos de terminación programados
3 Estado del trabajo - (porcentaje terminado o fecha proyectada de terminación)	3 El programa, fecha de- entrega
4 Tiempos reales de ope- ración	4 Tiempos estándares
5 Falta de material	5 Puntos de reposición
6 Tamaño de la línea de espera	6 Tamaños económicos de- almacenamientos inter- medios
7 Tiempos de demora de- fabricación	7 Distribución estadísti <u>ca</u> correspondiente
8 Tiempos de prepara- ción y cambios de pro- ceso	8 Tiempos estándares

E) Medidas de Efectividad en Ejecución y Avance

Actividad	Criterio de Comparación
1 Número de trabajos que requieren apresuramiento	1 Índice de ejecución - acumulativo
2 Número de paradas debido a mal manejo de materiales	2 Índice de ejecución - acumulativo
3 Cantidad de inventario en proceso	3 Índice de ejecución - acumulativo, presupuesto
4 Medida de la congestión	4 Límite para instalaciones no sincronizadas
5 Desplazamiento del programa	5 El programa

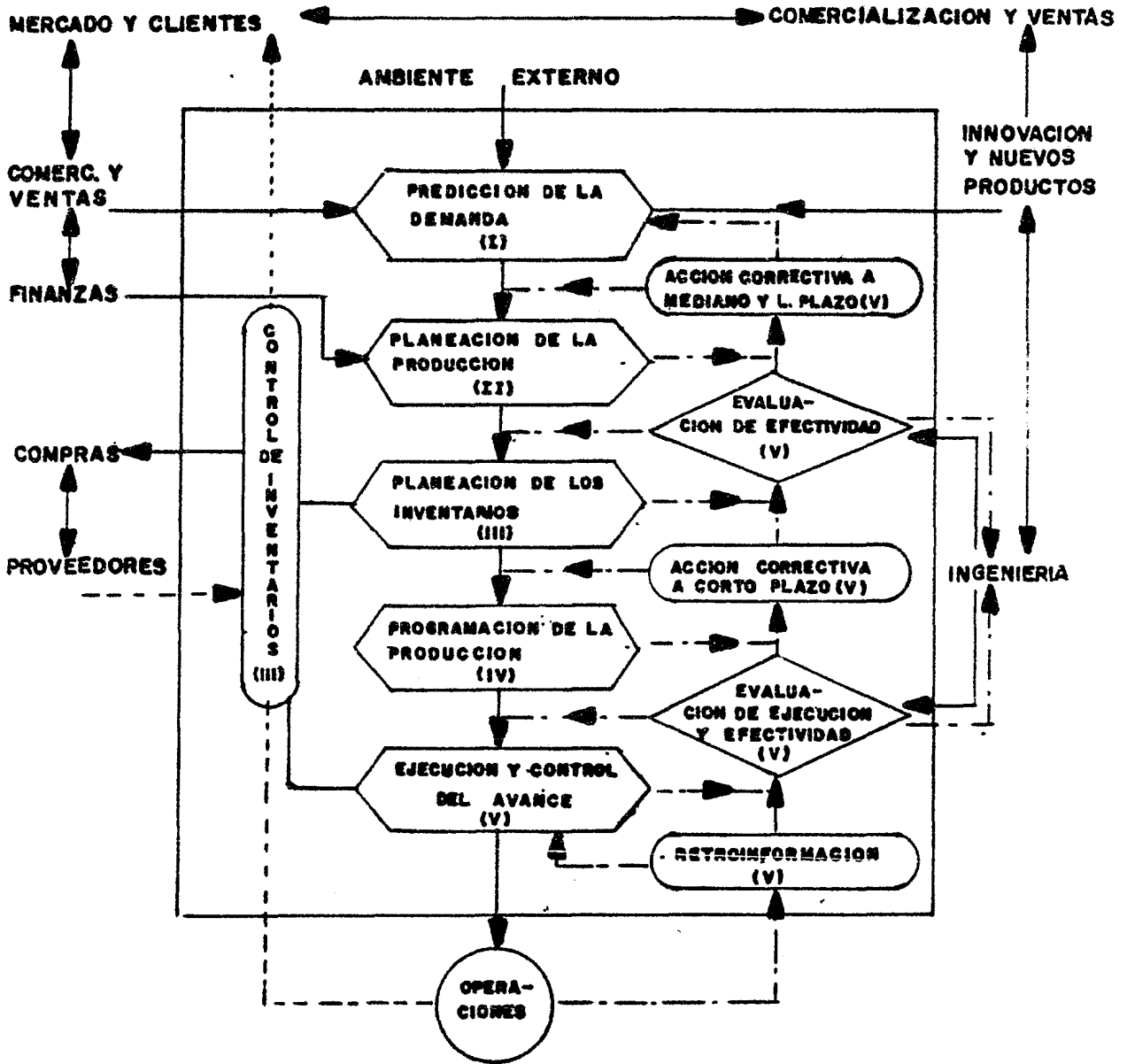
6.3.4 Integración del sistema informativo

Una vez establecida toda la información necesaria para que cada módulo del sistema opere de acuerdo a su objetivo, y pueda ser medido y evaluado su desempeño, se deben integrar cada función del sistema en la estructura lógica, coherente y funcional - preestablecida e integrar el sistema de información y decisión.

El sistema debe evaluar su rendimiento para -

ser válido y su diseño por consiguiente tuvo que - considerar las siguientes características:

- 1 Sensibilidad.- Para responder a los cambios y a las fluctuaciones generales.
- 2 Administrabilidad.- Que genere, acepte, transmita, la información de manera precisa y oportu--na.
- 3 Rendimiento Aceptable.- El control deberá optimizar el desempeño total del sistema.
- 4 Compatibilidad.- Debe el sistema ser compatible con la organización de la empresa.
- 5 Coordinación.- El sistema debe avanzar coordinada y detalladamente dentro de un marco general bien establecido.
- 6 Complejidad.- Controlar el grado de información, modelos, técnicas y decisiones esta en función-directa de la justificación económica y de rentabilidad.
- 7 Agilidad.- El sistema debe depender lo menos posible de parámetros que consigan la sensibili--dad y se ajuste a los requerimientos.
- 8 Mantenimiento.- El sistema debe aceptar modificaciones y cambios, y adecuarse a la realidad - cambiante sin que existan demasiados esfuerzos- y errores.



6.3.5 DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA INTEGRADO

6.4 AVANCE Y CONTROL EN PRODUCCION INTERMITENTE

6.4.1 Información requerida

- 1 ¿Qué debe fabricarse? (Programa u orden de trabajo)
- 2 Rutas de operación y alternativas
- 3 En qué máquina debe efectuarse cada operación
- 4 Herramientas, plantillas y dispositivos
- 5 Tiempos de preparación y operación
- 6 Fechas de inicio y terminación de trabajo
- 7 Orden en que deben efectuarse las operaciones
- 8 Prioridades y preferencias
- 9 La cantidad que debe fabricarse
- 10 Los materiales a emplearse
- 11 Tolerancias y especificaciones
- 12 Instrucciones especiales para cada trabajo

6.4.2 Procedimiento de ejecución y avance

1. Programa de operaciones de la nueva orden - de trabajo, planos, dibujos, instrucciones, etc. A-2
2. Registrar en el control de órdenes en proceso, la nueva orden. A-3
3. Preparación de materiales, herramientas, - plantillas, accesorios, etc. A-4

4. Poner en orden de precedencia y secuencia - las operaciones. Utilizar reglas de despacho, prioridades y programa. A-5

5. Asignación de operaciones y continuidad - operativa. A-6

6. Seguimiento y activación; evaluación y retroinformación del avance. Atención a las necesidades y prioridades. A-7

7. Registro de hechos, control y avance de la producción. A-8

8. Actualización y ajuste del programa de cargas de máquina. A-9

9. Actualización de información del avance de las órdenes en proceso. A-10

10. Informe sobre estadísticas de operación. - A-11

11. Evaluación de la ejecución. A-12

12. Acción correctiva a corto plazo. A-13

13. Evaluación de efectividad para ajustar estándares, medidas de efectividad y poder reorientar el control.

6.4.3 Información resultante

1. Orden de entrega y/o reposición de materiales
2. Orden de entrega de materiales
3. Incorporación de tarjetas de trabajo

4. Ordenes de inspección
5. Ordenes de trabajo y sucesión de operaciones
6. Registro y clasificación de operaciones
7. Registro de lotes de producción
8. Registro de tiempos de producción
9. Registro y clasificación de demoras y atrasos
10. Tiempo promedio de producción
11. Tiempo promedio de espera antes de inicio
12. Trabajos terminados por unidad de tiempo
13. Trabajos que esperan y están en proceso
14. Trabajos que sólo esperan
15. Tiempo total de operación y espera
16. Número de trabajos terminados fuera de tiempo
17. Análisis de carga de máquina
18. Porcentaje de mano de obra utilizada
19. Porcentaje de capacidad de máquina empleada

6.4.4 Distribución, control y el sistema informativo

1.- Se proporciona a Distribución, Avance y -- Control el programa del nuevo pedido u orden de trabajo. Programación.

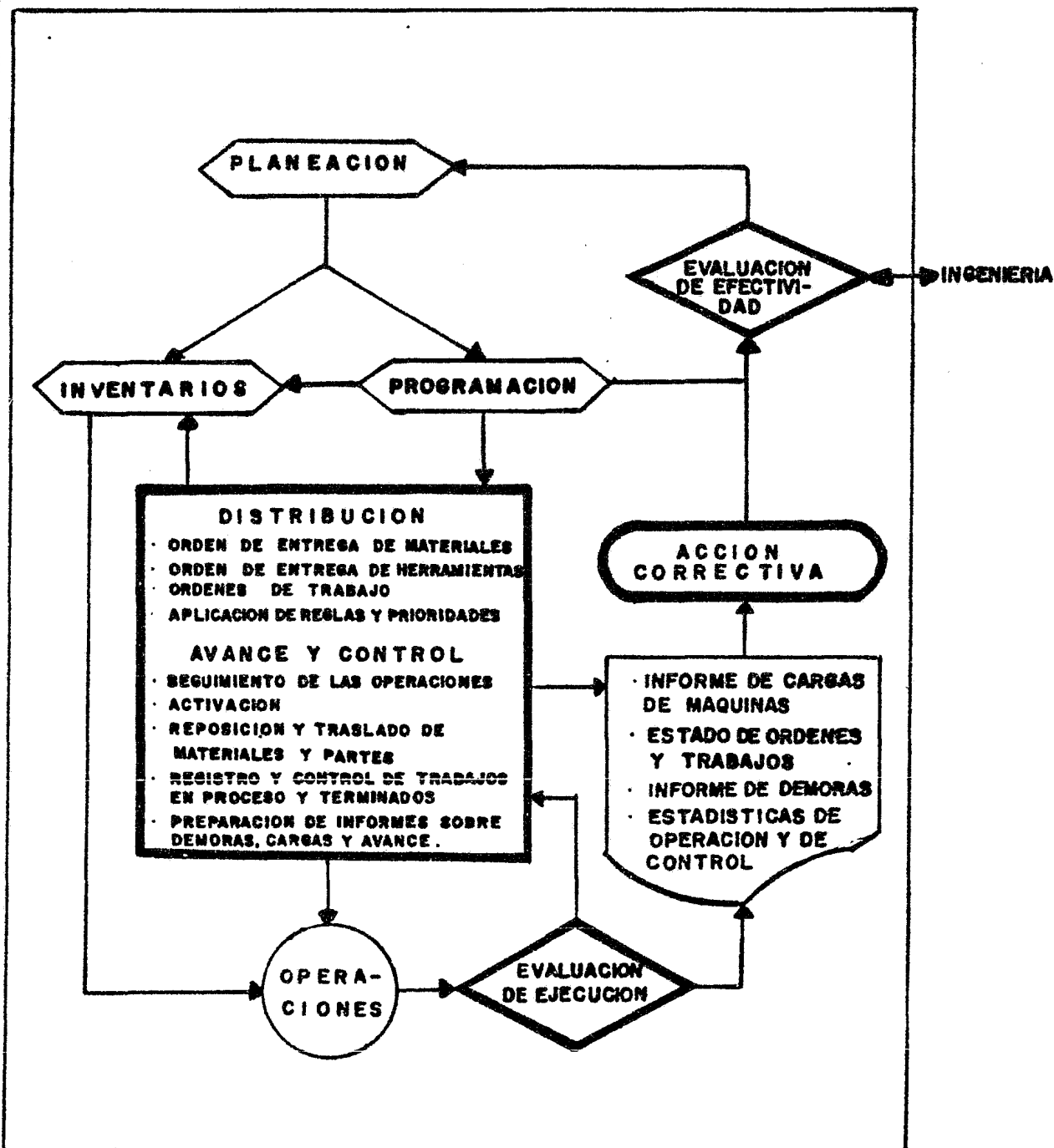
2.- Se obtiene la lista de materiales de la - nueva orden o bien la reposición de los mismos por parte de distribución o despacho de inventarios.

3.- Se expiden órdenes de trabajo y se realiza la asignación correspondiente a producción. Distribución.

4.- Se realiza el seguimiento y avance de la - producción. Avance y control.

5.- Se retransmiten datos de producción y se - informa del valor de los parámetros y variables de control y efectividad para la evaluación de efectividad, acción correctiva, reprogramación, ajuste y reorientación del control. Distribución informa a programación, ingeniería y planeación.

6.4.5 DIAGRAMA DE FLUJO INFORMATIVO EN LA DISTRIBUCION, AVANCE Y CONTROL DE LA PRODUCCION



6.5 EL CONTROL EN LA PRODUCCION INTERMITENTE

6.5.1 El control

El control empieza en la planeación y en este tipo de producción su proceso reviste una mayor dificultad. La complejidad proviene de la naturaleza de la fabricación, las instalaciones deben ser "aptas y flexibles" al diseño de los componentes del producto, las rutas de operaciones, los procesos a seguir, los tiempos, etc.

Son tres los sistemas más característicos en la producción intermitente: 1) El taller cerrado que produce artículos para inventariar; 2) El taller abierto, que produce artículos sobre pedido y 3) Los proyectos a gran escala.

Cada tipo requiere de un control especial asociado con la planeación y la programación respectiva.

6.5.2 El taller cerrado.- Produce artículos inventariables de apoyo a una línea de producción continua. Es de uso interno dentro de una misma empresa, como lo es el caso de la industria automotriz, y electrodoméstica. El control se facilita ya que la demanda es previsible, lo que permite una planeación y programación apropiada. Los artículos aunque variados tienen una secuencia operacional identificada.

6.5.3 El taller abierto. La apertura a pedidos de artículos variados pero enmarcados dentro de ciertas características facilita el control. A solicitud de cualquier empresa ya sea como maquila de productos completos o de partes y componentes y en virtud de que cada pedido es individual se debe controlar como una orden elaborar un procedimiento para cada caso que sea congruente con las facilidades disponibles y a la fecha de entrega. Su control implica la metodología ya vista en los capítulos anteriores mediante técnicas y reglas de decisión que contribuyan a la optimización de los recursos disponibles y a las entregas en las fechas planeadas.

El avance y el control se basan en la configuración del programa y el plan de producción.

6.5.4 Proyectos. El control como en los casos anteriores se encuentra en la planeación de las operaciones/actividades y en atención cuidadosa a la manera en que deben encajar para lograr el resultado final, la secuencia básica de precedencia está estrecha a la planeación de lo que se debe hacer y el programa para la ejecución de las actividades.

El control de las actividades implica un plan para la distribución de recursos, determinar las actividades requeridas, los tiempos, las dependencias recíprocas.

La fuerza de trabajo, y la relación de todo lo anterior con una fecha de terminación importante -

que depende de la conjunción y terminación de los planes y actividades en que se divide el proyecto.

La fecha de terminación es parte de un contrato que implica multas por incumplimiento, así el control del avance forma parte de la metodología empleada en el Capítulo V, que muestra la complejidad y la ventaja del desarrollo de un método especial.

6.5.5 El control y la integración del sistema

Los sistemas intermitentes tienen características peculiares, ya que deben elaborar planes distintos la mayoría de las veces, adquirir materias primas en lotes no muy económicos, pronosticar la demanda y hacer el sistema lo más flexible en cuanto a disposición de maquinaria y equipo siendo la secuencia de las operaciones el problema fundamental, siendo la disposición de estos elementos fundamental al minimizar costos de preparación, producción y manejo de materiales.

Fases del Control

1) Registro histórico de pedidos y pronóstico. Estadísticas y análisis de los pedidos.

2) Planeación con cierto grado de detalle. Tipo y cantidad de máquinas disponibles, personal y su clasificación de habilidades, costos de operación, horas disponibles, cantidad de pedidos y su clasificación, tiempos de preparación y producción,

equipo requerido, pedidos terminados a tiempo, y fuera de tiempo, tiempos de espera, tiempo promedio de terminación, longitud de espera. Estadísticas de la línea de espera, etc. Determinar el mejor plan de producción, en base a la información anterior y al análisis del trabajo corriente.

3) Planeación y adquisición de materiales. De acuerdo al plan de producción y a las fechas de inicio.

4) Programación. Cantidades, fechas, operaciones, tiempos de máquinas, secuencias, frecuencias de llegada, de proceso y de salida, etc.

5) Avance y control del proceso. Reglas de despacho, prioridades, asignación, activación retroalimentación de información y respuesta, terminación.

C A P I T U L O V I I

ESTUDIO PARA IMPLANTAR UN SISTEMA DE INFORMACION PA
RA LA PLANEACION Y EL CONTROL DE PRODUCCION EN LI-
CONSA

7.1 L I C O N S A

7.1.1 La producción en Liconsa

Liconsa.- Es una empresa paraestatal, que elabora productos derivados de leche en polvo, siendo la rehidratación de la misma el producto más importante.

Esta empresa de servicio altamente social tiene la característica de que su producción abarque - los sistemas de tipo continuo (flujo) y el intermitente cerrado.

En la rehidratación de la leche el sistema es continuo y su control es de flujo. Por ser un producto de dieta básico, su producción es hasta alcanzar la capacidad aprovechable instalada.

La producción de los otros productos derivados o complementarios de leche en polvo, está orientada en su mayor parte a instituciones del sector público como CONASUPO, ISSSTE, IMSS, DIF y otros organismos de gobiernos estatales. Esto lleva consigo que la demanda esté sujeta a presupuestos y políticas constantemente cambiantes. Esto indica que se trate de aprovechar de una manera más eficiente el equipo de producción y tratar de producir la variedad de -

artículos que cubran la demanda variable y producir para inventarios que cubran las fluctuaciones.

Esto trae como consecuencia una alteración -- constante en los niveles de inventarios y de producción. Lo que hace necesario probar técnicas y modelos de pronósticos, inventarios y programación para aprovechar al máximo los recursos disponibles de Liconsa, y de establecer un sistema de información y control de producción más eficiente.

7.1.2 El sistema propuesto

El sistema propuesto debe tener las siguientes características.

Modularidad. Que permita su implementación de forma paulatina.

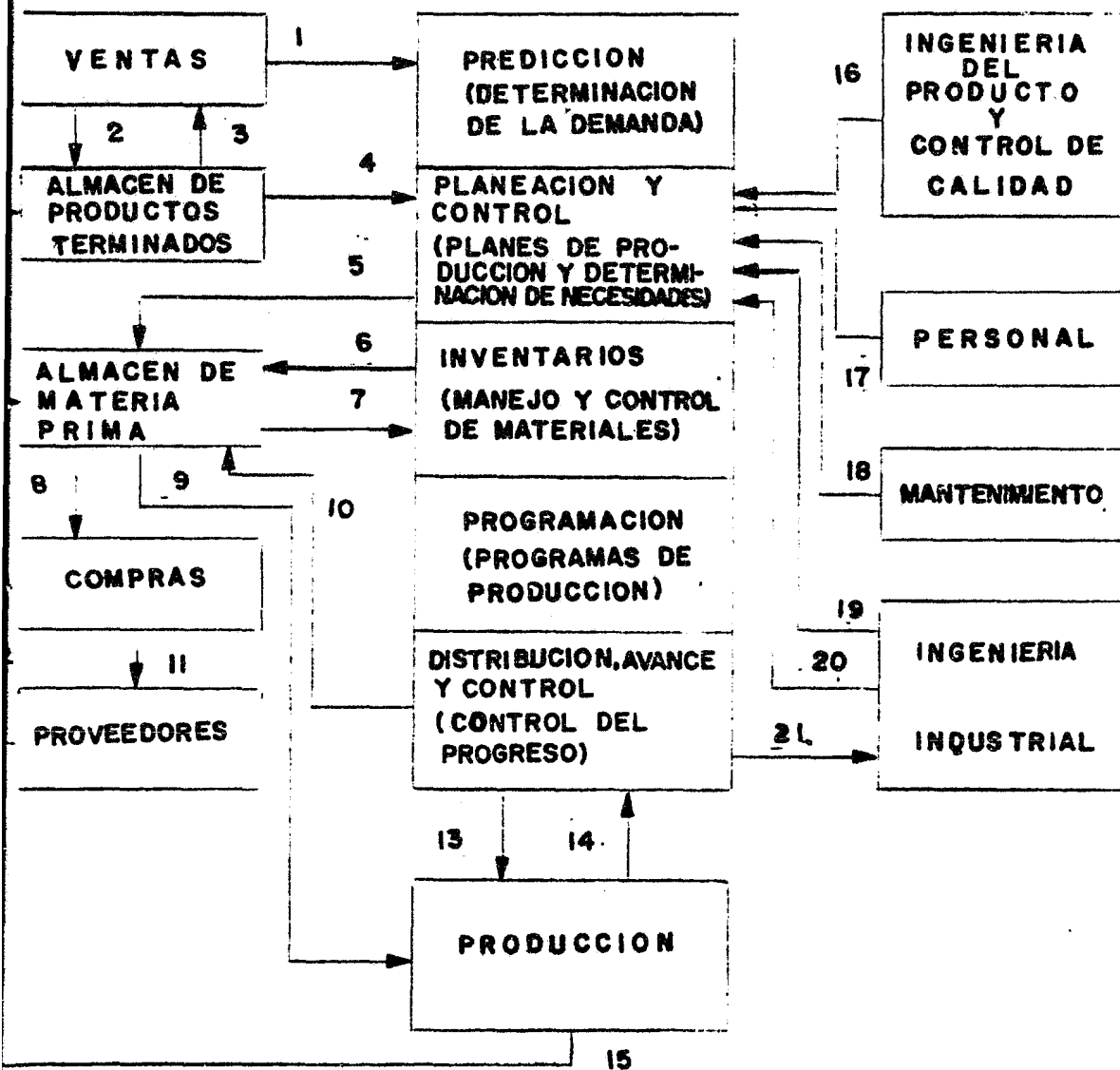
Flexibilidad. Que sea adaptable a los cambios y las expansiones.

Eficiencia. Que utilice las técnicas y modelos más convenientes que permitan el máximo aprovechamiento de recursos.

El empleo de la computadora existente, con técnicas más apropiadas de decisión basadas en la simulación y la prueba de modelos determinísticos de Pronósticos, Inventarios y Programación, para que el Sistema de Planeación y Control tenga un rendimiento similar en todos sus componentes.

Una característica peculiar del departamento - de Planeación y Control de Producción de Liconsa es la limitación de no utilizar la computadora disponible para implementar un sistema modular integrado - que genere información, rápida, exacta y al día de las funciones de la planeación y el control tanto - de simulación como de operación.

SISTEMA DE INFORMACION Y CONTROL DE PRODUCCION (PROPOSICION A LIGONSA)



DATOS DE VENTAS PARA DETERMINAR LA DEMANDA
 DISPONIBILIDAD DE PRODUCTOS ELABORADOS
 EXISTENCIAS
 PLAN DE REQUERIMIENTOS
 PROGRAMA DE REQUERIMIENTOS
 EXISTENCIAS

8 REQUERIMIENTOS
 9 ENTREGA DE MATERIALES
 10 ORDEN DE ENTREGA
 11 PEDIDO DE COMPRA
 12 ABASTECIMIENTO
 13 ORDEN DE PRODUCCION
 14 RETROINFORMACION
 15 PRODUCTOS TERMINADOS

16 FORMULACION
 17 MANO DE OBRA Y CALENDARIO DE TRABAJO
 18 PROGRAMA DE MANTTO.
 19 CAPACIDAD DE PLANTA
 20 ESTANDARES
 21 ACTUALIZACION DE ESTANDARES

7.1.3 Objetivos y decisiones del sistema propuesto

Objetivos y las Decisiones Correspondientes:

<u>Objetivos</u>	<u>Decisiones</u>
1. Determinar un plan de producción	1. Fijar los parámetros de producción: - Qué se va a producir - Cuánto se va a producir - Cómo se va a producir
2. Detectar las desviaciones al plan de producción	2. Definir la importancia de las variaciones al plan de producción
3. Retroalimentar el plan de producción	3. Actualizar los parámetros de producción - (Qué, Cuánto, Cómo)
4. Corregir y controlar las desviaciones al plan de producción	4. Cambiar el comportamiento del sistema de producción, adaptándolo al plan de producción.

Para llevar a cabo los objetivos y las decisiones es necesario disponer de una base de información operativa, confiable y suficiente en cada fase de la planeación y el control (Ver componentes del sistema, simulación y operación).

Los objetivos se logran mediante:

1 Establecimiento de un banco de datos de ingeniería. Archivos: procesos, centros de trabajo y trabajos en proceso.

2 Establecimiento de un archivo de materiales o partes

3 Establecimiento de un archivo de formulaciones

4 Establecimiento de un archivo de productos-estructura de cada producto

5 Establecimiento de un archivo de órdenes planeadas, en proceso y terminadas.

Esto se puede lograr utilizando más eficazmente la computadora disponible y aprovechar la capacidad de almacenamiento, la rápida recuperación de información, el mantenimiento de archivos y la generación de reportes que indiquen cuando cambie un producto, sus componentes, su proceso, su centro de producción, etc.

Definiciones en el manejo de información:

Cargar: Registrar, informar, almacenar

Actualizar: Modificar, que cambia

Recuperar: Información puesta en informe

Programa: Conjunto de decisiones con un fin de finido

Archivo: Conjunto de registros

Reporte: Emisión de información actualizada, - recuperada o procesada mediante un programa.

Centro de Trabajo. Grupo de máquinas y/o trabajadores que efectúan el mismo trabajo o similar.

Carga de Trabajo. El trabajo asignado que se debe efectuar se traduce en horas de producción de acuerdo a los estándares.

Capacidad. Cantidad de trabajo que puede realizar un centro de trabajo maquinaria, o equipo pertenecientes a un departamento o área de producción y que se lleva a cabo en un período de tiempo en particular.

Línea de espera o cola de trabajo. El trabajo que está esperando a que sea procesado en un centro de trabajo.

Orden de Producción. Es la orden individual de fabricación de un artículo cuando hay diferentes - productos que se van a fabricar o producir en cantidades también diferentes.

Apertura de Ordenes. La liberación o la aprobación de producir una orden de trabajo cuando se ha comprobado que hay disponibilidad de recursos para cumplirla con fechas de inicio y terminación estimadas.

Control de Ordenes. Conocimiento del estado de cada trabajo en proceso.

Cierre o Liquidación de Ordenes. Cuando una orden de producción se haya completado y terminado de fabricar.

ARCHIVOS DE DATOS:

1. Archivo de Productos: Producto, formulación, materiales, proceso, centro de trabajo, orden, cadena con otros archivos.

2. Archivo de Fórmulas: Formulación, estructura de dotaciones y materiales, proceso centro de -- trabajo, cadena con otros archivos.

3. Archivo de Materiales: No. de parte o componente, componentes, parte componente, fecha de efectividad, ensambles, cantidad, existencias, etc., cadena con otros archivos.

4. Archivo de Centros de Trabajo: No. de Cen--tro, departamento, No. de máquinas, No. de operaciones por máquina, tiempo de operación, No. de turnos al día, tiempo o costo de mano de obra, capacidad, - factor de eficiencia, número de orden, cadena con otros archivos.

5. Archivo de Procesos: Registro para cada parte, subensamble o ensamble, No. de parte, No. de - operaciones, descripción de materiales, descripción de operación, centro de trabajo, tiempo de preparaci^on, tiempo de manufactura, tiempo de movimiento, - herramientas, número de orden y descripción, cadena con otros archivos

6. Archivo de Ordenes Planeadas: Orden planeada, clase de trabajo, fecha de inicio, fecha de terminación estimada, producto, cantidad planeada. - - Avance. Cadena con otros archivos.

7. Archivo de Trabajo en Proceso: Número de orden de producción, estado de la orden: espera, proceso o terminada; producto, ensamble, subensamble, - parte, materia prima, No. de centro de trabajo, No. de proceso o rutina, cantidad ordenada, cantidad - producida, cantidad faltante, número de máquina, - tiempo estandar, tiempo empleado, tiempo perdido, - número de causa de tiempo perdido, tiempo de operaciones faltantes, tiempo para terminar próximo centro de trabajo, horas disponibles del centro de trabajo; No. de prioridad para el trabajo faltante, - tiempo de espera, capacidad en cada centro de trabajo: faltante, sobrada; parámetros y variables de - producción de evaluación de ejecución y medidas de efectividad. Cadena con otros archivos.

Componentes del Sistema

Son los componentes de información y decisión. Los primeros pueden consistir de datos nuevos y/o - retroalimentados provenientes de las operaciones o actividades de las funciones de producción, y posiblemente de la salida de una decisión. La decisión es un procedimiento, programa(s) que incluye técnicas para procesar la información de entrada con un fin determinado que incluye la asignación, la cantidad y el tiempo. Considerando siempre la optimidad o utilidad.

7.2 PRONOSTICOS DE LA DEMANDA

7.2.1 Los productos de Liconsa

Liconsa produce los siguientes artículos, cuyas ventas en años anteriores se señalan, a continuación:

<u>Producto</u>	<u>U.M.</u>	<u>Ventas en 1000 unidades</u>	
		<u>1980</u>	<u>1981</u>
1. Leche reconstituída	Lts	116.00	120,000
2. Lacto DIF	Tab	108.00	136.00
3. Nutri leche	Sob	32.40	64.30
4. Conlac IMSS	Cjs	-----	1.40
5. Conlac Etig	Cjs	-----	0.60
6. Chocolac	Cjs	-----	0.02
7. Evaporada	Latas	6.20	8.90
8. Pura Pach	Latas	3.60	4.10
9. Maternizada	Latas	5.40	5.80
10. UTH	Latas	5.6	8.20
11. Concentrada	Latas	-----	7.10
12. Alianza	Lts	244.00	270.00

7.2.2 Métodos aplicados

La información base de un buen pronóstico se basa en el historial de ventas, tendencias anteriores y el ambiente económico.

Las características de los productos de Liconsa son las siguientes:

- a) La leche Reconstituida (1) y la leche Alianza (12) tienen una gran demanda, lo que se produce se consume. Se aprovecha al máximo la capacidad del equipo donde se elaboran ambos productos.

No son fundamentales los pronósticos, pero sí un buen planeamiento y control de inventarios de los componentes para producir esos artículos, teniendo como dato la capacidad del equipo.

- b) La tableta conocida como Lacto DIF (2), es un producto de alto valor alimenticio. Se elabora bajo pedido con fechas definidas de entrega. La materia prima para su producción no reviste ningún problema para su adquisición.

- b) El producto conocido como Nutrileche (3) tiene gran demanda y la cantidad que se produce depende de la política presupuestal y de la expansión del mercado que se quiera fijar año con año como producto sustituto y de apoyo a los artículos (1) y (12)

- d) Las leches: Evaporada, Pura Pach, Maternizada, UTH y Concentrada, son productos complementarios

y competitivos de una dieta especial y son adquiridos en su mayor parte por instituciones del Sector Público y de fácil comercialización en el mercado privado.

Se componen de materiales comunes y se hace necesario producirlos más eficientemente ya que emplean la misma línea de producción. Prácticamente lo que se produce se demanda.

La problemática radica en la planeación, control de inventarios y especialmente su programación.- La demanda se puede decir depende de las tasas de producción y de un buen programa de producción que satisfaga la complementación antes mencionada.

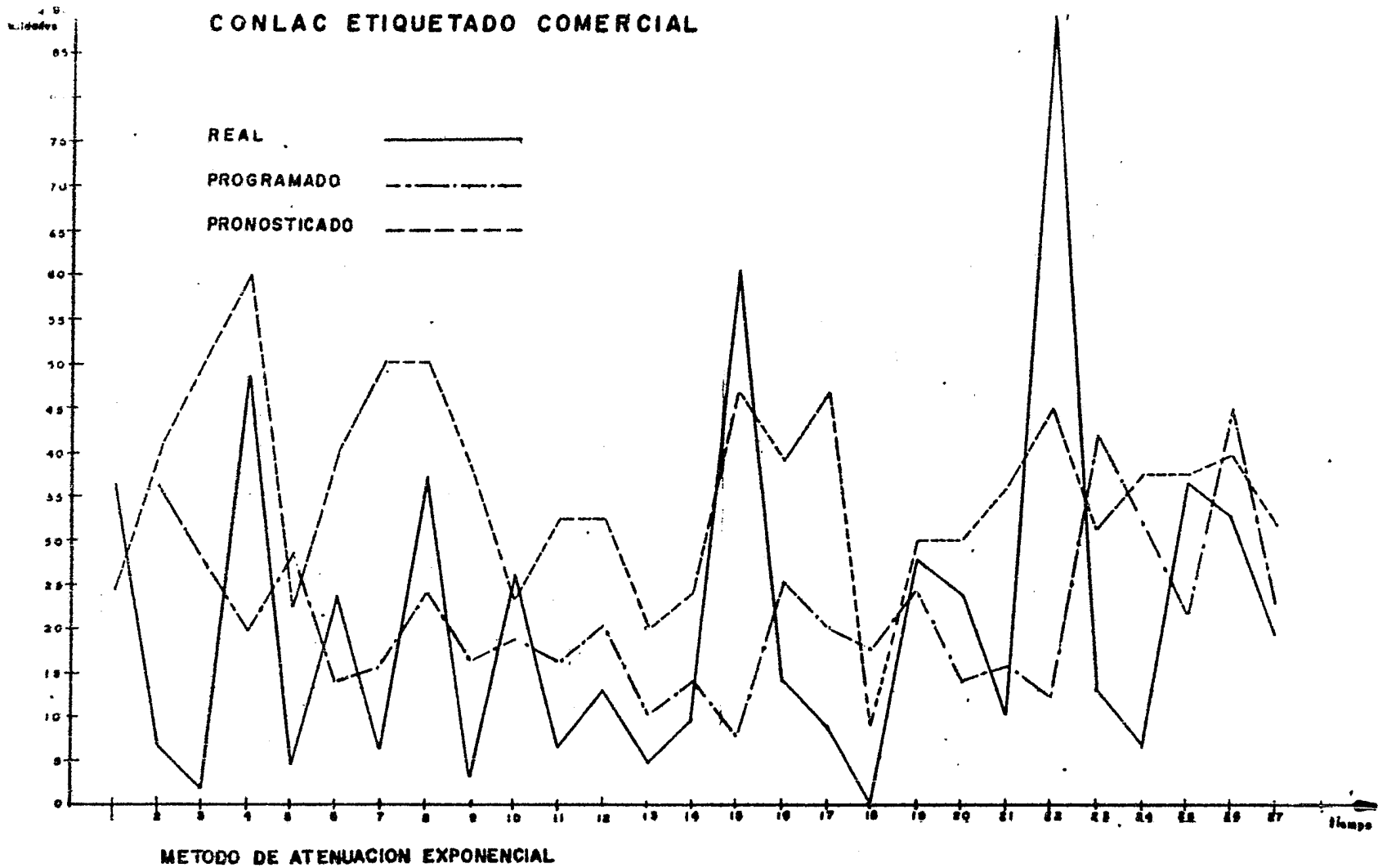
- e) Los productos Conlac IMSS (4), Conlac Etiq (5) y Chocolac (6) tienen una demanda altamente fluctuante en sus ventas semanales y por período ya que no son básicos, poco conocidos y muy competitivos entre ellos. La producción de estos artículos es intermitente y para planear la adquisición de sus componentes se hace necesaria la simulación y el empleo de los métodos más efectivos para determinar la demanda y definir cuál de ellos es el más apropiado para pronosticar con menor error las fluctuaciones de la demanda.

Dentro de la variedad de métodos para elaborar pronósticos presentados en el capítulo III se probó que los más aproximados a la demanda real de los artículos: Conlac IMSS, Conlac Etiq y Chocolat - los-

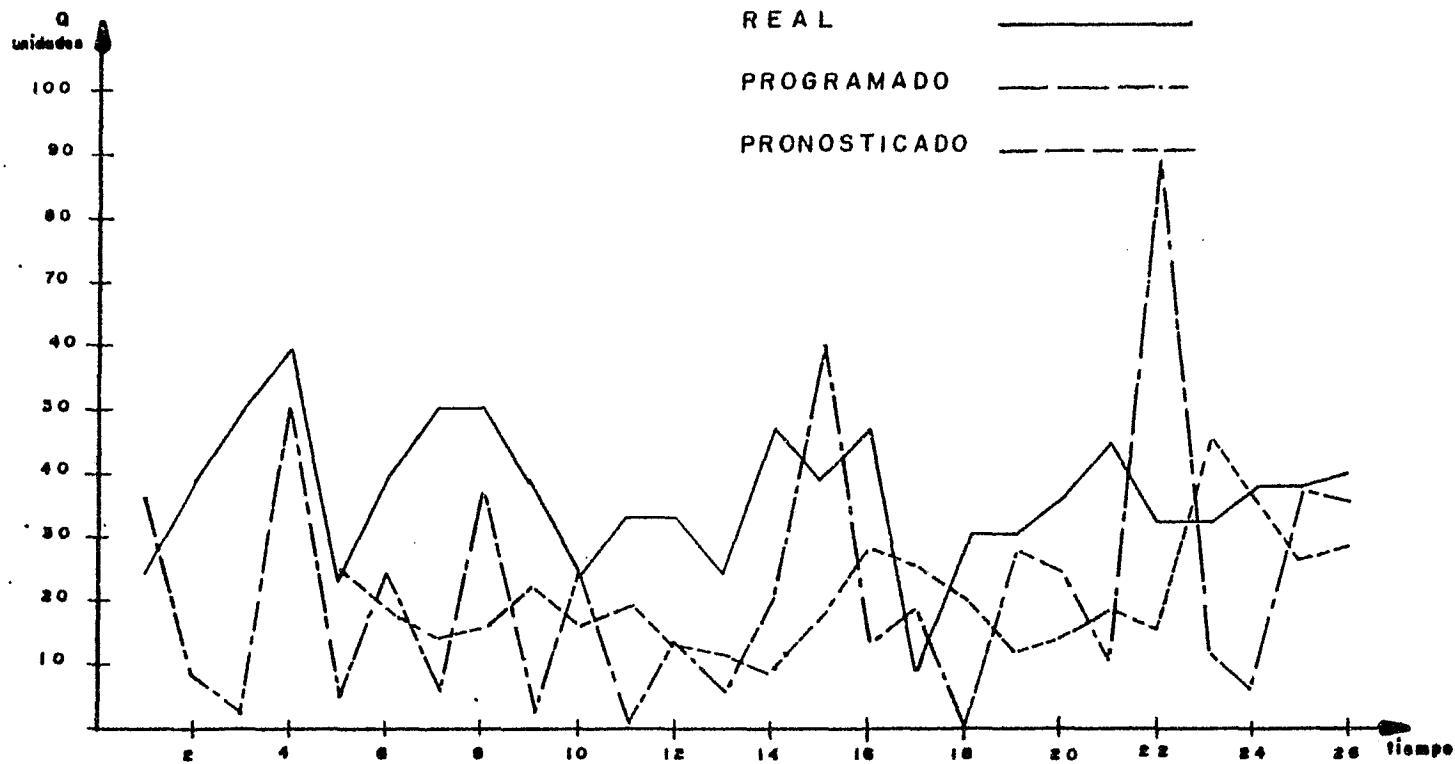
de mayor demanda fluctuante - fueron los siguientes por orden de aproximación

- 1 Método de atenuación exponencial
- 2 Método de promedios móviles ponderados
- 3 Método de mínimos cuadrados

A continuación se presentan los datos graficados de algunos de los métodos aplicados.



CONLAC ETIQUETADO



METODO DE PROMEDIOS MOVILES PONDERADOS

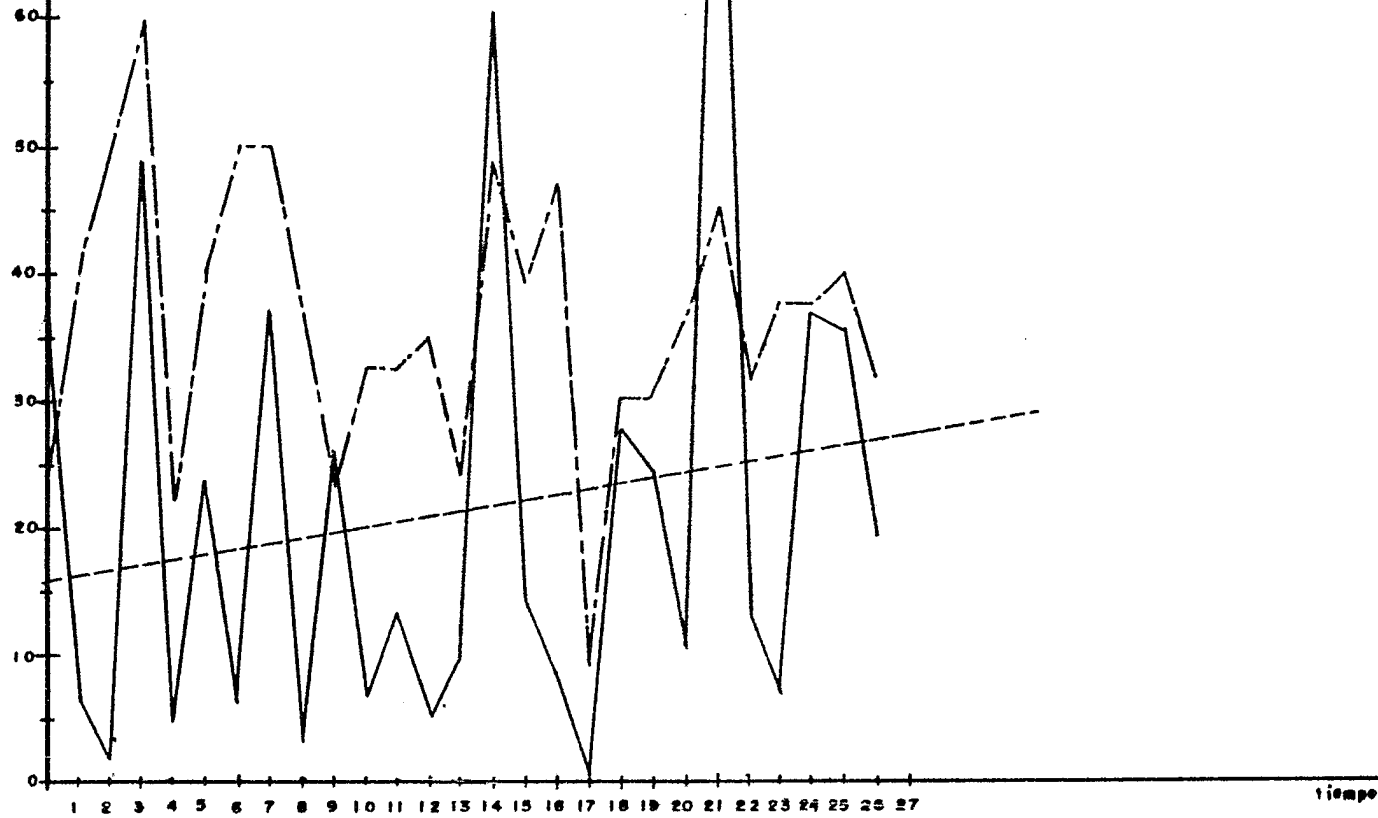
Q
valores

CONLAC ETIQUETADO

REAL

PROGRAMADO

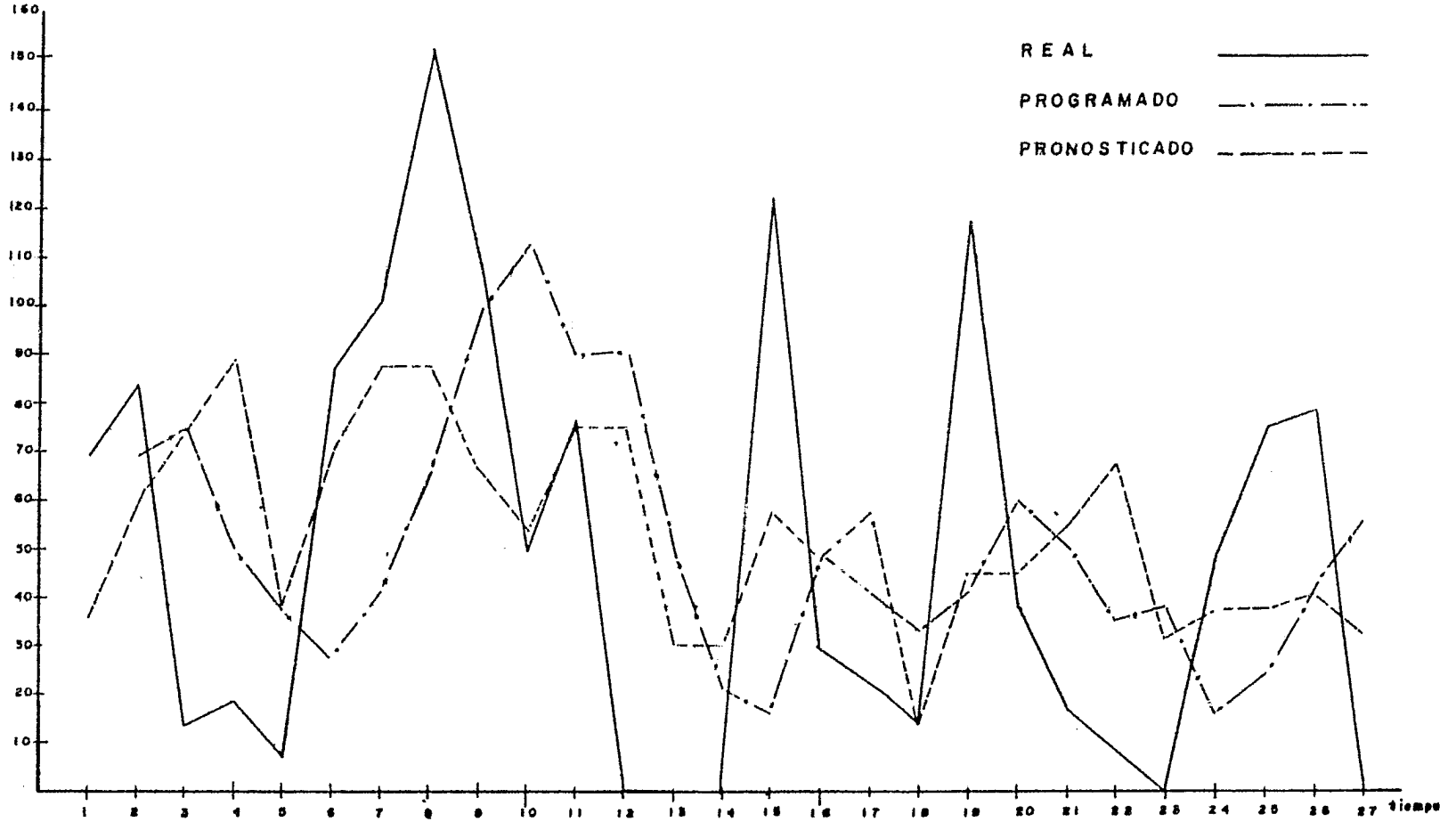
PRONOSTICADO



METODO DE MINIMOS CUADRADOS

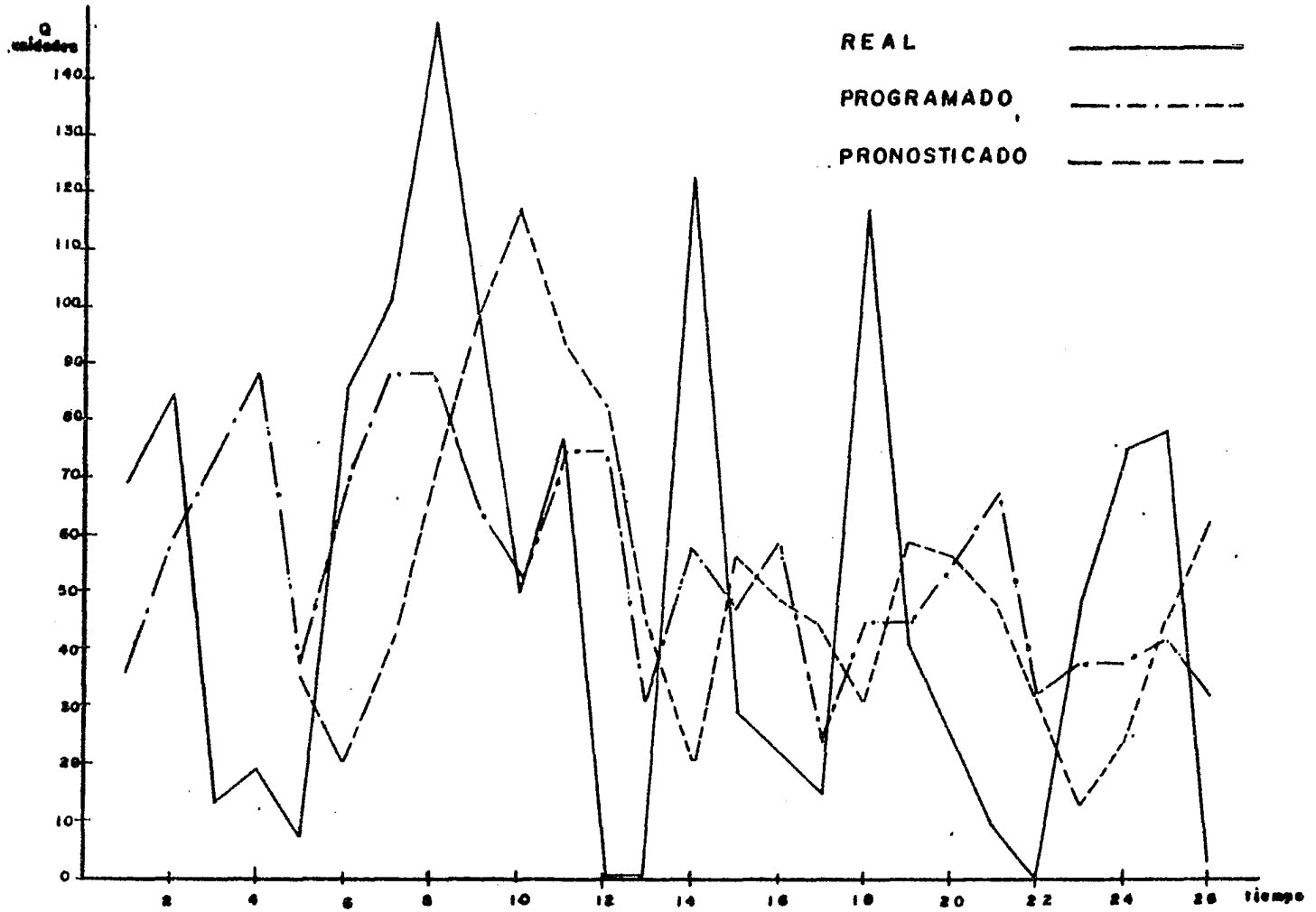
170
Quilómetros

CON L A C I M S S



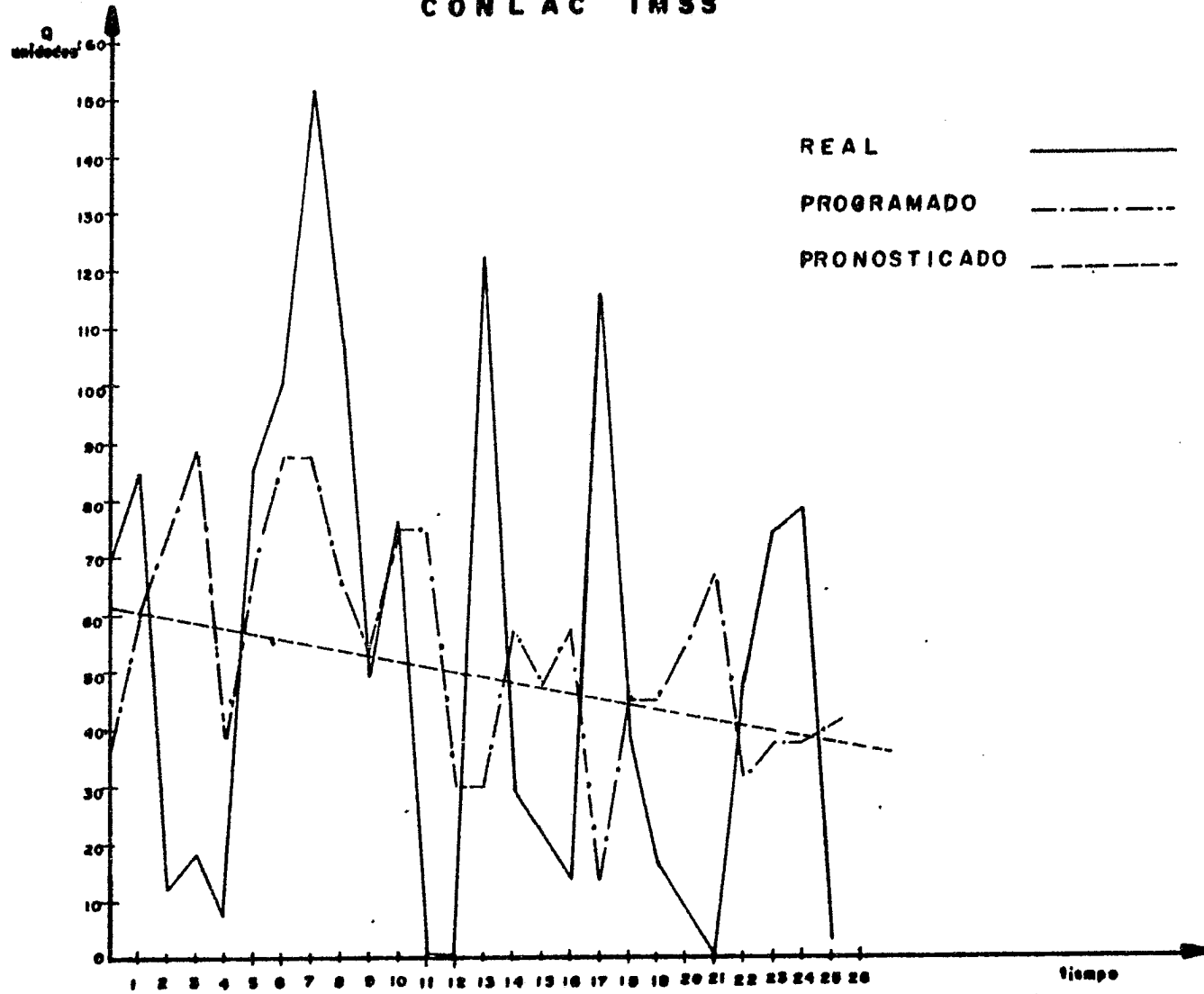
METODO DE ATENUACION EXPONENCIAL

CONLACIMSS



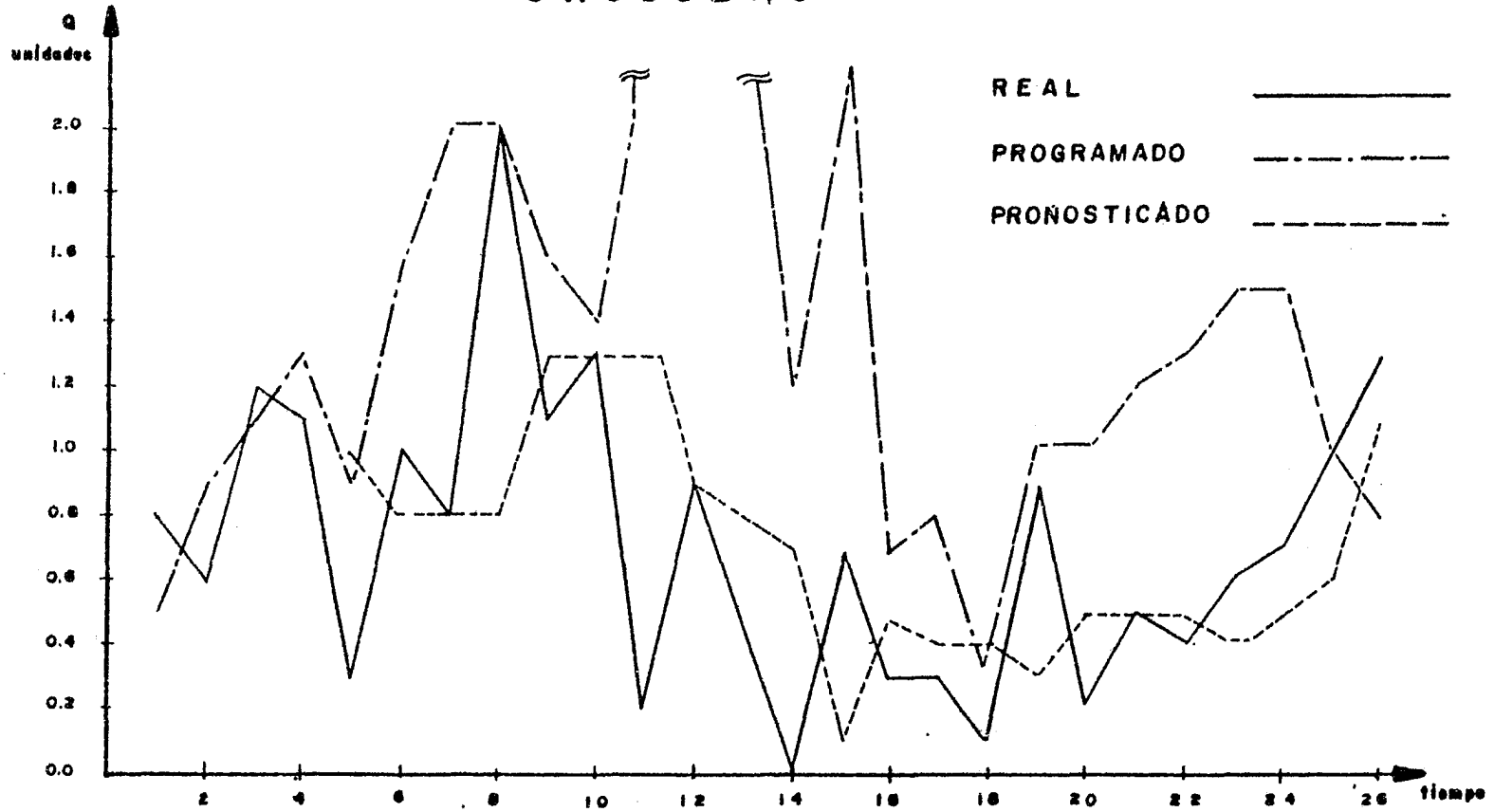
METODO DE PROMEDIOS MOVILES PONDERADOS

CONLAC IMSS



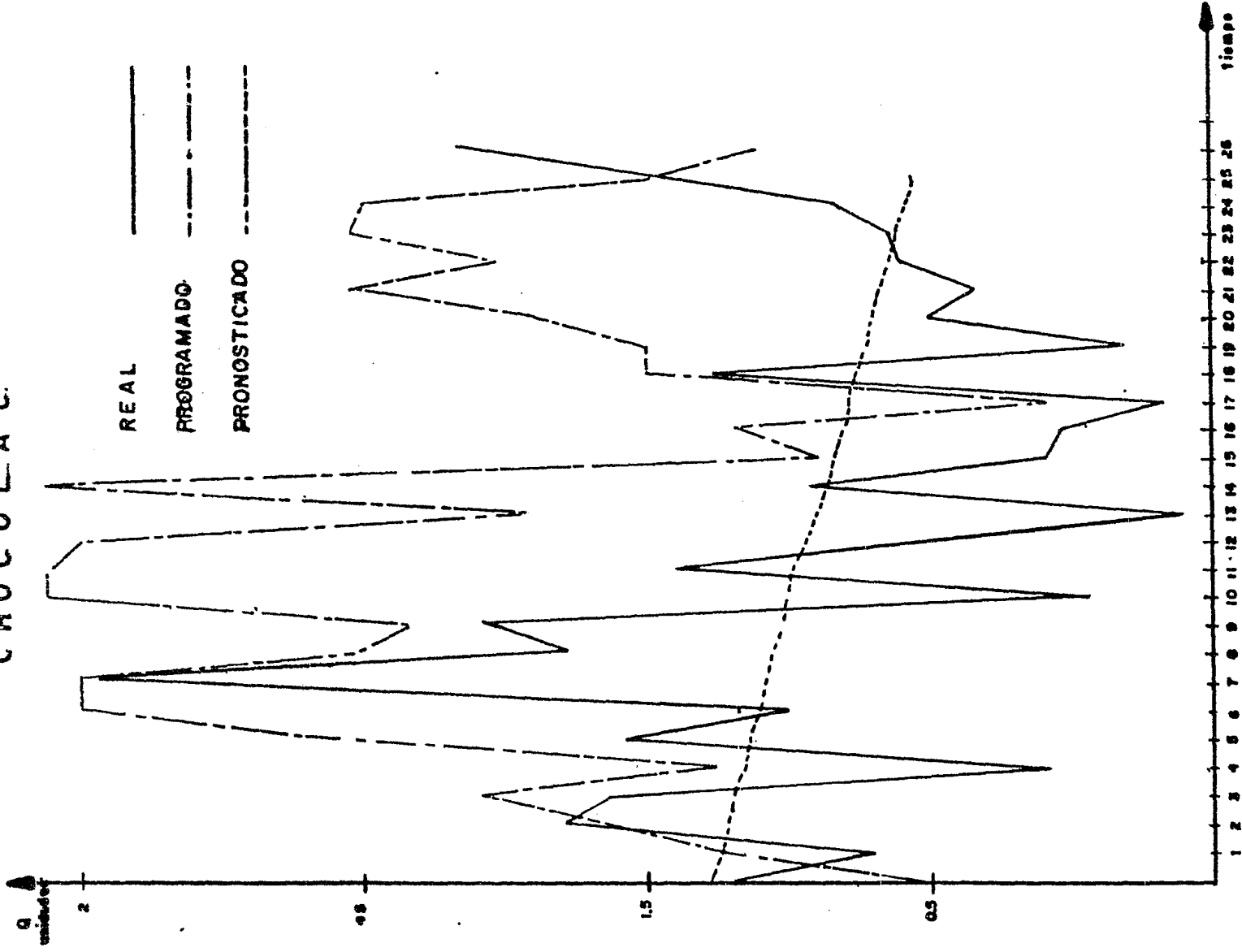
METODO DE MINIMOS CUADRADOS

CHOCOLAC



METODO DE PROMEDIOS MOVILES PONDERADOS

CHOCOLAC.



METODO MINIMOS CUADRADOS

7.2.3 Componentes del Sistema, Simulación - Operación

P R O G R A M A S		A R C H I V O S				R E P O R T E S			
S	I	M	U	L	A	C	I	O	N
PSXX1/2		ASY1				RSZZ1/2			
1.	Pronóstico por producto, definir técnica	1.	Archivo general de técnicas por producto	1.	Reporte de resultados, - mejor método				
2.	Cambio de técnica	1.	Actualización	2.	Informe de cambio				
O P E R A C I O N		A O Y Y 1				R O Z Z 1 / 2			
POXX1/2		AOYY1				ROZZ1/2			
1.	Pronóstico por producto, técnica probada	1.	Archivo general de productos terminados	1.	Demanda pronosticada - por producto				
2.	Cambio al pronóstico	1.	Actualización	2.	Reporte de Cambio				

SIMULACION

A continuación se presentan tres programas creados para simular y generar demandas de producción de los artículos que mayor dificultad representan para Liconsa en la determinación de su demanda.

CONLAC ETIQUETADO COMERCIAL

PRONOSTICO POR PROMEDIO EXPONENCIAL PONDERADO SIMPLE PARA EL PERIODO SIGUIENTE
 DATOS DE 27 SEMANALES 1978

NUMERO DE DATOS = 27

ALFA = 0.2

NO. DE OBSERV	DEMANDA	PRONOSTICO	ERROR
1	35.49	36.49	0.20
2	4.07	36.49	-29.52
3	1.99	30.57	-28.58
4	49.76	24.85	24.91
5	4.61	29.63	-25.02
6	23.88	24.63	-6.75
7	6.45	24.48	-18.03
8	37.00	20.87	16.13
9	3.17	24.10	-20.93
10	25.32	19.91	5.41
11	4.56	21.19	-16.63
12	13.11	18.27	-5.16
13	5.00	17.24	-12.24
14	0.85	14.79	-13.94
15	60.36	13.80	46.56
16	14.31	23.11	-8.80
17	4.52	21.35	-16.83
18	0.24	18.79	-18.55
19	27.94	15.08	12.86
20	24.00	17.65	6.35
21	10.45	19.04	-8.59
22	89.01	17.32	71.69
23	13.26	31.62	-18.36
24	4.99	27.95	-22.96
25	34.69	23.76	10.93
26	35.29	26.34	8.95
27	19.64	28.13	-8.49
28		26.31	
ERROR PROMEDIO		SUMA	
= 1.94		22.70	

CONLAC IVSS

PRONOSTICO POR PROMEDIO EXPONENCIAL FONDEADO SIMPLE PARA EL PERIODO SIGUIENTE
 DATOS DE VENTAS SEMANALES 1978

NUMERO DE DATOS = 27

ALFA = 0.3

NO DE OBSERV	FECHA	DEMANDA	PRONOSTICO	ERROR
1		69.00	69.00	0.00
2		83.72	69.00	14.72
3		13.30	73.42	-60.12
4		16.86	55.38	-36.52
5		7.27	44.42	-37.15
6		66.65	33.28	33.37
7		100.85	49.29	51.56
8		151.66	64.76	86.90
9		178.60	90.83	17.77
10		49.59	96.16	-46.57
11		76.56	82.19	-5.63
12		0.00	80.50	-80.50
13		0.00	56.35	-56.35
14		0.00	39.45	-39.45
15		122.67	27.61	95.06
16		29.48	56.13	-26.65
17		22.25	48.13	-25.88
18		13.84	40.37	-26.53
19		116.87	32.41	84.46
20		38.61	57.75	-19.14
21		16.88	52.01	-35.13
22		8.69	41.47	-32.78
23		0.00	31.64	-31.64
24		48.03	22.14	25.89
25		74.45	29.91	44.54
26		78.32	43.27	35.05
27		3.00	53.79	-50.79
28			38.55	
ERROR PROMEDIO		SIGMA		
-3.20		48.72		

CHOCOLAC

PRONOSTICO POR PROMEDIO EXPONENCIAL PONDERADO SIMPLE PARA EL PERIODO SIGUIENTE
 DATOS DE VENTAS SEMANALES 1978

NUMERO DE DATOS = 27

ALFA = 0.3

NU DE OBSERV	FECHA	DEMANDA	PRONOSTICO	ERROR
1		0.84	0.84	0.00
2		0.60	0.84	-0.24
3		1.15	0.77	0.38
4		1.07	0.88	0.19
5		0.29	0.94	-0.65
6		1.04	0.74	0.30
7		0.75	0.83	-0.08
8		1.87	0.81	1.06
9		1.14	1.13	0.01
10		1.29	1.13	0.16
11		0.24	1.18	-0.96
12		0.95	0.89	0.06
13		0.50	0.91	-0.41
14		0.06	0.79	-0.73
15		0.71	0.57	0.14
16		0.30	0.61	-0.31
17		0.27	0.52	-0.25
18		0.09	0.44	-0.35
19		0.88	0.34	0.54
20		0.10	0.50	-0.34
21		0.50	0.40	0.10
22		0.44	0.43	-0.01
23		0.55	0.43	0.12
24		0.57	0.46	0.11
25		0.66	0.50	0.16
26		0.27	0.54	-0.27
27		1.33	0.46	0.87
28			0.72	
	ERROR PROMEDIO	SIGMA		
	-0.02	0.44		

OPERACION

FORMATO DEL REPORTE ROZZ1:

<u>No.</u>	<u>P R O D U C T O</u>	<u>U M</u>	<u>PERIODO 1983</u>				<u>...</u>	<u>FECHA NOV-82</u>	
			<u>ENE</u>	<u>FEB</u>	<u>MAR</u>	<u>...</u>		<u>DIC</u>	<u>TOTAL</u>
1	Leche Reconstituida	LTS	XXX	XXX	XXX	...	...	XXX	XXX
2	Lacto DIF	TBL	XXX	XXX	XXX	...	...	XXX	XXX
3	Nutrileche	SUB	XXX	XXX	XXX	...	...	XXX	XXX

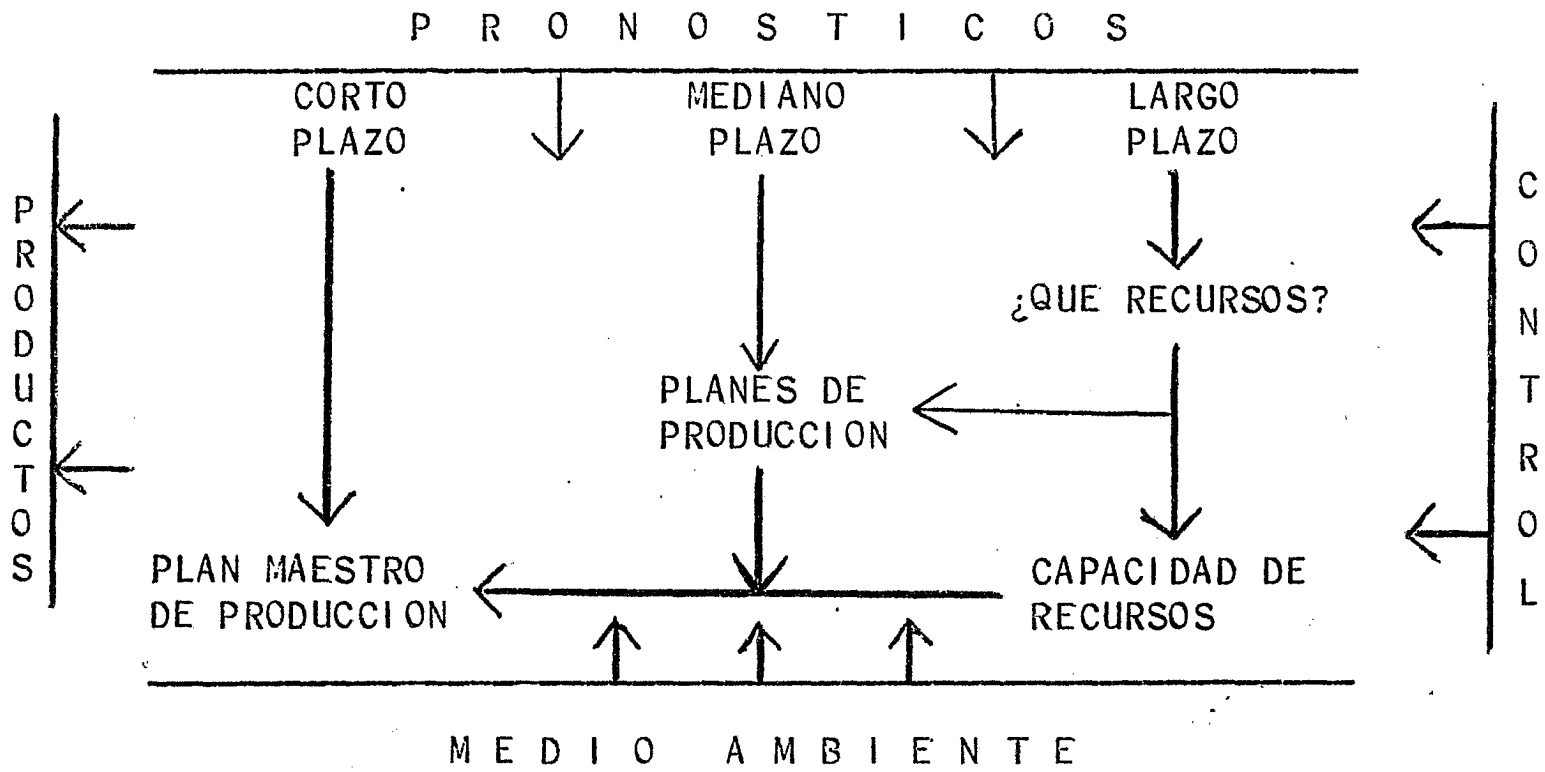
- ETC -

7.3 PLANEACION DE LA PRODUCCION

7.3.1 Planeación a varios períodos

La planeación en Liconsa se debe basar en pronósticos bien determinados que proporcionen la información necesaria para fijar los niveles de existencias de materiales, mano de obra, elaboración de programas y control de almacenamientos que resulten económicos.

Asegurar que los planes concebibles a largo plazo sirvan de guía a los planes de mediano y corto plazos sin restringir indebidamente la toma de decisiones a estos niveles inferiores. Debe existir flexibilidad a las reacciones de la demanda, la transformación o creación de nuevos productos a base de leche, en polvo. Así mismo debe tomarse en cuenta la retroinformación sobre mercados, necesidades, gustos, productos de interés social, que como condiciones claras sirvan de base y garanticen que los planes a largo plazo tengan fundamentos realistas.



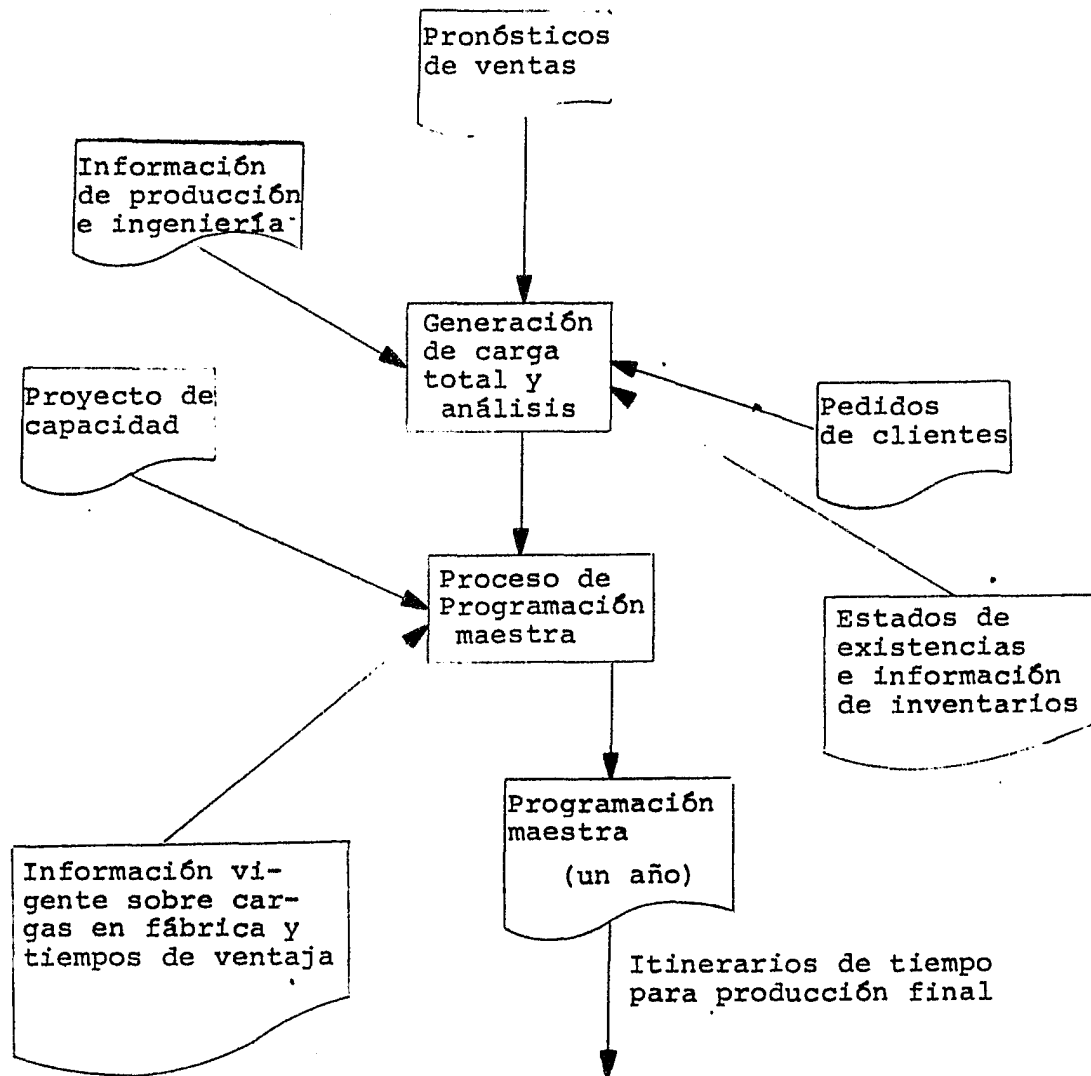
7.3.2 Metodología de plan maestro

Liconsa presupuesta su plan general a un año - con revisiones trimestrales para su ajuste.

La programación maestra para Liconsa se debe - considerar como un proceso de dos pasos. En el primero se descomponen o se transforman demandas y pedidos ya recibidos en recursos (mano de obra, horas -máquina, materiales) necesarios para satisfacer el mercado. El segundo paso lo constituye el estado - vigente del sistema productivo, cargas de máquina, -órdenes en proceso, y existencias, para lograr un - plan general de un año. De esta forma se logra que las demandas fluctuantes que se hagan de la capacidad sean razonables.

De esta forma queda un marco de referencia para las programaciones a corto plazo (trimestrales) - con un número mayor de detalles sobre la estimación del programa de producción de las próximas semanas.

DETERMINACION DEL PLAN MAESTRO



7.3.3 Componentes del Sistema de Operación

<u>PROGRAMAS</u>	<u>ARCHIVOS</u>	<u>REPORTES</u>
POXX/3/4/5/6/7/8/9/10/11	AOYY1/2/3/4/5/6	ROZZ3/4/5/6/7/8/9/10/11 12/13/14/15/16
3. Altas, bajas, cambios de productos	1. Archivo general de productos terminados	3. Cambio de productos
4. Altas, bajas, cambios de formulaciones	2. Actualización del archivo de fórmulas	4. Catálogo de productos
5. Cálculo de materiales - por producto	3. Archivo general de materiales	5. Cambio de fórmulas
6. Altas, bajas, cambios de materiales	3. Actualización del archivo	6. Catálogo de fórmulas
7. Cálculo de horas-máquina-hombre por productos o plan y por centro de trabajo	4. Archivo general de centros de trabajo por departamento	7. Lista de materiales por producto
8. Rutas de proceso por producto	5. Archivo general de procesos	8. Catálogo de materiales
9. Modificaciones al proceso	5. Actualización de procesos	10. Horas-máquina-hombre por centro de trabajo y por departamento. período
9. Planeación de órdenes	6. Archivo general de órdenes	11. Reporte de ruta de proceso
10. Cambio de plan	6. Modificación	12. Reporte de cambio de proceso
11. Seguimiento del plan	6. Actualización	13. Catálogo de procesos
		14. Clasificación de órdenes planeadas
		15. Información de cambios
		16. Reporte de avance

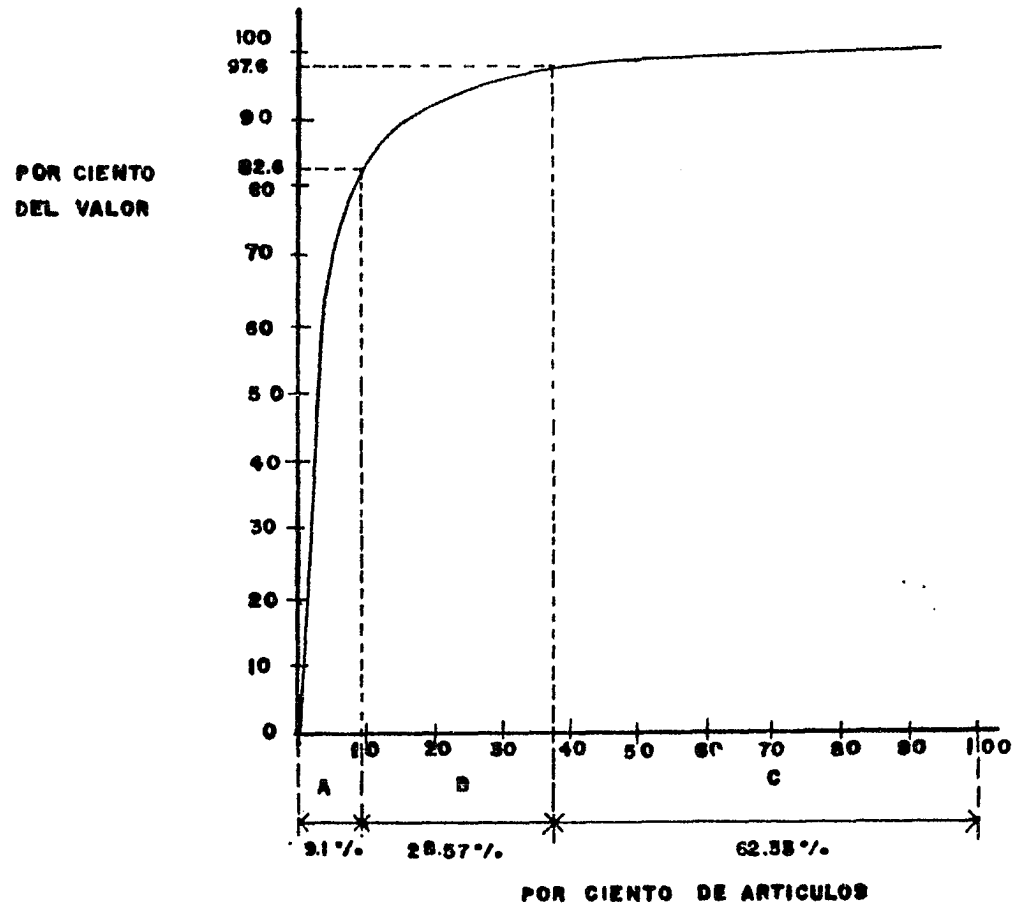
7.4 CONTROL DE INVENTARIOS

7.4.1 Análisis A-B-C de Materia Prima y Materiales para Liconsa

No. DE PARTE	DESCRIPCION DEL ARTICULO	UNIDAD	DEMANDA ANUAL	COSTO UNITARIO	IMPORTE ANUAL	%	
						PARCIAL	ACUM.
600	LECHE EN POLVO	KG	27,338,679	14.10	385,475,374	34.29	34.29
618	LECHE EN POLVO	KG	8,547,946	19.20	164,120,563	14.60	48.89
603	GRASA DE COCO	KG	8,466,777	17.60	149,015,275	13.25	62.14
619	GRASA BUTIRICA	KG	2,223,252	35.70	79,370,096	7.06	69.20
607	COCOA	KG	510,884	114.40	58,445,130	5.20	74.40
712	HOJALATA CUERPO GRANDE	KG	3,403,481	16.44	55,953,228	4.98	79.38
615	BASE DE ALIMENTO PARA NIÑO	KG	1,522,716	23.76	36,179,732	3.22	82.60
SUMA DEL GRUPO "A"					928,559,398		
731	HOJALATA TAPA GRANDE	KG	1,265,613	16.44	20,806,678	1.85	84.45
700	POLIETILENO P/LECHE RECONSTITUI DA	KG	612,909	30.00	18,387,270	1.64	86.09
601	SUERO EN POLVO	KG	2,597,414	6.15	15,974,096	1.42	87.51
732	HOJALATA CUERPO CHICO	KG	913,867	16.44	15,023,973	1.34	88.85
708	BOTE CONLAC IMSS.	PZA	3,636,000	3.92	14,253,120	1.27	90.12
606	AZUCAR	KG	2,508,414	5.30	13,294,594	1.18	91.30
	CUÑETE	PZA	5,655,027	1.998	11,298,744	1.00	92.30
733	HOJALATA TAPA CHICA	KG	686,653	16.44	11,288,575	1.00	93.30
702	LAMINACION LACTODIF	KG	40,414	186.00	7,517,004	0.67	93.97
737	LAMINACION NUTRILECHE	KG	79,152	86.00	6,807,072	0.61	94.58
701	PVC RIGIDO CRISTAL	KG	128,590	52.00	6,686,680	0.59	95.17
736	BOTE CONLAC	PZA	1,575,600	3.92	6,176,352	0.55	95.72
714	CORR. PROT. 410 CONASUPO	PZA	746,304	4.15	3,097,162	0.28	96.00
604	MEZCLA VITAMINICA LACTODIF	KG	8,786	336.00	2,952,096	0.26	96.26
713	ETIQUETA PROT. 410 CONASUPO	PZA	35,133,696	0.077	2,705,795	0.24	96.50
773	CORRUGADO PROT. 410 LICONSA	PZA	535,080	4.15	2,220,582	0.20	96.70
770	ETIQ. PROT. 410 LICONSA	PZA	25,189,920	0.077	1,939,624	0.17	96.87
710	CONTRATAPA	PZA	5,211,600	0.363	1,893,895	0.17	97.04
703	CORRUGADO LACTODIF	PZA	207,457	8.10	1,680,402	0.15	97.19
743	CORR. NUTRILECHE.	PZA	264,000	6.33	1,671,120	0.15	97.34
626	SABOR CANELA	KG	6,119	263.00	1,609,297	0.14	97.48
627	SABOR VAINILLA	KG	6,119	231.00	1,413,489	0.13	97.61
SUMA DEL GRUPO "B"					168,697,620	15.01	97.61

No. DE PARTE	DESCRIPCION DEL ARTICULO	UNIDAD	DEMANDA ANUAL	COSTO UNITARIO	IMPORTE ANUAL	%	
						PARCIAL	ACUM.
639	SABOR NUEZ F 28217	KG	4,784	291.00	1,392,144	0.12	97.73
608	SABOR CHOCOLATE 940937	KG	6,300	210.00	1,323,000	0.12	97.85
610	SYLOID	KG	15,823	83.00	1,313,309	0.12	97.97
642	SABOR CHOCOLATE F 18188	KG	4,037	277.00	1,118,249	0.10	98.07
635	SABOR F 80344	KG	1,799	593.00	1,066,807	0.09	98.16
640	COLOR L 311	KG	2,130	498.00	1,060,740	0.09	98.25
723	CORR. VITAM. 410 CONASUPO	PZA	248,768	4.15	1,032,387	0.09	98.34
680	SABOR F 81559	KG	2,114	453.60	958,910	0.09	98.43
730	ETIQUETA VITAM. 410 CONASUPO	PZA	11,711,232	0.077	901,765	0.08	98.51
616	MALTO DENTRINA	KG	87,619	9.60	841,142	0.07	98.58
715	CORRUGADO PROT. 170 CONASUPO	PZA	186,576	4.15	774,290	0.07	98.65
724	CORR. VIT. 170 CONASUPO	PZA	186,576	4.15	774,290	0.07	98.72
775	CORRUGADO VIT. 410 LICONSA	PZA	186,576	4.15	774,290	0.07	98.79
602	VITAMINAS A + D3	KG	848	900.00	763,200	0.07	98.86
	ETIQUETA CHOCOLAC VAINILLA	PZA	2,447,755	0.311	761,252	0.07	98.93
679	SABOR F 81030	KG	2,114	348.32	736,348	0.07	99.00
771	ETIQUETA VITAMINADA 410 LICONSA	PZA	8,783,424	0.077	676,324	0.06	99.06
711	CORR. CONLAC IMSS.	PZA	151,200	4.43	669,816	0.06	99.12
677	SABOR CHOCOLATE PERMASFAL	KG	2,804	226.00	663,704	0.06	99.18
716	ETIQUETA PROT. 170 CONASUPO	PZA	17,566,815	0.036	632,407	0.06	99.24
774	CORRUGADO PROT. 170 LICONSA	PZA	149,136	4.15	618,914	0.06	99.30
612	ESTEARATO DE MAGNESIO	KG	10,024	58.80	589,411	0.05	99.35
659	MEZCLA VITAMINICA NUTRI LECHE	KG	764	761.60	581,862	0.05	99.40
	ETIQUETA CHOCOLAC CANELA	PZA	1,836,000	0.311	570,996	0.05	99.45
719	CORRUGADO CHOCOLAC	PZA	176,739	3.11	549,658	0.05	99.50
	ETIQUETA PROT. 170	PZA	14,041,728	0.036	505,502	0.04	99.54
638	COLOR L3 07	KG	1,610	300.00	483,000	0.04	99.58
709	CUCHARA DE POLIPROPILENO	PZA	1,575,600	0.30	472,680	0.04	99.62
633	LACTOSA	KG	24,248	19.04	461,682	0.04	99.66
	ETIQUETA FRESALAC	PZA	1,371,272	0.311	426,466	0.04	99.70
	CORRUGADO VITAM. 410 IMSS	PZA	87,360	4.15	362,544	0.03	99.73
628	MEZCLA VITAMINICA CHOCOLAC	KG	1,785	189.00	337,365	0.03	99.76
729	ETIQUETA VIT. 410	PZA	4,112,640	0.077	316,673	0.03	99.79
738	CORRUGADO CONLAC	PZA	65,520	4.43	290,254	0.03	99.82

<u>No. DE PARTE</u>	<u>DESCRIPCION DEL ARTICULO</u>	<u>UNIDAD</u>	<u>DEMANDA ANUAL</u>	<u>COSTO UNITARIO</u>	<u>IMPORTE ANUAL</u>	<u>PARCIAL</u>	<u>ACUM.</u>
776	CORRUGADO VITAM. 170 LICONSA	PZA	63,232	4.15	262,413	0.02	99.84
734	ETIQUETA VITAM. 170 CONASUPO	PZA	7,024,781	0.036	252,892	0.02	99.86
624	LECITINA	KG	8,767	25.70	225,312	0.02	99.88
631	COLOR L6-05	KG	369	593.00	218,817	0.02	99.90
	ETIQUETA VITAM. 170 LICONSA	PZA	5,953,536	0.036	214,327	0.02	99.92
721	POLIETILENO CHOCOLATE CONASUPO	KG	6,065	34.27	207,848	0.02	99.94
722	CORRUGADO CHOCOLATE CONASUPO	PZA	44,432	4.40	195,501	0.02	99.96
788	CORRUGADO FRESALAC	PZA	56,576	3.11	175,951	0.02	99.98
655	ESPESANTE	KG	2,857	59.65	170.420	0.02	100.00
681	COLOR 6 - 156	KG	308	480.00	147,840	0.01	
630	ACIDO CITRICO	KG	5,870	21.90	128,553	0.01	
644	VITAMINA C	KG	228	272.00	62,016	-	
623	SAL	KG	9,278	1.97	18,278	-	
643	SORBATO DE POTASIO	KG	1,790	5.04	9,022	-	
	SUMA DEL GRUPO "C"				27,060,571		
	SUMA DE GRUPOS A, B, C.				1,124,317,589		



GRAFICA DE ANALISIS A-B-C

7.4.2 Métodos aplicados

El principal problema de Liconsa lo constituye la planeación y control de inventarios, por tal motivo se enfatizó en el estudio para la adquisición de los 5 principales artículos de la clase "A" todos ellos de importación.

A continuación se presenta la aplicación de un método dinámico con certidumbre (método de Lagrange). Y sus alternativas para determinar una mejor política de adquisición, que toma en cuenta la escasez de capital.

1) Productos de Importación (Clase A)

Datos del año anterior a la clasificación A-B-C presentada en 7.4.1

<u>ARTICULO</u>	<u>Di</u>	<u>ci</u>	<u>IMPORTE ANUAL</u>
600	23280465	11	256085115
608	6846624	19.2	131455181
603	7672747	14.5	111254832
619	1697114	35.1303	59620124
615	2854643	13.072	37316893
		<u>92.9023</u>	<u>595731145</u>

2) Forma Actual de hacer Pedidos

<u>ARTICULO</u>	<u>PEDIDOS POR AÑO</u>	<u>PROMEDIO DE INVENTARIO</u>
600	12	2853373.9
608	12	1414981.1
603	12	1197537.6
619	12	641750.78
615	12	401678.89
	<u>$\Sigma N_o = 60$</u>	<u>$\Sigma I_p = 6509322.1$</u>

COSTO DE PEDIR \$ 700.00/lote

COSTO DE MANTENER 25%

$$CT = N_o \cdot C_p + C_m \cdot I_p$$

N_o = Sumatoria número de pedidos

C_p = Costo de preparar

C_m = Costo de mantener

ΣI_p = Sumatoria inventario promedio

CT = Costo total de la política de la compañía -
para hacer pedidos

$$CT = (60 \times 700) + (0.25 \times 6509322.1) = \$1669330.50$$

3) Forma Propuesta de Adquisición

Como conocemos los costos, podemos fácilmente calcular la política óptima para cada uno de los artículos. Emplearemos la expresión para el tamaño del pedido enunciado en pesos en vez de unidades:

$$Q_{i\$} = \sqrt{\frac{2 \text{ costo unitario} \cdot \text{Demanda anual} \cdot \text{costo pedido}}{\text{Costo mantener (\%)}}}$$

$$Q_{i\$} = \sqrt{\frac{2 \times 11 \times 23280465 \times 700}{0.25}} = \$1197529.30$$

<u>ARTICULO</u>	<u>Q_i\$</u>	<u>PEDIDOS AL AÑO</u>
600	1197529.3	221.35
608	857990.67	153.2
603	789317.68	140.94
619	564581.85	105.60
615	<u>457137.39</u>	<u>81.63</u>
	3866556.60	No = 702.72

$$\text{Impor año} = \frac{3866556.6}{2} = 1933278.3$$

$$C_{\text{Topt}} = \text{Im} \times C_m + N_o \times C_p$$

$$C_{\text{Topt}} = 1933278.3 \times 0.25 + 702.72 \times 700 = \$975223.57$$

Con lo cual obtenemos 41.57% de ahorro

4) Alternativa por Escasez de Capital

Supongamos que la compañía sufre la escasez de capital para poder seguir trabajando y que no le es posible permitirse la facilidad de mantener la inversión promedio para el promedio óptimo de inventario de \$1933278.3. Precisamente vamos a suponer que lo más que puede hacer la compañía en cuestión de inversión de inventarios es un promedio de \$1750000. ¿Cómo debe modificarse la política para hacer pedidos con el fin de minimizar los costos totales con esta restricción? Vamos a formular el problema matemáticamente. Utilizando nuestra notación para las sumas, la ecuación del costo total cuando se ordenan Q_i unidades del i -ésimo artículo es:

$$T.C. = 700 \sum \frac{D_i}{Q_i} + 0.25 \sum \frac{c_i Q_i}{2}$$

Se nos ha dado la restricción de que

$$\sum \frac{Q_i c_i}{2} = 1750000$$

Nuestro problema es minimizar T.C. sujeta a la restricción dada. La técnica matemática para llevar a cabo esto es servirse de los multiples de Lagrange. Escribimos la restricción como una ecuación igual a cero:

$$\sum_i \frac{Q_i c_i}{2} - 1750000 = 0$$

Ahora formamos los lagrangianos, que representaremos por L , añadiendo λ el multiplicador, multiplicado por esta ecuación a la expresión que va a minimizarse, T.C. Así, tenemos

$$L = 700 \sum_i \frac{D_i}{Q_i} + 0.25 \sum_i \frac{c_i Q_i}{2} + \lambda \left(\sum_i \frac{Q_i c_i}{2} - 1750000 \right)$$

Para minimizar la expresión original sujeta a la restricción debemos minimizar L sobre la Q_i y λ . Lo hacemos por el procedimiento usual de derivar y obtenemos:

$$\frac{\partial L}{\partial Q_i} = \frac{-700 D_i}{Q_i^2} + 0.125 c_i + \frac{\lambda c_i}{2} = 0 \quad \text{----- (1)}$$

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda} = \sum_i \frac{Q_i c_i}{2} - 1750000 = 0 \quad \text{----- (2)}$$

Obtenemos:

$$Q = \sqrt{\frac{1400 D_i}{c_i (0.25 + \lambda)}} \quad \text{----- (2)}$$

$$\lambda = 1400 \left(\frac{\sum \sqrt{D_i c_i}}{3500000} \right)^2 - 0.25 \quad \text{----- (a)}$$

<u>ARTICULO</u>	<u>\sqrt{Dici}</u>
600	16002.66
608	11465.39
603	10547.74
619	7721.41
615.	<u>6108.673</u>
	51845.873

De ésta calculamos inmediatamente

$$\lambda = 1400 \left(\frac{\sum \sqrt{Dici}}{3500000} \right)^2 - 0.25$$

sustituyendo el valor anterior

$$\lambda = 1400 \left(\frac{51845.873}{3500000} \right)^2 - 0.25 = 0.05719$$

Podemos ahora determinar la Q_i

$$Q_i = \sqrt{\frac{1400}{.25 + \lambda}} \sqrt{Dici}$$

$$Q_i = 67.5 \sqrt{Dici}$$

<u>ARTICULO</u>	<u>TAMAÑO DEL PEDIDO EN PESOS</u>	<u>PEDIDOS POR AÑO</u>
600	1080179.5	237
608	773913.82	169.9
603	711972.45	156.3
619	521195.17	114.4
615	412335.42	90.5
	<u>3499596.2</u>	<u>768.1</u>

El costo total de esta política para hacer pedidos es:

$$T.C. = 700 \times 768.1 + 0.25 \times 1750000 = \$975170.00$$

Baja el tamaño de pedidos en pesos y aumenta - el número de pedidos al año

5) Disminución de la Inversión Promedio

El atajo ha llenado su objeto secundario de introducir el artificio extremadamente útil de los múltiplos de Lagrange como medio para minimizar expresiones sujetas a restricciones.

Proponemos entonces, ver si podemos disminuir la inversión en el promedio de inventario conservando al mismo tiempo fijo el número de pedidos en 600. Si nos es factible hacer esto, habremos mejorado la situación, aun cuando no podamos determinar la magnitud real de la economía.

Procederemos exactamente como antes. Deseamos minimizar el inventario sujeto a la restricción de que el número total de pedidos por año sea 600. La expresión total para todo el inventario es:

$$\text{Promedio total de inventario} = T.I. = \sum \frac{Q_i c_i}{2}$$

Deseamos:

$$\text{Total de pedidos} = T.O. = \sum \frac{D_i}{Q_i} = 600$$

Formamos la expresión lagrangiana:

$$L = \sum_i \frac{Q_i c_i}{2} + \lambda \left(\sum \frac{D_i}{Q_i} - 600 \right)$$

e igualando la derivada a cero:

$$\frac{\partial L}{\partial Q_i} = \frac{c_i}{2} - \frac{\lambda \cdot D_i}{Q_i^2} = 0$$

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda} = \sum_i \frac{D_i}{Q_i} - 600 = 0$$

Despejando a Q_i en la primera ecuación da:

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

y sustituyéndolo en la segunda ecuación y despejando λ da

$$\lambda = \frac{\left(\sum_i \sqrt{D_i c_i} \right)^2}{720000} = 3733.3256$$

De esta forma obtenemos

$$Q_i\$ = Q_i c_i = \sqrt{2\lambda D_i c_i} = 86.41 \sqrt{D_i c_i}$$

Esta da:

ARTICULO	TAMAÑO DEL PEDIDO EN \$	PEDIDOS POR AÑO
600	1382789.6	191.7
608	990724.34	132.67
603	911430.2	122.1
619	667207.03	89.35
615	527798.58	70.7
	<u>\$ 4479949.6</u>	<u>606.57</u>

$$\frac{4479949.6}{2} = 2239974.8$$

$$T.C.opt = 700 \times 606.57 + 0.25 \times 2239974.8 = \$984592.70$$

6) Alternativa para mantener el nivel de inversión

Este análisis sugiere inmediatamente el razonamiento inverso correspondiente. ¿Por qué no mejorar la posición de la compañía? Manteniendo el promedio de la inversión en inventario al mismo nivel y disminuyendo el número total de pedidos por año. - También esto se puede hacer. Las expresiones para $T.l.$ y $T.O.$ son las mismas que antes, pero sus papeles están invertidos.

Queremos minimizar

$$T.O. = \sum_i \frac{D_i}{Q_i}$$

sujeta a

$$T.l. = \sum_i \frac{Q_i c_i}{2} = \$6509322.1$$

Formamos la expresión lagrangiana

$$L = \sum_i \frac{D_i}{Q_i} + \left(\sum_i \frac{Q_i c_i}{2} - 6509322.1 \right)$$

y hacemos su derivada igual a cero

$$\frac{\partial L}{\partial Q_i} = - \frac{D_i}{Q_i^2} + \frac{\lambda c_i}{2} = 0$$

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda} = \sum_i \frac{Q_i c_i}{2} - 6509322.1 = 0$$

Encontramos

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

$$\lambda = \frac{(\sum \sqrt{D_i c_i})^2}{8.47425 \times 10^{13}}$$

$$\lambda = 3.17195 \times 10^{-5}$$

$$Q_i = 74.8284 \sqrt{D_i c_i}$$

Por tanto, calculamos:

<u>ARTICULO</u>	<u>TAMAÑO DEL PEDIDO EN \$</u>	<u>PEDIDOS POR AÑO</u>
600	1197453.4	221.37
608	857936.78	153.22
603	789270.5	140.95
619	577780.75	103.18
615	457102.22	78.54
	<u>3879543.5</u>	<u>697.26</u>

$$\frac{3879543.5}{2} = 1939771.7$$

ALTERNATIVAS	No. DE PEDIDOS POR AÑO	PROMEDIO DE LA INVERSION EN INVENTARIOS	COSTO TOTAL	OBSERVACIONES
FORMA ACTUAL DE HACER PEDIDOS	60	6,509,322.1	1,669,330.50	
FORMA PROPUESTA DE ADQUISICION	702.72	1,933,278.3	975,223.57	Con respecto a la política ordinaria de la empresa se obtiene un 41.57% de ahorro
POR ESCASEZ DE CAPITAL	768.1	Restricción mantener la inversión - promedio de inventario - en \$1,750,000	975,170	Esta es la alternativa de hacer pedidos de menor costo de todas las posibles - de acuerdo a la restricción de \$ 1,750,000. Bajar el tamaño de pedidos en pesos y aumenta el número de pedidos al año
DISMINUCION DE LA INVERSION - PROMEDIO EN INVENTARIOS. MANTENIENDO CONSTANTE EL No. DE PEDIDOS EN 600	606.57	2,239,974.8	984,952.10	El inventario se ha reducido con respecto a la política de la empresa, y los pedidos se han restringido a 606.57
MANTENIENDO LA INVERSION PROMEDIO EN INVENTARIOS - Y DISMINUYENDO EL No. DE PEDIDOS	697.26	1,939,771.7	973,025.47	Disminuyen los pedidos en forma óptima.

7.4.3 Componentes del Sistema, Simulación - Operación

<u>PROGRAMAS</u>			<u>ARCHIVOS</u>					<u>REPORTES</u>	
S	I	M	U	L	A	C	I	O	N
PSXX3/4			ASY2					RSZZ3/4	
3. Programa de simulación de planeación y adquisición de materiales			2. Archivo de técnicas de <u>si</u> mulación por producto					3. Resultados de la simula--ción de adquisición y <u>con</u> trol	
4. Cambio de modelo de simu--lación			2. Actualización del archivo					4. Informe de Cambio	
O	P	E	R	A	C	I	O	N	
POXX11/12/13			AOYY3					ROZZ16/17/13/19/20	
11. Cálculo del programa de - requerimientos de materia <u>a</u> les			3. Archivo G. de materiales- sub-archivo de órdenes de adquisición					16. Programa de adquisición- de materiales. Apertura	
12. Programa de movimientos, - entradas, salidas, consu- mos			3. Actualización de cantida- des en existencia. Actua- lización del sub-archivo- de órdenes de adquisición					17. Clasificación A-B-C	
13. Apertura de órdenes de ma- teriales para producción			3. Actualización del sub-ar- chivo de órdenes para - producción					18. Reporte de existencias, - entradas, y salidas	
								19. Reporte del estado de ma- teriales requeridos y -- liquidación de requisi-- ciones	
								20. Lista de materiales de - las órdenes de produc- - ción para cada producto	

Simulación

A continuación se presenta un programa de simulación de inventarios para la leche importada, que representa por sí sola el 34.29% de la inversión total de los inventarios.

El modelo simula: Existencias, cantidad a ordenar, punto de reorden, consumo mensual y por día, - costo de pedir, mantener y por faltante, así como - variables y parámetros probabilísticos del proceso.

BO	MES	DIA PED.	DIA L	INVENTARIO	CANTIDAD A ORDENAR	PUNTO DE REQUER.	DEMANDA MENSUAL	DEMANIA PROH. IA	CUSTO DE PELIG	COSTO DE MANTENER	COSTO FALTANTE	TOTAL
1	FEB	31		1123272	1J1479*	1147659	1039193	33522	2000.	270307.	0.	272307.
1	FEB		22	1676309	1J1479*	1147659	587716	20969	2000.	410716.	0.	272307.
1	MAR	14		1136605	1J1479*	1147659	916206	29555	3000.	604513.	0.	607513.
1	ABR		5	1530335	1J1479*	1147659	711790	23726	3000.	683784.	0.	607513.
1	ABR	22		1126993	1J1479*	1147659	711790	23726	4000.	683784.	0.	687784.
1	MAY		14	1502006	1J1479*	1147659	996396	32141	4000.	800932.	0.	687784.
1	MAY	26		1116314	1J1479*	1147659	996396	32141	5000.	800932.	0.	805932.
1	JUN		17	1202313	1J1479*	1147659	1248715	41623	5000.	920383.	0.	805932.
1	JUN	20		1137944	1J1479*	1147659	1248715	41623	6000.	920383.	0.	926383.
1	JUL		12	1330075	1J1479*	1147659	1048038	33807	6000.	1010597.	0.	926383.
1	JUL	18		1127983	1J1479*	1147659	1048038	33807	7000.	1010597.	0.	1017597.
1	AGS		9	1306612	1J1479*	1147659	1366351	44075	7000.	1096659.	0.	1017597.
1	AGS	13		1130312	1J1479*	1147659	1366351	44075	8000.	1096659.	0.	1104659.
1	SEP		4	1177009	1J1479*	1147659	1310630	43667	8000.	1138779.	0.	1104659.
1	SEP	5		1133322	1J1479*	1147659	1310630	43667	9000.	1138779.	0.	1147779.
1	SEP		27	1107003	1J1479*	1147659	1310630	43667	9000.	1138779.	0.	1147779.
1	SEP	28		1143316	1J1479*	1147659	1310630	43667	10000.	1138779.	0.	1148779.
1	OCT		20	1310017	1J1479*	1147659	1179124	38036	10000.	1270772.	0.	1148779.
1	OCT	25		1119037	1J1479*	1147659	1179124	38036	11000.	1270772.	0.	1281772.
1	NOV		16	1100566	1J1479*	1147659	1360990	45366	11000.	1382225.	0.	1281772.
1	NOV	17		1135194	1J1479*	1147659	1360990	45366	12000.	1382225.	0.	1394225.
1	DIC		9	1305550	1J1479*	1147659	601682	19469	12000.	1450404.	0.	1394225.
1	DIC	22		1133233	1J1479*	1147659	601682	19469	13000.	1450404.	0.	1463404.
		C.DE PEDIR	C.UTIL	C.MANT	C.FALT	DESV LST	DESV T.A	ELM T.A	ELM ANUAL	EXIST. RESERVA		
		1000.0	10.2	.250	9000.0	268669.	235263.	779780.	12366836.	368379.		

NUM. DE PED: TIEMPO ENTRE PEDIDOS

1/2

2.12



7.5 PROGRAMACION DE LA PRODUCCION

7.5.1 Programación

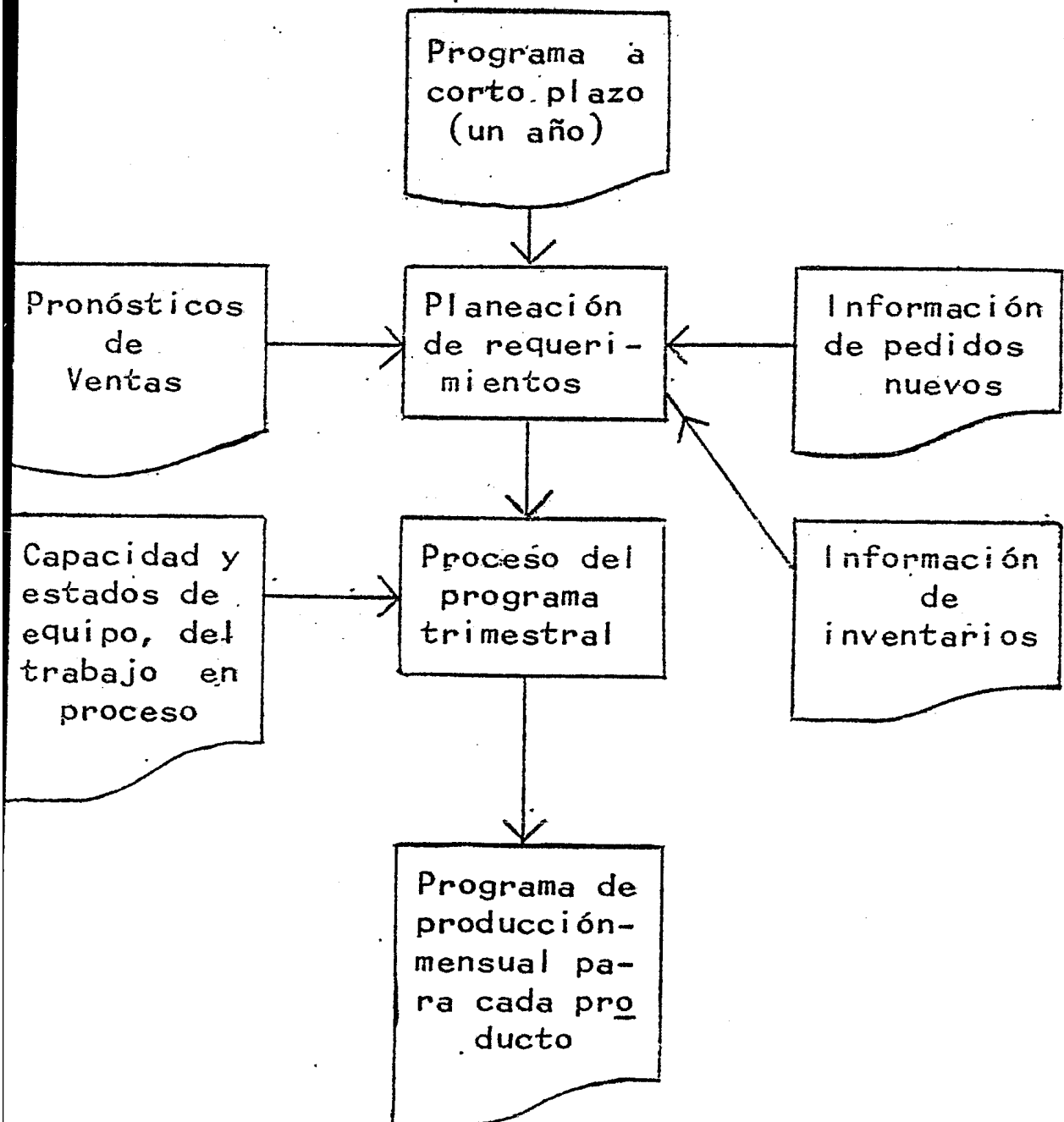
Varios son los factores que se deben tomar en cuenta para elaborar el programa mensual de producción de cada uno de los productos que elabora Liconsa.

Las leches Reconstituída - Rehidratada - y Alianza son de producción continua -flujo- y la programación para su elaboración fue realizada al diseñar el proceso. La cantidad que se vaya a producir cada mes sigue un proceso único y continuo de tal modo que sólo se controla el flujo del producto, el que corresponde a la cantidad requerida para el mes y día en cuestión.

Los productos como la Nutrileche, Lacto DIF, - Conlac IMSS, Conlac Etiq. y Chocolac se elaboran en equipos cuya capacidad es muy sobrada a la demanda. La programación para estos productos no requiere de decisiones fundamentales sino de análisis genéricos para ordenar la producción en la cantidad deseada.

El verdadero problema de la programación surge cuando se elaboran las leches Evaporadas, Pura Pach, Maternizada, UTH y Concentrada cuya producción se lleva a cabo con equipo común o parte del mismo usado para algunos de los productos para estos artículos se realizó un estudio en el que se considera su producción global o por grupo con la finalidad de optimizar la disponibilidad del equipo y la obtención de cantidades suficientes de producción.

Para la programación de todos ellos consideramos una metodología congruente que sistematice la toma de decisiones para obtener el programa mensual de producción más adecuado a las necesidades y a las facilidades productivas.



7.5.2 Métodos Aplicados de Programación

Tamaño Optimo de Producción para Varios Productos

Este método fue aplicado a la programación de las leches Evaporada, Pura Pach, Maternizada, UTH, y Concentrada para determinar el plan maestro de producción, a partir del cual se definirá la programación más conveniente de cada producto.

La fabricación de estos artículos como se dijo antes se lleva a cabo en el mismo equipo. Si se considera la producción en forma separada de cada producto, algunos como ocurre actualmente tendrían lotes de fabricación más grandes que otros lo que representa también para el equipo de Liconsa más tiempo de uso de máquinas y ocasiona que los inventarios de los otros productos se consuman antes de que haya disponibilidad del equipo para su elaboración.

Un procedimiento mejor, es programar la producción como parte de un gran ciclo (la producción correspondiente al plan maestro), en el cual cada producto tenga una participación constante. El ciclo debe minimizar el costo de producción, conjunto, maximizar el tiempo y rendimiento del equipo y obtener la cantidad productiva que mejor satisfaga la demanda. La base es determinar una fracción de la demanda anual que determinara el plan maestro para cada producto y para la cantidad a producir como parte de cada ciclo.

1) Consideraciones

La simbología es la misma que se empleó en el-
Capítulo V

$$Q_i = F D_i \quad \text{---} \quad (1)$$

Inventario Medio

$$(1 - D_i/P_i) \times (Q_i/2) \quad \text{---} \quad (2)$$

Sustituyendo (1) en (2):

$$(1 - D_i/P_i) \times (F D_i/2) \quad \text{---} \quad (3)$$

Costo de mantenimiento

$$\frac{1}{2} \sum F C_{mi} D_i (1 - D_i/P_i) \quad \text{---} \quad (4)$$

Número de ciclos a producir

$$\sum (D_i/Q_i) C_{pi} \quad \text{---} \quad (5)$$

Sustituyendo (1) en (5):

$$\sum (D_i/F D_i) C_{pi} = \frac{1}{F} \sum C_{pi} \quad \text{---} \quad (6)$$

Costo Total

$$C = \frac{1}{F} \sum C_{pi} + \frac{1}{2} \sum F C_{mi} D_i (1 - D_i/P_i) \quad \text{---} \quad (7)$$

Derivando (7) con respecto a F e igualando a cero:

$$\frac{dc}{dF} = (1/F^2) \sum C_{pi} + \frac{1}{2} \sum C_{mi} D_i (1 - D_i/P_i) = 0$$

$$F = \sqrt{\frac{2 \sum C_{pi}}{\sum C_{mi} D_i (1 - D_i/P_i)}} \quad \text{---} \quad (8)$$

2) Datos

PRODUCTO	DEMANDA ANUAL	TASA DE PRODUCCION	COSTO DE PREPARACION	COSTO DE MANTENER
	Di	Pi	Cpi	Cmi
1 Leches Evaporada	89 000	810 000	3000	30
2 Pura Pach	41 000	164 000	2500	60
3 Maternizada	58 000	290 000	1700	50
4 UTH	82 000	328 000	2000	40
5 Concentrada	71 000	456 000	1500	30

a) 250 días (promedio) hábiles al año

b) 3 turnos al día

c) 7.25 horas por turno

d) Eficiencia del equipo 90%

e) Capacidad en horas al día:

$$3(\text{turnos}) \times 7.25(\text{hr/día}) \times 0.90 \text{ Efic.} = 19.6 \text{ hr/día}$$

f) Horas al año $19.6 \times 250 = 4900$

g) Producción en unidades/hr. = $P/4900$

h) Horas-período de cada producto $4900 \text{ FD}/P$, $\text{FD} =$
Fracción de la demanda que se va a producir
en cada corrida de producción

i) Costos de preparar y mantener $\$/\text{período-producto}$

3) Cálculos

TIPO DE LECHE	<u>C_p</u> (A)	<u>1-D/P</u> (B)	<u>C_mD(1-D/P)</u> (C)	U/PE-	<u>P/4900</u> (E)	H/PE-
				RIODO FD(±) (D)		RIODO 4900 FD/P (F)
1	3 000	0.89	2 376 300	4 000	165.3	24.20
2	2 500	0.75	1 845 000	1 850	33.5	55.27
3	1 700	0.80	2 320 000	2 600	59.2	43.93
4	2 000	0.75	2 460 000	3 700	66.9	55.27
5	1 500	0.84	1 789 200	3 200	93.1	34.39
TOTAL	<u>10 700</u>		<u>10 790 500</u>			<u>213.06</u>

$$\text{COL. (D) } F = \sqrt{2(10\ 700)/10\ 790\ 500} = 0.045$$

4) Conclusiones

- Número de programas de producción al año
 $4900 \text{ (hr/año)} / 213.06 \text{ (hr/periodo)} = 23$
- Días que abarca cada programa
 $213.06 \text{ (hr/periodo)} / 19.6 \text{ (hr/día)} = 10.87$
- Comprobación para satisfacer la demanda promedio de los productos de Liconsa

<u>LECHE</u>	<u>D/250</u>	<u>FD/10.87</u>
1	356	368
2	164	170
3	232	239
4	328	340
5	284	294

7.5.3 Componentes del Sistema de Operación

P R O G R A M A S	A R C H I V O S	R E P O R T E S
O P E	R A C I O	N
POXX14/15/16	AOYY/6/7	ROZZ21/22/23/24/25/26/27/28
14. Programa de producción	6. Archivo de órdenes	21. Emisión del programa
15. Cambios al programa	6. Actualización	22. Informe de cambio
16. Reportes de producción, diaria, por lotes, por- órdenes, etc.	7. Archivo de trabajo en pro- ceso, actualización	23. Emisión de carga de má- quinas y prioridades por centro de trabajo
		24. Informe de carga actual- de máquinas por centro - de trabajo
		25. Informe de producción y- producción acumulada
		26. Informe de producción -- terminada, cierre de ór- denes
		27. Informe mensual de pro- duccion
		28. Reportes comparativos de productividad

7.6 AVANCE Y CONTROL DE LA PRODUCCION

7.6.1 Avance

El Departamento de Planeación y Control de Producción de Liconsa carece entre otros módulos o archivos de datos, del módulo de trabajo en proceso.

La creación o el establecimiento de este archivo se hace indispensable. Se recomendaría una terminal en el Departamento de Producción, aunque no es muy necesario ya que la información de reprogramación se podría transmitir por un expeditor de Planeación y Control de Producción. El control de la producción se vería enormemente mejorado. La revisión diaria del estado de cada una de las órdenes de producción y de cada centro de trabajo en particular reflejaría la situación que guarda el desarrollo del proceso productivo y se establecería un verdadero control de las operaciones.

Se generaría en forma rápida de acuerdo al programa y necesidades concretas, el despacho y la ordenación de trabajos, la asignación de prioridades, la introducción de nuevas órdenes o trabajos urgentes o especiales, la aceleración o activación de determinadas órdenes mediante la alteración de las prioridades, la reducción de los tiempos muertos en operarios y equipo, la detección y el aprovechamiento de la capacidad sobrada para terminar los trabajos a tiempo o bien para contraer otros pedidos no planeados.

Permitirá también la introducción de documentos circulantes con la información de decisión y es pacio para reportes y retroalimentación de los resultados que racionalizaría y hagan eficiente el sistema actual, la información sería clara, concisa y oportuna.

Estos paquetes de trabajo incluirían las órdenes de trabajo, la asignación de prioridades, ruta de proceso, registro de costos, lista de partes, tarjetas de: materia prima, componentes, operaciones, inspección, recibo, etc.

Avance y Retroinformación

Los documentos circulantes deben recabar información para conocer acerca de cada orden y centro de trabajo lo siguiente

- En qué centro de trabajo se encuentra
- Cuál será el próximo centro de trabajo
- Cuál es el costo de la orden
- Cantidades producidas
- Materiales usados
- Inicio de una operación/orden
- Terminación de una operación y/u orden
- Tiempo destinado de trabajo sobre una orden/operación
- Tiempo de descompostura del equipo

- Tiempo de espera
- Tiempos perdidos
- Capacidad del equipo
- Capacidad del centro de trabajo
- Cuando se completara una orden
- Razones de cambios a lo planeado, cuando ocurran
- Errores, faltantes, requisiciones
- Otros parámetros y variables de operación, control, evaluación y efectividad

Todo ello con el objeto de retroalimentar el plan de producción, determinar las desviaciones si éstas se producen, definir la importancia de las misma para su corrección y alterar los parámetros de producción, actualizarlos de tal forma que el comportamiento del sistema se ajuste al plan de producción o a las nuevas necesidades. Así la información retroalimentada mantendrá, cambiará, actualizará, cancelará o dará por terminadas las órdenes de trabajo que determinan el plan de producción.

7.6.2 Control

Para llevar un buen control de la producción en Liconsá, es necesario llevar un procedimiento que analice el desarrollo del proceso de producción en cada área de fabricación. La retroalimentación proporcionará la información necesaria para tomar -

las decisiones que conduzcan a la conclusión del plan de producción.

La forma propuesta para lograr esto es la siguiente:

1) Efectuar una simulación para un período corto de tiempo tomando en cuenta la siguiente información.

a) La secuencia de las órdenes planeadas y que esperan su cada centro de trabajo, principalmente para las leches UTH, Maternizada, Concentrada, Evaporada, y Pura Pach.

b) La capacidad de cada centro de trabajo en horas-hombre y horas-máquinas

c) Los recursos necesarios para cada orden en horas-hombre y horas-máquina.

2) El módulo de trabajo debe asignar las prioridades a las órdenes hasta su terminación, de la manera siguiente:

a) Después de que toda la información de retroalimentación ha sido procesada todos los archivos quedarán actualizados.

b) Se determinará cuál será el próximo centro de trabajo disponible, o sea la terminación de un trabajo.

3) Se carga el trabajo terminado a la línea de espera del siguiente departamento o centro de trabajo de acuerdo al tiempo de llegada.

4) Se examina la secuencia de espera de un centro de trabajo o máquina utilizable que se haya - - desocupado para selección del siguiente trabajo a - procesarse.

5) Calcular la prioridad de cada trabajo; una-forma puede ser la siguiente:

$$\text{Prioridad} = (\text{Tiempo en espera})(\text{Tiempo actual})(\text{Tiempo que falta para terminar})$$

6) Determinación de las operaciones que faltan evaluar la capacidad disponible contra la capacidad requerida por orden.

7) Se asigna el trabajo con la más alta prioridad a la máquina, equipo o centro de trabajo que pudiera realizarlo y tenga la capacidad adecuada.

8) Se calcula la duración de la operación guardando el tiempo de terminación en una tabla.

9) Se consideran los otros trabajos que debe--rán efectuarse, cuando el centro de trabajo se desocupe y se busca el siguiente centro de trabajo desocupado en la tabla y se repite el proceso.

10) Se continúa el proceso hasta que se termi--nen las órdenes.

11) Se generan los informes y reportes.

En cuanto a las cargas de máquinas se podría - seguir el siguiente proceso:

1) Calcular por anticipado las condiciones de - carga de trabajo.

2) Simular el efecto de diferentes alternativavas y definir el más adecuado a las necesidades.

3) Generar un reporte de las condiciones de - carga de trabajo y de capacidad de planta en el - - tiempo.

4) Establecimiento del período de tiempo que - deberá ser simulado.

5) Establecer los parámetros de capacidad de - planta.

6) El módulo crearía dos subarchivos

a) Subarchivo de capacidad en cada centro de - trabajo.

b) Subarchivo de las órdenes programadas:

En estos dos archivos se carga toda la informama ción de las órdenes de trabajo y las capacidades de cada centro.

7) Se clasifica y ordena la información y en - base al calendario o período se examina cada orden- de trabajo.

8) Se generan informes de las condiciones encontradas en la situación simulada (estar arriba o abajo de la capacidad, etc.)

9) Si es necesario se repite el proceso con diferentes condiciones hasta probar un modelo que enmarque las características reales y a partir del cual se pueda determinar por anticipado las condiciones de trabajo.

10) La información de entrada es la siguiente:

A) Calendario; B) Días de trabajo; C) órdenes: - -
a) fechas de inicio de órdenes, b) cantidades, - -
c) operaciones, d) tiempos, e) períodos de carga; -
D) Centros de trabajo: a) horas de trabajo por turno, b) capacidades del centro de trabajo hombre y máquinas c) tiempo de espera, d) tiempo de movimientos.

11) Se debe con lo anterior generar A) informe de carga por centro de trabajo; B) avance de cada orden y en cada centro de trabajo, C) informe de la capacidad de cada centro de trabajo D) informe de los parámetros originales E) información gráfica, G) resumen de la carga de trabajo de toda la planta y de su capacidad por período.

Con lo que respecta a la elaboración de la leche rehidratada por ser de producción de flujo la línea está equilibrada y en secuencia. Antes de iniciar a toda escala las operaciones. El control de la producción y el avance del proceso lo determina-

la regulación del ritmo del flujo de trabajo y se comprueba al salir del sistema.

Se debe retroalimentar la siguiente información: a) cantidades producidas, b) costo de producción, c) materiales consumidos, d) inicio y terminación de la producción, el tiempo perdido, f) tiempo de producción, h) otros parámetros y variables del proceso de ejecución y efectividad.

De esta forma se debe cerrar el ciclo Planeación - Control, un buen control es inútil ante una planeación deficiente y una planeación excelente - sin un buen control es simplemente un ejercicio.

7.5.3 Componentes del Sistema de Operación

PROGRAMAS	ARCHIVOS	REPORTES
C P	E R A C I	C N
POXX17/18	ACYY7	ROZZ/29/30/31/32/33/34 35
17. Programa de continuidad- o avance y control del - proceso productivo	7. Archivo de trabajo en pro- ceso y subarchivos de ca- pacidad por centros de - trabajo y órdenes progra- madas. Actualización, ma- nutención, cambios, cance- lación o terminación	29. Emisión de orden de traba- jo: despachar trabajos, - asignar prioridades, por- cada centro de trabajo 30. Emisión de documentos de- trabajo: carta de proceso, lista de partes, tarjetas de materia prima, compo- nentes, operaciones, ins- pección, recibo, etc.
18. Programa de carga de tra- bajos y capacidades dis- ponibles y control de - producción	7. Archivo de trabajo en pro- ceso, subarchivo de capa- cidad por centro de traba- jo y subarchivo de órde- nes programadas. Actualización	31. Reporte de carga por cada centro de trabajo 32. Avance de las órdenes en- cada centro de trabajo 33. Reporte de capacidad en - cada centro de trabajo 34. Reporte de producción por órdenes diaria y acumula- tivo 35. Informe de parámetros y - variables de producción - para evaluación y actuali- zación

7.7 EL SISTEMA INTEGRADO, CONCLUSION.

El análisis de los datos contenidos en este capítulo se ha hecho en forma abreviada, debido al -- gran número de variables que intervienen y que han de tomarse en consideración, para desarrollar y establecer un sistema de Información, Planeación y - Control de Producción que a la vez integre y haga - eficiente los recursos disponibles: de mano de obra, materiales, técnicos, de maquinaria y equipo de - - Liconsa.

Todo ello mediante la información que determi- ne los planes, programas y controles de producción- en la elaboración de sus productos y satisfaga con- rentabilidad las necesidades de abastecimiento que- el mercado demande.

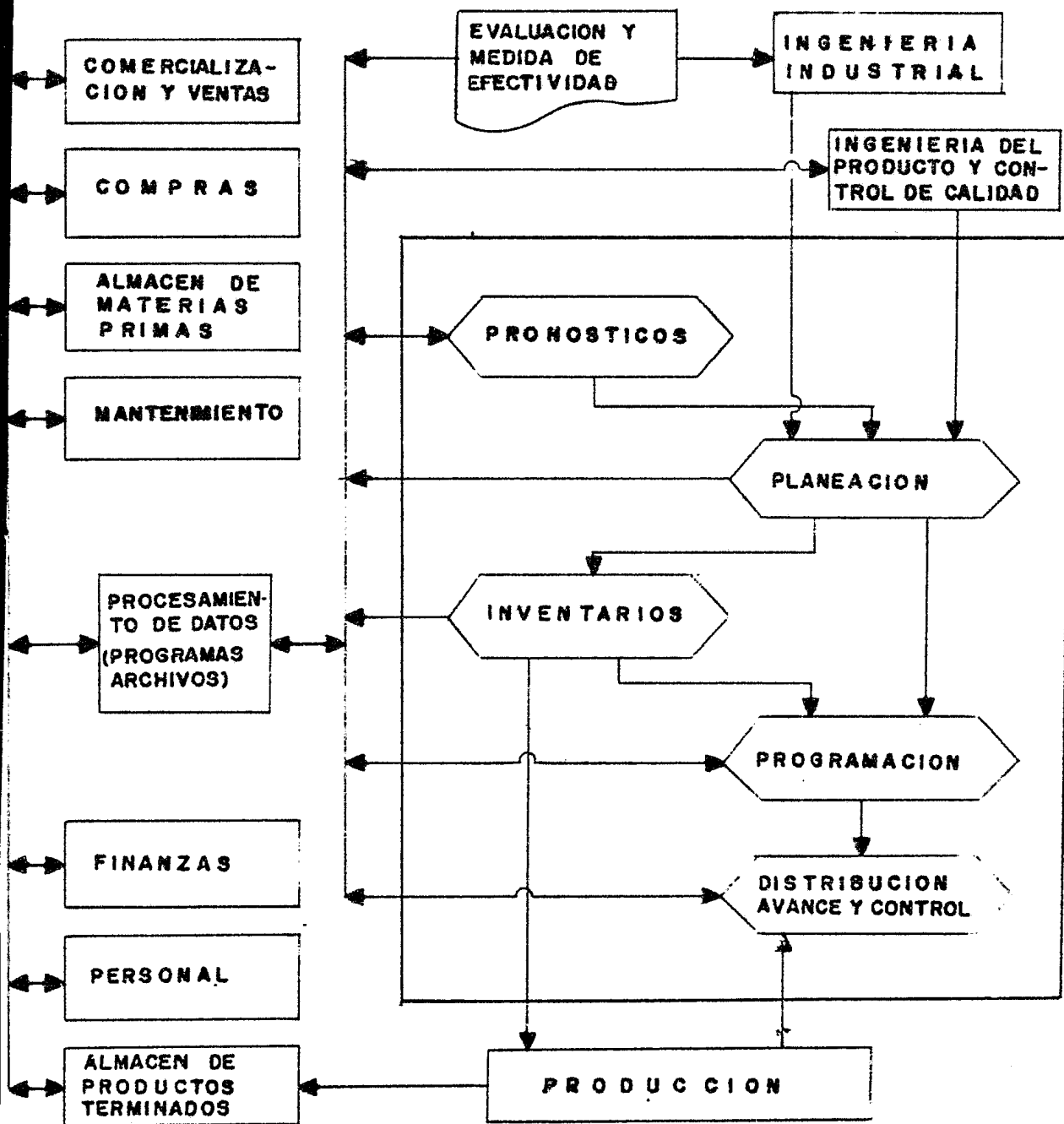
Se ha presentado la aplicación de lo expuesto- en los capítulos anteriores, la integración de con- ceptos y técnicas en una configuración práctica, -- útil y económicamente posible.

La aplicación de modelos y técnicas en las dis- tintas fases de la planeación y control de la pro-- ducción, ofrece beneficios económicamente sustancia- les, que hacen factible un sistema de procesamiento electrónico de datos, que maneje y procese la infor- mación de una manera rápida y precisa, previo análi- sis de las necesidades y problemas, para llegar a - una conceptualización y obtener los objetivos desea- dos, así como enfrentar los requerimientos continua- mente cambiantes de la sociedad en una mejor posi-- ción.

El sistema propuesto en los capítulos anteriores y la evaluación del mismo en la aplicación práctica en el capítulo presente, identifica de una manera clara la problemática de los sistemas productivos y establece la metodología necesaria para lograr una mejor operación y desarrollo de los mismos.

A continuación se presenta una gráfica que muestra el sistema integrado de las funciones productivas de LICONSA.

SISTEMA INTEGRADO DE INFORMACION Y CONTROL DE PRODUCCION PARA LICONSA



B I B L I O G R A F I A

- (1) L.P. Alford y J.R. Bangs: Manual de la producción. UTHEA, 1953.
- (2) E.S. Buffa y W. Taubert: Sistemas de producción e Inventario, LIMUSA, 1975.
- (3) A. Castro M. y G. Velázquez M.: Técnicas de Administración de la Producción. LIMUSA, 1980.
- (4) CENAPRO: Planeación y Control de la Producción.
- (5) J. H. Greene: Control de la Producción. E. DIANA, 1968.
- (6) G.K. Groff y J. F. Muth: Planeamiento y Control de Producción. EL ATENEO, 1975.
- (7) T. R. Hoffman: Sistemas de Administración y Fabricación. CECSA, 1973.
- (8) R. Hopeman: Producción, Conceptos, Análisis y Control. CECSA, 1973.
- (9) J. F. Magee y D. M. Boodman: Planeamiento de la Producción y Control de Inventarios. EL ATENEO, 1979.
- (10) R. L. Martino: Sistemas Integrados de Fabricación. LIMUSA, 1979.
- (11) R. R. Mayer: Gerencia de Producción y Operaciones. Mc Graw Hill, 1977.
- (12) F. G. Moore: Administración de la Producción. DIANA, 1977.

B I B L I O G R A F I A

- (1) L.P. Alford y J.R. Bangs: Manual de la producción. UTHEA, 1953.
- (2) E.S. Buffa y W. Taubert: Sistemas de producción e Inventario, LIMUSA, 1975.
- (3) A. Castro M. y G. Velázquez M.: Técnicas de Administración de la Producción. LIMUSA, 1980.
- (4) CENAPRO: Planeación y Control de la Producción.
- (5) J. H. Greene: Control de la Producción. E. DIANA, 1968.
- (6) G.K. Groff y J. F. Muth: Planeamiento y Control de Producción. EL ATENEO, 1975.
- (7) T. R. Hoffman: Sistemas de Administración y Fabricación. CECSA, 1973.
- (8) R. Hopeman: Producción, Conceptos, Análisis y Control. CECSA, 1973.
- (9) J. F. Magee y D. M. Boodman: Planeamiento de la Producción y Control de Inventarios. EL ATENEO, 1979.
- (10) R. L. Martino: Sistemas Integrados de Fabricación. LIMUSA, 1979.
- (11) R. R. Mayer: Gerencia de Producción y Operaciones. Mc Graw Hill, 1977.
- (12) F. G. Moore: Administración de la Producción. DIANA, 1977.

- (13) T. H. Naylor: Técnicas de Simulación en Computadoras. LIMUSA, 1971.
- (14) J. L. Riggs: Sistemas de Producción, LIMUSA, - 1977.
- (15) R. S. Roscoe: Organización para la Producción. CECSA, 1972.
- (16) P. K. Scott: Control de Producción. LIMUSA, - 1978.
- (17) M. K. Starr: Administración de Producción. - - Prentice Hall Internacional, 1979.
- (18) J. J. Trujillo: Elementos de Ingeniería Industrial. LIMUSA, 1970.
- (19) G. Velázquez M.: Administración de los Sistemas de Producción. LIMUSA, 1977.