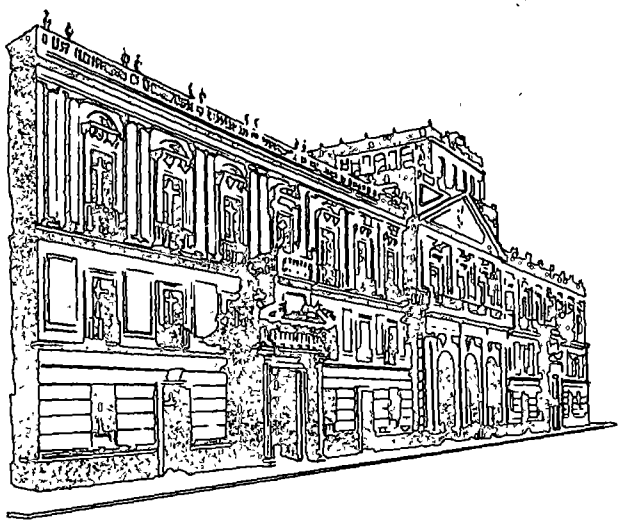


Inscripción: $ 2,400.00
Coordinadores: M. en I. Juan F. Bueno Zirión e Ing. Arturo Durán

La cuota de inscripción incluye:

- **una carpeta con las notas de los profesores**
- **bibliografía sobre el tema**
- **servicio de cafetería**

INSCRIPCIONES

CENTRO DE EDUCACION CONTINUA DE LA DIVISION DE ESTUDIOS SUPERIORES DE LA FACULTAD DE INGENIERIA, U. N. A. M.

Palacio de Minería, Calle de Tacuba No. 5
México 1, D.F.

CONSTANCIA DE ASISTENCIA

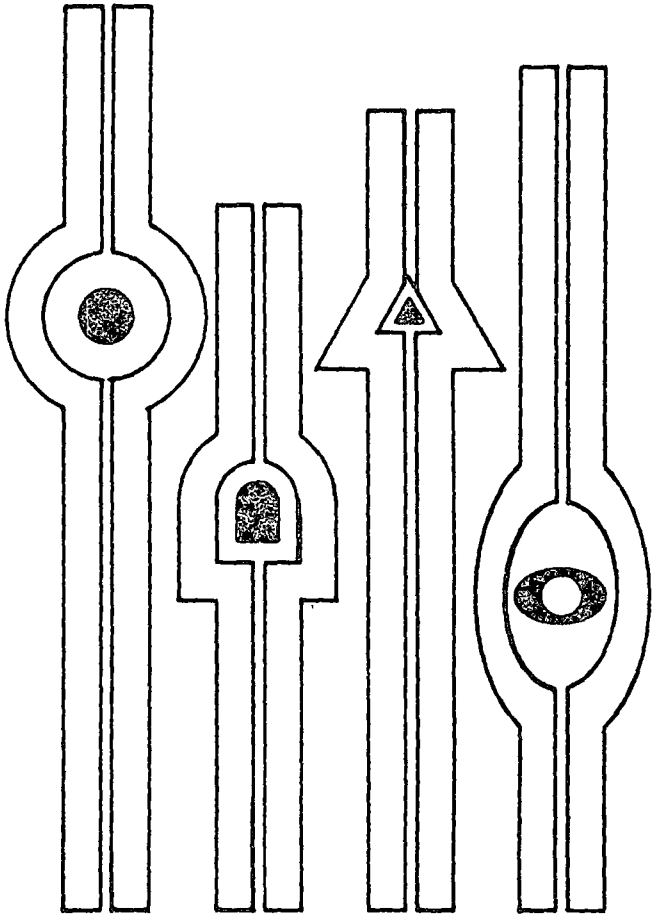
La Facultad de Ingeniería de la U N A M, otorgará una constancia de asistencia a los participantes que concurran regularmente y que realicen satisfactoriamente los trabajos que se les asignen durante el curso

Para mayores informes hablar a los teléfonos:
521-40-23 • 521-73-35 y 512-31-23

CIRCULA LIBRE DE PORTE
POR VIA DE SUPERFICIE
Y DENTRO DEL TERRITORIO NAL.
ART. 17 LEY ORGANICA DE LA U N A M

centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, u n a m

Palacio de Minería
Calle de Tacuba No. 5
México 1, D.F.



LOGISTICA Y MANEJO DE MATERIALES

CURSO INTENSIVO

Duración: 38 h
Fechas: 20, 21 y 28 de febrero; 6, 13, 20 y 27 de marzo.
Horario: viernes de 19 a 21 h
sábados de 8:30 a 14·30 h

centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, u n a m

GENERALIDADES

El curso se desarrollará de la siguiente manera En primer término se presentarán las herramientas teóricas para la interpretación de sus problemas, enseguida se esbozarán casos usuales que permitan conformar un criterio más amplio en las áreas donde tienen campo de acción los participantes; y finalmente se terminará con un intercambio de conocimientos y presentación del enfoque sistémico para los problemas tratados

Como las decisiones en este campo tienen que ser tomadas con rapidez, la optimización de las mismas sólo podrá lograrse con personal capacitado en la materia de acuerdo con las técnicas actuales y realidades del país.

A QUIEN VA DIRIGIDO

Es de gran interés para aquellos profesionales que prestan sus servicios en empresas en las que el transporte de materiales representa un renglón crítico en su operación.

Va dirigido especialmente al personal de las empresas que sea responsable de las áreas de manejo, abastecimiento y envío de materiales, desde los puntos de producción hasta los de consumo o almacenamiento.

OBJETIVOS

- Su introducción en el campo de la logística y manejo de materiales, en sus aspectos teórico y práctico.
- Dar brevemente los sistemas logísticos de tráfico de materiales.
- Dar técnicas de planeación, control y manejo de los inventarios que permitan acrecentar el acervo de experiencia profesional.

TEMARIO

1 **INTRODUCCION**

1.1 Concepto actual de la Logística, campos y aplicaciones.
1.2 Modelo conceptual del curso.
1 3 Síntesis de los temas que se expondrán.
1 4 Importancia y aplicación.

2 **PLANEACION Y CONTROL DE PRODUCCION**

2.1 Planeación de Producción
2 1.1 Pronósticos de Ventas
— Estadísticas
— Empíricas
— Mixto
2.1.2 Programa de Producción
— Métodos matemáticos
— Métodos empíricos
— Métodos heurísticos
2.1 3 Tipos de Producción
— Lotes
— Continua
— Mixta
2.2 Control de Producción
— Descuento
— Continuo
— Fijación de parámetros de ajuste y políticas de flexibilidad

3 **PLANEACION Y CONTROL DE INVENTARIOS**

3.1 Planeación de Inventarios
3 1.1 Modelos de Inventarios
— Modelos Determinísticos
— Modelos Estocásticos
— Políticas de Inventario
3.2 Control de Inventarios
— FIFO
— LIFO
— Ponderado
— Planeación Financiera

4 **EL MANEJO DE MATERIALES DENTRO DE LA EMPRESA**

4.1 Introducción
4.2 Principios generales
4.3 Diferentes alternativas en el manejo de materiales
4.4 Análisis de costos y riesgos

5 **LA TRANSPORTACION Y EL CONCEPTO DE SISTEMAS**

5.1 Introducción
5.2 Organización de la empresa
5.3 Definición, tipos y características de los sistemas
5.4 Problemas de implantación
5.5 Elementos logísticos de transporte en la empresa
5.6 Caso

6 **MESA REDONDA: PROFESORES Y PARTICIPANTES**

PROFESORES:

M. en I. Juan F. Bueno Zirión
Ing. José Di Mateo Cameidano
Ing. Arturo Durán
Ing. Guillermo Hesselbach Moreno
Ing. Miguel León Garza
M en C Marcial Portilla Robertson

centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam

A LOS ASISTENTES A LOS CURSOS DEL CENTRO DE EDUCACION CONTINUA

La Facultad de Ingeniería, por conducto del Centro de Educación Continua, otorga constancia de asistencia a quienes cumplan con los requisitos establecidos para cada curso. Las personas que deseen que aparezca su título profesional precediendo a su nombre en el diploma, deberán entregar copia del mismo o de su cédula profesional a más tardar el Segundo Día de Clases, en las oficinas del Centro, con la Señorita Barraza, de lo contrario no será posible.

El control de asistencia se efectuará a través de la persona encargada de entregar notas, en la mesa de entrega de material, mediante listas especiales. Las ausencias serán computadas por las autoridades del Centro.

Se recomienda a los asistentes participar activamente con sus ideas y experiencias, pues los cursos que ofrece el Centro están planeados para que los profesores expongan una tésis, pero sobre todo para que coordinen las opiniones de todos los interesados constituyendo verdaderos seminarios.

Al finalizar el curso se hará una evaluación del mismo a través de un cuestionario diseñado para emitir juicios anónimos por parte de los asistentes. Las personas comisionadas por alguna institución deberán pasar a inscribirse en las oficinas del Centro en la misma forma que los demás asistentes.

Con objeto de mejorar los servicios que el Centro de Educación Continua ofrece, es importante que todos los asistentes llenen y entreguen su hoja de inscripción con los datos que se les solicitan al iniciarse el curso.

ATENTAMENTE

ING. SALVADOR MEDINA RIVERO
COORDINADOR DE CURSOS.

Tacuba 5, primer piso. México 1, D. F.
Teléfonos: 521-30-95 y 513-97-05

'eds.

DIRECTORIO DE PROFESORES DEL CURSO
LOGISTICA Y MANEJO DE MATERIALES

1. JUAN FRANCISCO BUENO ZIRION, ING.
   Gerente de Compras y Asesorias
   Ensamblados de Madera y Muebles
   Norte 67 # 2913
   Col. Popular
   Tel.: 556-61-20 y 556-40-11

2. ING. JUAN JOSE DI MATEO CAMEIDANO
   Gerente APISA
   Superintendente C.N.A.S.A.
   16 de Septiembre # 55
   Naucalpan, Edo. de México
   Tel. 576-82-50

3. ING. ARTURO DURAN
   Sub-director de Programación
   Combinado Industrial Sahagún
   Av. Universidad y Miguel Laurent # 803
   Col. del Valle
   Tel.: 575-71-36

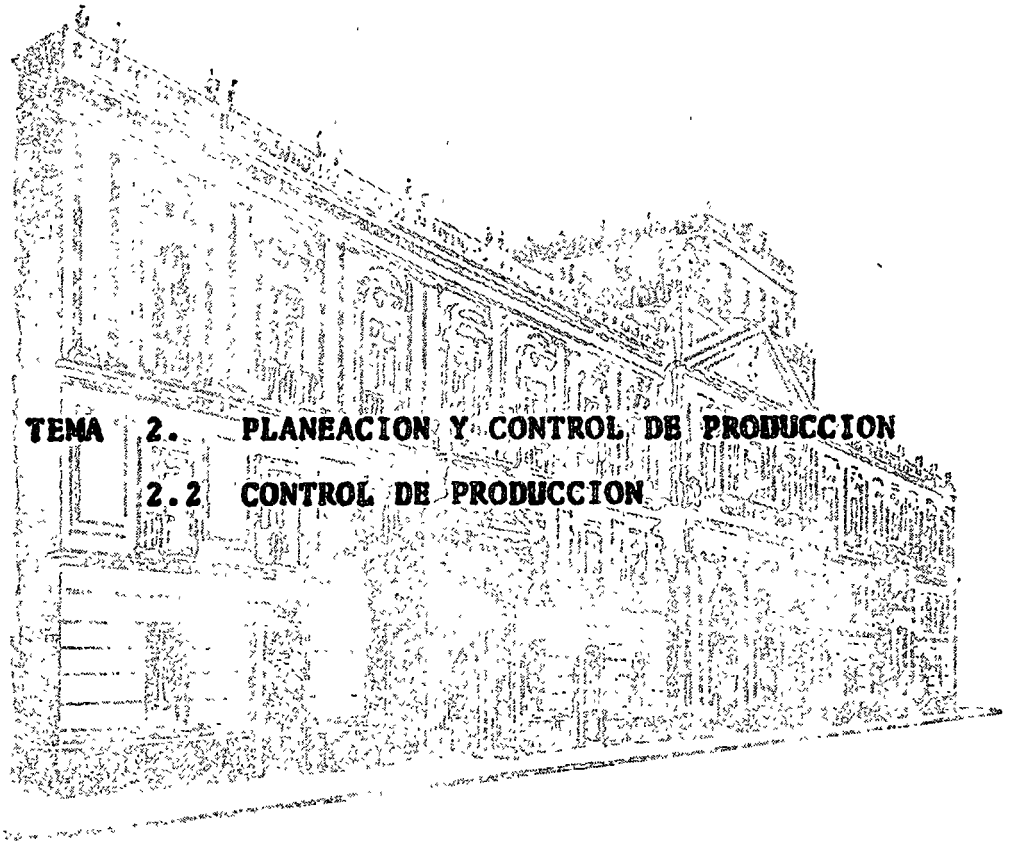
4. ING. GUILLERMO HESSELBACH MORENO
   Gerente de Planeación Estrategica y
   Análisis Estadísticos
   Combinado Industrial Sahagún
   Av. Universidad y Miguel Laurent
   Col. del Valle
   Tel.: 559-21-01

5. ING. MIGUEL LEON GARZA
   Jefe de la Sección de Ingeniería Industrial
   Facultad de Ingeniería
   Director de Administración
   Instituto Panamericano de Alta Dirección Empresarial
   Floresta # 20
   Col. Clavería
   Tel.: 527-02-60

6. ING. MARCIAL PORTILLA ROBERTSON
   Secretario del Departamento de
   Ingeniería Mecánica y Eléctrica
   Facultad de Ingeniería
   Ciudad Universitaria
   México 20, D. F.
   Tel.: 548- 99-58 y 550-00-40

centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam

LOGISTICA Y MANEJO DE MATERIALES



TEMA 2. PLANEACION Y CONTROL DE PRODUCCION

2.2 CONTROL DE PRODUCCION

ING. OMAR REYLER
ING. ANGEL FERNANDEZ GAMERO
ING. MIGUEL LEON GARZA
Febrero, 1976

Palacio de Minería
Tacuba 5, primer piso. México 1, D. F.
Tels.: 521-40-23 521-73-35 512-31-23

centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam

NOTA SOBRE PRONOSTICOS

El pronóstico es el uso de datos históricos y conocimiento, en forma razonable y sistemática, para predecir el futuro. En una operación de negocios los pronósticos pueden utilizarse para disminuír el costo de la vida en el futuro. Los negocios se llevan a cabo en un estado de incertidumbre o de información imperfecta. Sin embargo las decisiones en los negocios, tales como el establecer un inventario o una planta, toman tiempo para planearse y operarse antes de que se conozcan los resultados de la decisión. La incertidumbre puede reducirse o por lo menos especificarse para fines analíticos consiguiendo información a través de los pronósticos. Esta información tiene al mismo tiempo valor y costo. El pronóstico, por lo tanto, utiliza la información disponible o que se pueda obtener para permitir un planeamiento eficiente para el futuro a un costo razonable.

Usos del Pronóstico

En esta nota el pronóstico se refiere a pronóstico de demanda o ventas aunque muchas técnicas podrían aplicarse a la economía, precios de acciones o aún al clima. La función de comercialización requiere pronósticos que se utilizan para análisis de punto de equilibrio, política de precios, programas de publicidad y promoción, determinación del tamaño de la fuerza de ventas y en las decisiones que afectan el énfasis que se debe dar a varias líneas de productos.

El pronóstico de ventas es el punto inicial para la planeación financiera y presupuestal. Costos, utilidades y presupuestos están todos en relación directa con las ventas y su planeación depende del pronóstico de ventas. La planeación de las necesidades de fondos para cubrir cuentas por pagar e inventarios, ambas funciones de ventas depende del pronóstico de ventas. El volumen del programa de desembolso de capital está basado en la capacidad requerida para enfrentar la demanda que se predijo y puede depender de las utilidades que se predijeron para financiar el programa.

El planeamiento de producción, tal como fijar volúmenes de -

producción, niveles de mano de obra, niveles de inventario y planeación de aprovisionamiento dependen todos de los pronósticos de ventas. Para cada nivel de producción hay un costo mínimo de instalaciones y servicios de producción. Los pronósticos deberán utilizarse al planear estas instalaciones y servicios.

Período de Tiempo para Planeación y Exactitud de Pronóstico

El período de tiempo para planeación a largo plazo, tal como expansión de planta, requiere pronósticos que ven más allá en el futuro y, por lo tanto, tienen que tratar con mayor incertidumbre que la decisión a corto plazo que afecta la producción del próximo mes de un renglón específico para satisfacer la demanda del mes siguiente. Sin embargo, los pronósticos a largo plazo pueden prescindir de pronósticos mensuales detallados de la demanda por renglones, sino únicamente demandas anuales agregadas, con consideración, tal vez, hacia las demandas máximas. Ya que el costo del pronóstico es generalmente una función de exactitud, los objetivos de un pronóstico deben especificarse en cuanto a detalle y exactitud necesarios o aceptables. Si un nivel prescrito de exactitud no se puede obtener, el pronóstico debe incluír una estimación del error o una desviación estándar de error. Esta nota tratará principalmente de pronósticos a corto plazo, hasta de un año.

Métodos de Pronósticos

Opinión Colectiva

Una forma de pronosticar con la opinión colectiva es promediar o sopesar los pronósticos individuales de los departamentos de la empresa que tienen diferentes puntos de vista con respecto a la demanda futura, tales como investigación de mercado, ingeniería del producto y departamentos de venta. Una forma ligeramente distinta sería que estos grupos presentaran sus distintas opiniones en una conferencia con el objetivo de llegar a un consenso.

Otro método de pronóstico de opinión colectiva está formado por las estimaciones de demanda de los vendedores individuales para sus territorios. Se asevera que los vendedores están más cerca del cliente y, por lo tanto, lo conocen mejor.

A menudo estos pronósticos se modifican en cada nivel de la organización de ventas conforme se mueven hacia arriba y se consolidan.

Un tipo diferente de pronóstico consolidado está basado en un análisis de la demanda de las industrias de consumidores y por los productos que éstas compran.

La matriz, abajo, ilustra el análisis para una empresa con cuatro productos que se venden a tres industrias. Se ha estimado que las ventas de la industria A aumentarán en un 20% y, por lo tanto, las compras de esa empresa deben aumentar 20%. Así mismo la industria B aumentará 5% y la industria C bajará 7%. Los números en la esquina superior a mano izquierda representan las ventas del año pasado en pesos. Por ejemplo, la empresa vendió 20 pesos del producto 1 y 20 pesos del producto 2 a la industria A para un total de 40 pesos a esa industria. Las ventas totales del producto 1 fueron 30 pesos. El total de ventas de la empresa fue 100 pesos.

Los números en el centro de cada celda representan las ventas esperadas para el año venidero y son simplemente el producto de las ventas del año pasado por el porcentaje de las ventas esperadas de la industria para el año siguiente. Por ejemplo, las ventas del producto 2 a la industria C bajarán de 10 pesos a 9.30 pesos. Los totales de la columna indican que la industria A con ventas de 48 pesos amerita un aumento en el esfuerzo de servicio. Los totales de la columna indican aumento en las ventas para todos los productos, salvo el producto 3. Se pronostica que las ventas totales de la compañía aumentarán de 100 a 106.20 pesos.

Producto \ Industria	120% A	105% B	93% C	Total del Producto
1	20 / 24.0		10 / 9.3	30 / 33.3
2	20 / 24.0	10 / 10.5	10 / 9.3	40 / 43.8
3			20 / 18.6	20 / 18.6
4		10 / 10.5		10 / 10.5
Total de la Industria	40 / 48.0	20 / 21.0	40 / 37.2	100 / 106.2

Otro método de pronóstico que no es ni opinión colectiva ni pronóstico, según definición de pronóstico en la frase inicial de esta nota, está basado en el dictado de una meta de ventas por la plana mayor de la Gerencia. Un aumento general de diez por ciento en las ventas debe aplicarse a cada línea de productos para lograr su pronóstico individual, ya sea haciendo un pronóstico para todas las líneas con un aumento de un diez por ciento o haciendo un pronóstico de mayores aumentos para algunas y menores aumentos para otras, mientras el total se ajusta a la meta dictada por la plana mayor de la Gerencia de diez por ciento. A menudo estas metas son fijadas por la Gerencia, principalmente para fines de motivación, pero se interpretan a niveles inferiores como pronósticos.

Análisis Económico y Demográfico

Ya que la demanda está frecuentemente relacionada con las condiciones económicas, un análisis de éstas puede darle valor al pronóstico de la demanda. Un cierto número de grandes compañías tienen departamentos económicos para estudiar las tendencias económicas y demográficas. Este pronóstico tiende a ser a largo plazo. Además del pronóstico de la demanda futura para productos actuales, estos departamentos también son responsables de pronosticar la demanda para nuevos productos y a menudo para sugerir áreas para nuevos productos posibles. Datos demográficos sobre perfiles de la edad de la población aportan información sobre las tendencias matrimoniales que pueden implicar ventas para construcciones de viviendas y artículos para el hogar así como muebles. La demanda para productos duraderos es más sensible a las condiciones económicas que la demanda de alimentos y ropa. Por lo tanto, los manufactureros de productos duraderos suelen interesarse más en los pronósticos que utilizan análisis económico.

Indicadores y Análisis de Regresión

El gobierno federal colecciona y hace informes de muchos datos sobre la economía. Estos índices reportan el estado de varios indicadores que pueden medirse. Ya que las condiciones económicas y su efecto sobre la demanda son difíciles de pronosticar, es deseable encontrar indicadores que sirvan de guías. Por ejemplo, los contratos para nueva construcción de plantas no sólo implican demandas para concreto y acero estructural, sino también indican una demanda futura, a un año de plazo, para máquinas-herramienta. Los manufactureros de dichas máquinas observan de cerca los índices de construcción de nuevas plantas. Los indicadores deben de estar disparados por lo menos durante varios meses si van a tener algún valor, ya que existe un retraso al reportar y la información del pronóstico no puede llevarse a efecto de inmediato. Es difícil encontrar indicadores que sirvan de guía.

La búsqueda de indicadores-guía debe empezar por un estudio de los determinantes de la demanda que pueden relacionarse con índices publicados. Dos factores tienen que determinarse acerca de los indicadores, la relación de guía/retraso entre el indicador y la demanda, y la intensidad de la influencia del indicador sobre la demanda. La relación de tiempo entre el indicador y la demanda puede determinarse -

comparando gráficas históricas de datos de indicador y datos de demanda para cerciorarse en donde coinciden los datos similares, si el indicador es fuerte.

Si no lo es, la relación puede enterrarse bajo influencias más fuertes. Se requiere sentido común e ingenio. Si el efecto de un indicador fuerte se elimina de la relación de la demanda, pueden aparecer otras relaciones de distintos indicadores. Si se pueden encontrar varios indicadores-guía, su peso relativo puede medirse a través del análisis de regresión múltiple. Este es un procedimiento de comparar los patrones históricos de los indicadores, ajustados por el efecto de desfase, junto con el comportamiento histórico de la demanda, para determinar qué combinación de pesos de los indicadores embona mejor con el comportamiento de la demanda. Se presume que las mismas relaciones tendrán el mismo valor en el futuro que el que tuvieron en el pasado, y que los indicadores de peso pueden utilizarse entonces como dispositivos de pronóstico. Hay que recordar que los indicadores guía no son determinantes, sino únicamente indicadores, y que este método de pronóstico puede ayudar pero puede no ser un verdadero pronosticador.

Análisis de Series de Tiempo

Estos métodos, promedio móvil y suavizado exponencial para los cuales los procedimientos serán dados en detalle más tarde, están basados en la premisa de que la demanda futura puede aproximarse por la proyección de la demanda pasada. Esto es, aunque la demanda es afectada por muchas influencias externas, sigue siendo un proceso estable. Las características de la demanda de temporada son similares año tras año y las tendencias continúan. Los análisis de series de tiempo reconocen que existen esquemas de comportamiento y que estos esquemas pueden cambiar con el tiempo. Los proponentes del pronóstico por análisis de series cronológicas pretenden que las proyecciones y las extrapolaciones de comportamientos pasados son pronosticadores útiles de la demanda. Algunos métodos son más complejos que otros. Por ejemplo, la tendencia corregida, ajustada por temporada, suavizado exponencial se aplica mejor en algunas situaciones que el más sencillo método del promedio móvil. Todos los métodos tienen una cosa en común. Tratan de ignorar ruidos o variaciones al azar en el comportamiento de la demanda nivelando o promediando experiencias pasadas que resultan de esas influencias.

Elementos de la Demanda

Se ha sugerido que pueden existir diferentes elementos o influencias en cualquier comportamiento de la demanda. Un intento para separar estos elementos y estudiar su influencia sobre el comportamiento de la demanda puede aportarnos una mejor comprensión del proceso generador de la demanda y ayudar en la selección de un método apropiado de pronósticos.

Es muy común una demanda estacional cíclica. Este tipo de demanda es similar año tras año, aunque la magnitud y los picos pueden tender a cambiar. La demanda puede tener un sólo pico, como en la industria juguetera en Navidad, o dos picos como primavera y otoño para la industria del vestido.

Un elemento cíclico está influenciado por condiciones económicas o por el ciclo de negocios. El efecto puede aún ser inverso, ya que las refacciones se venden mejor en tiempos de depresión que en tiempos de auge.

Varios elementos de tendencia pueden hallarse presentes en un tipo de demanda. El crecimiento de la industria y el crecimiento de la participación en el mercado pueden ser tendencias que suban o bajen. La tendencia del ciclo de vida del producto es una curva convexa durante la vida del producto, pero puede ser difícil definir su verdadera forma o situar la presente posición en la curva. Las ventas de un producto son pequeñas al principio de su vida, luego aumentan hasta un máximo y finalmente declinan. Esta tendencia puede tener muchas formas diferentes. Muchas tendencias, tanto de crecimiento o declinación, lineares o curvilíneas, pueden expresarse con varias funciones matemáticas, tales como la exponencial, trigonométrica y logarítmica.

Otros elementos de la demanda pueden ser de naturaleza de función escalonada. Cambios tecnológicos y competitivos, tales como productos nuevos, y cambios significativos en la calidad, precio o esfuerzo de comercialización pueden tener un efecto de función escalonada o efectos de tendencia escalonada sobre la demanda.

El ruido o elementos al azar pueden también existir debido al proceso fortuito de los pedidos de clientes individuales o de las influencias del tiempo.

En cualquier tipo de demanda pueden o no existir todos estos

elementos. Algunos serán más importantes que otros. Algunos cambiarán con el tiempo, ya sea en magnitud, ritmo de cambio o periodicidad. Estos elementos son importantes en la selección del método de pronóstico. Una demanda de tipo cíclico, si está presente, debería interpretarse como tal y no como una tendencia a subir seguida de una baja. Si el ruido fortuito es grande, debería aminorarse para evitar interpretarlo como una tendencia o una norma de temporada. Estas ideas son importantes, ya que una mala interpretación extrapolada puede tener varias veces el efecto del error original.

METODOS ANALITICOS DE SERIES CRONOLOGICAS

Promedio Móvil

Un período N de promedio móvil es igual al promedio aritmético de la demanda para los N períodos pasados. Ya que cada período N lleva el mismo peso, el parámetro N determina el ritmo de respuesta del promedio a la historia real de la demanda. Una gran N resulta en una respuesta más lenta que una pequeña N. El fin del promedio móvil es aminorar las fluctuaciones. Es un instrumento útil cuando la variación de la demanda consiste principalmente en elementos fortuitos.

Ejemplo-Cuatro Meses de Pronóstico de Promedio Móvil

	Periodo	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	Demanda	6	8	5	9	12	10	11	12	
2.	4 meses Demanda				28	34	36	42	45	
3.	Promedio				7	8.5	9	10.5	11.25	
4.	Pronóstico					7	8.5	9	10.5	11.25

Nótese que ya que la demanda para el período 4 no se conoce hasta el fin del período cuatro, el promedio móvil de cuatro meses al final del período 4 se vuelve un pronóstico para el período 5. Este es un pronóstico del tiempo de espera de un período. Podría ser mayor si los datos necesitaran más tiempo para recolectarse, o si el pronóstico fuera proyectado más allá en el futuro.

Promedio Móvil con Corrección de Tendencia y Extrapolación

Al observar el tipo de demanda en el ejemplo previo, parece haber una tendencia a subir. Sin embargo, el promedio móvil al ejercer peso sobre la demanda pasada de nivel más bajo da una serie de pronósticos, los cuales aunque van en aumento, se retrasan por debajo de la norma ascendente de la demanda real. Ya que hay información disponible de que la demanda está aumentando es lógico utilizar esta información al pronosticar.

Es posible hacer una "corrección de tendencia" que ajustará el pronóstico a la tendencia hacia arriba durante el período en curso.

Sin embargo, el método de corrección de tendencia no permite que dicha corrección continúe durante el período de tiempo de espera de realización del pronóstico y cuando dicho período de tiempo de espera es largo, este retraso en la corrección puede volverse grande. "La extrapolación de tendencia" hace la corrección para la tendencia durante el período en curso y proyecta la tendencia sobre el período de tiempo de espera del pronóstico.

Estos ajustes de la tendencia miden la tangente de la demanda a través del punto medio de las series cronológicas. La proyección de esta tangente sobre los períodos (N-1)/2 desde el punto promedio de las series al punto promedio del período en curso es la corrección de la tendencia. El pronóstico de tendencia corregida, entonces, es el promedio móvil más la tangente por (N-1)/2. Cuando L es el período de tiempo de espera de pronóstico, el pronóstico de extrapolación de tendencia es el promedio móvil más la tangente por (N-1)/2+L

La tangente de la tendencia de la demanda se mide asignando pesos negativos progresivos mayores a los valores más antiguos de la demanda, anteriores al punto medio y pesos positivos progresivamente más altos a la demanda más reciente que ocurre desde el punto medio. El procedimiento para corrección de tendencia y extrapolación se ilustra abajo para siete períodos de promedio móvil.

	Período	Demanda Real Historia	Peso del mes desde el punto medio	Demanda Sopesada	Pesos al Cuadrado
Columna #	1	2	3	4	5
	1	6	-3	-18	9
	2	8	-2	-16	4
	3	5	-1	-5	1
	4	9	0	0	0
	5	12	1	+12	1
	6	10	2	+20	4
	7	11	3	+33	9
Suma		61	0	+26	28

Procedimiento:

1. El promedio móvil es $\frac{\text{Columna 2}}{N}$ = 61/7 = 8.714

2. El período 4 es el punto medio de N = 7 y los pesos se-asignan tal como en la columna 3.

3. La demanda sopesada, columna 4 = columna 2 x columna 3.

4. La columna 5 es la columna 3 al cuadrado.

5. La tangente de la tendencia es columna 4 ÷ columna 5 = 26/28 = .929. Esto da la tangente como puede verse por la siguiente fórmula:

   $\frac{N\ D}{N^2}$ = D/N que es la tangente N=peso del mes desde el punto medio

6. El pronóstico para el período 8 corregido para tendencia a través del período 7, es el promedio móvil más la tangente x $\frac{N-1}{2}$ = 8.714 más .929 x 3 = 11.5

7. El pronóstico para el período 8, extrapolado para tendencia a través del período 8 es el promedio móvil + -- tangente x $(\frac{N-1}{2} + L)$ = 8.714 + .929 x 4 = 12.43

8. Para un período de tiempo de espera de 3, el pronóstico extrapolado para el período 10 es:

   $8.714 + .929 \times \frac{7-1}{2} + 3 = 8.714 + .929 \times 6 = 14.29$

Al usar un pronóstico de promedio móvil, la selección del N-indicado es importante. La decisión de usar corrección de tendencia o extrapolación también puede aportar grandes efectos. Por ejemplo, una situación con un largo período de tiempo de espera y una tendencia estable sugeriría extrapolación. Sin embargo, una tendencia extrapolada podría resultar en grandes errores si un largo período de tiempo de espera se acoplara con una tendencia que ocasionalmente cambiaría de magnitud o signo.

Suavizado Exponencial

El suavizado exponencial es esencialmente un promedio móvil-sopesado en el cual los pesos disminuyen exponencialmente con la edad de los datos históricos de demanda. Está basado en la premisa de que el nuevo promedio de la demanda se relaciona con el promedio antiguo de la demanda más alguna porción de la desviación de la más reciente demanda real del promedio previo. Esto es, la demanda esperada en el próximo período se hallará probablemente entre la mejor estimación previa y la más reciente demanda actual. Esta porción de diferencia, que alcanza de 0 a 1, es la constante de suavizado α. Entonces

$$F_o = F_1 + \alpha (D_o - F_1)$$

En que F_o = el nuevo estimado de demanda promedio

F_1 = el estimado promedio previo de demanda

D_o = la demanda actual en el último período

α = constante de suavizado

Puede verse que para $\alpha = 0$, el nuevo estimado promedio de demanda es igual al estimado promedio previo de demanda, para $\alpha = 1$, el nuevo estimado promedio de demanda es igual a la demanda actual en el último período.

$$F_o = \alpha D_o + F_1 (1 - \alpha)$$

Reemplazando

F_1 por $\alpha D_1 + (1 - \alpha) F_2$,

F_2 por $\alpha D_2 + (1 - \alpha) F_3$ etc.

dá $F_o = D_o + \alpha(1-\alpha) D_1 + \alpha(1-\alpha)^2 D_2 + \ldots + \alpha(1-\alpha)^k D_k \ldots$

en que la suma de coeficientes es uno

$$\alpha(1-\alpha) + \alpha(1-\alpha)^2 + \ldots \quad (1-\alpha)^k + \ldots = 1$$

En esta forma, se considera toda la historia de la demanda,- aunque el peso de la demanda muy antigua es tan pequeña que- se vuelve despreciable. Una ventaja del exponencial suaviza do es que se puede retener toda la historia de la demanda en un sólo número, el último promedio. Se necesitan conocer -- únicamente tres números para calcular el nuevo estimado de - demanda promedio; el estimado promedio previo, la última de- manda y la constante de suavizado. Esto es una mejora sobre el método de promedio móvil en el cual se deben retener los- N períodos de demanda. Esto puede ser un factor importante- cuando se pronostican muchos renglones en una computadora y el espacio de memoria se encuentra limitado. El darle mayor peso a la demanda reciente es intuitivamente atractivo compa rado con el peso igual de un número finito de períodos en el método de promedio móvil. El promedio de exponencial suavi- zado se usa a menudo como el pronóstico. Puede ser efectivo cuando no existen tendencias y los elementos fortuitos predo minan.

Suavizado Exponencial y Ajuste por Tendencia

El ajuste por tendencia paralelo a la determinación del nue- vo promedio de demanda, en que el nuevo promedio de tenden - cia se encuentra entre la tendencia previamente calculada y la última tendencia actual. Entonces

$$T_o = \beta(F_o - F_1) + (1-\beta) T_1$$

en que :

T_o = el nuevo promedio de tendencia

$F_o - F_1$ = tendencia actual o diferencia entre el nuevo promedio de demanda y el pre vio promedio de demanda.

β = constante de suavizado para la ten- dencia

α = constante de suavizado para prome - dio de demanda

Entonces el pronóstico ajustado de tendencia es

$$TAF_o = F_o + \left(\frac{1 - \alpha}{\alpha}\right) T_o$$

Esto da como resultado la corrección de la tendencia a través del último período. Ya que la tangente de la tendencia se mide a través del punto de demanda promedio, el término $(1 - \alpha)/\alpha$, proyecta la tendencia del punto promedio a través del último período. La simplicidad de cálculos y almacenamiento de datos también deben tomarse en cuenta para este ajuste de tendencia.

Se puede lograr la extrapolación de tendencia sumando la tendencia durante el período de tiempo de espera del pronóstico y la tendencia del pronóstico ajustado. Por ejemplo, el 31 de diciembre, cuando se conoce la demanda de diciembre, el promedio F_o, la tendecia: T_o, y la tendencia del pronóstico ajustado; TAF_o se puede computar. El pronóstico de tendencia extrapolada para enero es de TAF_o+T_o. El pronóstico de tendencia extrapolada para marzo es de $TAF_o+3\ T_o$.

Pronóstico Estacional

Si existe un ciclo estacional de cualquier magnitud, ninguno de los métodos de promediar con o sin ajustes de tendencia dará pronósticos significativos. Sin embargo, disponemos de dos métodos de ajuste por ciclo. El primero utiliza un factor aditivo, en el cual la demanda en cualquier mes será un número de unidades por encima o debajo del promedio anual. El segundo utiliza un índice multiplicativo y es más fácil de manejar con computadora y se utilizará aquí.

Dada la historia mensual de demanda para una empresa con ciclos de temporada, es cosa sencilla encontrar la relación de demanda en cada mes al ritmo de promedio mensual (demanda anual dividida por doce). Para enero esta relación se llamará el factor de temporada: S_e; para febrero: S_f, etc. Entonces el ritmo de venta anual de temporada ajustado para enero es las ventas actuales en enero x $12/S_e$

El índice de temporada puede mantenerse constante: S_e (1965) = S_e (1966) = S_e (1967) y así mismo para los otros once meses. Si los ciclos por temporada cambian con el tiempo, es posible calcular un promedio móvil o un factor promedio de temporada para cada mes. Por ejemplo

$$S_e\ (1966) = \gamma \frac{\text{ventas de enero 1965}}{\text{ventas anuales 1965}} + (1 - \gamma)\ S_e\ (1965)$$

en que γ = una constante suavizante

Al calcular el pronóstico ajustado de temporada, ajustado -- por tendencia (STF), todas las cantidades, incluyendo la demanda actual, los promedios suavizados y las tendencias, deberían ser ajustadas para la temporada. Esto se ilustra en el ejemplo siguiente, en que los pronósticos se hacen el 31 de diciembre, cuando ya se conoce la demanda de diciembre.

Conocidos: F_n = promedio de demanda ajustada para la temporada

T_n = promedio de tendencia ajustado para la temporada hasta noviembre

D_d = demanda actual de diciembre

α = constante suavizante para promedio

β = constante suavizante para tendencia

S_d = factor de temporada para diciembre

S_e = factor de temporada para enero

El nuevo promedio y tendencia ambos ajustados para temporada, empezando al 31 de diciembre se calcula entonces

$$\text{Promedio}\quad F_d = \alpha \frac{D_d}{S_d} + (1 - \alpha)\ F_n$$

$$\text{Tendencia}\ T_d = \beta\ (F_d - F_n) + (1 - \beta)\ T_n$$

El pronóstico ajustado por temporada para enero, corregido - por tendencia a través de diciembre es:

$$STF_e = S_e \left(F_d + \left(\frac{1 - \alpha}{\alpha} \right) T_d \right)$$

El pronóstico para enero, extrapolado para tendencia a través de enero es:

$$STF_e = S_e + \left(\frac{1 - \alpha}{\alpha} + 1 \right) T_d$$

El pronóstico para marzo extrapolado por tendencia a través de marzo, en el cual S_m es el factor de temporada para marzo es

$$STF_m = S_m \left(F_d + \left(\frac{1 - \alpha}{\alpha} + 3 \right) T_d \right)$$

Otros Métodos

El pronóstico por análisis de series de tiempo es un desarrollo reciente. Aún Brown (referencia 1), uno de los escritores con más autoridad en el tema, sugiere muchas áreas para investigación ulterior para mejorar la técnica. Los métodos descritos arriba no son, necesariamente, los mejores, ni tampoco son del consenso de quienes trabajan en ese campo. El método esbozado más arriba es un medio razonable. La mayoría de los libros, al discutir el pronóstico mencionan el promedio móvil, el promedio móvil con corrección de tendencia y el exponencial suavizado sencillo. Hansmann (referencia 3) utiliza la siguiente fórmula para corrección de tendencia de exponencial suavizado.

$$F_o = \alpha D_o + 2 (1 - \alpha) F_1 - (1 - \alpha) F_2$$

Esto dará resultados diferentes de los métodos detallados anteriormente, pero podría justificarse como un medio razonable.

Algunos autores sugieren el uso de la misma constante para la tendencia y el promedio, sin reconocer la posibilidad de usar valores diferentes. También existe el problema de que si los elementos deberán ser aditivos o multiplicativos.

La Oficina de Censos Norteamericana ha desarrollado un método de descomponer una serie cronológica en cuatro elementos, tendencia T, ciclo C, de temporada S, e irregular I en las siguientes etapas básicas.

1. Estimar el componente TC por alguna forma de promedio móvil de TCSI

2. SI estimado de la relación TCSI/TC

3. S estimado promediado SI

4. Estimar los datos, omitiendo temporada, TCI por la relación TCSI/S

5. El componente irregular I es estimado por la relación - TCI/TC

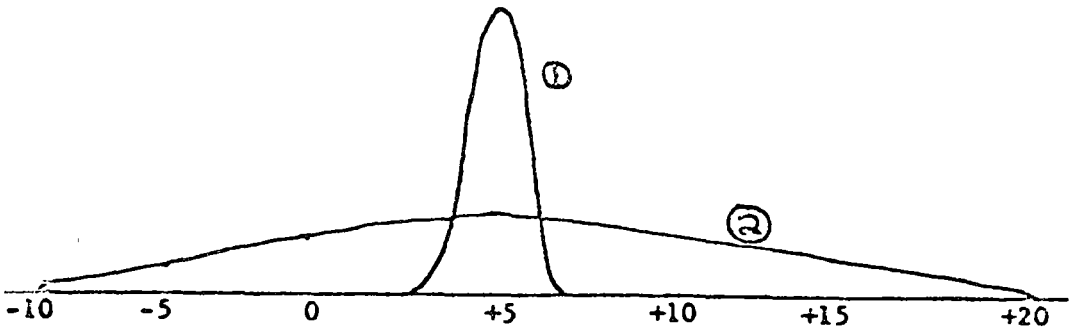
Repítase varias veces para refinar datos.

Error de Pronóstico

El error de pronóstico se mide calculando tanto la desviación como la desviación estándar de la demanda actual para la demanda pronosticada.

Si la suma aritmética de las desviaciones es cero o cerca de cero, indica que el promedio y la tendencia, si ésta existe, se han pronosticado con precisión. Si al mismo tiempo, la - desviación estándar es grande, indica que los factores fortuitos son significativos o posiblemente, que una demanda cíclica no se está pronosticando correctamente, sea en magnitud o periodicidad. Si la suma de las desviaciones es grande, generalmente indica una tendencia mal pronosticada. Si- los factores fortuitos son significativos, sería apropiado - disminuír la constante.

Un estudio de los errores del pronóstico, tanto en la desviación como en la desviación estándar no solamente ayudará a - mejorar la técnica de pronóstico sino que dará también el nivel de confianza que se puede otorgar a la exactitud del pronóstico. Dos pronósticos como medias iguales, pero desviaciones estándar con diferencias significativas, podrían dar como resultado diferentes planes de acción de la gerencia, - dada la preferencia de ésta para el riesgo.



En el ejemplo de la hoja anterior, los dos pronósticos para grandes gastos de capital proyectados tienen una media de -- utilidades de cinco millones. El pronóstico 1 es muy exacto dada la experiencia histórica, mientras que el pronóstico 2 no se espera que sea muy exacto. En el caso del pronóstico-2 la gerencia pudiera no llevar el proyecto a cabo dada una-probabilidad significativa de una pérdida cuantiosa.

Control de Adaptación

Muchas empresas han encontrado que una constante de suavizado exponencial 1 trabaja bastante bien. Esto indica un sistema bastante estable con elementos al azar. Sin embargo, aún en estas empresas, se presentan ocasionalmente situaciones - en las cuales ocurren cambios significativos en el mercado.- En ese momento una respuesta rápida del pronóstico a los cambios de demanda sería muy útil. Esto requiere una constante de suavizado mayor.

En la publicación de septiembre-octubre de 1965 del Journal-of Industrial Engineering, Wen M. Chow, discute el control - de adaptación de los procedimientos de pronóstico. Menciona varios modelos de técnicas de control de adaptación de parámetro único. Sugiere el uso de tres constantes de suavizado para calcular tres pronósticos. Las constantes son:

Bajo $\alpha_1 = \alpha - \Delta\alpha$

Normal $\alpha_n = \alpha$

Alto $\alpha_A = \alpha + \Delta\alpha$

Los tres pronósticos se preparan y al fin del período, el valor de α_1, α_n, ó α_A que dió el mejor pronóstico se selecciona como la α_n para el siguiente período. Chow sugiere - un punto inicial de $\alpha_n = .1$ y $\Delta\alpha = .05$ Cita varios ejemplos para mostrar que, si bien su método no es necesariamente mejor que los métodos de parámetro múltiple, su cálculo - es mucho más sencillo. El método también funciona mejor que el simple suavizado exponencial.

BIBLIOGRAFIA

1. Brown, Robert G., Smoothing, Forecasting, and Prediction of Discrete Time Series. Prentice Hall, 1962-1963. Una discusión completa del análisis de series cronológicas y pronósticos, tanto cuantitativamente como en general. - Incluye una extensa bibliografía.

2. Eilon, Samuel Elements of Production Planning and Control Macmillan, 1962. Un capítulo está dedicado a una discusión general de los elementos de pronóstico, ciclos, estacionalidad, promedios móviles, correlación y errores.

3. Hansmann, Fred Operations Research in Production and Inventory Control. Wiley, 1962. Breve discusión de pronóstico promedio móvil y suavizado exponencial. Bibliografía de estudios de casos de problemas práctiso de -- pronóstico.

4. Magee, John F. Production Planning and Inventory Control. McGraw Hill, 1958. Un capítulo dedicado a una - discusión general de métodos de pronóstico y de promediar.

5. Rago, Louis J. Production Analysis and Control. International Text Book Company, 1963. Un capítulo está dedicado a métodos de pronóstico utilizados en cierto número de industrias.

6. Winters, Peter R. Forecasting Sales by Exponentially - Weighted Moving Averages, Management Science 6: pp. 324-342 (1960). Suavizado exponencial con diferentes - constantes suavizantes por promedio, tendencia y elementos de temporada.

PRODUCCION INTERMITENTE

Características de un sistema de producción intermitente

1) Se produce una amplia variedad de productos

2) Las órdenes son normalmente pequeñas y no hay reorden

3) Se utiliza el equipo versátilmente

4) La distribución de la planta es en función del equipo

5) La producción está basada en ventas

RAzones para tener un sistema de control de producción en un sistema de producción intermitente

1) Dar mejor servicio

2) Mejores relaciones con clientes en base a entregas puntuales

3) Menos tiempo de los directivos para programar

4) Hacer innecesario

5) Sistema ordenado en lugar de caos

6) Decisiones sobre bases más reales

7) Economía

Problemas que se pueden presentar

1) Inercia

2) Costos más altos

3) Inflexibilidad para el manejo de casos especiales

La producción intermitente trae consigo la imagen tradicional del taller de trabajo con su amplia capacidad para fabricar una gran variedad de partes y productos hechos a la medida. Este concepto general del taller de maquinado se ha convertido en un modelo para una amplia gama de instalaciones de producción intermitente donde las bases de distribución y departamentalización son funcionales. Como se vio anteriormente, el sistema de taller de maquinado a menudo no produce para los inventarios sino que cuenta con un sistema flexible de producción listo para entrar en actividad en cualquier momento. Debido a la gran flexibilidad que se requiere en un sistema, las complicaciones internas de los sistemas de taller de maquinado son mucho mayores que las de las líneas de producción que se discutieron en la Parte IV. Para ayudar a establecer el marco de referencia para nuestra discusión hemos reproducido en la Figura 10-1 la representación esquemática de los sistemas de taller de maquinado que introdujimos en el Capítulo 1. En este esquema vemos el amplio panorama del flujo de información y el orden de la magnitud de las demoras de tiempo implicadas. Comparando las demoras de tiempo con las que se esperan en el sistema de producción estandarizada de alto volumen, podemos notar que las mayores demoras son internas; mientras que en los sistemas de alto volumen las mayores demoras parecen estar involucradas en la cadena de distribución.

En la Figura 10-1 aparece una demora interna mínima de 74 días después de que se ha recibido una solicitud de oferta antes de que el material comience a fluir de los vendedores. Se requiere una demora adicional de 130 días para la transportación de las materias primas, la fabricación y el ensamblado. La demora de tiempo para la entrega es relativamente menor.

Talleres abiertos contra talleres cerrados de maquinado. La Figura 10-1 en realidad representa el caso más difícil o más general; es decir, el de un taller que está abierto para recibir solicitudes de maquinado virtualmente de todo el mundo. Bajo tales circunstancias se debe pronosticar, diseñar las instalaciones físicas, elaborar planes adicionales, programar, conseguir los materiales y presentar las ofertas con la mayor de las incertidumbres. De hecho, sin embargo, deberíamos hacer una distinción entre el taller abierto y el sistema de taller de maquinado que está cerrado a los pedidos del exterior. (Todavía lo llamamos un taller de maquinado debido a la naturaleza de la distribución física.) El taller cerrado de maquinado es sujeto de cierta preocupación y fabrica para su propio uso interno en su propia línea de productos. Su línea de productos por lo general tiene un cierto grado de predictibilidad, aunque los talleres sujetos a este tipo de producción también pueden recibir pedidos internos de diseños únicos. Nótese también que algunos talleres sujetos a este tipo de maquinado tienen las características del taller abierto si son en esencia ta-

líneas especializadas o [illegible]. [illegible] se pueda [illegible] también su propio taller de maquinado [illegible] un nivel considerable establecido en bases funcionales o de talleres de maquinado. Pero estos talleres [illegible] de maquinado no están abiertos para recibir solicitudes de maquinado de clientes del exterior. En realidad producen una línea de partes, componentes y productos altamente especializable. De hecho, la mayoría de los "talleres de maquinado" que conocemos son talleres cerrados de maquinado. Esta es una distinción de importancia porque si estamos por adelantado cuál será la mezcla de nuestras líneas de productos, entonces los ocho problemas que se enumeran en la Figura 10-1 pueden tomar un aspecto considerablemente diferente. Una investigación de la literatura publicada sobre el tema indica que hemos considerado al sistema de producción interrumpido como algo típico del modelo tradicional del taller abierto de maquinado cuando en realidad el taller cerrado de maquinado prode que sea más común y tal vez un tanto más fácil de manejar.

Al organizar nuestro ataque contra los sistemas de taller de maquinado discutiremos primero en forma general los problemas de los talleres de maquinado según la lista que aparece en la Figura 10-1, tratando de concentrar la atención que acabamos de hacer entre los talleres abiertos y los talleres cerrados de maquinado. Después haremos una especificación de la forma en que trataremos el resto de este capítulo para dis-

cutir algunos de los aspectos tratados en el diseño de instalaciones para sistemas de producción intermitente, dejando la forma en que se trataná la programación del taller de maquinado para el Capítulo 11 y los sistemas de información y programación para el Capítulo 12.

Problemas de los sistemas de taller de maquinado

La característica física más obvia del sistema de taller de maquinado está en su distribución funcional donde el equipo del mismo tipo genérico se agrupa en la misma ubicación general. La característica más obvia de los sistemas de información y control está en la necesidad de información y control sobre las operaciones individuales. Existen razones tanto económicas como lógicas para una distribución física funcional. Puesto que estamos tratando con situaciones en las que normalmente la mayor parte de los artículos o productos no tienen el volumen suficiente como para utilizar plenamente el equipo, se convierte en una cuestión económica el que el conjunto entero de productos reúna las demandas de uso fraccional para los diversos productos y les otorgue el uso del equipo común de tiempo compartido. En segundo lugar, y puesto que la secuencia de operaciones y uso del equipo tiene probabilidades de ser diferente para artículos diferentes, de tal modo que ninguna de las secuencias de operaciones se ajusta a una gran porción de los productos, el equipo se agrupa en bases genéricas. Los departamentos entonces se convierten en centros de capacitación y habilidad para realizar

una cierta clase de operaciones. La estructura departamental física y la distribución física son similares para los talleres de maquinado tanto abiertos como cerrados.

Distribución física y diseño de instalaciones. La distribución física y el diseño de instalaciones pueden, por supuesto, ser considerados a diversos niveles de complejidad y detalle. Nuestra preocupación mayor está en el amplio nivel de tener que determinar las mejores ubicaciones departamentales relativas y sus requerimientos de superficie en una gráfica de bloque. Ya que existen numerosas secuencias, o rutas, de proceso adoptadas a todo lo largo de la instalación por las diversas órdenes, ningún tipo de secuencia será buena para todos los pedidos. Por otro lado, las investigaciones realizadas indican que la secuencia de proceso de los pedidos tampoco es hecha al azar. El problema, entonces, está en elegir un grupo de ubicaciones relativas para las que los costos asociados con la ubicación sean de un mínimo. Los costos implicados están principalmente en la transportación de material, pero también involucran a la transportación de personal en viajes a los depósitos de herramientas, a las oficinas de personal o de ingeniería, y demás. La ubicación relativa funcional, o taller de maquinado, del problema de un departamento no es trivial, ya que con sólo 10 departamentos hay más de 608×10^{12} combinaciones diferentes de posibles distribuciones físicas. La distribución física tiene un efecto sobre el tiempo promedio de flujo de pedidos a lo largo del

taller y consecuentemente tiene un impacto sobre la programación de la producción en que establece el nivel general de tiempo de flujo que se puede esperar.

El contraste en las soluciones de distribución física que se pueden esperar para los talleres de maquinado abiertos y cerrados es probablemente muy sutil sí es que existe alguna diferencia. Si se fueran a examinar las matrices de flujo interdepartamentales (el material transportado en cargas por unidad de tiempo entre todas las combinaciones de departamentos o centros de trabajo), es posible que el taller abierto mostrara una mayor variabilidad de ruta de flujo o que la matriz de flujo fuera menos estable de un período a otro. Sin embargo, no tenemos evidencias de lo anterior. Si alguno o ambos de estos fenómenos estuviera presente, el efecto sería un aplanamiento de la función de criterio de costos en forma de U de tal modo que las soluciones únicas de distribución física de costos serían menos probables. También, por supuesto, los costos totales incrementales de transportación serían menores para el taller cerrado de maquinado si la matriz de flujo es en realidad menos variable y más estable.

<u>Pronostificación de la demanda y planeación agregada</u>. Para que tengan algún significado en el uso en las funciones de planeación, programación y control, los pronósticos necesitan traducirse finalmente a horas pronosticadas para las diversas clases de equipo, tales como tornos, taladros, molinos, etc., per-

[illegible] el procesamiento [illegible] así como [illegible] y concesiones para la eficiencia que es [illegible] de la planta. La eficiencia de la planta es el porcentaje de tiempo de equipo disponible que en realidad se utiliza para el trabajo productivo después de haber deducido las pérdidas de tiempo debidas a demoras de programación, descomposturas de la maquinaria, mantenimiento preventivo, etc.

El pronóstico de las cargas de trabajo para un taller abierto de maquinado necesita ser enfocado en forma diferente al de un taller cerrado de maquinado. A término más corto el taller abierto cuenta con pedidos de trabajo en firme para los que se han hecho planes un tanto detallados de proceso y cálculos de tiempo. Por lo tanto, las cargas por departamento pueden desarrollarse en base a un buen procesamiento de datos y sistema de control. Uno de los importantes problemas de decisión involucrados en la determinación de las cantidades que van a ser producidas de acuerdo con los pedidos de trabajo es determinar las concesiones promedio de chatarra. Si el pedido es por 10 artículos, ¿cuál es el tamaño más económico que se producirá tomando en cuenta que habrá un cierto de desperdicio? Si los [illegible] con mayores de lo [illegible], podrían [illegible] costos de importancia en el respaldo del equipo para hacer una corrida adicional de producción. Los pronósticos que van más allá de los pedidos en firme, sin embargo, se hacen más inciertos. La proporción de las ofertas y su traducción a probables pedidos

en fin a proporciona una base para la planeación, aprovechando para el siguiente período de producción más allá del que se está ofreciendo para los pedidos en firme. Las técnicas básicas de pronosticación que se vieran en el Capítulo 2 son aplicables a la supervisión y pronosticación de los pedidos que se emplean en base a la proporción de ofertas. Las cargas departamentales que se proyecten pueden generarse en base a los pronósticos y empleadas como base para la contratación y capacitación del personal, o posiblemente para hacer reajustes. Puesto que lo que verdaderamente se vende en un taller abierto de maquinado es su capacidad, habrá un tanto de rotificación y un despedir a mano de obra altamente capacitada (y un taller de maquinado se caracteriza en parte por las raras habilidades de su fuerza de trabajo), a menos que haya una baja persistente en los negocios. La pronosticación a plazo más largo es un tanto más incierta pero puede ser ajustada a los pronósticos de las condiciones generales de la empresa; o si el taller abierto opera dentro de una industria en particular, como la aeroespacial, los pronósticos a plazo más largo podían basarse en los pronósticos industriales.

Los pronósticos de cargas de trabajo para planeación aplicada para un taller cerrado de maquinado debieran ser el resultado directo de los pronósticos de productos y de las políticas básicas de inventario. Un taller de maquinado exclusivo puede tomar decisiones relacionadas con el tamaño de los lotes de

preferencia y el ciclo de partes y pedidos es para satisfacer las demandas. Por ejemplo, si el taller cerrado de maquinado está tratando de emplear conceptos básicos de lotes de producción que sean económicos, puede establecer una base para el ciclo de partes o productos en un equipo de tiempo compartido. Puede también desarrollar planes agregados por productos en forma similar a la mencionada en los Capítulos 5, 6 y 7, aunque el problema de multiproductos añada complejidad. El ejemplo de la Compañía Cantor que se menciona en el Capítulo 6 es de hecho un ejemplo de la aplicación de métodos de distribución de programación lineal para la planeación agregada en una situación de taller cerrado de maquinado.

Programación y control de pedidos en talleres abiertos. La programación de los talleres de maquinado es considerada universalmente como el problema más complejo y difícil de programación industrial. Esta complejidad se deriva del hecho de que cada pedido requiere de una secuencia de proceso que es diferente de tal modo que el seguimiento de la programación y el control deben poder enfrentarse a la tremenda variación de secuencias, requerimientos de proceso, requisitos de tiempo, número de operaciones, y demás. En los talleres abiertos estos problemas son todavía más extraños ya que supuestamente cada pedido es único y puede que nunca se repita. En realidad, sin embargo, la programación y el control detallados para tanto los talleres cerrados como los abiertos parecen ser similares.

No obstante, existen diferencias en los [illegible], los documentos básicos acerca de los planos y las [illegible] de procesado, y los requisitos de tiempo, probablemente pueden rearreglarse en situaciones de talleres cerrados de maquinado. De la misma manera, la determinación del tamaño y la programación de las corridas de producción es ligeramente diferente. La determinación del tamaño de las corridas de producción para los pedidos de trabajo en los talleres abiertos debe tener en cuenta el problema de concesiones promedio al que aludimos anteriormente. Por otro lado, las corridas de producción para los pedidos en ciclo en los talleres cerrados pueden determinarse mediante los conceptos y las fórmulas EOQ usuales.

Las investigaciones acerca de la programación de los talleres de maquinado ha tratado en gran medida de considerar al sistema de talleres de maquinado como una red de índices, empleando la metodología de simulación para enfrentarse a la complejidad de redes equivalentes de talleres de maquinado. Como se verá en el Capítulo II, una gran cantidad de estos esfuerzos se ha dedicado a la evaluación de diversas disciplinas de índices que podrían resultar en sistemas más efectivos de despacho por prioridades. También, más recientemente, se ha reconocido el hecho de que en muchas, si no es que en [illegible] las situaciones, tenemos un exceso de capacidad de maquinaria con trabajadores capacitados programados para hacer uso de diversas partes del equipo. El equipo por lo general se programa para el proceso

más económico está basado en un análisis del problema y en el costo de los costos de instalación y tiempo de las corridas de producción. Luego la mano de obra es el componente más flexible al que se asigna el uso de las diversas máquinas para los diferentes requerimientos según lo piden los planes de producción. Por lo tanto la mano de obra es con frecuencia el recurso limitante. Nelson ha estado realizando experimentos de simulación con sistemas "limitados por la mano de obra" para poder conocer más acerca de su comportamiento. El caso de una limitación por la maquinaria ocurriría en o cerca de una plena capacidad de maquinaria para la planta.

La obtención de materias primas sigue los conceptos de cantidades económicas de pedidos que se discutieron en el Capítulo 3; así como las técnicas adicionales de obtención que no hemos visto ni trataremos en este estudio. Las materias primas que se llevan en inventarios porque son de uso continuo en los diversos productos por lo general se ordenan mediante algún sistema de cantidades fijas. Para los materiales que se utilizan continuamente en altos volúmenes o cuando se pide una variedad de materias primas al mismo abastecedor, pueden emplearse sistemas fijos de ciclos de reposición de pedidos y reabastecimiento. Una diferencia común en la obtención de materias primas para los talleres cerrados de maquinado implicaría el tener que ordenar material especial para una orden única de trabajo cuando se implica el problema de calcular el excedente de seguridad.

La dificultad con un problema [illegible] para los pedidos abiertos de maquinado, aunque es un problema que no [illegible] menos en detalle. Las estrategias de oferta deben ser en tanto diferentes dependiendo de la naturaleza de las [illegible] ciones de la empresa. Una organización puede reducir sus márgenes o hasta pujar a precios que impliquen un costo [illegible] de pérdida para poder conservar intacta su fuerza de trabajo capacitada.

Distribución física y diseño de instalaciones

La distribución física y el diseño de instalaciones establecen amplios límites para la planeación y el control de la producción y los inventarios en los sistemas de producción intermitente. El diseño de instalaciones [illegible] en consideración a las diversas rutas del flujo de pedidos individuales en cuanto pueda ser [illegible] mediante el establecimiento de la ubicación relativa de los departamentos y los centros de trabajo en forma tal que minimice los costos globales de manejo del material. La solución al problema de la ubicación relativa de las instalaciones establece el tiempo promedio límite [illegible] de flujo de pedidos y es así otro ref[illegible] relacionado con el control de la producción y los inventarios [illegible] el proceso diseñados como parte del sistema. El problema [illegible] lelo en los sistemas de un alto volumen de producción de productos estandarizados sería, por supuesto, el equilibrio de línea. El equilibrio de línea estableció el tiempo global de flujo de pro-

ductos y los inventarios necesarios durante el proceso de la línea.

Los primeros modelos empleados como base para determinar la ubicación relativa de los departamentos en distribuciones funcionales estuvieron basados en el concepto del dominio de unas cuantas partes o pedidos de alto volumen; particularmente si se trataba de pedidos repetidos que eran manufacturados en ciclo. Las gráficas de flujo que se desarrollaron para los pedidos fueron consideradas como dominantes, y se elaboraron distribuciones físicas detalladas y en bloque para minimizar los costos de manejo de material para esos pedidos (11, 13, 14). Durante la década de los cincuenta, se introdujeron métodos gráficos que trataban, a través de gráficas de viaje (15) y de análisis de secuencia de operaciones (3), de agregar los efectos de todos los pedidos (o de una muestra representativa) sobre el problema de la ubicación relativa de los departamentos. Durante la década de los sesenta, se desarrollaron métodos óptimos de búsqueda que dependían de los algoritmos heurísticos y por lo general eran computadorizados (1, 8, 10, 16). Véase Denholm y Brooks (6) para un estudio comparativo. Enfocaremos nuestra atención en uno de estos métodos llamado CRAFT (Computerized Relative Allocation of Facilities Technique --Técnicas Computadorizadas de Distribución Relativa de Instalaciones) porque hasta la fecha ha sido el de más extensa aplicación, debido a la libre disponibilidad del pro-

grama de computadora[1], y debido a su flexibilidad [illegible] tanto para los diseños de nuevas plantas como para la distribución física de las instalaciones existentes (7, 2, 4, 5, 6, 17, 18, 19). Haremos una revisión de las bases para el algoritmo CRAFT junto con algunas de las investigaciones conexas que sean de interés para las funciones de planeación y control.

PRODUCCION CONTINUA

La manufactura contínua, es el tipo de producción asociada a la producción en masa, esto es, una vez establecida la distribución de la línea de ensamble y los planes de producción, pueden ser puestos en marcha al comienzo del año de manufactura y el producto puede ser fabricado en base a estos planes a través del remanente del año. De lo anterior podemos decir que, la manufactura contínua significa que las especificaciones son estandarizadas y no cambian durante el período de manufactura.

Características por lo cual se recomienda la manufactura contínua:

1.-Un gran volúmen de negocios sobre un producto estandarizado.

2.-La planta es usualmente departamentalizada por producto.

3.-El uso económico de máquinas especializadas.

4.-La producción puede ser ejecutada para stock.

5.-Las órdenes que llegan a la compañía están usualmente basadas en contratos a largo plazo.

Las compañías con manufactura contínua, como dijimos anteriormente, pueden lograr las economías establecidad de producción en masa tales como rapidez, bajos inventarios en proceso, bajos costos unitarios, supervisión más simple, métodos de control de producción más simples y registros de contabilidad para el uso máximo de control serializado, entendiéndose por este último, la coordinación del flujo de trabajo a una tasa prestablecida, basada en un plan de producción a largo plazo.

La primera fase del ciclo de manufactura es el pronóstico de ventas, el que a su vez con la consideración de otros factores, es traducido en el programa de producción o master de producción, que no es otra cosa que la cantidad de producción necesaria por mes o por semana para satisfacer las ventas. Todas estas actividades es lo que conocemos como planeación original.

Debido a que la secuencia de operaciones, tiempo, balanceo de lineas y tasas de producción, son parte del diseño de esta gigantesca máquina integrada, una fábrica no puede trabajar sobre programas integrales y necesitamos saber lo que estos programas significan en términos de tasas de producción, necesida-

das detalladas del flujo de material y cuantos hombres se requieren para las líneas de producción.

Por lo tanto, después de la planeación original, debemos seguir las siguientes etapas:

Planeación suplementaria
Calendarización
Despacho
Instrucción
Control

La planeación suplementaria, es la determinación de la rutina de Donde se hará el trabajo, Con qué y la Seguridad de la presencia de los factores de la producción tales como hombres, herramientas y materiales.

La calendarización es el tiempo de coordinación de la producción con la ejecución. Es en esta fase donde se desarrolla el calendario de producción, teniendo como meta el programa master.

El despacho es la emisión de las órdenes para iniciar las actividades de producción. Esta actividad varía directamente con la complejidad de las operaciones y la importancia de la aproximación al tiempo.

La instrucción incluye tanto la trasmisión de información del supervisor al empleado como su seguimiento. Esta función involucra el contacto personal con empleados subordinados, conocimiento personal de la habilidad de empleados y máquinas y juicios concernientes con la ejecución de un departamento.

Una vez que la planeación ha sido delineada, el producto diseñado, las ventas pronósticadas y programadas, los planes de trabajo para partes hechas, las cédulas o calendarios para cada parte creadas y la fabricación y/o líneas de ensamble balanceadas, la información es enviada a control de la producción, quienes tomarán estos planes y los convertirán con la asistencia de fabricantes y/o ensambladores en partes completas y productos terminados, en los tiempos, cantidades y calidades establecidas en los planes.

DISEÑO DEL SISTEMA DE PRODUCCION.-

Las restricciones físicas básicas sobre la calendarización impuesta por el Layout, capacidad de máquinas, secuencia de operaciones y balanceo, son el problema principal en el diseño del sistema de producción. La figura 1, muestra las etapas para el diseño del sistema de producción.

El diseño de producción del producto representa la primera mayor etapa en el desarrollo del diseño del sistema de producción. La fase del proceso de planeación es analizada a través de la preparación de gráficas de flujo y ensamble para desarrollar una perspectiva total del problema de manufactura. Las decisiones basadas en economías y especialización y otros factores determinan que partes y componentes se comprarán a vendedores externos y cuales se manufacturarán internamente. Los artículos para manufactura interna representan entonces el ámbito alrededor del cual debe ser diseñado el sistema de producción. Para estos artículos entonces deben ser desarrollados el modo y secuencia de operaciones y procesos.

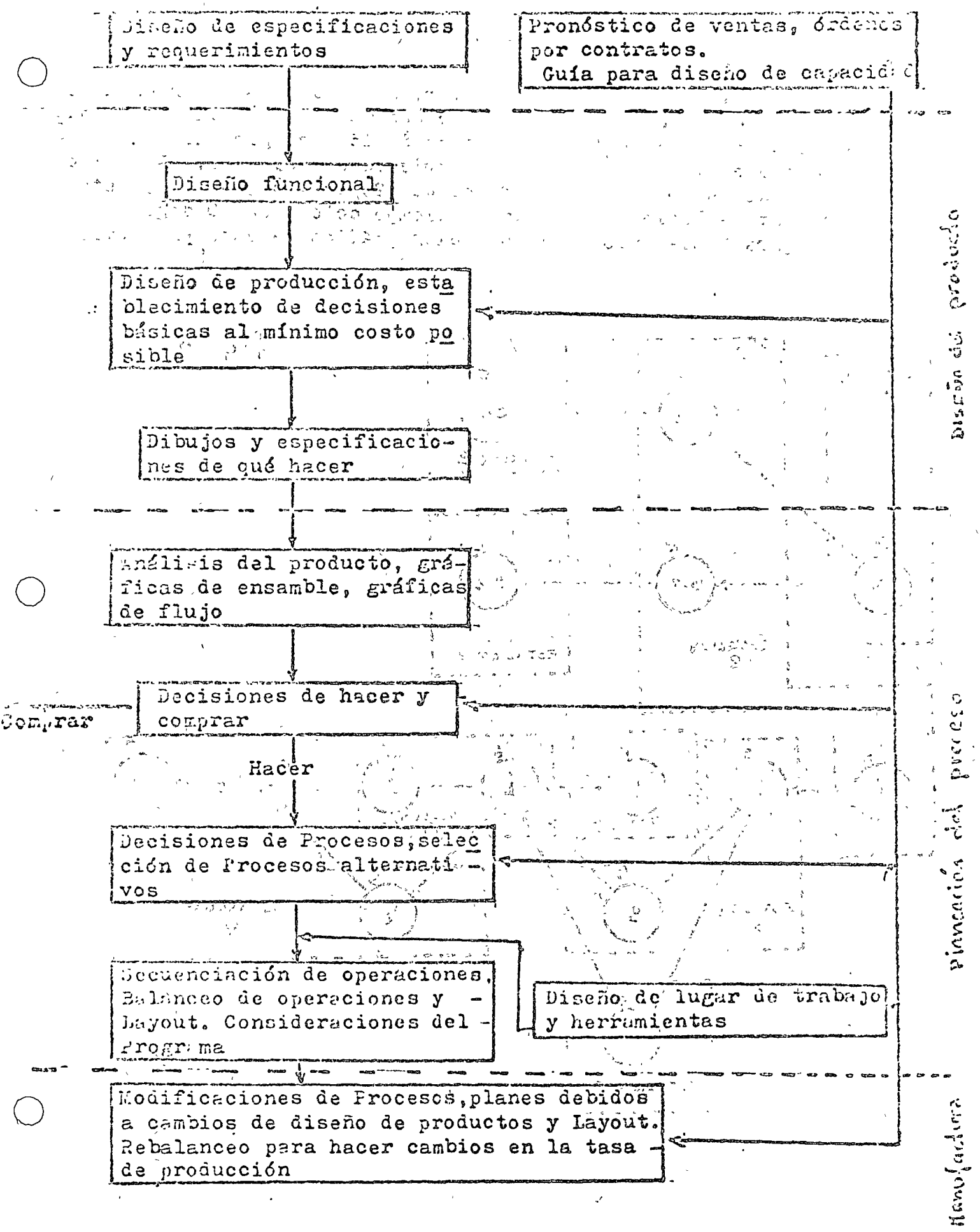
BALANCEO DE LINEAS.-

La esencia del problema de balanceo de líneas, es de agrupar y/o subdividir actividades o tareas de tal manera que todas las estaciones de trabajo tengan una cantidad igual de trabajo, haciéndolo en términos del tiempo requerido para ejecutar las tareas. A fin de iniciar con la mayor flexibilidad en las alternativas para intentar balancear para una tasa específica de producción, necesitamos saber los tiempos de ejecución para la unidad más pequeña posible del total de las actividades. Tambien necesitaremos saber las restricciones técnológicas, las cuales puedan requerir cierta secuencia de estas actividades.

Supongamos el siguiente ejemplo sencillo:

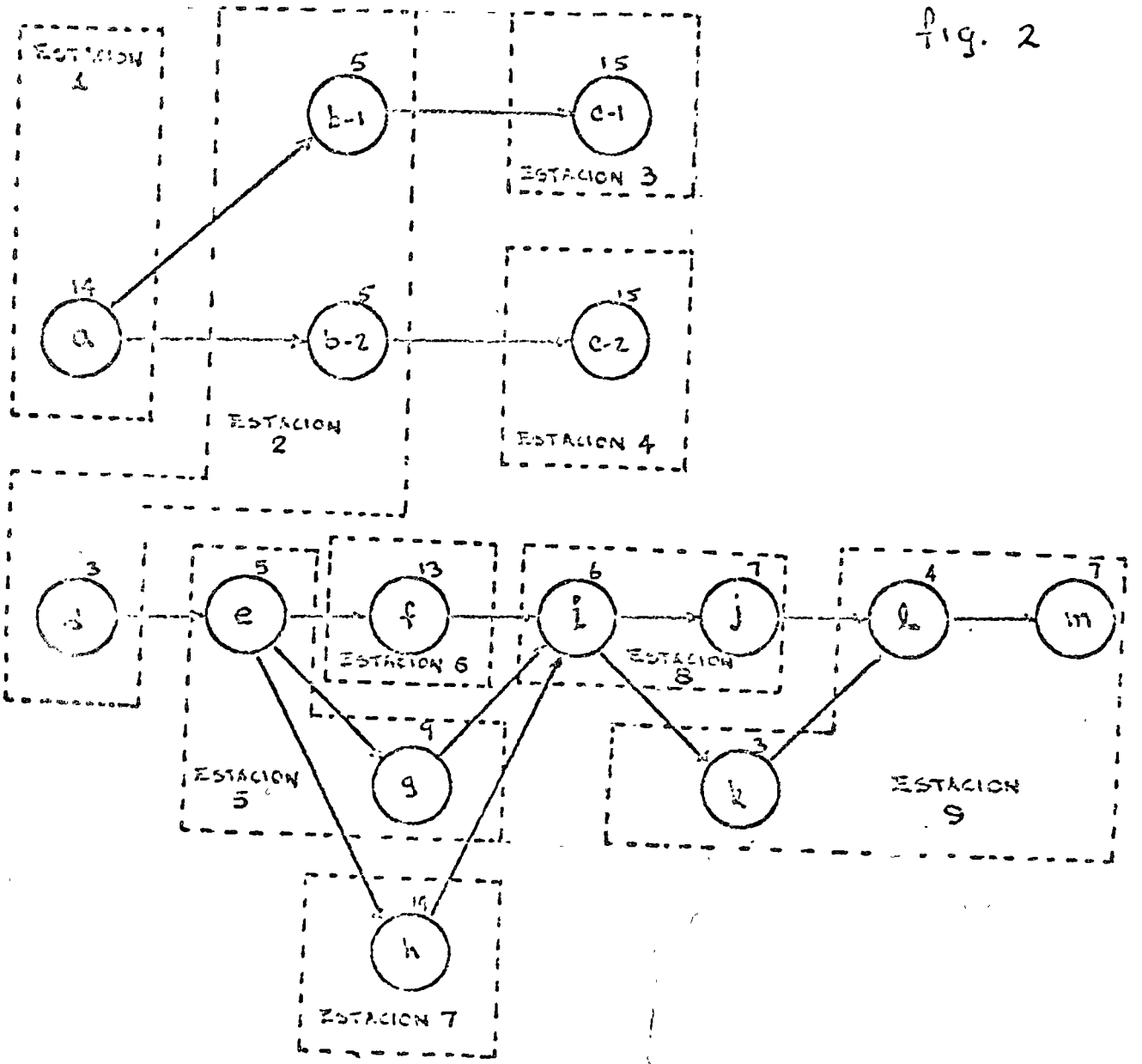
Tarea	Tiempo(seg)	Debe seguir a la tarea	Tarea	Tiempo	Debe seguir a la tarea
a	14	------	g	9	e
b-1	5	a	h	14	e
b-2	5	a	i	6	fgh
c	30	b	j	7	i
d	3	---	k	3	i
e	5	d	l	4	jk
f	13	e	m	7	l

Pag.1


Diseño de especificaciones y requerimientos
Pronóstico de ventas, órdenes por contratos.
Guía para diseño de capacidad
Diseño funcional
Diseño de producción, establecimiento de decisiones básicas al mínimo costo posible
Dibujos y especificaciones de qué hacer
Análisis del producto, gráficas de ensamble, gráficas de flujo
Decisiones de hacer y comprar
Comprar
Hacer
Decisiones de Procesos, selección de Procesos alternativos
Secuenciación de operaciones, Balanceo de operaciones y Layout. Consideraciones del programa
Diseño de lugar de trabajo y herramientas
Modificaciones de Procesos, planes debidos a cambios de diseño de productos y Layout. Rebalanceo para hacer cambios en la tasa de producción
Diseño del producto
Planeación del proceso
Manufactura

Con los datos de la tabla anterior, queremos balancear la secuencia de tareas en una línea de ensamble, diseñada para producir 240 unidades por hora o ciclos de 15 seg. por unidad. Debido a que el tiempo total de ensamble es de 125 seg., el mínimo número de estaciones posibles es de 125/15 = 8.3 o sea 9 estaciones. Esta solución nos daría un tiempo ocioso de 10 seg.
La figura 2 nos muestra la solución gráfica de este problema.

fig. 2



PROGRAMACION.-

Programación es el nombre dado a la preparación de una tabla de tiempo para las actividades con nos encontramos en cualquier empresa industrial.

Para efectos de programación, por lo general resulta más satisfactorio tratar primero los requerimientos internos, esto es, recursos de mano de obra y ajustar a ellos un programa de recursos del exterior, ya que estos recursos con frecuencia se obtienen de varias fuentes.

Razones de la programación.-

- Costo mínimo de producción
- Costos mínimos de almacenamiento
- Inventarios de costo mínimo
- Gasto mínimo en efectivo
- Máxima utilización de la planta
- máxima satisfacción del cliente
- Máxima moral de los trabajadores

Toda programación debe iniciarse con un pronóstico de los requerimientos.

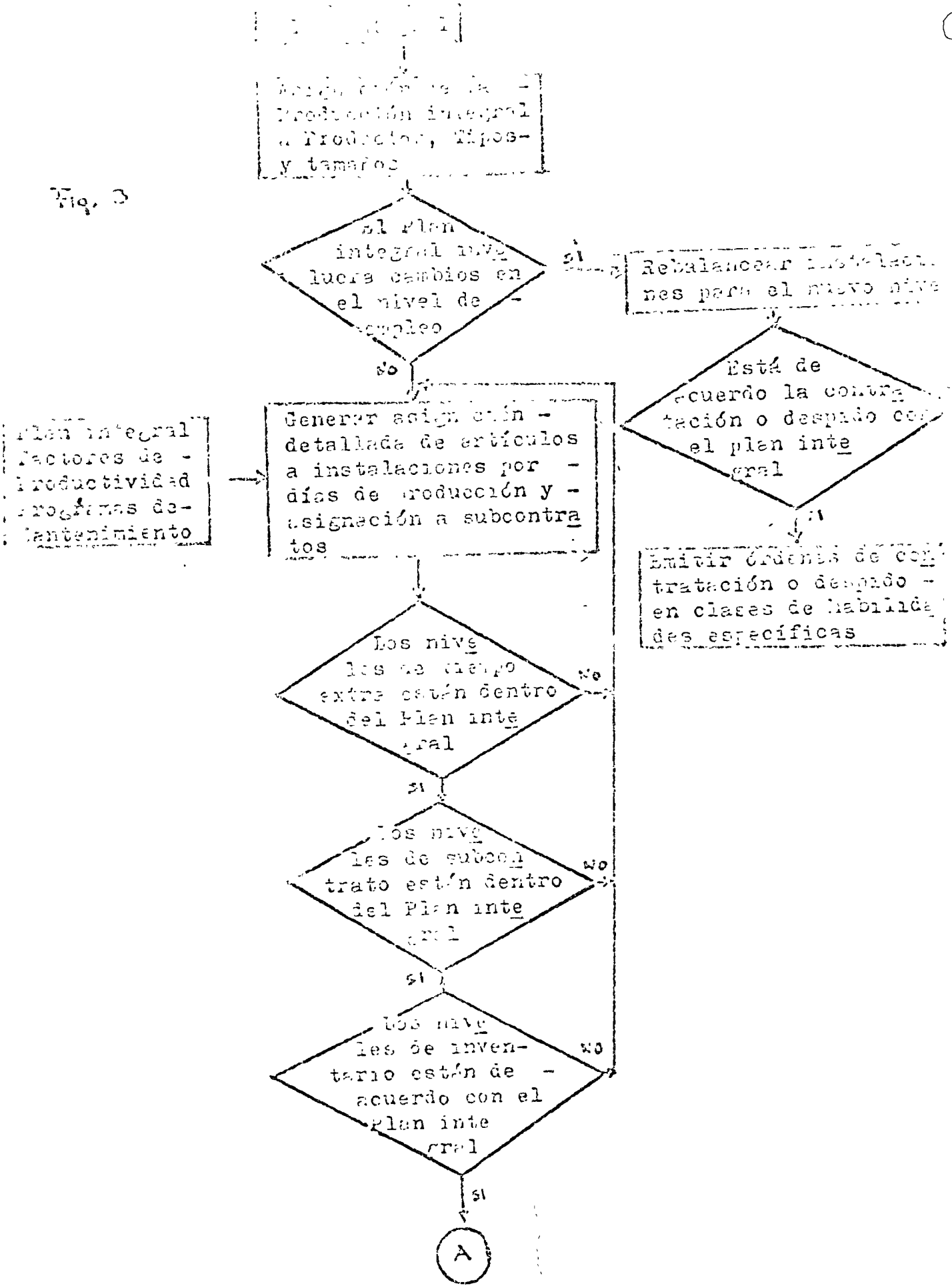
Una vez que el pronóstico está hecho y se decide preparar un programa, es necesario saber:

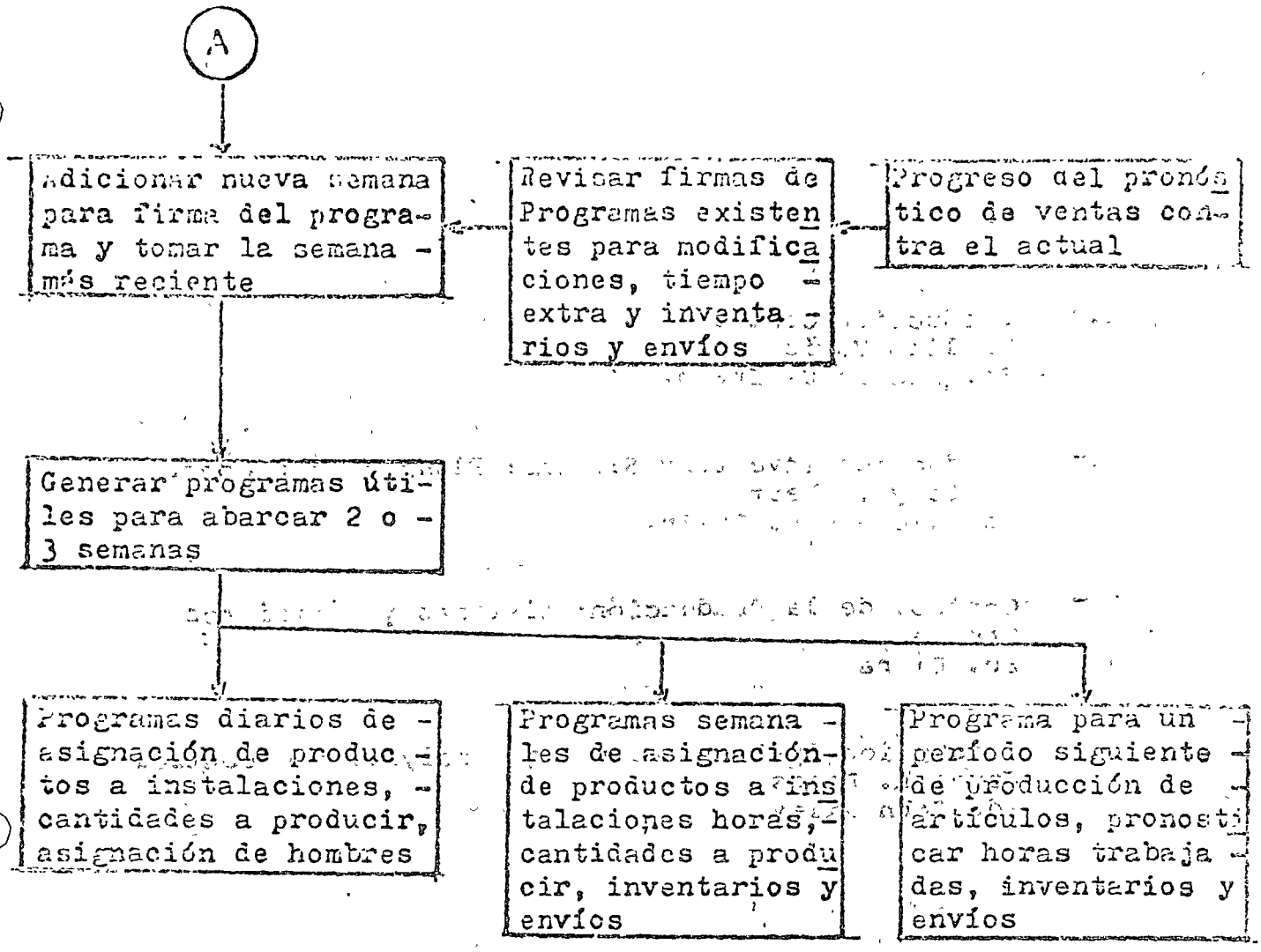
1.- Los Compromisos que existen
2.- Los recursos disponibles.
3.- La eficiencia de la mano de obra en los diferentes centros de trabajo.
4.- Los niveles esperados en enfermedades y ausentismo
5.- Los compromisos de mantenimiento.
6.- Otros factores locales que afectan el trabajo
7.- El contenido de trabajo de los distintos productos
8.- Los métodos de fabricación propuestos
9.- Los tiempos de preparación implícitos en los métodos propuestos.

CALENDARIZACION DETALLADA DE INSTALACIONES Y MANO DE OBRA.-

Dado el plan el cual ha establecido la producción integral a ser calendarizado, inventarios iniciales, terminación de inventarios y pronóstico de ventas totales, se procede a la calendarización detallada de instalaciones y mano de obra. En la figura 3 se muestra el proceso de generar programas detallados.

Fig. 3


Asignación de la producción integral a Productos, Tipos y tamaños
El plan integral nivelacra cambios en el nivel de empleo
SI
Rebalancear instalaciones para el nuevo nivel
Está de acuerdo la contratación o despido con el plan integral
SI
Emitir órdenes de contratación o despido en clases de habilidades específicas
NO
Plan integral factores de productividad programas de mantenimiento
Generar asignación detallada de artículos a instalaciones por días de producción y asignación a subcontratos
Los niveles de tiempo extra están dentro del Plan integral
NO
SI
Los niveles de subcontrato están dentro del Plan integral
NO
SI
Los niveles de inventario están de acuerdo con el Plan integral
NO
SI
A


A
Adicionar nueva semana para firma del programa y tomar la semana más reciente
Revisar firmas de Programas existentes para modificaciones, tiempo extra y inventarios y envíos
Progreso del pronóstico de ventas contra el actual
Generar programas útiles para abarcar 2 o 3 semanas
Programas diarios de asignación de productos a instalaciones, cantidades a producir, asignación de hombres
Programas semanales de asignación de productos a instalaciones horas, cantidades a producir, inventarios y envíos
Programa para un período siguiente de producción de artículos, pronosticar horas trabajadas, inventarios y envíos

BIBLIOGRAFIA

1.- Production Control
William Voris
Ed. Ricard D. Irwin.

2.- Production Inventory Sistems: Planning and Control
Buffa y Taubert
Ed. Richard D. Irwin.

3.- Control de la Producción: sistemas y decisiones
Greene
Ed. Diana

4.- Production Systems; Planning, analysis and control
James L. Riggs
Ed. John Wiley

Costo de Operación de un Departamento de Compras

como un % de volumen de Ventas

DE 0.10 % A 1.9 %

- ¿Qué tanto de nuestros ingresos por ventas salen por concepto de compras?

- ¿Qué efecto tiene una reducción de costos en -- nuestras utilidades?

- ¿Cuánto nos cuesta tener un control efectivo de nuestros egresos por compras?

Costo de los materiales como un % de las ventas

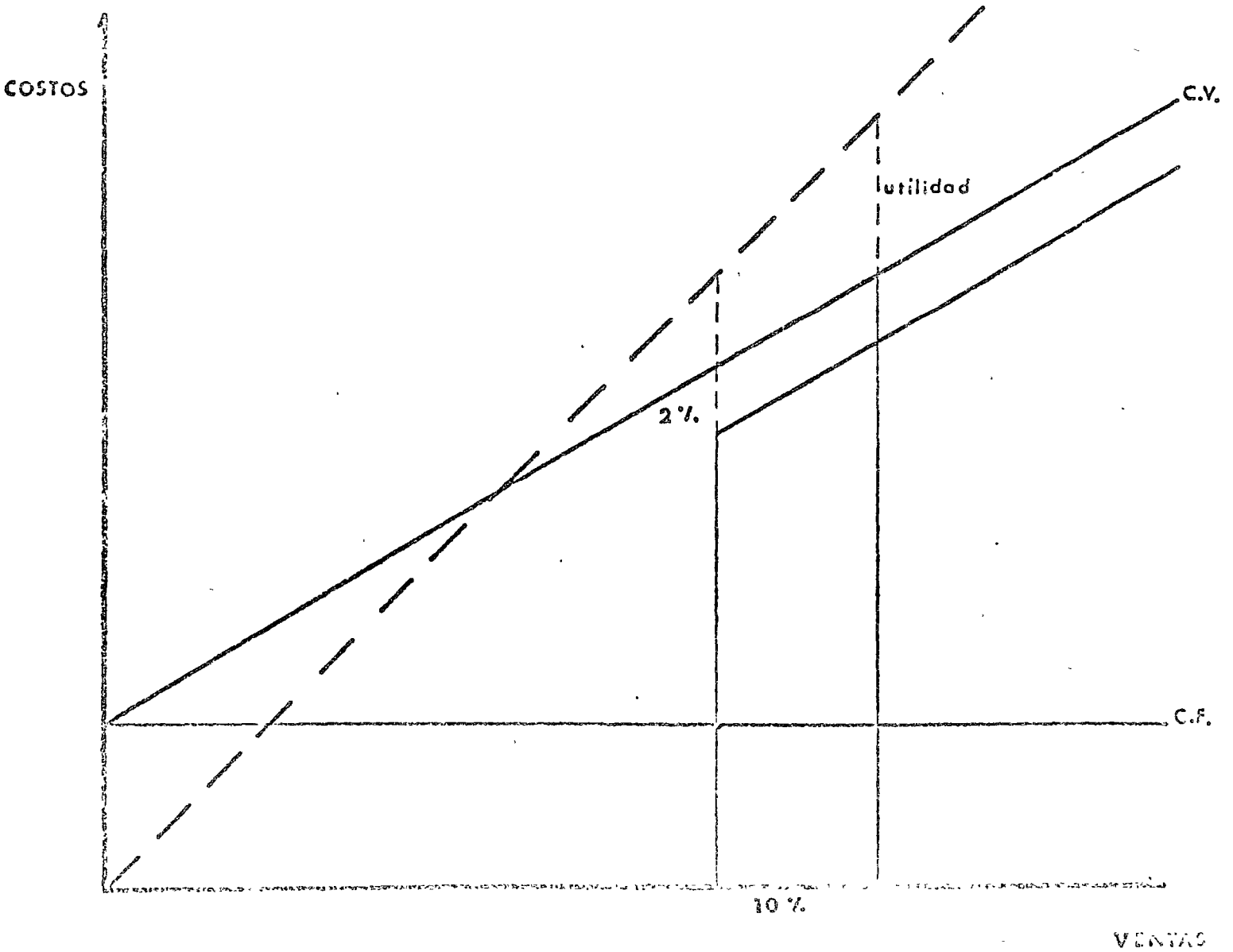
TIPO DE INDUSTRIA	%
Farmacéutica	25.0
Equipo de Radio y T. V.	36.0
Motores y Gen. Eléctricos	43.0
Productos de Hule	48.0
Química Inorgánica	50.0
Productos Plásticos	52.0
Química Orgánica	53.0
Maquinaria Agrícola	57.0
Llantas y Cámaras para automóviles	60.0
Textiles terminados de algodón	67.0
Bolsas de papel	69.0
Cobre Primario	79.0
Refinación del Petróleo	83.0

DEFINICION DE APROVISIONAMIENTO:

"Como aquella función en la empresa responsable de los materiales, en toda su extensión, incluyendo las siguientes fases:

- Conocimiento de la necesidad
- Conocimiento, desarrollo y selección de las fuentes
- Obtención del plan de Compra
- Planeación y Programación del abastecimiento
- Control de Inventarios
- Seguimiento
- Manejo de Materiales
- Tráfico

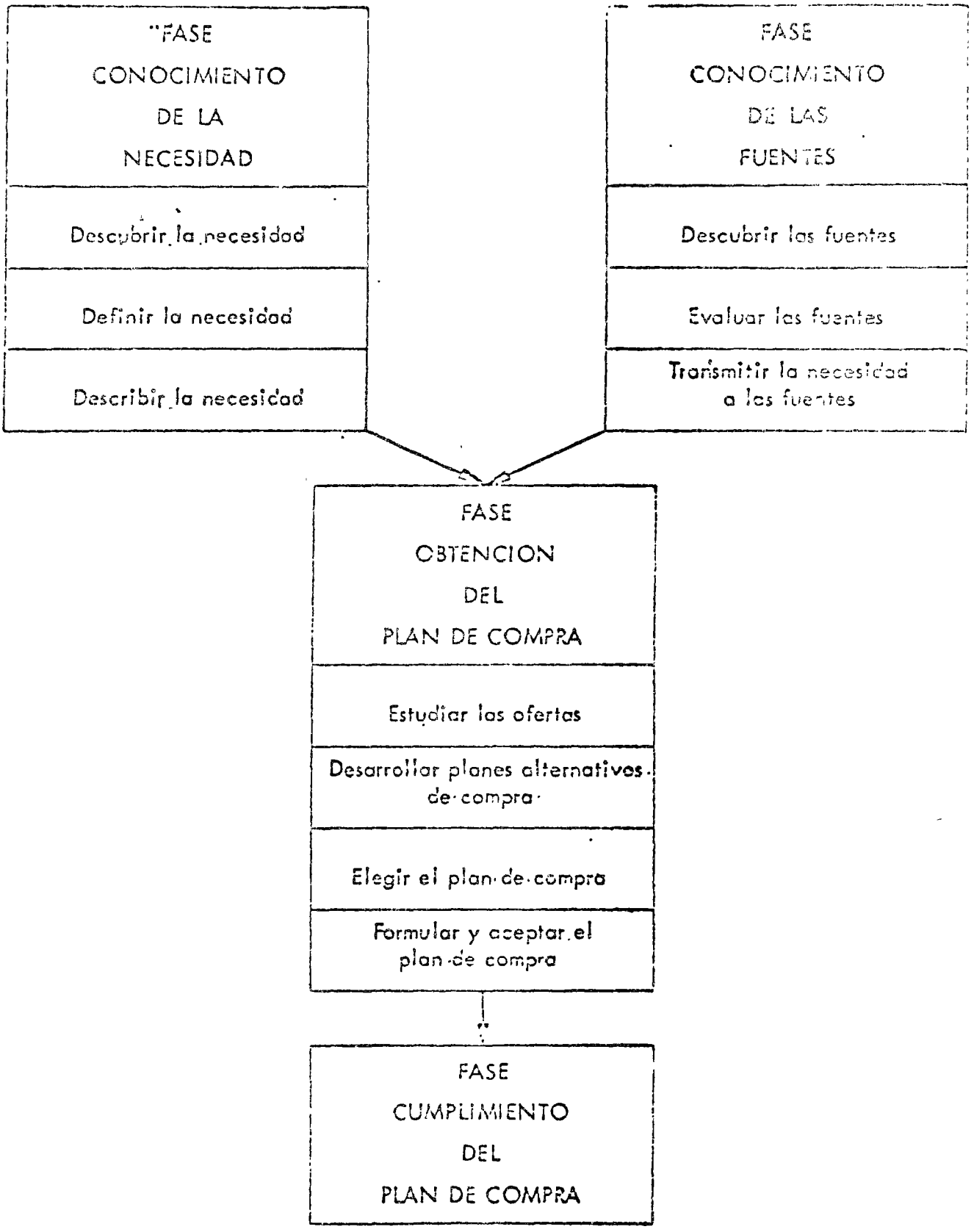
GRAFICA. UTILIDAD - COSTOS



SISTEMAS DE PRODUCCION

- CONTINUO
- INTERMITENTE
  - POR LOTES
  - PROYECTOS EN GRAN ESCALA

GRAFICO Nº 1


"FASE CONOCIMIENTO DE LA NECESIDAD
Descubrir la necesidad
Definir la necesidad
Describir la necesidad
FASE CONOCIMIENTO DE LAS FUENTES
Descubrir las fuentes
Evaluar las fuentes
Transmitir la necesidad a las fuentes
FASE OBTENCION DEL PLAN DE COMPRA
Estudiar las ofertas
Desarrollar planes alternativos de compra
Elegir el plan de compra
Formular y aceptar el plan de compra
FASE CUMPLIMIENTO DEL PLAN DE COMPRA

Where does the

By Somerby Dowst/Senior Editor

[illegible]

SALES HAVEN'T COME EASY for most companies this year. But even if the business slump ends during 1971, the squeeze of the last few months caused some soul-searching both in the purchasing department and in the board of directors' room.

Specifically, both purchasing managers and the top brass should have come up with answers to the following questions:

(1) How much of the sales dollar goes right back out the door for materials, supplies and equipment?

(2) What effect do cost reductions in purchasing have on corporate profits?

(3) What does it cost to have effective control over outgoing funds?

If you and your boss have already developed answers to these questions, fine. But if you haven't—or if you'd like to check your answers against industry patterns and trends—the following statistics should be of interest to you.

Take a look first at Table I, this page. The government figures clearly show that purchase costs are a major factor in every type of manufacturing enterprise. The cost of materials, supplies and equipment, as a percentage of sales, ranges from a low of 45% to a high of 65%. In five out of the six industry categories listed, purchase expenditures amounted to more than half the sales volume.

Purchase cost percentages are highest in the industries where labor costs for reworking the material into salable form are lowest; the percentages are lowest in industries where the end product requires a great deal of complex assembly work.

PURCHASING Magazine recently surveyed 1,000 purchasing managers to find out how closely our readers' purchase cost percentages jibe with government statistics. (They do.)

Equally important, the survey was designed to find out what steps purchasing executives are

TABLE I

Cost of materials, supplies and equipment as % of sales

Food, Textiles and Tobacco	65%
Chemicals, Petroleum and Paper	60%
Machinery and Equipment	56%
Non-Metallic Products	52%
Metal Products	51%
Electronics and Instruments	45%

Source: U.S. Bureau of the Census, Survey of Manufactures, 1968

Purchasing costs account for a big chunk of the sales dollar in all manufacturing industries. The impact of these expenditures is especially marked in the food and other process industries where labor costs are low. (Further information on purchasing costs as related to sales is available from the Bureau of Census, Washington, D.C., 20233, or from U.S. Dept. of Commerce field offices. Ask for booklet (AS)-1, 25¢.)

sales dollar go?

taking to reduce the purchase costs. Questionnaires were sent to a broad spectrum of firms—whose sales range from $1.5 million to $3 billion, and purchasing staffs from 1 to 700 people. *The survey shows that 72% of the purchasing executives contacted have established yearly targets for purchasing cost reductions.*

The targets range from 1% a year to 10%, and average out to a figure of 3.2%. But the median figure of 2% is also the mode, with far and away the most frequent number of mentions.

In line with this, Table II (at right) shows the percentages of sales increases needed in each industry to have the same profit effect as the 2% reduction in purchase costs that most purchasing executives are shooting for.

The calculations in Table II are based on a before-tax profit margin of 8%, and the cost-of-material percentages from Table I. The [illegible] that aggressive purchasing action—whether through negotiation, value analysis, standardization or any other related procurement technique—can have the same effect as substantial increases in sales volume.

Of course, the impact of reduced purchase costs is highest, in industries where material costs are proportionately greater. But even in the complex world of electronics and instruments a 2% reduction in purchase costs is equivalent to an 11.25% sales increase.

To determine the percentages for your own company (perhaps to compare them against industry trends), you must develop your own statistics. To do this, first divide your annual purchases by your annual sales. Then divide the result by your [illegible] before-tax profit margin. The final result will be the percent of sales increase that would be necessary to have the same profit impact as each 1% of your purchasing savings.

By working out these figures purchasing can often give management a whole new perspective. Should the [illegible] a chance to demonstrate what purchasing can do for sales and profits. As a result you are more likely to gain the support and backing that you need to continue your cost reduction programs and meet your goals.

TABLE II

Profit effect of 2% saving in purchase costs

Based on before-tax profits of 8%, and material cost percentages from Table I.

	Equivalent Sales Increase
Food, Textiles and Tobacco	16.25%
Chemicals, Petroleum and Paper	15.0%
Machinery and Equipment	14.0%
Non-Metallic Products	13.0%
Metal Products	12.75%
Electronics and Instruments	11.25%

Every purchasing saving of 2%—the cost reduction target figure used by most purchasing managers—is equivalent to a sales increase of at least 11.25%. In most industries, the ratio is even higher.

Don't be surprised, however, if the boss asks how much it is costing the company for the kind of savings purchasing you've given us in the past. He probably already knows to the penny the cost of every sales call—and he'll be looking for a figure he can relate to.

Because of this one of the most pertinent indicators you can give him is the cost of running the purchasing department as a percentage of sales volume. [illegible] which [illegible] sales.

Table III, (see p. 66) based on PURCHASING Magazine's survey, shows the high, low, average and median figures for purchasing operating costs.

Purchasing's operating costs are lowest in the process indus-

tries. The reason for this is that a few relatively large purchases of bulk commodities take care of most raw material needs. Purchasing can get by with fewer orders, fewer clerks and even fewer buyers.

Much the same is true of non-metallic products—where heavy quantities of plastics, rubber, glass and other compounds can often be contracted for on a long-term basis.

And, in machinery and equipment manufacturing, wholesale subcontracting of major assemblies and parts may similarly reduce purchasing's operating costs.

In both electronics/instruments and metal products, however, the typical purchasing department is one where buyers have to handle a great many orders—often of extreme complexity. As a result, costs are relatively higher in these industries. END

TABLE III

Cost of operating purchasing department as % of sales volume

	High	Low	Average	Median
Metal Products	1.9%	.08%	.49%	.44%
Electronics and Instruments	1.6%	.08%	.47%	.35%
Machinery and Equipment Manufacturing	1.0%	.10%	.41%	.30%
Non-Metallic Products	1.4%	.10%	.35%	.25%
Chemicals, Petroleum and Paper	.43%	.05%	.22%	.19%
Food, Textiles and Tobacco	.30%	.05%	.14%	.10%

Purchasing's operating expenses—salaries, supplies, travel, etc.—average less than one-half of one percent in all industries. In many companies, because of the nature of the product line, the percentages are even lower.

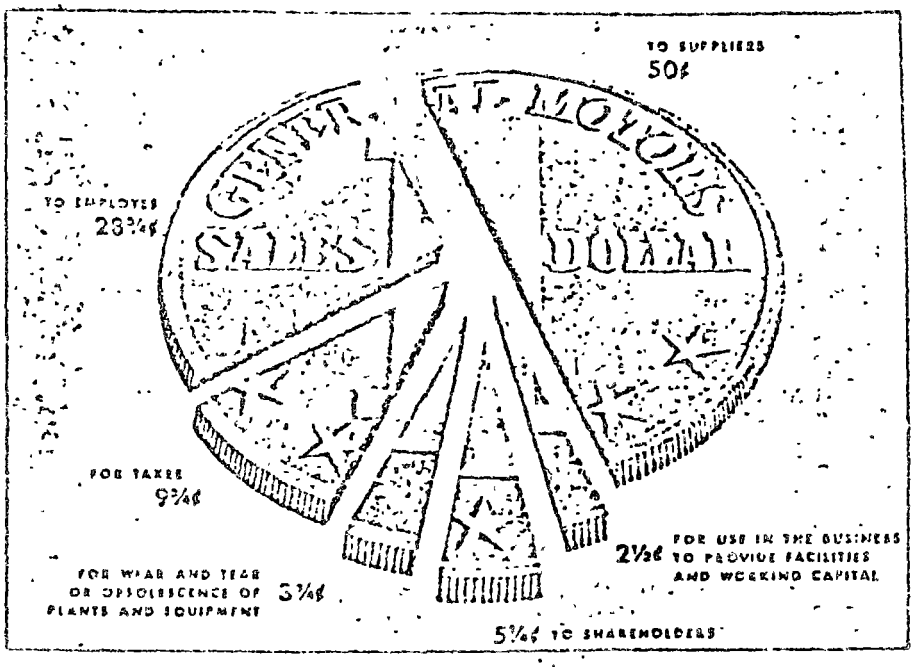
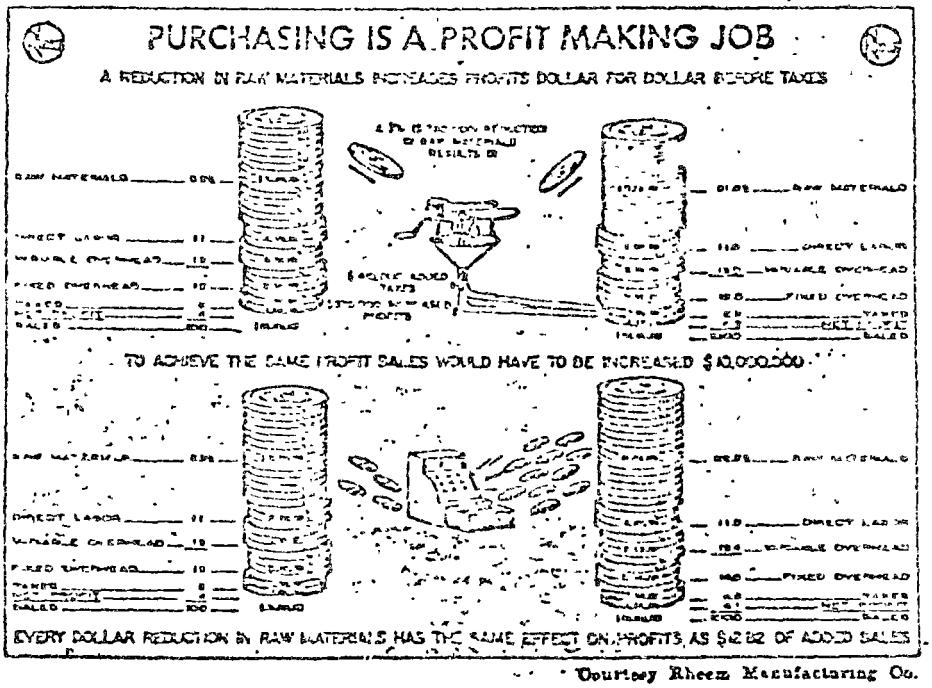


FIG. 1–2. How General Motors Corporation spends its sales dollar. (Source: General Motors Corp., Annual Report to Stockholders.)

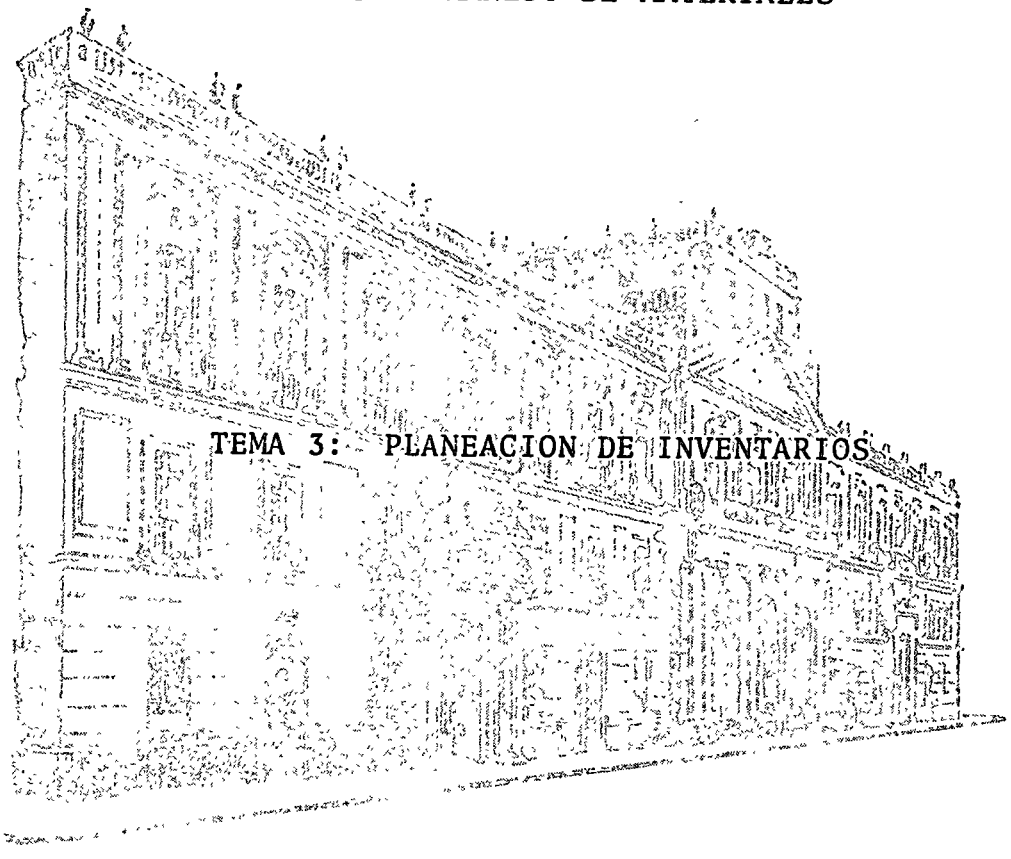


Courtesy Rheem Manufacturing Co.

FIG. 1–3.

centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam

LOGISTICA Y MANEJO DE MATERIALES



TEMA 3: PLANEACION DE INVENTARIOS

M. EN C. JUAN FRANCISCO BUENO ZIRION
Marzo, 1976

Palacio de Minería
Tacuba 5, primer piso. México 1, D. F.
Tels.: 521-40-23 521-73-35 512-31-23

3.1 PLANEACION DE INVENTARIOS.

3.1.1. Introducción.

Nuestro tema es el grupo de métodos matemáticos y cuantitativos conocidos con el nombre de planeación del inventario. A primera vista, las palabras "planeación del inventario", parecen prácticamente evidentes, y el dar una definición semeja una redundancia. En cuanto a "planeación", difícilmente sería necesario aclarar su significado,- e "inventario" trae inmediatamente a la mente un acopio de alguna - clase de mercancías materiales. El problema del vendedor a menudeo, o el del fabricante, puede tomarse como modelo. Para vender un artículo debe mantener existencias del mismo para satisfacer la demanda Al agotarse sus existencias hará un pedido, o producirá el artículo para poder seguir satisfaciendo su demanda. Siendo ésta la naturaleza de un inventario, se deduce que su planeación debe tratar de la- lógica en que se basa o debe basarse este procedimiento. Entonces,- pudiera ser una definición la siguiente: la planeación del inventario trata de la determinación de los procedimientos óptimos de ad - quisición de existencias de artículos para satisfacer la demanda futura. La recolección de la enorme variedad de marcancías, de las cuales alguien tiene que encargarse de mantener existencias, sugiere - que se presentará un número considerable de casos especiales dentro de la planeación definida de esta manera, pero parece ser que la- definición es lo suficientemente amplia para abarcarlos a todos,sin embargo, añadiremos un comentario más en este punto. Hasta ahora nada se ha dicho respectoa costos, valores, y en realidad no hemos - mencionado las características económicas. Por supuesto, tendremos- ocasión de discutir estos aspectos en seguida, no obstante, claro - está, que prácticamente todos los inventarios, sean o no cosas tangibles, tienen valor económico. El reconocer este hecho nos permite formular una alternativa de la definición, pero equivalente, que coloque el problema de los inventarios en una perspectiva diferente. Dicha definición la sugirió Fred Hanssman: Un inventario es un recurso ocioso de cualquier clase, con tal que este recurso tenga valor económico. Entonces la planeación de los inventarios trataría- de la determinación de la magnitud óptima de este recurso ocioso.- La cualidad de futuro tadavía es válida, ya que un recurso ocioso- que sea el resultado de una decisión pasada representa un costo de

amortización para la decisión futura. El planear por anticipado la cuantía del recurso ocioso es el tema de la teoría de inventarios - en esta definición.

3.1.2. LA ESTRUCTURA DE LOS PROBLEMAS DE LOS INVENTARIOS.

En nuestra definición se llama la atención sobre dos aspectos del - problema del inventario; el de obtener la mercancía o cosa en cuestión y la demanda futura. Cada uno introduce alguna diferencia importante entre los problemas de inventario. Vamos a considerar primero la demanda. Evidentemente, se presentará algún nivel específico de la misma en cualquier punto dado en el tiempo. Pero cuando deba tomarse la decisión de inventario, la cuentión importante es lo que - sepamos referente al nivel de la demanda futura. Siguiento la costumbre tradicional en la teoría de las decisiones, podemos resumir convenientemente las posibilidades con relación a nuestro conocimiento de la demanda futura en tres categorías; primera: en las que pode - mos conocer exactamente cuál va a ser la demanda futura. Este no es un caso muy frecuente, pero puede ilustrarse con la construcción de un rascacielos con respecto al inventario de trabes de acero. En este caso podemos saber exactamente cuántas trabes vamos a necesitar durante cada semana que dure la construcción. A este caso se le llama problema de inventario con certidumbre. Segunda: podemos conocer la distribución probabilística de la demanda futura. Existe la posibilidad de que se disponga de esta información para el artículo en cuestión si se cuenta con registros de la demanda anterior. Un ejemplo pudiera ser el inventario de llantas para una flota de taxímetros, o el inventario de pan de un supermercado. A este caso se le - llamaría problema de inventario con riesgo. Tercera: podríamos ignorar la probabilidad de los niveles que alcanzaría la demanda futura. Verosímilmente la ignorancia completa es tan rara como la completa certidumbre y discutiremos las maneras en las que puede usarse la información parcial; pero, por ahora, resulta útil presentar este caso extremo como una posibilidad. Un ejemplo podría ser el problema de inventario de la capacidad de una planta para fabricar un producto nuevo para el que no existen analogías de mercado. A este caso se le llamaría problema de inventario con incertidumbre. Estas

son entonces las tres clases esencialmente diferentes de problema - de inventario con relación a nuestro conocimiento de la demanda futura.

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

3.1.3. LA ESTRUCTURA DEL ANALISIS.

El análisis de los problemas de inventario se basa fundamentalmente en una observación muy sencilla de sentido común. Y es que en cualquier problema genuino de inventario que sea debe haber costos opuestos. Queremos decir con esto simplemente que debe haber costos asociados a la cuestión de hacer "demasiado" y que debe haber costos - asociados a la cuestión de hacer"muy poco". Algunas veces existen - varios de estos costos, pero debe haber cuando menos uno en cada dirección. Estos postulados son muy vagos, y la pregunta inmediata que originan es: "demasiado" o "muy pocp", ¿de qué?
Puede responderse a esta pregunta casi de modo directo anticipándo-

se ligeramente a una discusión posterior. La resolución de cualquier problema específico de inventario requiere las respuestas a dos preguntas. Primera: ¿Qué tan a menudo debe ordenarse la mercancía? Segunda: ¿Cuánto debe ordenarse de la mercancía en cualquier pedido particular?.

¿Qué tan a menudo de be ordenarse la mercancía? La respuesta precisa requiere el análisis del problema específico, pero sabemos dos cosas respecto a la frecuencia de los pedidos. Primera: debe existir un costo asociado a la cuestión de ordenar con demasiada frecuencia. Si éste no fuera el caso, entonces la mercancía se ordenaría con la frecuencia máxima posible, quizá haciendo un pedido por separado para cada artículo solicitado. Ahora, en realidad, éstos pueden ser los lineamientos óptimos para hacer los pedidos de algunas mercancías, mas esto no es lo que se discute. Si no hubiera costo asociado a la cuestión de hacer pedidos con mucha frecuencia, entonces, sencillamente, no habría problema y no sería necesario el análisis. Es precisamente la existencia de este costo lo que crea el problema. Segunda: debe haber algún costo asociado con la cuestión de no hacer pedidos con la frecuencia necesaria. Si no existiera este costo, la mercancía no se pediría en su totalidad o, como alternativa, podría hacerse un pedido gigantesco de la mercancía en cuestión. Si cualquiera de estos dos costos opuestos no existieran, no habría problema de inventario con respecto a la frecuencia de pedidos, y los lineamientos óptimos sería optar por una de las dos soluciones extremas indicadas.

¿Cuánta mercancía debe pedirse? De nuevo podemos estar seguros de que existen los dos costos opuestos. Si no hubiese costo asociado a la cuestión de pedir demasiado, entonces, automáticamente, se pediría una cantidad enorme. En forma semejante, si no hubiera un costo asociado a la cuestión de ordenar muy poco, en tal caso el inventario no tendría existencias. Si estos costos no existieran, simplemente no habría problema de inventario en función de la cantidad de mercancía que debe pedirse. De manera que aquí también encontramos los costos opuestos que mencionamos en el primer párrafo de esta sección. En todos los problemas de inventario existen estos costos opuestos, y el primer paso del análisis debe ser determinar cuáles son los costos, y luego, si es posible, medirlos. Discutiremos estas

cuestiones con alguna extensión en la sección siguiente.

Admitida la existencia de estos costos opuesto, ¿cómo proceder el análisis? Básicamente, reconociendo el hecho de que el objetivo usual en los problemas de inventario será la minimización del costo total respectivo, no meramente una minimización de uno o de otro de los costos opuestos. El método usado para lograrlo depende directamente de nuestros conocimientos con respecto a la demanda futura. Si se conoce la demanda con certidumbre, y suponiendo que los costos relevantes puedan medirse, el costo total puede determinarse para cada conducta posible, y aquella con la que se obtenga el costo total inferior puede elegirse directamente. Si estamos tratando con un problema de inventario con riesgo, no podemos conocer por anticipado cuáles de las diferentes cuantías de la demanda pueden en realidad acontecer. Sin embargo, como conocemos las probabilidades con las que pueden ocurrir las diferentes magnitudes de la demanda, podemos calcular el costo probable para cada línea de conducta posible. Entonces podemos elegir aquella que minimice el costo probable total. Si el problema de inventario es con incertidumbre, no existe procedimiento generalmente aceptado que deba seguirse, pero hay algunos procedimientos eminentemente razonables que pueden usarse. Nos reservaremos la discusión de este caso para tratarlo por separado posteriormente.

3.1.4 LOS COSTOS RELEVANTES.

En nuestra discución anterior concentramos nuestra atención en la importancia crucial de la determinación y medida de los costos relevantes en la resolución analítica de los problemas de los inventarios. Vamos ahora a considerar estos costos con más detalles. ¿Cuál es su naturaleza? ¿Cómo podemos medirlos? Trataremos de discutir las clases fundamentales de los costos de los inventarios. Cada costo específico aparece en algunas clases de problemas de los inventarios, pero generalmente no todos los diferentes costos serán relevantes simultáneamente para un solo problema de inventario.

La primera clase fundamental de los costos corresponde a los de adquisición. Se acostumbra dividir estos costos en dos subclases: los

que se producen cuando se compra al exterior, que se llama costos de los pedidos, y los que se originan por autoabastecimiento, a los que se denomina de acondicionamiento o de preparación. Estos costos, en ambos casos, juegan el mismo papel en el planteamiento analítico del problema de inventario. Los costos de los pedidos incluyen todos los componentes que resultan al tramitarlos. Para enviar un pedido al exterior es necesario revisar el artículo pedido y determinar la cantidad que de be pedirse. Luego debe tramitarse el pedido, para lo cual se precisa la contribución del tiempo de varios individuos. Finalmente, es también cierto, que para cada pedido se requiere un cheque por separado para pagarlo, y para esto son necesarios otros trámites oficinescos.

A los costos de adquisiciones del mismo fabricante se les llama costos de preparación. Este nombre, hablando en forma estricta, es correcto sólo cuando estamos considerando el caso de una compañía con una línea de producción que hace un número de artículos a base de órdenes de trabajo. Los costos de preparación se refieren entonces al costo de cambiar el proceso de producción para fabricar el artículo ordenado. En este costo está comprendido el tiempo perdido por el proceso de producción, y por tanto, incluye un costo asociado que por lo general puede determinarse directamente de los registros de la contabilidad de costos. En los problemas de los inventarios añadimos a este costo de preparación del proceso de producción cualesquier costos burocráticos que se produzcan al enviar la orden al departamento de producción. De esta manera, el costo de preparación incluye todos los componentes del costo asociados a un pedido del artículo dado. El caso de la compañía que tiene una línea de producción continua es algo diferente. El problema de inventario de una compañía así es, por definición, de la clase que hemos llamado dinámica. El problema de decisión de inventario es el mismo que el de programación de la producción para una compañía así.

A la segunda clase de costos la llamaremos costos de aprovisionamiento, que son los costos por llevar y por no llevar inventario. El primer costo es el de llevarlo. Incluye varios costos, y puede suceder que no sea necesario incluirlos todos en un problema específico

de inventario. Vamos a describir algunos de estos costos componentes:

1. El costo del efectivo invertido en el inventario. El dinero invertido en el inventario podría utilizarse en otra parte para obtener algún provecho.
2. Costos de almacenaje. El espacio que se requiere para almacenar el inventario generalmente tiene un costo asociado. Decimos "generalmente" porque esto igualmente depende de que haya una alternativa para usar el espacio en cuestión.
3. Costos por desperfectos. Muchas clases de mercancías y artículos bajan de valor durante el almacenamiento. Tal cosa puede ser el resultado de su deterioro real, obsolescencia y aun pillaje.
4. Costos por seguro. Como muchos inventarios requieren seguros, es necesario incluir este costo en el de mantener el inventario.

El costo por no llevar inventario se llama costo por agotamiento. Este costo tiene dos variantes que dependen de la reacción del cliente potencial frente al caso de agotamiento. Por ejemplo, ocurre un caso en las ventas por correo. Si la compañía sufre un agotamiento en su inventario cuando se recibe el pedido, dará lugar a un procedimiento rápido de emergencia para conseguir algunas existencias. A este caso se le llama pedido de entrega diferida. La venta al cliente no se perderá; solamente el embarque sufrirá un retraso de unos cuantos días. Sin embargo, como resultado de la situación de agotamiento habrá costos adicionales: el costo de apresuramiento, costos por manejos especiales, y con frecuencia costos por empaque y embarque extraordinarios. Todos éstos deberán incluirse en el costo por agotamiento. El otro caso sucede cuando la venta se pierde. Por ejemplo, se presenta con frecuencia el caso de que un cliente potencial en una tienda de discos para fonógrafos se rehúsa a hacer un pedido por un artículo agotado. Por el contrario, simplemente va a otra tienda competidora que tiene el artículo en existencia. Ordinariamente, debe considerarse que esto produce un costo; el costo de la buena voluntad es el título que usualmente se le da. Estaría uno tentado a pensar que este costo podría medirse por la ganancia perdida por no hacer la venta, pero esto sería incorrecto por dos razones: Primera, sería un error craso medir el

costo de esta manera porque produce una confusión entre los costos-ordinarios con los de oportunidad. Segunda, cuando nos referimos al costo debido a la pérdida de buena voluntad, estamos pensando en el introspectivamente plausible, el verificable hecho de conducta que-asume un cliente potencial que ha encontrado uno o más artículos faltantes en un mercado dado es poco probable que vuelva a ese mercado a hacer otras compras. Por tanto, la tienda sufre una pérdida de - ventas futuras que de otra manera habría hecho. Este es el costo que desearíamos incluir en nuestro planeamiento. Apresurémonos a añadir que es extremadamente difícil, y con frecuencia prácticamente imposible, medir este costo.

3.1.5. LOS OBJETIVOS QUE TIENE LA FORMACION DE INVENTARIOS.

Kenneth Arrow, clasifica los objetivos en tres clases, sugeridas por Keynes, como los motivos para mantener existencias o efectivo: motivos de trámite, precautorios y especulativos. El motivo de trámite resulta del hecho de que no es generalmente posible, incluso en el caso de certidumbre, sincronizar perfectamente las entradas y salidas de la mercancía en cuestión. Por tanto, los inventarios se - llevan con el objeto de compensar la falta de sincronización. El motivo precautorio proviene de la incapacidad usual para pronosticar-la demanda con exactitud: la mayor parte de los problemas de los inventarios son con riesgo, y existe, la necesidad consecuente de mantener un cierto tipo de margen de seguridad. Podemos notar que este motivo operará solamente como resultado de la incapacidad para obtener entregas instantáneas de mercancías, a lo menos sin un costo extra. El motivo especulativo resulta cuando los precios suben, o si-se espera que los costos cambien. En estas circunstancias, pueden - obtenerse ganancias manteniendo inventarios a un precio inferior - hasta obtener el precio más elevado.

3.1.6. EL PLAN DEL CURSO.

Volviendo a las diferencias que hay entre los problemas de inventarios, es fácil calcular que existen muchas clases diversas. Actualmente se conocen otras diferencias que traen consigo considerables=

consecuencias; un buen ejemplo de lo que se acaba de decir lo constituye la larga lista de posibles costos que pueden intervenir, de manera que el número total de subclases de problemas de inventarios es realmente enorme. Es evidente que no podría esperarse que un solo curso tratara de todos ellos. Ni sería muy conveniente tener un manual que catalogara los modelos de inventarios. Aunque se incluyera en el un gran número de modelos, todavía se presentaría frecuentemente el caso de que un problema de inventario real, específico fuera algo diferente de alguno de los modelos del libro. Uno de los detalles interesantes del problema de inventarios es su extraordinaria diversidad. Por consiguiente, parece más conveniente tener una meta más modesta. Trataremos de presentar casos de análisis típicos de problemas de inventarios de forma que esclarezcan la estructura del planteamiento analítico. Podemos entonces esperar que el lector, ante una clase diferente de problema, pueda hacer las necesarias modificaciones en el análisis por sí mismo.

Así el curso estará organizado de la siguiente forma:

MODELOS DETERMINISTICOS ESTATICOS

MODELOS ESTOCASTICOS DINAMICOS

Sin tratarse por supuesto el caso Determinístico - Estatico por ser trivial.

3.2. MODELOS ESTOCASTICOS - ESTATICOS.

3.2.1. CARACTERISTICAS GENERALES

La característica que distingue a los problemas de inventario es que solamente es posible hacer un pedido. Ciertamente éste no es un caso frecuente de problema de inventario, pero tampoco puede decirse que sea raro. Por ejemplo, un vendedor de árboles de Navidad, puede muy bien tener necesidad de hacer un pedido inicial para obtener todos los árboles que desea para la temporada. Algunos de los problemas que no son estrictamente casos de un solo pedido, no obstante son-

efectivamente así por el gran costo que ocasiona un nuevo pedido.-- Estos son, en realidad, los problemas de inventario de la capacidad de las plantas o de los salones de clase de las escuelas, en el caso de que se este estudiando el tamaño de un nuevo edificio escolar. La mayor parte de los costos que discutimos anteriormente pueden entrar en el problema de inventario estático. No obstante, existen dos diferencias entre los problemas estáticos y los dinámicos con respecto a costos que pueden hacerse notar aquí. Primero, como no hay más que un pedido, el costo del mismo permanece fijo en todas las líneas de conducta, excepto en el caso en que no se hacen pedidos absolutamente. En otras palabras: el costo del pedido es un costo fijo para todas las líneas de conducta en esos problemas y, por tanto, puede ignorarse. Segundo, es especialmente en el caso de problemas estáticos—en el de la cuestión del valor residual— donde se produce el costo por abarrotamiento.

3.2.2. PROBLEMA TIPO.

Consideramos el siguiente problema tipo: un comerciante desea tener existencias de algunos árboles de Navidad para venderlos en esa temporada. Su distribución de la demanda es la siguiente:

DEMANDA	PROBABILIDAD
1	1/20
2	3/20
3	4/20
4	8/20
5	2/20
6	2/20
	20/20

Sus costos son de $ 2.00 por árbol y lo vende a $ 6.00 paga .50 por la entrega y si al final de la temporada le sobran, como leña -- los vende en .50.

Existen 36 diferentes posibilidades (6 posibles niveles de pedidos por 6 posibles niveles de demanda), y sus costos asociados es posi-

ble representarlos en una matriz con sus costos asociados.

Nivel Pedidos	1	2	3	4	5	6	Valor Probable
1	3.50	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
2	2.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	6.75
3	.5	5.5	10.5	10.5	10.5	10.5	9.25
4	-1.0	4.0	9.0	14.0	14.0	14.0	10.75
5	-2.5	2.5	7.5	12.5	17.5	17.5	10.25
6	-4.0	1.0	6.0	11.0	16.0	21.0	9.25

Esta tabla, entonces, muestra el resultado que se obtendría de cualquier combinación de la selección de una estrategia y la circunstancia de una demanda de nivel específico.

Ahora, por supuesto, la clave del problema consiste en que no sabemos que nivel de demanda sucederá en realidad. Sin embargo, conocemos la distribución probabilística de la demanda: la probabilidad con que puede ocurrir cada nivel de demanda. Proponemos, en tal caso, calcular, para cada estrategia, el valor probable del resultado para esa estrategia, tomando como base la distribución probabilística de la demanda conocida. El valor probable, se recordará es simplemente la antigua medida aritmética de un grupo de valores. El procedimiento para calcular los valores probables es sencillo: en una estrategia determinada debemos multiplicar cada resultado posible para esa estrategia por la probabilidad correspondiente del nivel de demanda dado y sumar todos estos productos. Este es el valor probable para la estrategia. Así, en el ejemplo de nuestro comerciante

tenemos para la primera estrategia:

$$0.05(3.50)+0.15(3.50)+0.20(3.50)+0.40(3.50)$$
$$+0.10(3.50)+0.10(3.50)=3.50$$

Para la sexta estrategia tenemos:

$$0.5(-4.00)+0.15(1.00)+0.20(6.00)+0.40(11.00)$$
$$+0.10(16.00)+0.10(21.00)=9.25$$

Procediendo similarmente calculamos todos los valores probables:

PEDIDO	VALOR PROBABLE
1	$ 3,50
2	6.75
3	9.25
4	10.75
5	10.25
6	9.25

La estrategia a seguir por el comerciante dependerá de su disponibilidad a tomar riesgos. Por ejemplo, si pide 6 puede ganar 21 o perder 4. En cambio, si pide 1 gana 3,5 siempre- Existen dos estrategias comunmente conocidas como viables:

a) Minimax

Para cada estrategia se localiza el mínimo y se escoge el máximo.

1	3.5 ←
2	2.0
3	.5
4	-1.0
5	-2.5
6	-4.0

b) Valor esperado.

Se calculan los valores esperados y se escoge el máximo, en este caso la estrategia de pedir 4 unidades.

3.2.3. LA SOLUCION GENERAL.

Para este tipo de problemas existe suficiente teoría desarrollada, y aunque se requiere un poco de matemáticas, es conveniente exponerla por el uso posterior que haremos de ella.

En lo que sigue usaremos la nomenclatura expuesta a continuación:

c= costo total de una unidad.

Cu= costo de faltante de una unidad.

z= nivel de la demanda.

x= cantidad pedida.

$P(z \leq K)$= probabilidad de que la demanda sea menos o igual a K.

$E.F_x$= costo esperado por pedir la cantidad. x

Para una función contínua de probabilidad se tiene que

$$P(z=K) = \int_c^K f(z)\, dz = F(K)$$

donde $f(z)$ es una función de dencidad de probabilidad o sea la ecuación de una curva que une las probabilidades con la demanda. A el símbolo $\int_a^b$ se le conoce como la integral de "a" a "b" y es el área bajo la curva entre esos dos puntos. Asi la integral de 0 a K en una curva de probabilidades no es sino la suma de probabilidades de los valores de 0 aK o sea la Probabilidad de que la demanda sea menos o igual a K.

El costo esperado será entonces

$$E.F_x = cx + C_u \int_x^{\infty} (y-x)\, f(z)\, dz$$

y el valor de x que minimiza esta función es igual que satisface

$$F(x) = \frac{C_u - c}{C_u} \qquad \text{donde} \quad F(x) = \int_0^x f(z)\, dz$$

Supongamos, por ejemplo, que la distribución probabilística de la demanda para un problema de inventario particular de este tipo fuera la distribución normal con una media de 100 y una desviación estándar de 20. Si los costos fueran los mismos que usamos anteriormente calculamos que $F(x) = 0.9$. Consultando cualquier tabla de la

distribución normal, muestra inmediatamente que F(x) = 0.9 se obtiene en el punto 1.28 de desviación estándar superior a la media. Por tanto, debemos pedir 100 + 1.28 (20) = 125.6 unidades para minimizar el costo probable total en este caso.

Usualmente pueden incorporarse otros costos en esta clase de planteamiento en forma directa. Imaginemos, por ejemplo, que tenemos los dos costos anteriores, c y C_u, pero que además poseemos un valor de recuperación para cualesquier artículos que no se usaron de C_s por unidad. Extendiendo en forma evidente el razonamiento, nos lleva inmediatamente a la ecuación:

$$E.F._x = cx - C_s \int_0^x (x-y)\, f(y)\,dy + C_u \int_x^{\infty} (y-x)\, f(y)\,dy$$

Su derivada es:

$$\frac{d.E.F_x}{dx} = c - C_s F(x) - C_u + C_u F(x)$$

Igualando la derivada a cero se obtiene:

$$F(x) = \frac{C_u - c}{C_u - C_s}$$

El efecto del valor de recuperación es el esperado: aumentar el valor de x comparado con el mismo caso en el que no lo hay. Así en nuestro ejemplo de la distribución normal, supongamos que cada unidad tiene un valor de recuperación de \$ 50. Calculamos entonces que F(x) = \$900/\$950=0.947. Consultando una tabla de distribución normal se ve que se requiere que x=100+1.62(20)=132.4 unidades.

Nota:

En ocasiones es dificil para la administración determinar el costo de faltante. Una vuelta a este problema sera fijar F(x) o sea el nivel de servicio.

3.3. MODELOS DINAMICOS - DETERMINISTICOS (CERTIDUMBRE)

3.3.1. CARACTERISTICAS GENERALES.

La característica que define a los problemas dinámicos de inventario consiste en que es posible hacer más de un pedido. Los modelos dinámicos con certidumbre son los que se refieren a los problemas de inventario dinámicos, en los que se conoce el nivel de la demanda en el período de tiempo que abarcan. La demanda puede ser del tipo constante durante el período de tiempo dado, o puede variar, pero en uno y otro caso debe ser conocida para que este problema sea de certidumbre.

Estas características sugieren algunos de los detalles estructurales fundamentales de los análisis de inventario de esta clase. Primero, como se conoce con certeza la demanda, generalmente no hay necesidad de considerar las posibilidades de exceso ni de falta de existencias Como resultado, los dos costos correspondientes a exceso y a falta de existencias no entrarán en estos análisis. Segundo, como son posibles los pedidos múltiples, necesitamos introducir un costo de pedido que acuse los castigos debidos a haber hecho más pedidos que menos. Tercero, precisamos incluir un costo de tenencia que acuse los castigos que provienen de mantener un nivel promedio elevado de existencias en vez de uno bajo. Nuestros análisis consistirán, en forma típica, en balancear estos dos costos opuestos.

3.3.2. MODELO DE LOTE ECONOMICO CON DEMANDA CONSTANTE.

Sin duda alguna, el más antiguo y más conocido de los modelos de inventario es el que se llama modelo de lote de tamaño óptimo. La razón de su relativa antiguedad es que la misma secuela básica y la ecuación resultante son útiles para la planeación de la producción y para determinar el número óptimo de unidades que hay que producir con una instalación, con una máquina o con un proceso. Por consiguiente, los ingenieros industriales fueron los primeros en desarrollar este tipo especial de análisis. Constituye, por su sencillez, un buen punto de partida para el análisis de los problemas de inventario con certidumbre.

En esta clase de problema de inventario suponemos que la demanda por un artículo determinado, sea como fuere, es constante a pesar del tiempo y conocida. Produzcamos el artículo nosotros mismos o lo pidamos a un productor externo, existirá algún costo asociado al pedido del artículo. Si lo producimos nosotros mismos, lo podríamos llamar costo por operación. Si lo pedimos del exterior, lo llamamos costo de pedido. En cualquier caso, representaremos este costo por C_r. Además, existe un costo de tenencia asociado al tener en existencia una unidad de este artículo durante un período de tiempo determinado. En el primer capítulo discutimos los componentes de este costo de tenencia y advertimos que se puede generalmente resumir convenientemente y útilmente en la forma de porcentaje de costo de un número dado de dólares ligados al inventario por un período de tiempo especificado. Representaremos el costo de tenencia por C_c, que se expresará siempre como un porcentaje por unidad de tiempo.

Vamos a presentar la notación necesaria. Se usarán los símbolos siguientes:

z= demanda en un período de tiempo dado, en unidades.

c= costo por unidad del artículo.

C_r= costo por pedido.

C_c= costo en porcentaje por dólar en inventario para un período de tiempo dado.

x= cantidad que hay que ordenar, en unidades.

Podemos elegir cualquier período de tiempo conveniente, pero tanto z como C_c deben expresarse usando la misma unidad de tiempo. El costo por unidad del artículo c, debe incluir, por supuesto, cualesquier costos asignables por unidad debidos a gastos hechos para incorporar el artículo al inventario.

Necesitamos z unidades durante el período de tiempo. Ahora bien, podemos obtener este número de unidades valiéndonos de una gran variedad de distribuciones asignadas a los pedidos. En un extremo, podríamos ordenar todas las z unidades al principio del período. En el otro, podríamos ordenar una unidad cada vez, requiriendo así z pedidos. Evidentemente, utilizando el primer extremo disminuiríamos al mínimo el costo de hacer los pedidos, y en el segundo lo llevaríamos al máximo. Si éste fuera el único costo, no habría problema. simple-

mente haríamos un solo pedido. Ya sabemos que existe un costo opuesto que nos impide utilizar esta sencilla solución. En este problema especial es el costo de la tenencia. Vamos a investigar qué efecto produce en cada uno de estos lineamientos extremos. La figura 3.3.2.1. muestra la forma típica de diente de sierra del inventario si pedimos en cada ocasión x unidades. Como la magnitud de la demanda es constante, la cantidad en inventario, empezando en x, disminuye uniformemente hasta que llega a cero. Si estamos haciendo la planeación correcta, y no hay razón por la que no podamos hacerlo, ya que conocemos la intensidad constante de la demanda, nuestro segundo pedido llegará al almac én precisamente cuando nuestro primer pedido se ha agotado por completo. Una aplicación de geometría plana elemental es suficiente para demostrar que, con un inventario de esta forma, la cantidad promedio en existencia durante todo el período será simplemente la mitad de la cantidad ordenada, o sea x/2. Así, si ordenamos todas las z unidades inmediatamente en un solo pedido, tendremos un promedio de inventario grande durante todo el período; es decir, igual a z/2. Si pedimos una sola unidad. En otras palabras, nuestros costos de tenencia disminuyen al aumentar nuestros costos de los pedidos y viceversa. Lo que debemos hacer es disminuir al mínimo el costo total, que es igual a la suma de los costos del pedido más los costos de tenencia.

Afortunadamente, esto es extremadamente fácil hacerlo. Si pedimos x unidades cada vez, tenemos que hacer z/z pedidos durante la unidad de tiempo. Esto costará $(z/x)C_r$. Si pedimos x unidades en cada ocasión tendremos un promedio de inventario de x/2 unidades en existencia constante durante el período. Estas unidades representan (x/2) c dólares ligados al inventario y el costo de tenencia será $(x/2)cC_c$. El costo total de cualquier sistema de ordenar x unidades cada vez será por tanto,

$$\text{Costo Total} = C.T. = \frac{zC_r}{x} + \frac{xcC_c}{z}$$

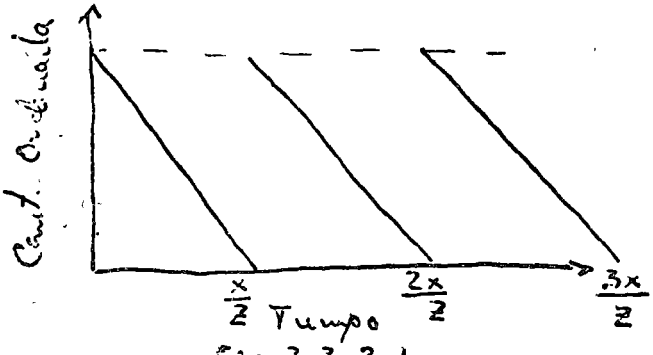


Fig 3.3.2.1

Queremos minimizarla con respecto a x, de manera que todo lo que necesitamos hacer es diferenciar con respecto a x, igualar la derivada a cero y resolver la ecuación resultante. Esto nos da el tamaño óptimo del pedido:

$$x_o = \sqrt{\frac{2zC_r}{cC_c}}$$

Vamos a ilustrar su empleo con un artículo que tiene una demanda anual de z=2,000 unidades, un costo de c=\$3, un costo de pedido de C_r=\$10 y un costo de tenencia de C_c=0.12. Podemos notar que con frecuencia se presenta el caso de que el costo del pedido es más elevado que lo que uno pudiera suponer apoyándose en un sentido común mal informado. Sustituyendo estos valores en nuestra ecuación, se obtiene x_o= 333 unidades. Lo que significa que deberán hacerse seis pedidos por año de este artículo. Igualmente podríamos haber planteado este problema usando el número de pedidos en un período de tiempo dado, n, como variable independiente. Como ya lo hemos resuelto para x_o, podemos determinar la ecuación para n directamente:

$$n = \frac{z}{x_o}$$

Podríamos también haber escrito la ecuación del costo total, expresada en meses, entre pedidos, suponiendo que el período de tiempo elegido fuera un año, como es frecuentemente el caso. Entonces tendríamos que haber obtenido el mínimo con respecto a esta variable t=meses entre pedidos. Podríamos construir la ecuación para el valor óptimo de t directamente de la ecuación para n o x_o:

$$t = \frac{12}{n} = \frac{12x_o}{z}$$

3.3.3. MODELO DE LOTE ECONOMICO CON DEMANDA VARIABLE.

Cuando se conoce la demanda con certidumbre también puede presentarse el caso de que no sea en proporción constante. Por ejemplo, las

fluctuaciones estacionales en el nivel de la producción pueden requerir que algo de la materia prima, en la que la cantidad necesaria es la función conocida del nivel de producción conocido, deberá estar disponible en cantidades variables específicas. Nos gustaría un método para determinar la política óptima para hacer pedidos para un caso como éste. Como ejemplo de este caso, vamos a suponer que tenemos las siguientes cantidades conocidas de un artículo particular que se necesitará:

MES	DEMANDA
1	60
2	50
3	30
4	0

Vamos a suponer, además, que el costo de ordenar, C_r, es de \$10; el costo de tenencia, C_c, es de 10 por ciento por mes, y que, para el artículo en cuestión el costo c=\$4 por unidad. El problema consiste en determinar la política óptima de hacer los pedidos de este artículo Precisamos hacer algunas suposiciones respecto a la forma de calcular el costo de tenencia. Suficientemente realist a para nuestro objeto, y relativamente más sencillo, será hacer la suposición de que el costo de tenencia es solamente aplicable al inventario que se traspasa de un mes al siguiente. En otras palabras, no cargaremos costos de tenencia en un mes dado a las existencias que se usan en ese mes, así, supongamos que pedimos en el primer mes 110 unidades. Al final del primer mes calcularíamos el costo de tenencia a las 50 unidades trasladadas al segundo mes, pero no a las 60 unidades utilizadas en el primer mes. También supondremos que el tiempo de entrega se conoce con certeza y que todos los pedidos se harán de manera que se entreguen el primer día del mes. Esta no es una suposición particularmente restrictiva porque, si no es satisfactoria, necesitamos únicamente presentar nuestros datos en forma semanal ,por ejemplo, y seguir el mismo procedimiento que vamos a exponer.El método de programación dinámica que vamos a usar no suena muy grandilocuente cuando se resume en palabras, ya que consiste en un procedimiento para probar todas las políticas posibles de hacer pedidos

y escoger la mejor. Sin embargo, la esencia del método es un procedimiento lógico, por medio del cual tenemos en realidad sólo que calcular un pequeño subgrupo de todas las políticas posibles con objeto de encontrar la mejor. Es la enorme economía de cálculos que resulta de la programación dinámica la que hace factible este algoritmo. Supongamos que estamos en el mes 4, en este caso se terminó el negocio y nuestra política óptima sería no pedir nada. Si representamos por x(N) la cantidad que se debe pedir en el mes N, tendremos entonces que X(4)=o.

En el mes 3, la cantidad pedida dependerá de lo que tuviéramos en inventario al principio del mes. Así si tuviéramos 20 unidades, tendríamos que pedir 10 con un costo de $ 10.00 por ordenar más $ 4.00 por unidad.

Si a esto le sumamos el costo de haber tenido el inventario o sea el 10% del valor del inventario, en este caso 20x4x.1=8.00, tendremos el costo todal de 58.00. De la misma forma podemos calcular el costo para los otros diferentes niveles. Por comodidad consideramos sólo múltiplos de 10 y en forma de tabla sería:

INVENTARIO	COSTO DE LA POLITICA OPTIMA
0	130.00
10	94.00
20	58.00
30	12.00

En el mes 2, ocurrirá una cosa similar. Así por ejemplo, supongamos que iniciamos el mes con 20 unidades en inventario. Tenemos que almenos pedir 30 unidades más ya que la demanda del mes es de 50. Sin embargo, podemos pedir 10 más y guardarlas de inventario para el mes tres siendo nuestro costo el siguiente:

	Inventario	8.00
	Pedido	10.00
	Costo	160.00
		178.00
+	Costo de iniciar el mes 3 con 10 unidades de inventario	94.00
		272.00

En forma de tabla tendríamos lo siguiente:

Inventario	Pedido									OPTIMOS	
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	Política	Costo
0	-	-	-	-	-	340	344	348	342	80	342
10	-	-	-	-	304	308	312	306	-	40	304
20	-	-	-	268	272	276	270	-	-	30	268
30	-	-	232	236	240	234	-	-	-	20	232
40	-	196	200	204	198	-	-	-	-	10	196
50	150	164	168	162	-	-	-	-	-	0	150
60	118	132	126	-	-	-	-	-	-	0	118
70	86	90	-	-	-	-	-	-	-	0	86
80	44	-	-	-	-	-	-	-	-	0	44

Similarmente para el mes uno podríamos construir la siguiente tabla, conociendo que el inventario inicial es cero:

PEDIDO	COSTO	
60	592	
70	594	
80	598	
90	602	
100	606	
110	600	← óptimo
120	608	
130	616	
140	614	

Analizando nuestros resultados vemos que la política a seguir sería pedir en el primer mes 110 unidades y llegar al segundo con 50 de inventario. Pedir en el segundo cero unidades y llegar sin inventario al tercer mes para en este último pedir los 30 restantes con un costo total de 600.

Con este ejemplo, intentamos indicar el poder de la programación dinámica para este tipo de problemas, algoritmo que nos dá la solución final y soluciones intermedias a la vez. Este Método

es lo suficientemente general para usarse aún en el caso de demandas estocásticas pero ello se comentará mas adelante.

3.3.4. CUANDO SE TRATA DE MAS DE UN ARTICULO: CURVA DE LA POLITICA OPTIMA.

Volvamos a la discusión del modelo básico de lote de tamaño óptimo, pero ampliando al caso en el que hay varios artículos para los que deben mantenerse inventarios. Este, por supuesto, es el caso más típico. Muy pocas organizaciones tienen que conservar en inventario un solo artículo, y al crecer las organizaciones, la tendencia se decide marcadamente en la direccion de enormes números de artículos que deben sostenerse en existencia. Algunas organizaciones numeran las unidades que mantienen en existencia en cientos de miles. Queremos ver si la existencia de una multitud de artículos cambia los problemas, añade otros nuevos o aumenta la amplitud de variación de las posibles soluciones a los problemas.

A primera vista, parece que no hay razón para esperar cambios simplemente por causa de la existencia de un gran número de artículos en el inventario. La ecuación que deducimos para la cantidad óptima que hay que pedir no contenía ningún término en el que apareciera el número de artículos en el inventario ni en nuestro razonamiento surgió esta cuestión. Además, es evidente que puede aplicarse la misma ecuación a cada artículo, usando los datos para cada uno de ellos, y que se determinaría la cantidad óptima de cada artículo que hay que pedir por medio de la ecuación. La suma de las políticas óptimas para cada artículo representaría la mejor solución total al problema de inventario. Por tanto, no hay razón para esperar que haya que cambiar nuestro análisis por la suposición del gran número de artículos.

Las nuevas posibilidades surgen en conexión con el problema de medir los costos que se requieren en la ecuación del tamaño de lote óptimo. Necesitaremos un ejemplo ilustrativo. Supongamos que una compañía mantiene inventarios de cinco artículos. La demanda anual, Z_i, y el costo por unidad, C_i, para estos artículos son:

ARTICULO	Z_i	C_i
1	600	$ 3
2	900	10
3	2,400	5
4	12,000	5
5	18,000	1

Típicamente, si llamaran a uno a hacer un estudio de este problema de inventario de una compañía, se encontraría con que ésta estaba usando algún sistema para hacer pedidos, tal como el de pedir cada artículo una vez al mes. Suponiendo que éste sea el caso, podemos calcular el número de pedidos por año y el promedio de inventario que resulta:

ARTICULO	PEDIDOS POR AÑO	PROMEDIO DE INVENTARIO
1	12	$ 75
2	12	375
3	12	500
4	12	2,500
5	12	750
	60	$4,200

de donde puede calcularse fácilmente el promedio de inventario de $(Z_i C_i)/24$.

Si ahora se nos dice que el costo de pedido para esta compañía es de $10 por pedido y el costo de tenencia 12 por ciento al año, podemos calcular el costo total de la política ordinaria de la compañía para hacer pedidos:

$$T.C_{ord.} = 60(10) + 0.12(4,200) = \$1,104$$

Sabiendo que C_r = y que C_c=0.12, podemos fácilmente calcular la política óptima para cada uno de los artículos. Emplearemos la expresión para el tamaño del pedido enunciado en dólares en vez de unidades:

$$X_{i\$} = \sqrt{\frac{2C_i Z_i C_R}{C_c}}$$

Usando esta expresión, podemos calcular rápidamente:

ARTICULO	TAMAÑO OPTIMO DEL PEDIDO EN DOLARES	PEDIDOS POR AÑO
1	$ 548	3.28
2	1,225	7.35
3	1,414	8.49
4	3,162	18.98
5	1,732	10.39
	$ 8,081	48.49

donde los pedidos por año se calculan directamente de $(Z_i C_i)/X_{i\$}$. - Como el pr-medio de inventario por cada artículo es simplemente la-mitad del tamaño del pedido en dólares, podemos inmediatamente de - terminar el costo total de la política de hacer pedidos que hemos - calculado:

$$T.C_{ópt} = 10(48.49) + 0.12(4,040) = \$970$$

Podrá verse que la utilización de nuestra ecuación para la política óptima ha dado por resultado una disminución en los costos totales- de $ 134 o, aproximadamente, el 12 por ciento.

Supongamos ahora que existen graves dificultades en el procedimiento para medir los dos costos necesarios para determinar la política óptima de hacer pedidos en la compañía. La política que existe en - la compañía produce un promedio de inventario de $ 4,200 y hace 60- pedidos al año. Ahora, sin saber nada respecto a C_r o C_c, podemos - razonar ciertamente que si nos es posible reducir el inventario y - mantener el mismo número de pedidos por año hemos mejorado la posición de la compañía. Lo que deberá ser cierto, cualesquiera que se - an los costos que intervengan. Proponemos, entonces, ver si podemos disminuir la inversión en el promedio de inventario conservando al- mismo tiempo fijo el número de pedidos en 60. Si nos es factible hacer esto, habremos mejorado la situación, aun cuando no podamos determinar la magnitud real de la economía. Deseamos minimizar el inventario sujeto a la restricción de que el número total de pedidos- por año sea 60. La expresión total para todo el inventario es:

Promedio total de inventario = $T.I = \sum_i \frac{x_i c_i}{2}$

Deseamos:

Total de pedidos = $T.O. = \sum_i \frac{z_i}{x_i} = 60$

Formamos la expresión lagrangiana:

$$L = \sum_i \frac{x_i c_i}{2} + \lambda \left(\sum_i \frac{z_i}{x_i} - 60 \right)$$

e igualando las derivadas a cero:

$$\frac{\partial L}{\partial x_i} = \frac{c_i}{2} - \frac{\lambda z_i}{x_i^2} = 0$$

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda} = \sum_i \frac{z_i}{x_i} - 60 = 0$$

Despejando queda que

$$x_i = \sqrt{2\lambda} \sqrt{\frac{z_i}{c_i}}$$

$$\lambda = \frac{\left(\sum_i \sqrt{z_i c_i} \right)^2}{7,200}$$

Hemos ya determinado $\sum_i \sqrt{z_i c_i}$ para estos datos, de manera que calculamos directamente

$$\lambda = 54.42$$

y obtenemos

$$x_{is} = x_i c_i = \sqrt{2\lambda} \sqrt{z_i c_i} = 10.43 \sqrt{z_i c_i}$$

Esta da:

ARTICULO	TAMAÑO DEL PEDIDO	PEDIDOS POR AÑO
1	442.70	4.07
2	989.80	9.09
3	1,142.80	10.50
4	2,554.90	23.48
5	1,399.30	12.86
	6,529.50	60.00

El inventario es igual a la mitad del tamaño del inventario en dólares o $ 3,265. El número de pedidos es el mismo de 60, que es nuestra restricción, y el inventario se ha reducido en $ 935, o el 22.3 por ciento de esta cantidad, con la política ordinaria. Esta es la inversión mínima en inventario posible con 60 pedidos al año. La disminución en la inversión de inventario se ha obtenido redistribuyendo los pedidos entre los artículos en forma óptima. No podemos, por supuesto, determinar lo que esta reducción de inventario vale para la compañía, porque no conocemos el valor de C_c.

El éxito que hemos tenido en este análisis sugiere inmediatamente el razonamiento inverso correspondiente. ¿Porqué no mejorar la posición de la compañía sin hacer caso de los costos, 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.I. y T.O. son las mismas que antes, pero sus papeles están invertidos. Queremos minimizar

$$T.O = \sum_i \frac{z_i}{x_i}$$

sujeta a:

$$T.I = \sum_i \frac{x_i c_i}{2} = 41,200$$

la expresión lagrangiana $L = \sum_i z_i/x_i + \lambda\left(\sum_i \frac{x_i c_i}{2} - 41200\right)$

derivando e igualando a cero, después de despejar encontramos que:

$$x_i = \sqrt{\frac{2z_i}{\lambda c_i}}$$

$$\lambda = \left(\sum_i \sqrt{z_i c_i}\right)^2 / 35280000 = 0.011111$$

y $x_{io} = 13.42\sqrt{z_i c_i}$

Por tanto, calculamos:

ARTICULO	TAMAÑO DEL PEDIDO EN DOLARES	PEDIDOS POR AÑO
1	$ 569.40	3.16
2	1,273.10	7.07
3	1,469.90	8.16
4	3,286.40	18.26
5	1,800.00	10.00
	$ 8,398.80	46.65

El promedio de inventario permanece en $ 4,2-0, redondeando los errores, mientras que el total de pedidos por año se ha reducido a 46.65, una economía de 13.35 pedidos por año, o 22.3 por ciento de los pedidos, utilizando la política ordinaria. Esta política es la que tiene el mínimo del total de pedidos de todas las políticas, que darían un promedio de inversión en inventario de $ 4,200. Se notará que el porcentaje de economía es el mismo en ambos casos: 22.3 por ciento. Esto sucederá siempre. La pregunta de cuál de estas dos políticas mejoradas es la preferible no puede contestarse sin conocer los costos relevantes. Sin embargo, cualquiera de ellas puede economizar dinero a la compañía, aunque no podamos calcular cuánto.

Ahora tenemos calculadas dos políticas óptimas diferentes bajo restricciones distintas y calculamos la política original óptima para los valores supuestos de C_r y de C_c. Estudiando cuidadosamente estas tres políticas óptimas se percibe una uniformidad fundamental entre ellas. Lo que puede verse en la tabla siguiente:

POLITICA	INVENTARIO TOTAL	PEDIDOS POR AÑO	PRODUCTO (T.I.)(T.O.)
Optima C_r=$10, C_c=$ 0.12	$ 4,040	48.49	195,900
Optima; Pedidos =60	3,265	60	195,900
Optima; Inventario=$4,200	4,200	46.65	195,930

Todos los productos de T.I. por T.O. son iguales a un valor constante, dentro de la aproximación a la que fueron redondeadas las cantidades.

Repasando las ecuaciones para $X_{i\$}$ que usamos para determinar las políticas óptimas para hacer pedidos en cada uno de los tres casos, vemos que en cada uno de ellos tenemos

$$X_{i\$} = K\sqrt{z_i c_i}$$

Por supuesto, K difiere en los ~~cuatro~~ tres casos, pero siempre se determinó de los costos, C_r y C_c o de . Posiblemente ésta es la razón de la aparición de en el producto constante de T.I. y T.O. No obstante, en vez de proseguir en esta forma de razonamiento, tomaremos una ruta diferente que nos lleve a la misma meta. Vamos a escribir la expresión para T.I., expresada en función de la $X_{i\$}$ óptima, como se precisó en el modelo del lote de tamaño óptimo:

$$T.I. = \sum_i \frac{X_{i\$}}{2} = \sum_i \frac{1}{2}\sqrt{\frac{z_i c_i C_r}{C_c}} = \sqrt{\frac{C_r}{C_c}}\sum_i \sqrt{\frac{c_i z_i}{2}}$$

Igualmente, la expresión para T.O. es,

$$T.O. = \sum_i \frac{z_i c_i}{X_{i\$}} = \sqrt{\frac{C_c}{C_r}}\sum_i \sqrt{\frac{c_i z_i}{2}}$$

Estas dos expresiones son válidas para cualesquier valores de C_r y C_c; sustituyendo cualquiera de los valores dados y los datos sobre $Z_i C_i$, darán el óptimo total de inventarios y la totalidad de pedidos por año. Ahora lo interesante respecto a estas dos expresiones es que cuando se multiplican entre sí dos costos, C_r y C_c, se anulan y nos queda:

$$(T.I.)(T.O.) = \tfrac{1}{2}\left(\sum_i \sqrt{z_i c_i}\right)^2$$

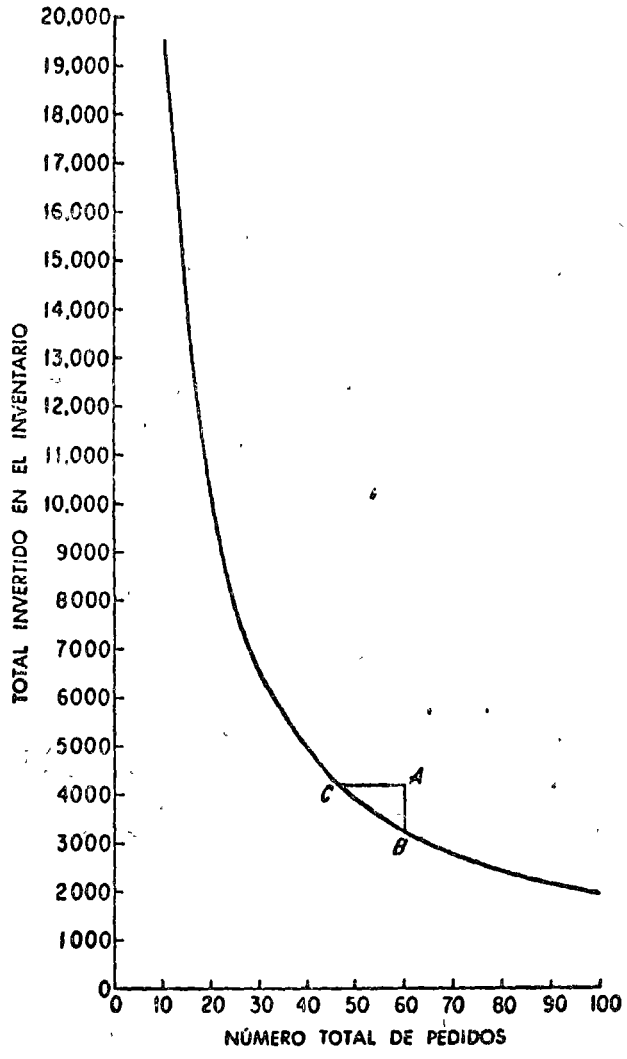
que es exactamente el producto constante que ya habíamos descubierto empíricamente de nuestras políticas óptimas.

Nuestro razonamiento nos proporciona el medio de usar un recurso que puede ser de la mayor utilidad al ejecutivo para establecer políticas de inventario bajo circunstancias donde es difícil o imposible obtener estimaciones satisfactorias de los costos relevantes. A este recurso se le llama curva de la Política óptima. La base de esta curva es precisamente el producto constante, (T.I.)(T.O.), que según ya vimos es siempre cierta, para un grupo dado de datos, para la política óptima de cualquier combinación de valores de C_r y C_c. Podemos hacer una gráfica de esta curva, usando la inversión total en el inven

tario como ordenadas y el número total de pedidos como abscisas. ~~La ecuación (T.I.)(T.O.), que según ya vimos es siempre cierta para un grupo dado de datos, para la política óptima de cualquier combinación de valores de C_r y C_c. Podemos hacer una gráfica de esta curva, usando la inversión total en el inventario como ordenadas y el número total de pedidos como abscisas~~. La ecuación (T.I.)(T.O.)=K es la de una hipérbola. La figura 3.3.4. muestra esta hipérbola, que es la curva de la política óptima, para los datos de nuestro ejemplo. Todos los puntos de esta curva representan la política óptima para alguna relación de C_r a C_c; específicamente, la relación para cualquier punto de la curva se obtiene con (T.I.)(T.O.). Además, todas las políticas óptimas posibles están representadas por algún punto de la curva.

Por medio de esta curva podemos resumir nuestro razonamiento. El punto A es la política ordinaria de la compañía. Su irracionalidad está indicada por el hecho de que no queda en la curva. Cuando asegurábamos que podíamos mejorar la posición de la compañía, manteniendo el número de pedidos en 60 y reduciendo la inversión en inventario estábamos diciendo simplemente que corriendo una paralela al eje de las T.I., del punto A hasta cortar la curva de la política óptima en B, debemos estar mejorando la situación. Cuando mantuvimos el inventario fijo en $ 4,200, trazamos una paralela al eje de los T.o., de A hasta cortar la curva de la política óptima en C. Esto, evidentemente, debe también mejorar la posición de la compañía.

Sin embargo, la curva de la política óptima puede ser mucho más útil que una analogía geométrica con un razonamiento matemático ya terminado. Proporciona un medio al ejecutivo de utilizar sus conocimientos y experiencia en circunstancias en las que este conocimiento y experiencia no pueden transformarse en estimaciones de costos. Así la curva de la política óptima muestra al ejecutivo exactamente cómo pueden cambiarse los pedidos y las inversiones en inventarios en unos por otros. Por ejemplo, puede verse inmediatamente que para reducir la inversión en inventario de $3,000 a $ 2,000, se necesitará aumentar el número de pedidos por año de aproximadamente 65 a cerca de 99 Para disminuir el número de pedidos por año de 40 a 30 se requiere aumentar la inversión en inventario en $ 1,600. El ejecutivo, que



Curva de la Política Optima.

tiene el conocimiento íntimo de las circunstancias de la compañía, puede con frecuencia determinar rápidamente en la curva el punto que corresponde a la compañía sin necesidad de convertir sus conocimientos sobre la forma de almacenar y sobre costos de pedidos en algo que a menudo solamente hacen mal, si es que hacen algo. La curva de la política óptima, entonces, es el recurso más valioso para los casos difíciles que ocurren a cada instante, para los cualres no se dispone de estimaciones satisfactorias de los costos relevantes.

3.4. MODELOS DINAMICOS - ESTOCASTICOS.

3.4.1. CARACTERISTICAS GENERALES.

Los problemas de inventarios dinámicos con riesgo se caracterizan por dos detalles: existe la posibilidad de varios pedidos y se conoce la distribución probabilística de la demanda. Es evidente que los problemas dinámicos con riesgo o con incertidumbre incluyen la gran mayoría de problemas de inventario prácticos. Todos los artículos que se usan regularmente en un período de tiempo razonable caerán en esta categoría, a menos que se conozca la demanda con certidumbre, lo que es relativamente poco frecuente.

Todas las clases principales de costos pueden ocurrir en este tipo de problema de inventario. Interviene el costo de los pedidos porque es posible que haya alternativas en las frecuencias empleadas para hacer pedidos. Como la otra mitad de esta posibilidad de variar la frecuencia de los pedidos tenemos los costos de tenencia. Como en la demanda existe una distribución probabilística, hay la posibilidad de no tener existencias suficientes. Por tanto, en nuestras ecuaciones deberá intervenir el costo por falta de existencia. En algunos problemas de este tipo, especialmente en artículos con una demanda excepcional por temporada, existirá la correspondiente probabilidad de un exceso de existencias con su consecuente costo. Sin embargo, para muchos artículos no habrá ninguna necesidad de introducir un costo de exceso de existencias porque existe demanda para un período de tiempo esencialmente ilimitado.

Un detalle fundamental nuevo de esta clase de problema de inventario debe hacerse notar explícitamente. Se refiere a que, por primera vez es importante la cuestión del retraso del tiempo entre el pedido y la entrega. En los modelos anteriores puede haber existido el retraso en el tiempo, pero o nada se podía hacer respecto a él, o mediante un ajuste de compensación sencillo y evidente se tomaba en cuenta. En uno y otro caso no producía problema teórico. Este no es el caso con los problemas de inventario dinámico con riesgo. Como ilustración de este hecho puede verse que no existe posibilidad de falta de existencias — a menos que se acepte deliberadamente— en la que no haya retraso entre el pedido y la entrega del artículo. Así como el costo de los pedidos es bajo, no habrá necesidad alguna de tener reservas en existencia porque cualquier faltante puede suplirse con otro pedido. Por consiguiente, en esta clase de problema de inventario el retraso en tiempo debe tomarse en cuenta categóricamente.

Una gran proporción de los análisis matemáticos más complejos que hay en la literatura se dedican a una u otra variante de esta clase general de problema de inventario. No podemos esperar presentar discusiones de todos los modelos que se han inventado, ya que, aunque el espacio lo permitiera, el nivel de las matemáticas que sería necesario emplear en muchos casos sobrepasaría el nivel de las limitaciones que nos hemos impuesto para este curso. Nos contentaremos con la meta más modesta de presentar los procedimientos fundamentales y sugerir algunas advertencias respecto a la aplicabilidad de varios de los métodos más avanzados.

3.4.2. EL SISTEMA Q DE CONTROL DE INVENTARIOS.

El sistema Q tiene un tamaño fijo para el pedido y un período variable para los pedidos. El procedimiento consiste en que cuando las existencias disminuyen a un cierto nivel mínimo, que se deduce del tiempo de retraso entre el pedido y la entrega del artículo, se hace automáticamente un pedido por la cantidad fija predeterminada. Las fluctuaciones en la demanda las acusan las variaciones resultantes en el tiempo entre pedidos. Trataremos ahora de descubrir de qué forma tan óptimo sistema puede precisarse para un artículo determinado-

Uno de estos sistemas está completamente especificado conociendo el tamaño del pedido y el nivel mínimo de existencias que representa la señal para hacer un pedido. Debemos encontrar medios para definir estos factores. Como estas fluctuaciones se absorben variando el período entre pedidos, se deduce que no hay necesidad de almacenar existencias de reserva para afrontar dichas fluctuaciones. Dejando aparte el tiempo de retraso por un momento, necesitamos solamente pedir la cantidad necesaria para satisfacer el promedio de la demanda para el período entre pedidos. Si las fluctuaciones en la demanda agotan estas existencias con más rapidez, entonces simplemente nos limitamos a hacer el próximo pedido de manera más rápida. Por tanto, no hay necesidad de tener existencias de reserva para hacer frente a estas fluctuaciones. Esto no es cierto para el tiempo del período de retraso, porque el pedido, antes de ahora, ya está colocado cuando el período de retraso comienza, y cualquier demanda en este período sólo puede cubrirse con las existencias que se tienen a la mano. Por consiguiente, debe haber existencias de reserva que absorban cualesquier fluctuaciones de la demanda durante el período de retraso. Finalmente, notamos que, aunque varíe el período entre pedidos como respuesta a la fluctuación de la demanda, todavía persiste la condición de que el promedio de los períodos en que se hacen los pedidos se determina inmediatamente por el tamaño fijo de los mismos. Esto es evidentemente cierto, ya que el promedio de la demanda para cualquier pedido, digamos de un año. se conoce, y si lo dividimos entre el tamaño del pedido fijo obtendremos el promedio del período entre pedidos.

Lo que nos sugiere un procedimiento muy sencillo para determinar la política deseada. Usemos la fórmula del tamaño óptimo del lote para el promedio de la demanda para señalar el número óptimo de pedidos por año y por ende el volumen del pedido fijo. Entonces podemos precisar separadamente las existencias de reserva óptimas para el período de retraso por los métodos empleados en los problemas de inventario estático con riesgo. ¿Cómo funcionarían? Como ejemplo, tomaremos un artículo con demanda semanal de distribución normal con una media de $\bar{z}=50$ y desviación estándar de $s=5$. Supondremos que el tiempo de retraso (llamado también tiempo de adelanto) entre el pedido y la entrada es de tres semanas. Para nuestros datos de los costos daremos por sen

tado que el costo del pedido, C_r, es de \$10 y el costo de tenencia- C_c, es de 12 por ciento y que el precio del artículo ór unidad es - de \$ 5. Esto es suficiente para la primera parte de nuestro cálculo. La demanda anual para este artículo es simplemente 52(50)=2,600 unidades. Usando la ecuación del tamaño óptimo del lote, deducida en el capítulo 4, podemos decidir en seguida el tamaño del pedido:

$$x_c = \sqrt{\frac{2(10)(2600)}{5(0.12)}} = 294.40$$

Este, entonces, sería el tamaño fijo del pedido y podríamos inmediatamente determinar el número de pedidos por año, ya que es igual a- 2,600/294.4=8.83

Para este tiempo de adelanto de tres semanas entre el pedido y la - entrega necesitamos 150 unidades para sarisfacer el promedio de la- demanda. Esto, sin embargo, ya forma parte del sistema, en el sentido de que únicamente haremos el pedido tres semanas antes para tomar en cuenta el retraso. Todavía no forma parte del sistema la necesidad de tener existencias de reserva para satisfacer las fluctuaciones de la demanda durante el período de tiempo de adelanto. La distribución probabilística de la demanda durante el período de las tres semanas- se hace de acuerdo con la discusión que hicimos en la sección anterior. Como la demanda tiene una distribución normal durante una semana, estamos al tanto de que la distribución de la demanda será normal durante tres semana. Específicamente, en nuestro ejemplo la distribución en tres semanas será normal, con una media de 150 y una desviación estándar de $s' = 5\sqrt{3} = 8.66$. Para nuestro ejemplo actual, vamos a suponer que la administración ha establecido una norma de funcionamiento que requiere que solamente haya una oportunidad en un millar que - tenga falta de existencias. De las tablas de la distribución normal - descubrimos inmediatamente que esta norma exige un margen de seguridad o de reserva en existencia de 3.085 s. En nuestro caso, esto significa que necesitamos 3.08(8.66)=26.7 unidades en reserva durante el período de retraso. En otras palabras, las necesidades totales para - el tiempo del período de adelanto es de 150 unidades para el promedio de la demanda y 27 unidades para la reserva; o sea, un total de 177 - unidades. Esta, entonces, es nuestra cantidad mínima de existencias - que sirve como señal para hacer un pedido. Siempre que la existencia-

baje a 177 unidades de inmediato pedimos 294 unidades. Este es nuestro sistema Q para el artículo en cuestión.

Ahora vamos a calcular el costo total del sistema que hemos elaborado . Hay un promedio de 8.83 pedidos por año a un costo de $88.30. - Las unidades de reserva algunas veces se gastarán parcial o totalmente en el período de tiempo de adelanto, pero con frecuencia el tiempo de adelanto terminará con más de 27 unidades en existencia. Por tanto, como promedio, las existencias de reserva se tendrán todo el año. Esto costará 27(5) (0.12)=$16.20. El costo de tenencia para el promedio de la demanda será s-mplemente la mitad del tamaño del p edido - casi perpetuo o a un costo de 147(5)(0.12)=$88.20. Así, el costo total será de $ 192.70. Por supuesto, como no nos arrogamos conocer - C_u, no podemos calcular el costo por falta de existencias. Se presume que la administración lo maneja satisfactoriamente por la organización estándar establecida por ella.

Este, entonces, es el procedimiento general para determinar un sistema Q óptimo. Como se verá en la siguiente sección, donde discutimos el sistema P, el sistema óptimo Q es por lo regular menos costoso - que el sistema óptimo P. para el mismo artículo.

3.4.3. EL SISTEMA P DE CONTROL DE INVENTARIO.

En el sistema P de control de inventarios existe un período fijo para hacer pedidos, pero puede variar el tamaño de éstos. El procedi - miento es de intervalos periódicos ——determinándose el período analíticamente——; se revisa la cantidad en el inventario y se hace un pedido. La cantidad que debe estar a la mano ya la órden se determina del análisis, de manera que la cantidad del pedido se fija directamente restando la cantidad a la mano de este total predeterminado. Incidentalmente, cuando resulta que el período para hacer pedidos se hace más corto que el período del tiempo de adelanto, el inventario debe contarse como si se incluyeran unidades a la mano, además de - unidades pedidas, pero que todavía no se han entregado. Este procedimiento debe seguirse, obviamente, en el caso del sistema Q El sistema P está completamente determinado cuando se sabe cuál es el período para hacer pedidos y cuál es la cantidad que debe tenerse a la mano y la que debe pedirse. Estos, entonces, son los dos parámetros-

que debemos descubrir así como definirlos analíticamente.
La diferencia fundamental entre los sistema P y Q es que para el - primero todas las fluctuaciones en la demanda deben tomarse en cuenta al determinar las existencias de reserva. Como el período para - hacer pedidos no es flexible, cualquier fluctuación en la demanda - debe satisfacerse con las existencias que se tienen para ese objeto. En el sistema Q necesitamos existencias de reserva solamente para - el tiempo del período de adelanto. En el sistema P la situación es- más compleja. Primero, es obvio que para el sistema P es preciso - mantener existencias de reserva como protección contra las fluctuaciones durante el período para hacer pedidos. En el sistema Q se - absorben estas fluctuaciones producidas por las variaciones en el - período para hacer pedidos y, por tanto, no se requiere existencias de reserva para este objeto. Segundo, a pesar de todo, existe el hecho de que no será suficiente tener existencias de reserva en el - sistema P basándose únicamente en el período para hacer pedidos.
Debido a las complicaciones matemáticas que se producen al considerar estas interacciones se acostumbra hacer una simplificación en - la práctica que seguiremos en todos los casos en los que tratemos - de sistemas P. Esta simplificación consiste en suponer que se obtendrá un sistema satisfactorio si calculamos las existencias de reserva para el período entre pedidos, más el tiempo de adelanto, en vez de hacerlo sólo para el período entre pedidos. Como primera aproximación para obtener un sistema P óptimo podemos proceder como lo hicimos para el sistema Q: usando la fórmula para el tamaño óptimo del- lote con el fin de determinar el período óptimo entre pedidos y luego utilizar esencialmente los métodos del análisis del inventario - estático para precisar la cantidad óptima que debe pedirse. Este método no nos dará una aproximación tan buena como en el sistema Q, - porque aquí la interación entre las dos variables es mucho mayor. - Sin embargo, es más fácil hacerlo y generalmente representa una mejora considerable respecto a la política típicamente intuitiva de - inventario usada por las compañías en lugar del análisis. Por tanto- se emplea con frecuencia el sistema aproximado aunque no sea el óptimo.

Como ejemplo de esta aproximación usaremos el mismo artículo que en la sección anterior. Para este artículo determinamos con la fórmula del tamaño óptimo del lote que el período entre pedidos debe ser de 5.89 semanas (8.83 pedidos por año). Deseamos fijar las existencias de reserva para el período entre pedidos más el tiempo de adelanto que es de tres semanas. Lo que significa que necesitamos conocer la distribución de la demanda para 5.89+3=8.89 semanas. Como una aproximación razonable de los costos de tenencia podemos suponer que las existencias de reserva para el período entre pedidos por r, deseamos encontrar la r que haga mínima la ecuación del costo total. Los costos de tenencia por año serán, rcC_c. Primero supondremos que los costos por faltantes de existencias son constantes, cualquiera que sea el número de unidades faltantes. Entonces podemos escribir:

$$T.C_r = rcC_c + nK\int_{\bar{z}+r}^{\infty} f^t(y)\,dy$$

en la que $f^t(y)$ = t-ésima convolución de $f(y)$,

t = período entre pedidos más el tiempo de adelanto expresado en múltiplos del período básico para el que se conoce $f(y)$

n = número de pedidos al año,

K = costo fijo por falta de existencias,

$\bar{z}$ = promedio de demanda para el período entre pedidos.

Para minimizarla con respecto a r procederemos como de costumbre

$$\frac{dT.C_r}{dr} = cC_c - nKf^t(\bar{z}+r) = 0$$

o,

$$f^t(\bar{z}+r) = \frac{cC_c}{nK}$$

Para nuestro ejemplo $f^t(y)\,dy$ es simplemente la función de frecuencia normal, con una media =8.89(50)=444.5 y una desviación estándar= $5\sqrt{8.89}$=14.91. Para nuestros datos deseamos

$$f^{8.89}(\bar{z}+r) = \frac{0.60}{8.83(168.1)} = 0.000404/2$$

Consultando las tablas de la distribución normal se ve que esta ecuación está resuelta para r=2.90(14.91)=43.2. Lo que significa que para este artículo y con esta aproximación la cantidad de que se dis -

pone después de la llegada de un pedido debe tener un promedio de - 294.5+43.2=337.7. Así,cada 5.89 semanas debe revisarse el inventario de este artículo. Cada vez que revisemos el estado de las existen - cias habrá incluidas en ellas 150 unidades para satisfacer el promedio de la demanda en el período de adelanto. Lo que no debe afectar el hecho de que deseamos 331 unidades en existencia al arribo de cada pedido. Por tanto, nuestra regla es pedir la diferencia entre - 481 unidades y las existencias disponibles en cada revisión. El efecto de esta regla será que ordenaremos algo menos si las fluctuaciones de la demanda han sido en el sentido de la menor demanda y algo mayor en el otro caso. Esto, por supuesto, es la esencia del sistema P. Si el costo total de este procedimiento se calcula, se encuentra que es $ 205.10, en comparación con el total correspondiente de $194.44 del costo anual del sistema Q óptimo. Como era de esperarse el costo del sistema P es algo más elevado.

Igualmente bien podemos introducir un costo unitario por falta de - existencias, C_u, en nuestro análisis aproximado. Usando la misma notación que antes, tenemos:

$$T.C_a = r\,c\,C_c + u\,C_u \int_{\bar{z}+r}^{\infty} (y-\bar{z}-r)\, f^t(y)\,dy$$

e igualando a cero la derivada con respecto a r da:

$$F^t(\bar{z}+r) = 1 - \frac{c\,C_c}{u\,C_u}$$

Esta es una ecuación fácil de resolver. Por ejemplo, supongamos que el costo unitario por faltade existencias, C_u, es de $10 para el - artículo que estamos considerando. Sustituyendo nuestros datos en - la expresión anterior se obtiene:

$$F^t(\bar{z}+r) = 0.9932$$

Consultando las tablas de la distribución normal se ve que debemos- tener r=2.47(14.91)=36.8 y el resto del razonamiento se hará como - el anterior.

3.4.4. Políticas Optimas de Inventarios.

El estudiante podrá haberse dado cuenta que lo anterior que hemos venido haciendo, es calcular la política óptima de inventario dada una regla de conducta determinada a seguir. Osea dado que seguimos una regla tipo Q, la pregunta que nos hemos venido haciendo es cuál es la política óptima a seguir para un conjunto de datos dados. Pero esto no quiere decir que sin restricciones de ninguna clase sea esta la mejor política. Tal vez lo sea, desde un punto de vista práctico, por la facilidad de su control administrativo, más no desde el punto de vista de un análisis matemático riguroso, para ello tendríamos que hacer uso nuevamente de la Programación Dinámica en su forma estocástica y este tema sale de los alcances del curso. Baste mencionar la existencia de esta posibilidad aunque en términos prácticos a la fecha no haya pasado de ser un tema de gran interés en la Investigación de Operaciones y un coto de caza preferido para tesis y otros trabajos relacionados. Es posible que con el uso cada vez más generalizado de las computadoras y su menor costo esto pase a ser la herramienta común de las empresas, ya que de la misma forma empezaron todas las teorías y modelos anteriores y su uso se ha generalizado en todo el mundo.

centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam

LOGISTICA Y MANEJO DE MATERIALES

3. PLANEACION Y CONTROL DE INVENTARIOS

3.2 CONTROL DE INVENTARIOS

ING. GUILLERMO HESSELBACH MORENO

Marzo, 1976

Palacio de Minería
Tacuba 5, primer piso. México 1, D. F.
Tels.: 521-40-23 521-73-35 512-31-23

CONTROL DE INVENTARIOS

INTRODUCCION :

Siempre que se tiene un inventario, se hace necesario un control que indique si se comporta como debiera en sus diferentes parámetros previamente establecidos.

Los objetivos del control de inventarios son en forma general :

- Ayudar a administrar los activos de la empresa en forma eficiente
- Ayudar a conocer la posición financiera de los inventarios
- Proporcionar información para la valoración de los resultados periódicos de la empresa

Como comentario adicional para enfatizar la importancia de un buen control de inventarios, conviene recordar que en la actualidad el costo del dinero, que se maneja, está siendo cada vez más alto y que los activos de cualquier empresa constituyen uno de sus renglones más importantes. Además que cuando un inventario no se conserva en los niveles adecuados, aparte de provocar un costo financiero inútil, acarrea fuertes problemas en las areas operativas de producción y ventas. Por otra parte, cuando no se tiene un buen control de inventarios, que incluya un sistema de señalación a priori, es fácil que se incurra en un desbalanceo de las existencias, que además de provocar que se tenga dinero invertido en material que no se va a utilizar y que el material que sí se va a utilizar no se tenga; es muy dificil y costoso re-balancearlos.

CONTROL DE INVENTARIOS

Los temas hasta ahora vistos, la planeación de producción y la planeación de inventarios, proporcionarán las bases para poseer una política de inventarios definida. Ahora veamos como se puede saber, si ese inventario se comporta de acuerdo a esos parámetros establecidos, esto es, control de los inventarios.

El control de los inventarios se puede dividir para su estudio :

- Control de las cantidades en existencia
- Control y valuación de los costos de las existencias

CONTROL DE LAS CANTIDADES EN EXISTENCIA

La política de inventarios fijada en la parte de planeación de inventarios, fija los parámetros contra los cuales se deben comparar las existencias, para compararlos existen cuatro métodos generales mas o menos estandarizados, aunque cabe aclarar que la mayoría de las empresas utilizan variantes de algunos de ellos, o combinaciones de los mismos.

Estos métodos son :

- Revisión en períodos fijos, con pedidos de cantidades fijas
- Revisiónes en períodos fijos, con pedidos de cantidades variables
- Revisiónes en cada movimiento, con pedidos de cantidades fijas
- Revisiónes en cada movimiento, con pedidos de cantidades variables

Decidir por utilizar uno de ellos, implica tomar en consideración los siguientes aspectos generales :

- Sistema de Registro de Entradas y Salidas de materiales
- Sistema de Registro y Control de saldo de proveedores

- Sistema de Control de Listas de Partes

Estos sistemas pueden llevarse en distintas empresas en forma manual o mecanizada, lo que representa diferentes oportunidades para controlar los inventarios.

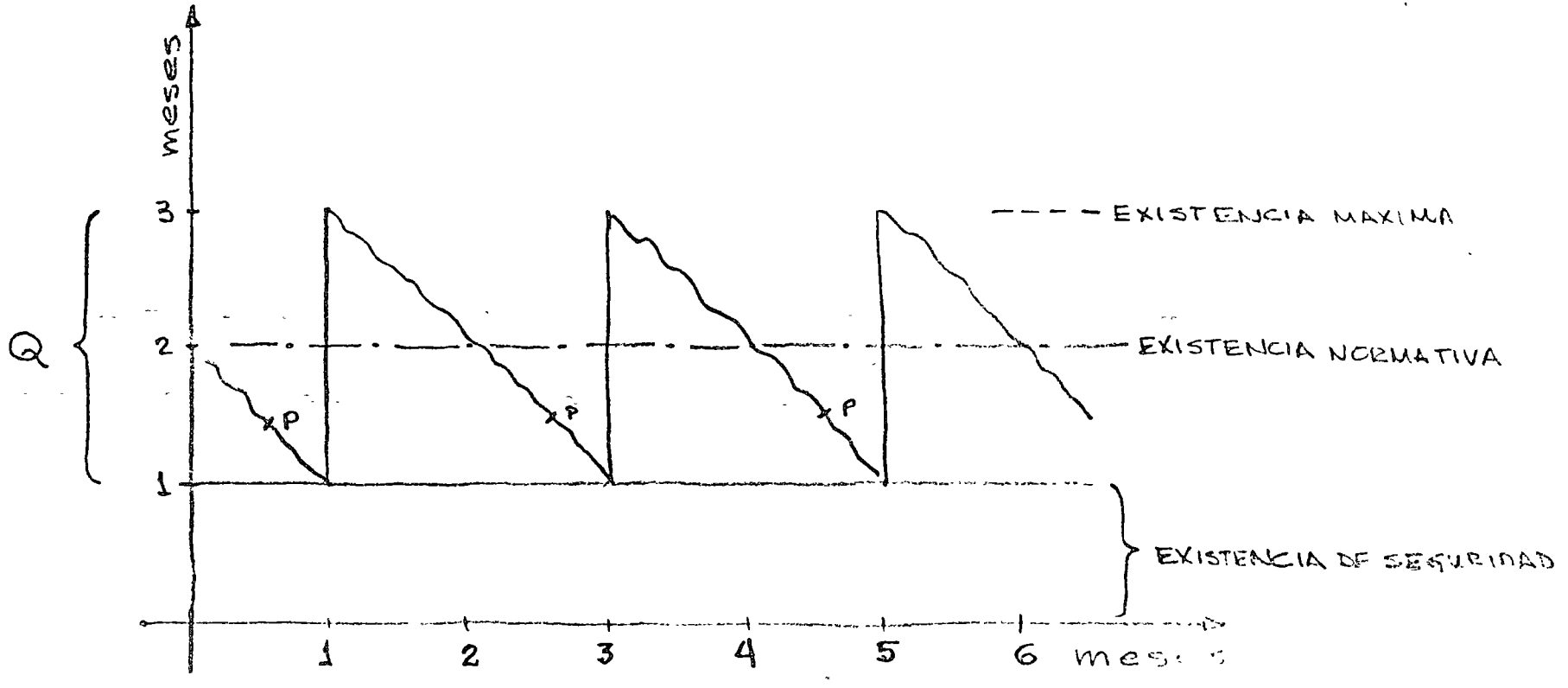
En la actualidad se puede decir que la mayoría de las empresas manejan sus entradas y salidas de materiales con un sistema de inventario ~~perfecto~~ perpetuo. Partiendo de esta premisa, en los siguientes renglones se tratará de delinear algunas recomendaciones genéricas para el control de cantidades en existencia y la comparación con los parámetros establecidos.

Suponiendo que para un material cualquiera que llamaremos M, por sus características de consumo y costo, cae en los rangos de los siguientes parámetros :

- E.S.	(Existencia de Seguridad)	1 mes - 24 dias
- E.N.	(Existencia Normativa)	2 meses- 48 dias
- Q	(Lote Económico)	2 meses- 48 dias

Entonces podemos graficar su comportamiento general de la manera siguiente:

COMPORTAMIENTO GENERAL TEORICO DE LA CLAVE M



Si expresamos en especie los parámetros, podemos hacer igualdades.

Suponiendo Q = 2 meses = 200 unidades

Tendríamos que

ES = 1 mes = 100 unidades
EN = 2 meses = 200 unidades
EM = 3 meses = 300 unidades

Si el tiempo de entrega desde que detectamos la necesidad, hasta que tenemos el material M disponible para su uso en el almacén, fuera de 15 dias, entonces debemos hacer el pedido cuando nuestra existencia sea de 150 unidades.

Estrictamente ese debe ser el momento de pedir, pero puede haber otras consideraciones como pedidos programados con entregas a fechas fijas y entonces lo que convendría sería fijar el momento de la recepción del material, manejando los tiempos de entrega por parte de los proveedores un poco por fuera del sistema.

Pero lo que realmente importa es que con la ayuda de esta gráfica, se pueden fijar puntos para un sistema de señalación para conocer a priori las posibilidades de que un inventario se desbalance.

Dependiendo de las necesidades y de las posibilidades que se tengan, se fija los puntos de señalación mas convenientes, estos pueden ser :

- Nivel máximo a partir del cual se considera que la existencia es excesiva
- Nivel mínimo a partir del cual se considera que la existencia es defectuosa

- Nivel de pedir o de hacer requisición interna
- Nivel de recibir
- Nivel de recordatorio de entrega por parte del proveedor
- Indice de Rotación

Cuando un sistema de señalación funciona, es difícil que se deje de notar un probable problema con un material y ~~mando que~~ cuando se tiene la posibilidad de preever los problemas, es más fácil llevar un control de inventarios efectivo.

VALUACION DE LOS INVENTARIOS

La valuación de los inventarios es necesaria para llevar a efecto una buena planeación y para evaluar los resultados periódicos de la empresa. El impacto de los inventarios en los resultados financieros es muy importante si se recuerda que generalmente el 60% de los costos de operación son los materiales y productos en sí.

Antes de poder valuar un inventario, es necesario asignar un costo de cada material contenido en el mismo.

Existen tres métodos generales para la asignación de los costos. Aquí se tratará de describirlos y de plantear las ventajas y desventajas que cada uno de ellos presentan.

Método de Primera entrada - Primera salida (P E P S)
en inglés se conoce como FIFO (Firstin - First out)

Este método parte del supuesto de que las primeras unidades adquiridas, son las primeras que se utilizan, entonces cuando se hace un inventario, las unidades en existencia son las ultimas que se compraron y se asigna el último costo de ese número de unidades.

Si ponemos por ejemplo las siguientes compras,

ENE	-	100	unids.	-	$ 5.00	c/u
MAY	-	100	"	-	6.00	"
AGO	-	100	"	-	7.00	"
NOV	-	100	"	-	8.00	"

y hacemos un inventario en diciembre que arroja una existencia de 110 unidades, tendriamos que asignarle un valor de ...

100	x	$ 8.00	=	800.-
10	x	7.00	=	70.-

El valor del material sería de $ 870.00 al momento del inventario.

Esto acarrea las siguientes consideraciones :

En época de inflación, mas o menos corresponde a los datos del ejemplo, se puede considerar que también los precios del producto que se vende suben, entonces los resultados de ventas reflejan el alza en los precios de la última parte del año, pero con el método PEPS el costo de la mercancía utilizada no incluye los costos correspondientes que también fueron más altos. Este "gap" trae como consecuencia que:

- Reduce el costo de los materiales utilizados
- Infla las utilidades y el saldo final de inventario

Cuando los costos de adquisición estuvieran disminuyendo;

- Se infla el costo del material utilizado y
- Reduce las utilidades y el saldo final de inventario

El método PEPS, también produce una deformación en el cálculo en "$" del índice de rotación del material.

Pero también es el método que permite considerar los inventarios con más cercanía a los costos actuales de adquisición. Y cuando los precios futuros de venta se calculan en base a los costos actuales de inventario, estos serán mas reales y también es un buen indicador de los materiales que ya no están utilizando.

<u>Método de última entrada</u> - <u>primera salida</u> (UEPS)
en inglés se conoce como LIFD (Lastin - First out)

Este método supone que las últimas unidades compradas, son las primeras que se utilizan. El inventario final se valuaría según el costo de las primeras unidades adquiridas, tomando las mismas cifras del ejemplo anterior tendríamos que el inventario se compone de :

100	unids.	de	$ 5.00	c/u	=	$ 500.00
10	"	de	$ 6.00	"	=	60.00

El valor del material al momento de inventario sería de $ 560.00

Lo cual nos hace considerar lo siguiente.

El valor del material está mejor vinculado con su tiempo de utilización en el momento de hacer el corte. Sin embargo los costos aplicados no son los que están vigentes en el momento del corte.

Cuando los cortes son periódicos como los contables, se puede todavia dejar un "gap" en la asignación respectiva de los costos cuando estos corresponden a los últimos dias del ejercicio. Por ejemplo :

Supongamos que se compran 100 unidades el 31 de diciembre y que la utilización del 1o. al 31 de diciembre fué de 80 unidades. Las 100 unidades compradas el 31 de diciembre, serían el primer componente del inventario al 31 de diciembre, pero tendrían pocas posibilidades de haberse utilizado en ese ejercicio.

El método UEPS puede originar que el valor del inventario se dispare en forma importante de los costos reales actuales, sobre todo si los precios de compra cambian, también mientras mas tiempo se utilice, esta deformación será más grande y la toma de decisiones al respecto más peligrosa. Con respecto al índice de rotación, también se ve deformado, se vuelve más bajo de la realidad.

Método de promedios ponderados.- Este método parte del supuesto de que las unidades utilizadas no se pueden identificar con respecto a su fecha y costo de adquisición, entonces asigna a cada unidad el costo promedio de todas las adquisiciones ponderado por la cantidad comprada a cada costo.

Las variaciones de este método dependen de la frecuencia con que se vuelvan a calcular los promedios. Lo mas generalizado consiste en que cada vez que se compre se actualicen o bién que se haga una revisión por periódos prefijados (una vez al mes o por semestre o como se "sienta" que los precios de compra están variando.

Este método podría desventajar el costo cuando se hiciera una compra excepcional de gran volúmen y precio diferente (bajo por oportunidad o caro por dificultades al conseguirlo), pero para que no se acumule el error, se puede utilizar una variante de éste método que sería la de promedios móviles, utilizando por ejemplo solamente los precios de compra de los últimos meses.

Una ventaja clara es que se valoraría el inventario con costos bastante parecidos a los de utilización.

Cabe aclarar que los comentarios de ventajas y desventajas se han hecho desde el punto de vista contable y tratando de buscar la relación del costo del material utilizando con respecto al costo que debía tener en el momento en que fué utilizado.

Para efectos de planeación de inventarios será muy conveniente tomar en consideración el método utilizado de valuación, como punto de partida para fijar los índices que se van a manejar.

centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam

LOGISTICA Y MANEJO DE MATERIALES

CONTROL DE INVENTARIOS

ING. GUILLERMO HESSELBACH MORENO

FEBRERO DE 1976.

Palacio de Minería
Tacuba 5, primer piso. México 1, D. F.
Tels.: 521-40-23 521-73-35 5123-123

CONTROL DE INVENTARIOS

ANALISIS A B C

La principal función de un Departamento de Materiales consiste en planear y controlar el abastecimiento a la fábrica de las materias-primas necesarias en cantidades suficientes en el momento oportuno y al mejor costo posible, con el objeto de satisfacer las necesidades de los clientes.

Existen diferentes tipos de costos originados por el manejo de inventarios los cuales se subidividen en:

- Costo de adquisición: Este costo es el que es originado por el cálculo de necesidades, elaboración de pedidos, recepción, inspección, manejo del material, etc.
- Costo de distribucion : este se refiere al cálculo de surtimientos, envios a las áreas productivas, etc.
- Costo de paro de línea: Tiempo perdido en las líneas productivas por falta de material, atrasos en producción, pérdidas de ventas y/o clientes, etc.
- Costo de obsolescencia: Costo de los materiales que se deberán destruir por inactivos costo del análisis e inspección de los materiales obsoletos, etc.
- Costo Almacenamiento .Intereses sobre capital invertido, espacio, etc.

Una de las técnicas empleadas para reducir estos costos es la que se conoce como "Sistema de Análisis ABC".

Los objetivos del sistema se pueden agrupar en los siguientes:

1.- Reducir los costos de almacenamiento y de adquisición.
2.- Sistematizar el procedimiento de análisis, elaboración de pedidos y la recepción de embarques.
3.- Facilitar el control de los niveles de inventarios evitando y reduciendo los costos de paros de línea y costos de obsolescencia.

Ahora bien, veamos mas de cerca esta técnica y analicemos el método que sigue:

Es interesante notar que con bastante frecuencia los diferentes productos ó materias primas que se controlan en un almacén conservan cierta proporción similar (cantidad de claves v.s. valor anual) e inclusive esto también se puede encontrar en nuestra vida diaria como por ejémplo:

- Se dice que el 20% de las empresas en un país controlan el 80% del valor de la producción en ése país.
- Aproximadamente el 20% de las claves que se manejan en un almacén representan el 80% del valor total del inventario, etc.

Este fenómeno da orígen al principio llamado "Regla 20-80" (ver gráfica No. 1)

Bien, bajo esta consideración podemos aseverar que existen muchas claves de bajo valor anual y pocas de alto valor anual. Es obvio suponer que las de bajo valor requerirán muy poca atención y las de alto valor necesitarán una atención esmerada.

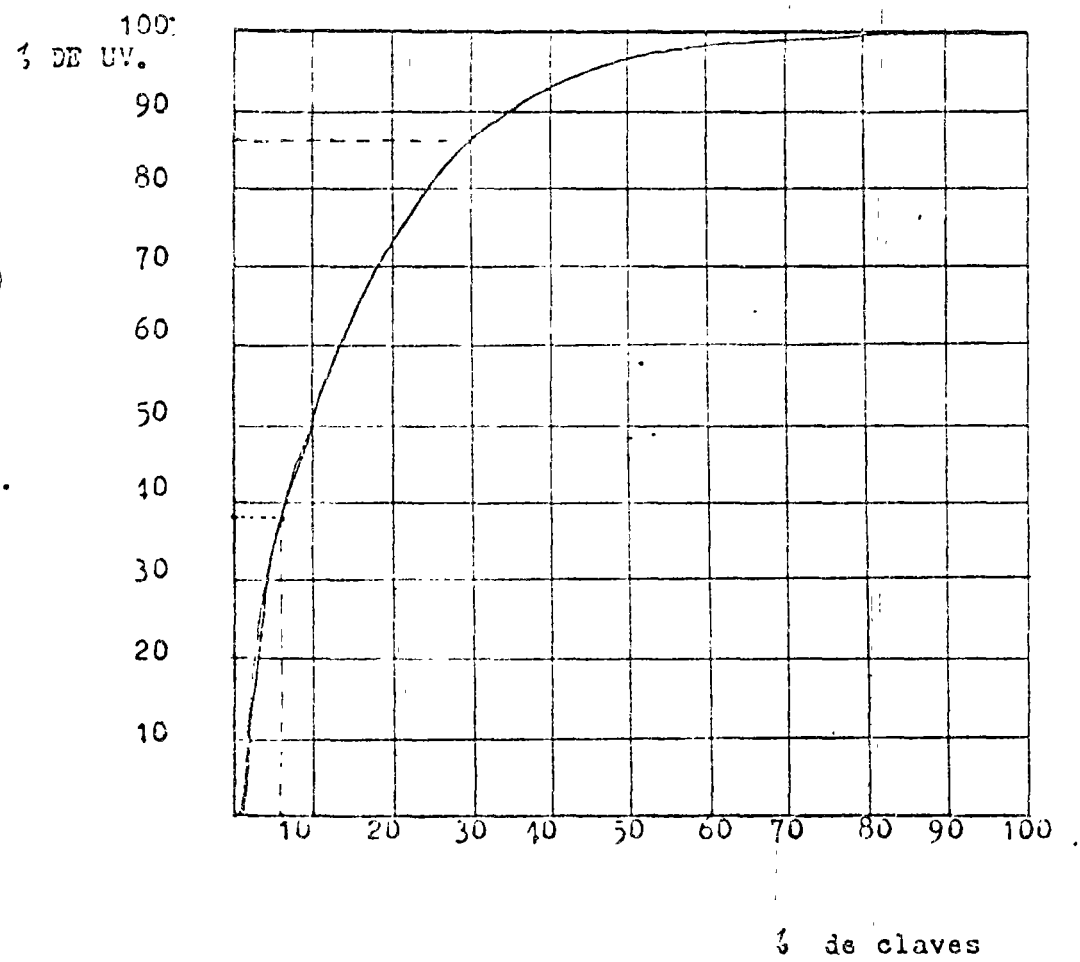
Ahora el problema parece ser que necesitamos saber el "Valor de utilización" (producto que resulta de multiplicar el consumo anual por el costo estandar) de cada clave para saber que atención darle. Para ello una vez valoradas anualmente las claves, las organizamos en forma decreciente por valor, teniendo después de esto en primer término la clave de más alto valor y al último la de más bajo valor.

Este reporte clasificado por valor es una herramienta de incalculable valía para el hombre de materiales para implantar un sistema de administración de inventarios a nivel científico. Sirve para una gran gama de prósitos tales como:

1.- Nos da visión en términos generales para el conocimiento de las características de cualquier inventario. Como por ejémplo, como ya se mencionó anteriormente, nos revela que un pequeño porcentaje de los productos ó materias primas (20%) corresponden a un gran porcentaje del valor del inventario (80%).

2.- Nos aporta una información muy valiosa tal como, que claves son más importantes, que claves se deben descontinuar por no convenir su bajo valor anual, etc.

3.- Ayuda a determinar el órden de importancia de los proveedores de acuerdo al volúmen de compra, etc. etc.



GRAFICA No. 1

Hasta aquí hemos determinado la importancia que tiene cada clave desde el punto de vista meramente económico sólo nos resta determinar las políticas con las que se manejarán una clave de acuerdo a su importancia, para facilitar el establecimiento de estas políticas dividimos en grupos sobre el ordenamiento por valor de utilización de estas claves y les llamamos a estos grupos "clasificaciones" siendo estas clasificaciones A, B, y C. Esto es, las claves que pertenezcan a la clasificación A serán las de mayor valor y las de la clasificación C las de menor valor.

Ahora bien, las políticas que deberán observarse para el manejo de las claves de cada clasificación para obtener una reducción en el costo total de manejar el inventario serán:

1.- Con que frecuencia se debe reordenar cada clave de cada clasificación, para:

a). Mantener los niveles de inventario con un "costo de almacenamiento" adecuado.

b). Obtener el menor "costo de adquisición" posible.

Se puede notar que los costos de distribución, paro de línea y obsolesencia son en forma indirecta una consecuencia de los costos de adquisición y almacenamiento por lo que sólo bastará analizar estos dos últimos para obtener una reducción en el costo total de manejar los inventarios.

Después de haber hecho esta consideración necesitamos determinar:

- El número de clasificaciones deseadas.
- La frecuencia con que debemos reordenar cada clave de cada clasificación para mentener los niveles de inventario con un "costo de almacenamiento" adecuado y obtener el menor "costo de adquisición" posible
- El límite de cada clasificación en el ordenamiento de los valores de utilización que nos resulte en un costo adecuado de manejar los inventarios.

Para determinar la cantidad de clasificaciones es necesario establecer el grado de certeza que se desee y también depende de la distribución que tengamos en el listado del valor de utilización esto es; depende de la proporción que tengamos repartida claves v.s. valor, y también de la cantidad de claves.

Una vez determinada la cantidad de clasificaciones debemos establecer la frecuencia con que debemos pedir los materiales de cada clasificación.

Esto se hace mediante la selección de frecuencias guiados por la experiencia, lotes económicos de sondeo y necesidades del sistema que se pretende establecer para el control de los materiales.

SIMBOLOGIA

UV = Valor de utilización mensual

f = período de pedido

$\frac{1}{f}$ = frecuencia de pedir.

d = % de costo de almacenamiento

F = Costo por pedido

C_1 = Costo de almacenamiento

C_2 = Costo de adquisición

K = $C_1 + C_2$ = Costo total de manejar los inventarios.

L_{ss} = Lot size stock (tamaño de lote promedio)

"Demostración de las fórmulas de los límites"

Es necesario primero determinar cual sería los costos de adquisición y de almacenamiento de una clave en particular, la cuál estamos pidiendo cada vez que la necesitemos para períodos que dubran (f) meses, con un costo estandar (Cs) y una demanda mensual promedio ($\bar{X}$).

Si valoramos esta demanda obtendriamos:

$$UV = CS \times \bar{X}$$

Ahora la existencia promedio mensual para esta clave es la mitad del valor de utilización esto es:

$$LSS_M = \frac{1}{2} UV$$

Pero como deseamos calcular la existencia promedio en un periódo (f) será necesario multiplicar la existencia promedio — mensual por (f) esto es:

$$LSS_f = \frac{1}{2} \; UV \; x \; f$$

Si nosotros mantenemos en inventario esta clave durante un periódo f nuestro promedio de existencia es LSS y si nos cuesta -- anualmente α (%) sobre la inversión, nuestro costo de almacenamiento será:

$$\boxed{C_1 = \frac{1}{2} UV \; x \; f \; x \; \frac{\alpha}{12}}$$

Ahora bien: El costo de adquisición sería la multiplicación del costo de cada pedido por la frecuencia de pedir esto es:

$$\boxed{C_2 = \frac{1}{f} \; x \; F}$$

y el costo total de manejar el inventario será la suma de los dos costos.

$$K = C_1 + C_2 = (\frac{1}{2} \; UV \; x \; f \; x \frac{\alpha}{12}) + (\frac{1}{f} \; x \; F)$$

Es interesante notar que el único factor que esta afectando (por ser variable) al costo de almacenamiento y al costo de adquisición y en consecuencia al costo total es la frecuncia de pedir por lo tanto este costo total dependerá de la frecuencia con que pidamos esta clave.

Viendo esto con un poco mas de detalle; si pedimos con una frecuncia alta el costo de almacenamiento será reducido y el costo de adquisición será alto sinembargo si pedimos con una frecuncia baja el costo de almacenamiento será alto y el costo de adquisición será bajo.

Ahora bien, si previamente hemos establecido dos frecuncias de pedir f_a y f_b debe existir un punto donde el costo total sea --- igual para las dos frecuencias por lo tanto igualamos estos dos - - costos para determinar el valor de utilización del límite entre las dos frecuencias de cada clasificación que nos de el costo total óptimo.

$$K_a = K_b \text{ por lo tanto}$$

$$\left(\frac{1}{2} UV \times f_a \times \frac{\alpha}{12}\right) + \left(\frac{1}{f_a} \times F\right) = \left(\frac{1}{2} UV \times f_b \times \frac{\alpha}{12}\right) + \left(\frac{1}{f_b} \times F\right)$$

Simplificando tenemos:

$$\left(\frac{1}{2} \times UV \times \frac{\alpha}{12}\right) f_a + \left(\frac{1}{f_a} \times F\right) = \left(\frac{1}{2} UV \times \frac{\alpha}{12}\right) f_b + \left(\frac{1}{f_b} \times F\right)$$

$$\left(\frac{1}{24} UV \times \alpha\right) (f_a - f_b) = \left(\frac{1}{f_b} - \frac{1}{f_a}\right) F$$

$$UV = \left(\frac{24F}{\alpha}\right) \left[\frac{(f_a - f_b)}{(f_a - f_b)(f_a \times f_b)}\right]$$

Si hacemos:

$$C = \frac{24 \times F}{\alpha} \quad \text{(índice de costo)}$$

$$UV = \frac{C}{f_a \times f_b}$$

Pero sabemos que UV es el límite de las claves que pertenecen a la clasificación con frecuencia f_a y f_b, por lo tanto podemos anotar que:

$$LIM_{a,b} = \frac{C}{f_a \times f_b}$$

Una vez que se han determinado los límites de cada clasificación se procede al cálculo del costo total de manejar el inventario mediante la forma adjunta y mediante la aplicación de las fórmulas de costos de adquisición y almacenamiento antes mencionadas.

DONDE

n = Cantidad de claves pertenecientes a cada clasificación.

R = Recepciones mensuales de materiales

Los demas conceptos ya fueron explicados.

En seguida se procede a repetir todo el ciclo pero ahora con un juego de frecuencias diferentes y se comparan los costos totales de manejar el inventario, seleccionando el juego de frecuencias de pedir correspondiente al costo total más bajo.

A N A L I S I S A B C

CLASE	f (MESES)	LIMITES $	n CANTIDAD CLAVES	% UV	UV MENSUAL EN $	R RECEPCIONES/ MES	SLSS EXISTENCIA PROMEDIO MENSUAL
T O T A L =							

EJEMPLO

Desarrollar un análisis ABC con los productos abajo listados, determinando el costo total de manejar inventarios, previa selección de frecuencias de pedir y determinación de límites tomando tres clases, un costo de mantener inventarios anual de 24% y un costo de pedir de $ 300.

CLAVE	DEMANDA ANUAL	$ COSTO ESTANDAR	$ UV
1	90,000	1	90,000
2	2,000	2	4,000
3	2,667	3	8,000
4	130,000	1	130,000
5	600	5	3,000
6	10,000	4	40,000
7	23,330	3	70,000
8	2,000	1	2,000
9	32,500	2	65,000
10	160	5	800
11	7,500	8	60,000
12	70	10	700
13	50,000	5	250,000
14	250	4	1,000
15	6,660	3	20,000
16	150	4	600
17	10,000	8	80,000
18	120	5	600
19	6,000	10	60,000
20	80	5	400
21	60,000	3	180,000
22	250	2	500
23	5,000	2	10,000
24	300	1	300
25	50,000	1	50,000
26	100	2	200
27	714	7	5,000
28	17	6	100
29	1,167	6	7,000
30	29	7	200

CLASIFICACION POR VALOR DECRECIENTE.

C L A V E	U. V.	UV. ACUMULADO	
13	250,000	250,000	
21	180,000	430,000	A
4	130,000	560,000	
1	90,000	650,000	
17	80,000	730,000	
7	70,000	800,000	B
9	65,000	865,000	
11	60,000	925,000	
19	60,000	985,000	
25	50,000	1'035,000	
6	40,000	1'075,000	
15	20,000	1'095,000	
23	10,000	1'105,000	
3	8,000	1'113,000	
29	7,000	1'120,000	
27	5,000	1'125,000	
2	4,000	1'129,000	
5	3,000	1'132,000	
8	2,000	1'134,000	C
14	1,000	1'135,000	
10	800	1'135,800	
12	700	1'136,500	
16	600	1'137,100	
18	600	1'137,700	
22	500	1'138,200	
20	400	1'138,600	
24	300	1'138,900	
26	200	1'139,100	
30	200	1'139,300	
28	100	1'139,400	

α = 24% anual

F = $ 300/pedido

$$C = \frac{24F}{\alpha} = \frac{24 \times 300}{0.24} \times 12 = 360,000$$

SELECCIONAMOS TRES FRECUENCIAS DE PEDIR:

$$\frac{1}{f_a} = 1 \quad ; \quad \frac{1}{f_b} = 0.5 \quad ; \quad \frac{1}{f_c} = 0.33$$

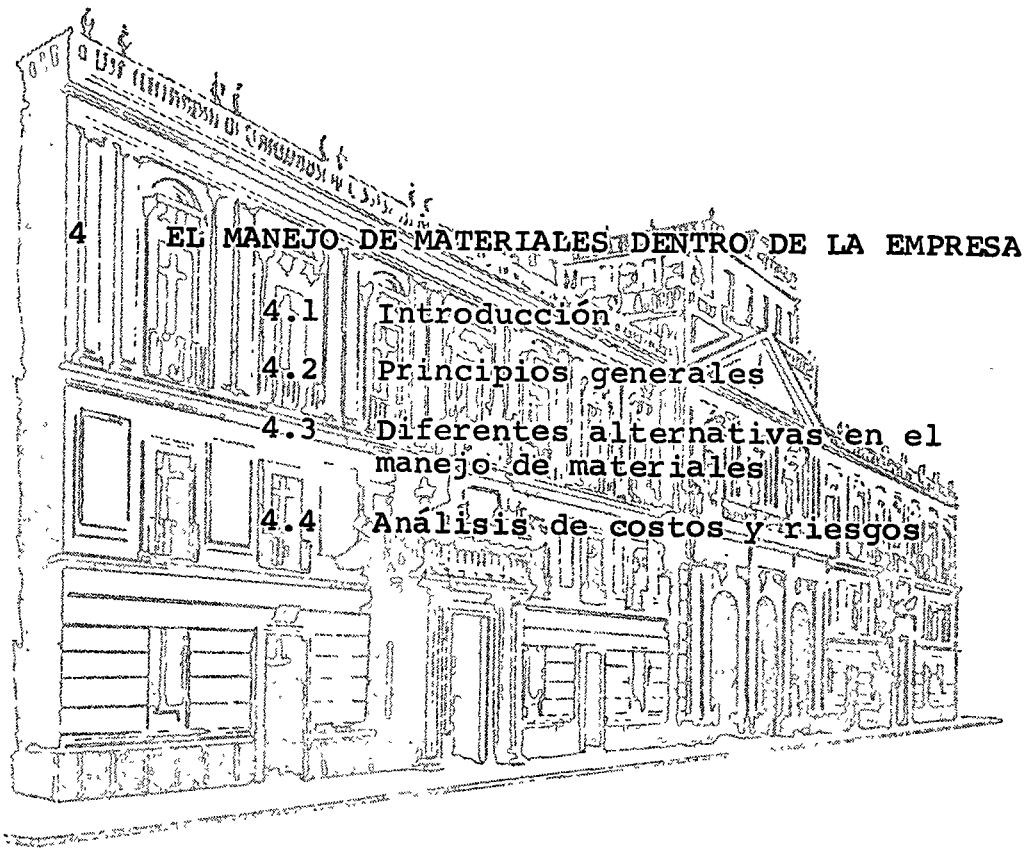
$$LIM_{a,b} = \frac{C}{f_a \times f_b}$$

$$LIM_{a,b} = \frac{360,000}{1 \times 2} = \$\ 180,000$$

$$LIM_{b,c} = \frac{360,000}{2 \times 3} = \$\ 60,000$$

centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam

LOGISTICA Y MANEJO DE MATERIALES



4 EL MANEJO DE MATERIALES DENTRO DE LA EMPRESA

4.1 Introducción

4.2 Principios generales

4.3 Diferentes alternativas en el manejo de materiales

4.4 Análisis de costos y riesgos

ING. JOSE DI MATEO CAMEIDANO

FEBRERO DE 1976.

Palacio de Minería
Tacuba 5, primer piso. México 1, D. F.
Tels.: 521-40-23 521-73-35 5123-123

MANEJO DE MATERIALES

En el sentido más amplio, el manejo de materiales puede definirse como - "la preparación, ubicación y posicionado de los materiales para facilitar sus - movimientos y almacenajes".

En los últimos años y en particular luego de la 2da. guerra, la Ing. de Manipuleo de Materiales ha tenido un gran desarrollo como consecuencia del análisis profundo de los costos asociados a movimientos y almacenajes realizados -- en las fuerzas armadas y en las grandes empresas. Fue así como se introdujeron gran cantidad de sistemas, equipos móviles, transportadores, sistemas de almacenaje, Etc., que naturalmente produjeron un gran impacto en la reducción de -- costos industriales.

Las técnicas de manipuleo de materiales tiene como objetivos :

1.-	Reducir Costos.	2.-	Reducir desperdicios
3.-	Aumentar capacidad productiva.	4.-	Mejorar condiciones de trabajo.

5.- Mejorar la distribución o Lay-Out.

Las actividades de planeamiento de Mov. de Materiales deben realizarse en forma conjunta con el Plan de Lay Out debido a que el 2do. es un modelo estático y es el equipo de Movimiento de Materiales lo que lo hace dinámico.

Para tener una idea de la importancia de los costos de manipuleo podemos -- decir que globalmente llegan a ser del 30 al 35% del costo total de producción.

... ##

Se ha estimado también que sólo el 20% del tiempo en que los materiales están en una planta son procesados, siendo el 80% restante utilizado para movimientos o almacenaje.

Normalmente no será suficiente considerar el problema de manipuleo dentro de la fábrica o en Departamentos de Expedición. Es necesario enfocar el problema total en forma sistemática desde la fuente de Materia Prima hasta llegar al usuario. La tendencia moderna es aplicar el análisis de sistemas mediante la utilización de técnicas de Investigación de Operaciones. El análisis de sistemas parte de la idea que todas las actividades del Sistema Industrial están ligadas por relaciones causa-efecto que pueden describirse con expresiones matemáticas.

El problema de Mov. de Mat. a un costo mínimo de tiempo y esfuerzo no está restringido a la planta Industrial. Si bien el desarrollo más espectacular se ha producido en el sector industrial, hay también numerosas oportunidades de aplicación en otras actividades que no deben ser pasados por alto en el ejercicio de la Ingeniería Industrial.

EL PROBLEMA DEL MANIPULEO DE MATERIALES :

Genéricamente un problema de manipuleo incluirá los siguientes elementos:

1.- Movimiento : Materias Primas, partes, productos, Etc. deben trasladarse. El movimiento debe hacerse asegurando eficiencia y bajo costo.

... ##

2.- Tiempo : Los materiales deben estar disponibles en las fechas planeadas.

3.- Lugar : Los materiales deben estar disponibles en los lugares adecuados.

4.- Cantidad En las diversas etapas del proceso productivo, las -- cantidades pueden variar mucho. Es responsabilidad del Mov. de Mat. de proveer cantidades apropiadas.

5.- Espacio Dado que los espacios cuestan dinero, la eficiencia - del aprovechamiento de los espacios estará relacionada con los sistemas de movimientos de materiales.

PRINCIPIOS GENERALES :

A medida que un tema se complica se hace más necesario disponer de -- principios rectores en la práctica diaria. Los principios de Mov. de Mat. representan el conocimiento acumulado a lo largo de años por quienes han practicado estas actividades tanto en la industria como en el comercio.

1.- Planeamiento Se deben planear las actividades de manipuleo y almacenaje de materiales a fin de obtener la máxima efi-- ciencia operativa global.

2.- Sistemas : Integrar tantas actividades de manipuleo como fuera - posible en un sistema coordinado de operaciones que cubra proveedores, recepción, producción, inspección, embalaje, depósitos, expedición, transporte y servicio.

3.- Gravedad — Utilizar la fuerza de la gravedad siempre que sea posible.

4.- Espacios : — Aprovechar en forma óptima el espacio en tres dimensiones.

5.- Tamaño Unitario — Aumentar la cantidad, tamaño o peso de las cargas unitarias.

6.- Mecanización — Siempre que sea económicamente factible, se deberán mecanizar las operaciones de manipuleo.

7.- Normalización — Normalizar métodos de manipuleo así como también tamaños y tipos de equipos empleados.

8.- Adaptabilidad — Utilizar métodos y equipos que puedan realizar una variedad de tareas y aplicaciones, donde no se justifiquen equipos especiales.

9.- Peso propio — Reducir la proporción de peso propio del equipo de transporte con relación a la carga transportada.

10.- Utilización — Lograr la máxima Carga de Trabajo para equipos y la mano de obra.

11.- Mantenimiento — Planear el mantenimiento preventivo y correctivo de todos los equipos de manipuleo.

12.- Control — Utilizar actividades de manipuleo de materiales para mejorar el control de la producción e inventarios.

13.- Seguridad — Proveer métodos y equipos adecuados para un manipuleo seguro.

... ##

14.- Capacidad Los equipos de manipuleo deben ayudar a lograr la producción deseada y aún cubrir los picos.

El campo del Mov. de Mat. es un amplio sector de la Ingeniería Industrial incluye los problemas relacionados con Disposic. de Equipos, Almacenaje, Selección de Equipos Mecánicos, Automatización, Estudio de Tiempos y Métodos de Movimientos, Reducción de Costos, Tráficos, Embalajes, Etc.

En muchos problemas de lay out el Mov. de Mat. llega a ser el factor determinante, por eso decíamos que deben analizarse en forma conjunta.

DESCRIPCION DE EQUIPOS DE MOV. DE MAT.

El "Material Handling Handbook" (The Ronald Press Co. New York) presenta más de 430 clases de equipos. Nosotros agruparemos los tipos de equipos en 8 categorías principales :

1.- TRANSPORTADORES CONTINUOS

2.- GRUAS, MALACATES Y ELEVADORES

3.- VEHICULOS INDUSTRIALES.

4.- VEHICULOS AUTOMOTORES

5.- VAGONES FERROVIARIOS.

6.- TRANSPORTES MARITIMOS.

7.- TRANSPORTE AEREO.

8.- CAJAS DE TRANSPORTE Y EQUIPOS AUXILIARES.

Esta clasificación incluye todos los equipos de uso universal. Nosotros veremos los tipos más difundidos en el transporte industrial interno y que

son : 1, 2, 3 y 8.

1.- TRANSPORTADORES CONTINUOS .- Genéricamente un transportador contínuo se define como "un dispositivo horizontal, inclinado o vertical, concebido y construído para transportar materiales a granel, paquetes u objetos según una trayectoria determinada por el diseño del dispositivo y que tiene punto de carga fijos o selectivos.

Generalmente son fijos, si bien hay algunos móviles.

Los transportadores contínuos pueden considerarse como el símbolo de la producción en masa, ya que proveen materiales en forma sincronizada que es la esencia de una producción organizada. Se los hace para transportar casi todo tipo de productos desde gramos hasta toneladas. Además es de hacerse notar que aprovechan convenientemente en algunos casos el espacio cúbico.

Los transportadores contínuos se pueden dividir en dos grandes grupos :

a). De paquetes individuales (cargas discretas).
   1. Transportadores de Trolleys
   2. Transport. de cintas o cadenas (mov. horizontal o inclinado).
   3. Transport. de Gravedad.

b). De material a granel (cargas contínuas).

1.- Tipo Trolley : Consiste en una serie de trolleys que se desplazan sobre un riel colocado a cierta distancia del suelo, y conec

tados unos a otros por medio de una propulsión sin fin como son : cadenas, cables, Etc. La carga se suspende de los trolleys mediante ganchos, bandejas o dispositivos especiales.

Se usan cuando se mueven cargas individuales con mucha frecuencia, siendo su aplicación más definida en los siguientes casos :

1.- Transporte entre varios puntos con selección automática del punto de descarga.

2.- Operaciones con baños electrolíticos, pinturas, Etc. en producción masiva.

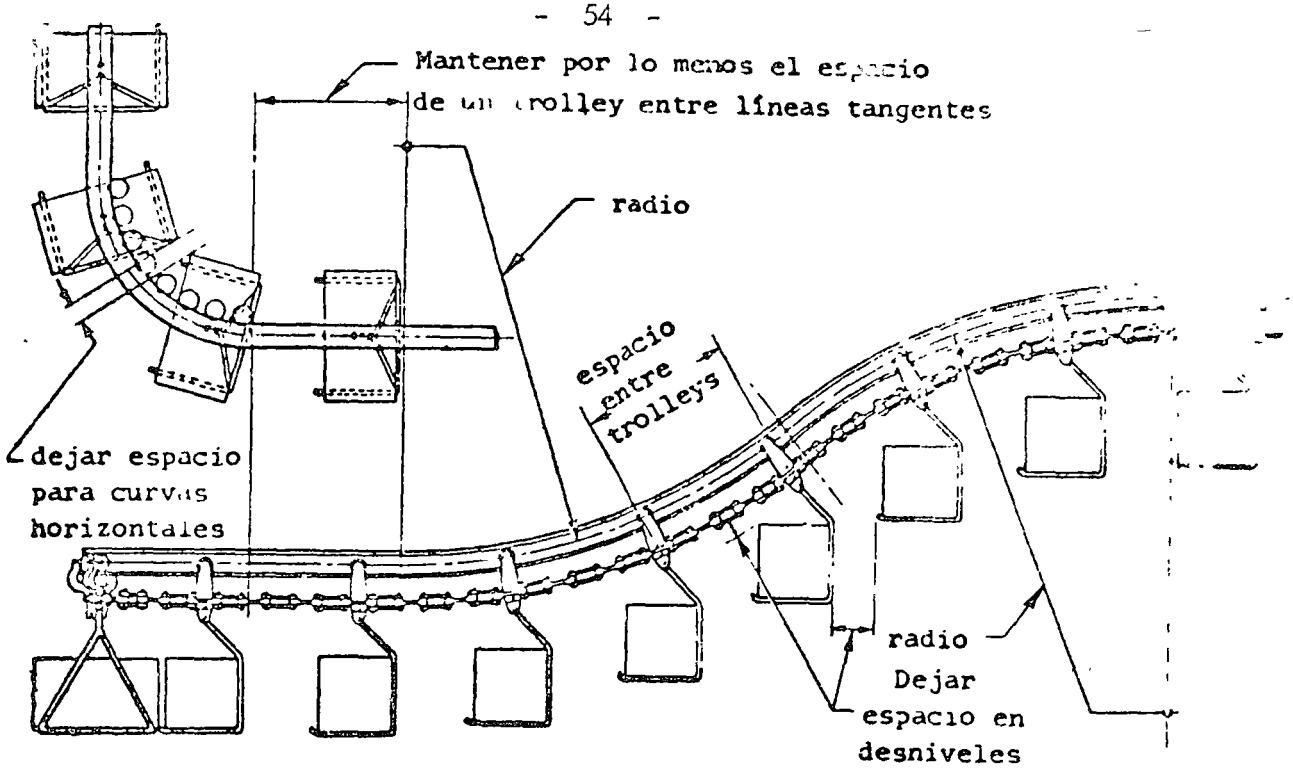
3.- Armado del producto sobre el transportador.
(Pueden o no usar el principio de potencia y libre (Power and free).

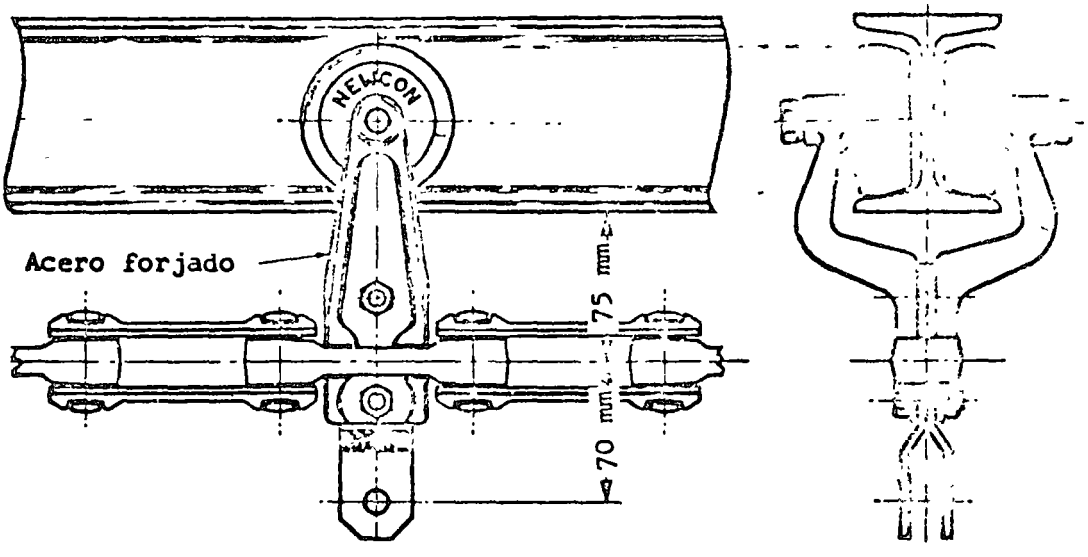
La carga se lleva en trolleys individuales en un riel inferior mientras que en uno superior se construye el accionamiento de modo que la tracción puede ser desconectada en cualquier momento.

4.- Almacenamiento de materiales en proceso en líneas de producción lo cual ahorra espacio en departamentos de Producción.

En las figuras puede verse una vista general de un transportador de trolley y un detalle del trolley.

...##





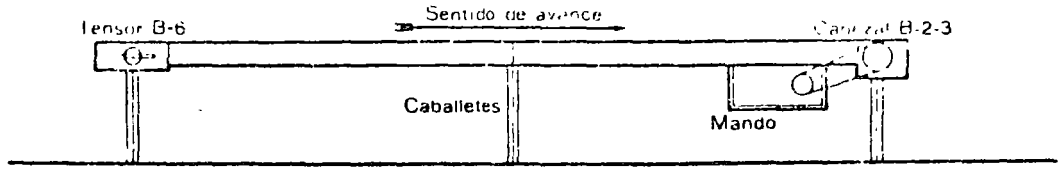
2.- CINTAS TRANSPORTADORAS : Este grupo comprende los equipos utilizados para mover cargas discretas como son : paquetes u objetos sobre una cinta generalmente de superficie plana y a lo largo de una trayectoria horizontal o inclinada. No incluye los equipos para transportes a granel, que en parte se construyen según los mismos lineamientos.

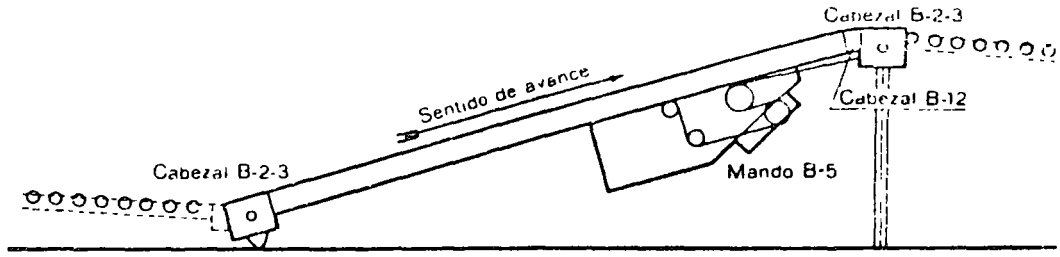
En principio se trata de un movimiento bidimensional.

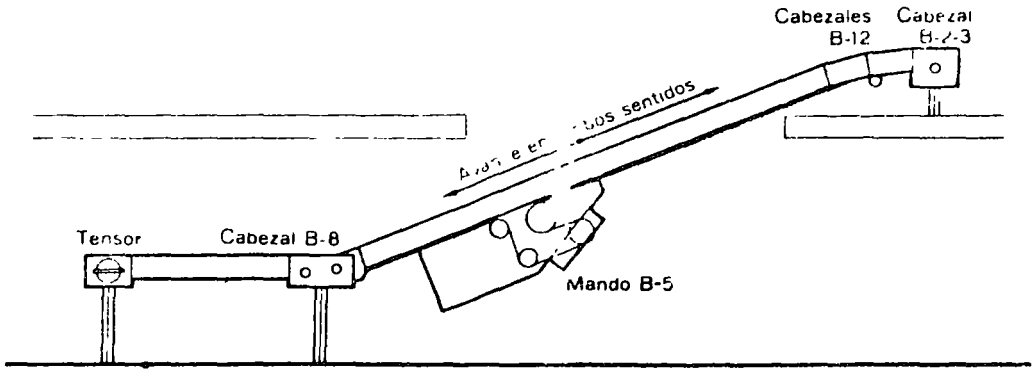
La superficie de acarreo es accionada por fricción mediante una polea motriz apoyada en rodillos. Son de uso muy general debido a su baja inversión y poco costo operativo. La única limitación la constituye el hecho de que el material no debe dañar a la cinta. Las cintas se construyen de tela, hule, plástico, piel, metálicas, Etc. En todos los casos es necesario incluir un dispositivo tensor pues el estiramiento de la cinta es del orden del 0.5 al 1.5%.

Para el caso de cintas inclinadas hasta 10 grados no hay problemas; se puede llevar hasta 35° mediante el agregado de barras transversales o dispositivos especiales, ello depende también del centro de gravedad de la carga.

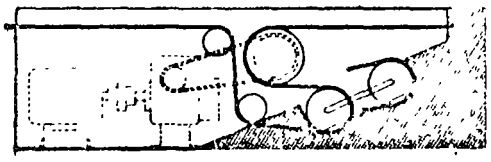
En cuanto a velocidades, el rango es muy grande pudiendo ir desde 15 cms/min. hasta varios mts/minuto.







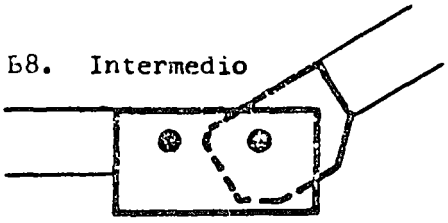
Cintas transportadoras



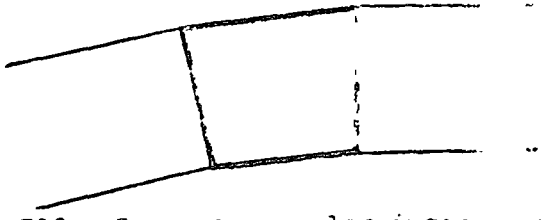
B5. Mando intermedio

B2-3 B2-7.

Cabezal extremo cinta



B8. Intermedio



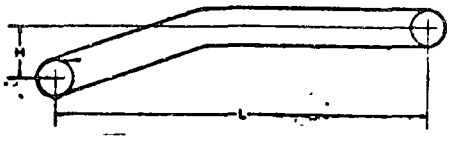
B12. Segmento angular inter

Detalles de cinta

Cálculo de potencia requerida para una cinta transportadora de bultos *

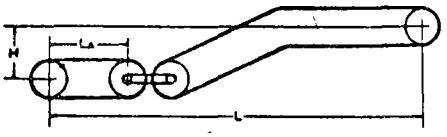
Se aplican las siguientes formulas de potencia requerida en la polea de mando (Forrada con capa de goma) para los casos básicos de mando en cabezal de extremo de cinta, sin aditamentos especiales.

CASO I



$$N = \frac{(q+q_c).L.V}{1400} + \frac{q_c.H.V}{70}$$

CASO II



$$N = \left[1 + 0{,}12 \cdot \frac{L_A}{L}\right] \cdot \frac{(q+q_c).L.V}{1400} + \frac{q_c.H.V}{70}$$

Para otros casos la fórmula básica se transforma de acuerdo al siguiente cuadro:

ADITAMENTO	MANDO	POLEA DE MANDO	FOR[illegible]
—	En cabezal B 2	sin forrar	1,[illegible]
Tensor intermedio	En cabezal B-2	forrada	1,0[illegible]
		sin forrar	1,1[illegible]
—	Intermedio B-5	forrada	1,2[illegible]
		sin forrar	1,3[illegible]

La potencia requerida en el motor será: $N_m = \frac{N_t}{\eta}$ siendo η el rendimiento de la transmisión

NOMENCLATURA

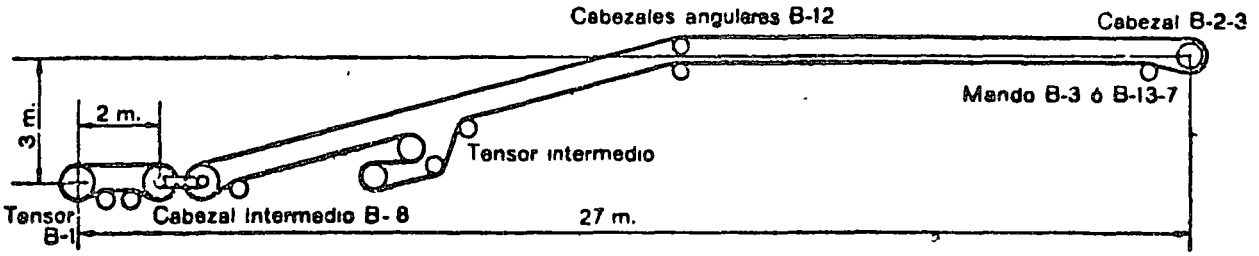
- C_b: Capacidad de transporte en bultos/hora.
- d: Distancia promedio libre entre bultos en m.
- F_{max}: Fuerza de tracción máxima en kg.
- H: Altura total de elevación en m.
- L: Proyección horizontal en m. de la distancia total de transporte.
- L_A: Proyección horizontal en m. de la distancia de transporte anterior al cabezal intermedio B-8
- l: Longitud del bulto en m.
- N: Potencia básica en C.V.
- N_t: Potencia total de tracción con aditamentos en C.V.
- N_m: Potencia de motor necesaria en C.V.
- p: Paso entre rodillos en mm.
- q: Peso de las partes móviles del transportador en Kg/m. (Tabla I)
- q_b: Peso del bulto en Kg.
- q_c: Peso máximo de bultos en Kg/m. (Distancia entre bultos nula).
- V: Velocidad de transporte en m/seg.

Figura 11.

Cinta transportadora.

Ejemplo de cálculo

Con los elementos normalizados indicados se instala una cinta como la de la figura que debe transportar 1200 paquetes por hora, cada uno de un peso de 40 Kg., largo 0,60 m. y ancho 0,45 m.



Estimando una velocidad de 0,3 m/seg. nos da una distancia promedio libre entre paquetes de:

$$d = 3600 \cdot \frac{V}{C_b} - l = 3600 \cdot \frac{0,3}{1200} - 0,6 = 0,3 \text{ m}$$

perfectamente compatible con el transporte.

Elegimos la primer correa de ancho mayor o igual al ancho del paquete. Ancho de correa = 20" = 510 mm. y el paso p. de los rodillos de acuerdo a la fórmula:

$$p = 500 \cdot l - 25 \qquad p = 500 \cdot 0,6 - 25 = 275 \text{ mm}$$

Adoptamos el primer paso Standard inferior o igual al anterior, es $p = 200$ mm, que nos dá un pes.

$$q = 14,1 \text{ Kg/m.}$$

La carga máxima de bultos por metro será

$$q_c = \frac{q_b}{l} = \frac{40}{0,6} = 66,6 \text{ Kg/m.}$$

y la potencia (para caso II):

$$N = \left(1 + 0,12 \frac{L_A}{L}\right) \cdot \frac{(q + q_c) \cdot L.V}{1400} + \frac{q_c \cdot H.V}{70}$$

$$N = \left(1 + 0,12 \cdot \frac{2}{27}\right) \cdot \frac{80,7 \cdot 27 \cdot 0,3}{1400} + \frac{66,6 \cdot 3 \cdot 0,3}{70}$$

$$N = 1,01 \cdot 0,47 + 0,86 = 1,33 \text{ C.V.}$$

Si usamos polea forrada de goma por el tensor intermedio debemos aplicar:

$$N_t = 1,07 \cdot N = 1,07 \cdot 1,33 = 1,42 \text{ C.V.}$$

La fuerza de tracción sobre la correa será:

$$F = \frac{75 \cdot N_t}{V} = \frac{75 \cdot 1,42}{0,3} = 355 \text{ Kg.}$$

TRANSPORTADORES DE GRAVEDAD : Como su nombre lo indica se usa la gravedad como fuerza propulsora. Sirven únicamente para cargas -- discretas. Tienen el inconveniente que debido a que no puede controlarse muy bien la velocidad, en general no sirven para cargas frágiles.

El grupo puede funcionalmente dividirse en transportadores de rodillos, de ruedas (de patín) y toboganes. El grupo incluye también a los trans-- portadores horizontales que se utilizan en general para operaciones de - armado en el caso de productos voluminosos que pueden desplazarse de un - puesto de trabajo al otro, empujándolos.

El largo de una instalación de rodillos y gravedad, está limitada única mente por la pérdida de altura debido a la inclinación. Para instalar una - línea larga, si no hay altura suficiente, se utilizan elevadores mecánicos - colocados en puntos intermedios los que suben el bulto a cierto nivel posibi- litando de tal manera la continuación del transporte por gravedad.

Estos transportadores permiten almacenar mercaderías a lo largo de su -- desarrollo, de modo tal, que a medida que se retiran los bultos de la parte r ferior los demas descienden automáticamente. En las figuras se describen ic principales tipos y sus características.

TRANSPORTADORES A GRANEL. Son los equipos concebidos y cons-- truídos para el manipuleo contínuo de grandes cantidades de material a gra - nel, que incluye gases, líquidos y sólidos.

Los gases y líquidos no plantean problemas dado que se transportan en conductos con o sin bombas o compresoras, o en barriles, tambores, botellas. Etc. En este último caso pueden ser considerados como cargas discretas. Por lo tanto al mencionar los transportadores continuos o a granel debe entenderse que se trata de materiales sólidos.

Dada la gran cantidad de equipos en este aspecto funcional, su elección está determinada generalmente por los siguientes factores :

1a).	Estado Físico de los materiales.	Tamaño de la partícula. Peso. Temperatura Fragilidad Resistencia a la abrasión Resistencia a la corrosión. Etc.
		Transporte entre plantas. Carbón, Piedra, Cal
2do).	Uso a que se destina :	Formación de mezclas. Recepción y descarga Carga a paquetes individuales. Carga de máquinas u hornos.

En este grupo debe mencionarse también el transporte neumático de elementos sólidos como es el caso del algodón.

ROLLETES DE GRAVEDAD

INDICACIONES PARA SU ELECCION:

1º Los bultos deben tener una superficie rígida y lisa para el trasporte. Los que se deforman acomodándose en los espacios entre rolletes, deben llevarse sobre bandejas. Los bultos con travesaños deben trasportarse en forma que estos no se traben con los rolletes.

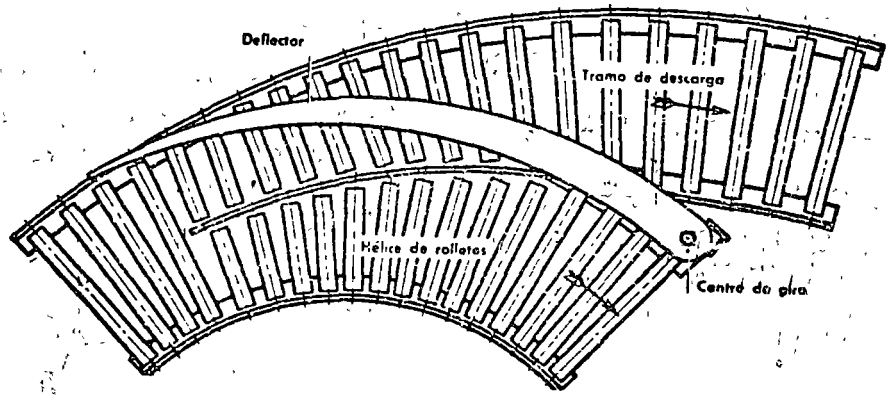
2º El paso de los rolletes elíjase de la Tabla I, entrando en ella con el largo del bulto más corto. En caso de resultar esta medida entre dos valores, adóptese el que corresponde con un paso menor.

3º El largo del rollete determínese, sumando 50 mm. al ancho del bulto. Dimensión A ó A_1 de los dibujos de la pág. 27

4º El diámetro del rollete, longitud de los tramos y perfiles del bastidor, se indican en la Tabla I, en base al peso y largo del bulto Los largos normales de fabricación de los tramos de rollete son 2.400 ó 3.000 mm.

5º El largo de una instalación de rolletes está limitado únicamente por la pérdida de altura debido a la inclinación. Para instalar una línea larga, si no hay altura suficiente, utilizamos elevadores mecánicos colocados en puntos intermedios, los que suben el bulto a cierto nivel, posibilitando así la continuación del trasporte por gravedad.

6º La inclinación de una línea de rolletes depende de las características de la superficie del bulto y su peso. La Tabla II, indica aproximadamente los valores usuales de la misma.



DESCARGA INTERMEDIA

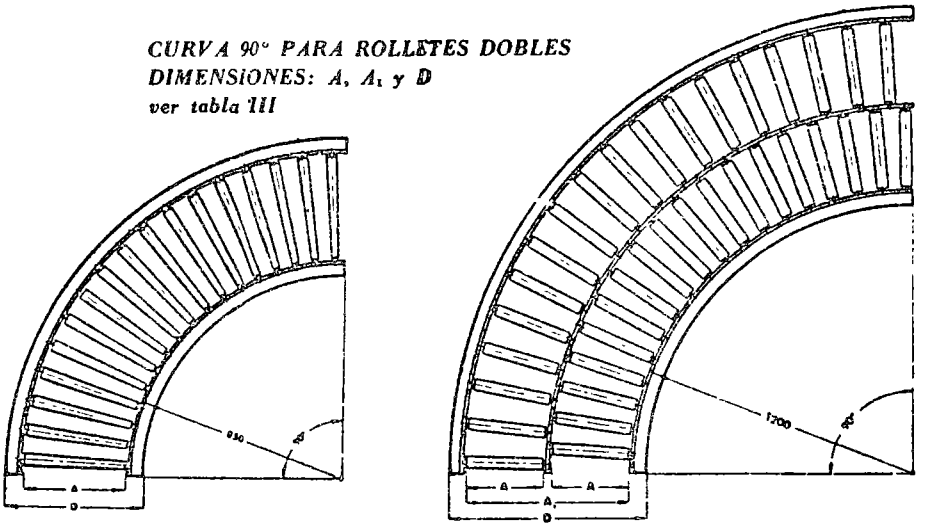
CURVAS

Para cambiar la dirección de trasporte de las mercaderías, en una línea de rolletes de gravedad se usan curvas de fabricación normal cuyo desarrollo angular es de 30°, 45°, 60° ó 90°.

CURVAS CON ROLLETES SIMPLES:

Se utilizan para bultos de hasta 550 mm. de ancho En ellas se emplean solamente rolletes cónicos, dispuestos en forma adecuada para obtener una marcha suave del bulto en la curva. El bastidor tiene el mismo ancho que en los tramos rectos y el radio interior de estas curvas es de 850 mm. La construcción es plana, es decir que los puntos de entrada y salida están al mismo nivel.

CURVA 90° PARA ROLLETES DOBLES
DIMENSIONES: A, A_1 y D
ver tabla III



CURVA 90° PARA ROLLETES SIMPLES
DIMENSIONES: "A" y "D"
ver tabla III

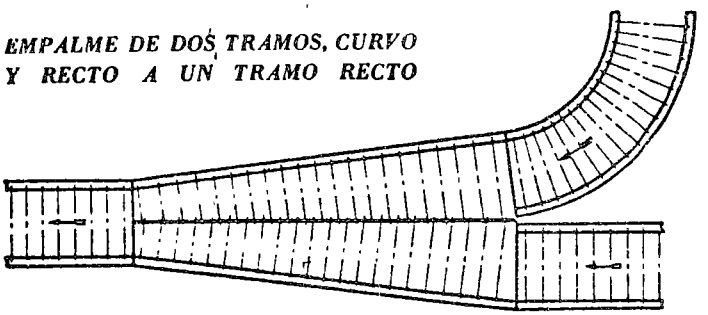
CURVAS CON ROLLETES DOBLES:

Para bultos de 600 mm. o más, las construímos como ilustra la figura con dos hileras de rolletes, dispuestos en forma alternada y dirección radial. Con esta disposición se consigue mayor velocidad en la hilera externa de rolletes, facilitando esto el desvío del bulto.

El radio interior de estas curvas es de 1 200 mm. y el bastidor se adapta al de los tramos rectos. La construcción es plana, es decir, que los puntos de entrada y salida están al mismo nivel.

EMPALMES

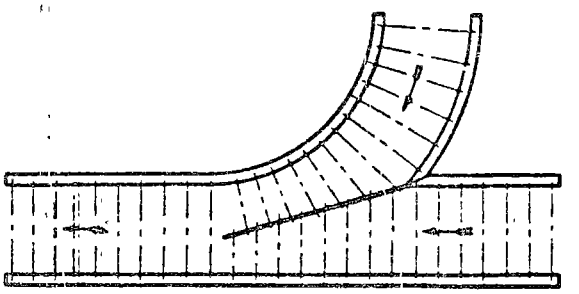
EMPALME DE DOS TRAMOS, CURVO Y RECTO A UN TRAMO RECTO



Utilizados principalmente para enviar los bultos desde ramales a una línea general. En los empalmes, cuando los ramales no trabajen alternativamente, debe colocarse un hombre para evitar atascamientos.

En las ilustraciones se indica con flechas la dirección de trasporte.

EMPALME DE UN RAMAL CURVO A UN TRAMO RECTO



EMPALME DE DOS TRAMOS RECTOS

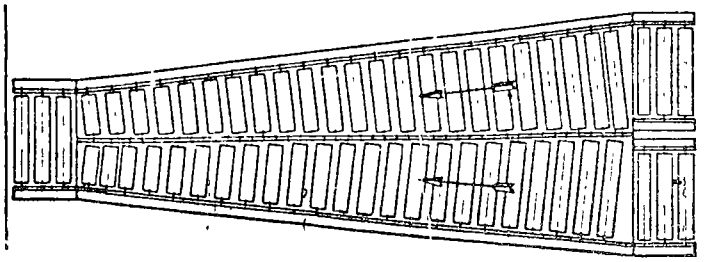


TABLA I

Largo del bulto	175	250	325	400	475	550	625	700	775	850	925	[illegible] racterist ca de los rolletes bastidores
Paso de los rolletes	50	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300	
Peso del bulto en Kg. 10	Requieren construcción especial											[illegible]te Ø 25 Bastidor 50x40x5
15												
20												[illegible]ore Ø 50 Bastidor 65x50x6
30												
40												
50												
60												
70												[illegible]ore Ø [illegible] Bastidor 75x50x7
80												
90												
100												
Largo de los tramos		Para tramos con largo inferior a 2400 mm.				Para tramos de 2400 mm de largo			Para tramos de 3000 mm. de largo			

TABLA II

VALORES APROXIMADOS DE LA INCLINACION			
TIPO DE BULTO	OBSERV.	INCLINACION %	INCLINACION Grados y minuto
Cajones de madera o metálicos	10 a 25 kg.	4	2° 20′
" " " " "	25 a 75 kg	3½	2° 0′
" " " " "	75 a 100 kg.	3	1° 45′
Cajas de cartón	1 a 3 kg.	7	4° 0′
" " "	3 a 7 kg.	6	3° 25′
" " "	7 a 25 kg.	5	2° 50′
Esqueletos	—	5	2° 50′
Tarros de leche	llenos	5½	3° 10′
" " "	vacíos	6	3° 25′
Tambores	—	2¼	1° 15′

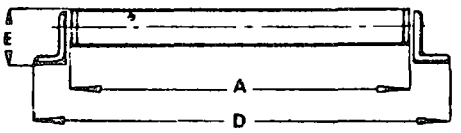
TABLA III

Largo del rollete A			250	300	325	350	375	400	425	450	500	550	600
D	Bastidor de	L50x40x5	342	392	417	442	467	492	517	542	592	642	692
		L65x50x6 L75x50x7	362	412	437	462	487	512	537	562	612	662	712

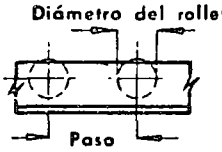
Largo total rolletes A_1			670	720	770	820	870	920	1020	1170	1220
Largo de un rollete A			325	350	375	400	425	450	500	550	600
D	Bastidor de:	L50x40x5	760	810	860	910	960	1010	1110	1260	1310
		L65x50x6 L75x50x7	780	830	880	930	980	1030	1130	1280	1330

DIMENSIONES DE LOS TRAMOS DE ROLLETES DE GRAVEDAD

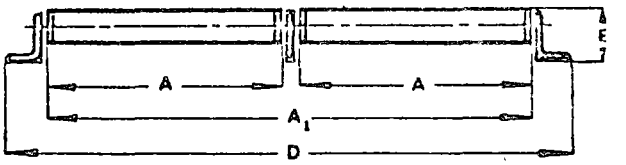
A: desde 250 hasta 600

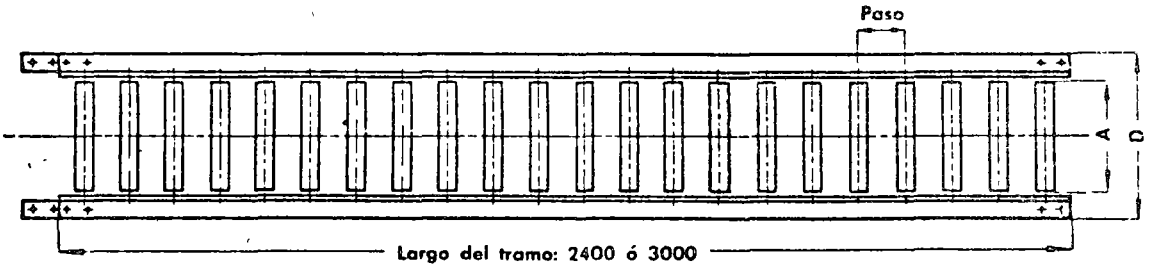


Diámetro del rollete

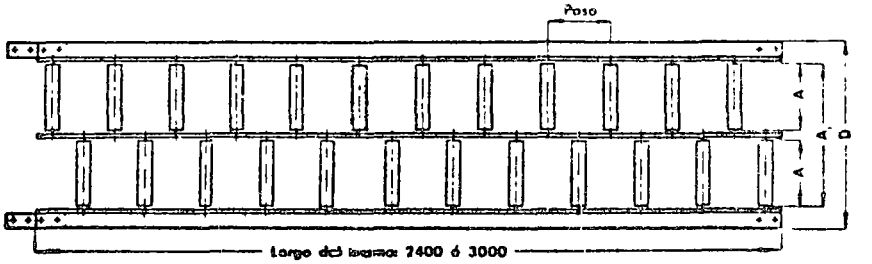


A_1: desde 670 hasta 920





Diámetro del rollete	25	50	70
E	54	75	85

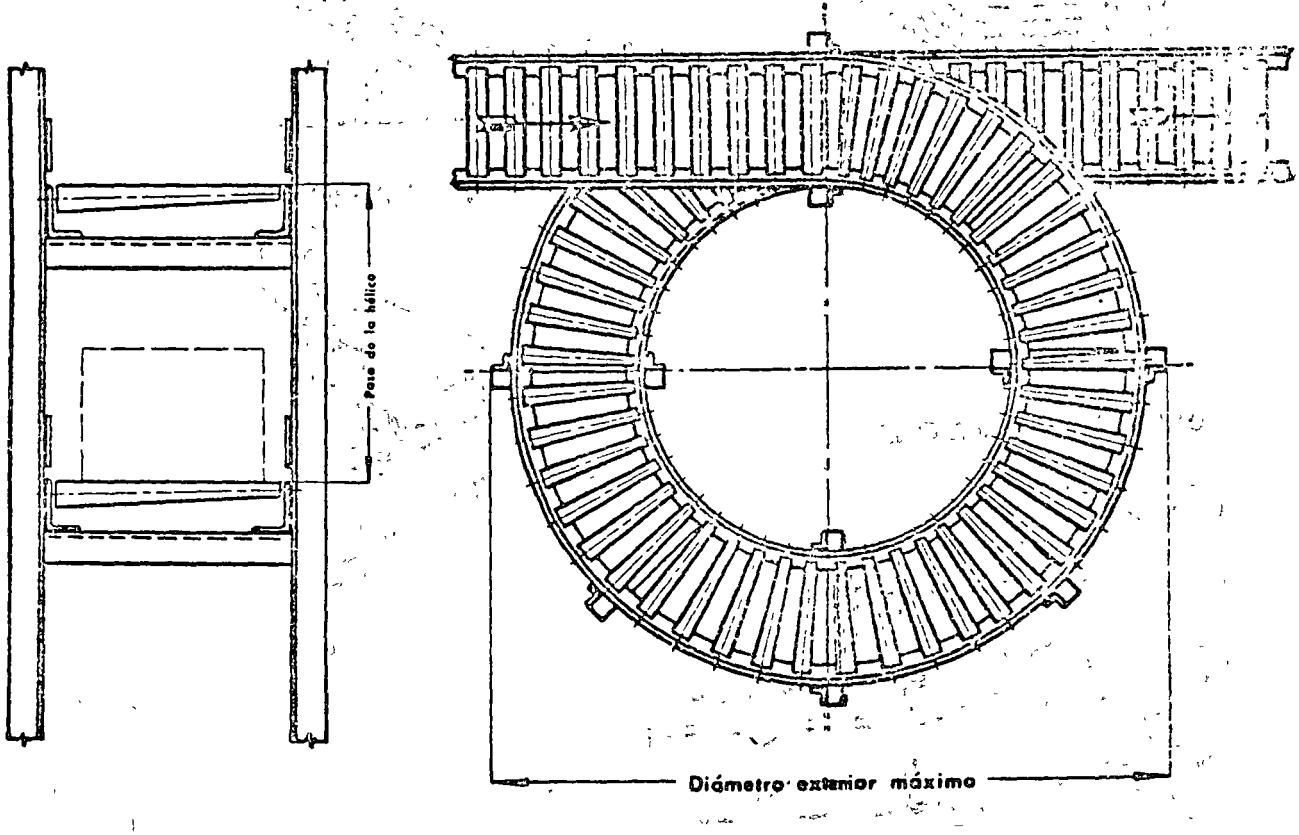


HELICES DE ROLLETES DE GRAVEDAD

Construídas con curvas de rolletes de gravedad de 90° ó 45° de desarrollo, formando una hélice soportada convenientemente por un bastidor de acero. Los rolletes pueden ser cilíndricos o cónicos siendo los primeros según el ancho del transportador, simples o dobles. El diámetro exterior de la hélice y su paso así como el tipo de rollete, dependen del peso y dimensiones de los bultos.

Permiten almacenar mercaderías a lo largo de su desarrollo, de modo tal que, a medida que se retiran los bultos de la parte inferior los demás descienden automáticamente. Los bultos pueden cargarse en la hélice mediante tramos de rolletes de gravedad, y su descarga realizarse de igual manera. Para la carga o descarga en pisos intermedios es factible intercalar desvíos.

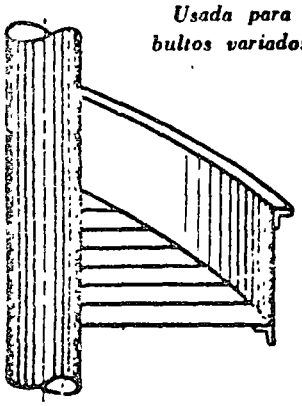
Las aberturas en los pisos normalmente son circulares, pero si no es factible practicar una abertura muy amplia, puede atravesarse el piso mediante una canaleta recta que empalme las hélices del piso superior e inferior.



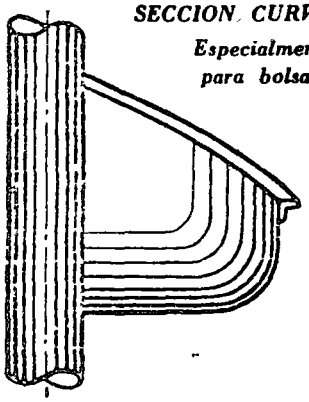
CANALETAS METALICAS HELICOIDALES

SECCIONES DE CANALETA

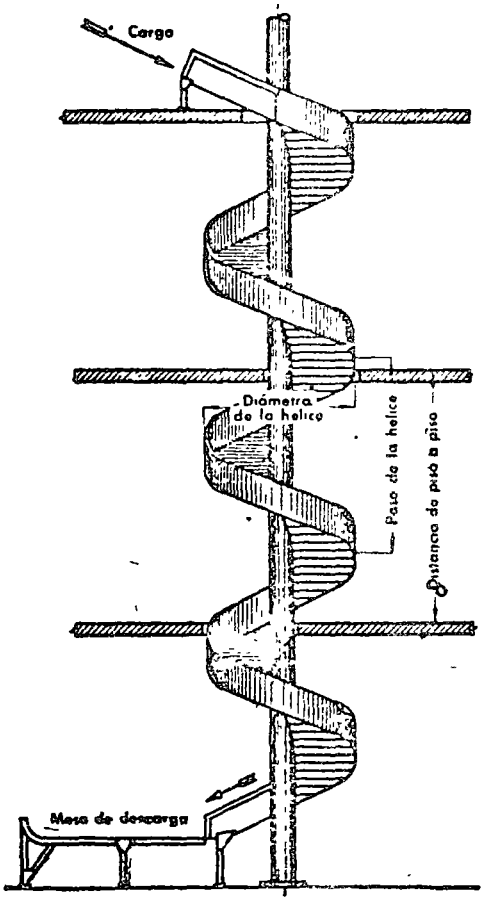
SECCION PLANA
Usada para bultos variados.



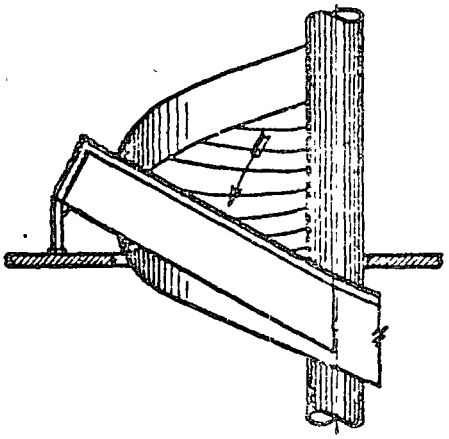
SECCION CURVA
Especialmente para bolsas.



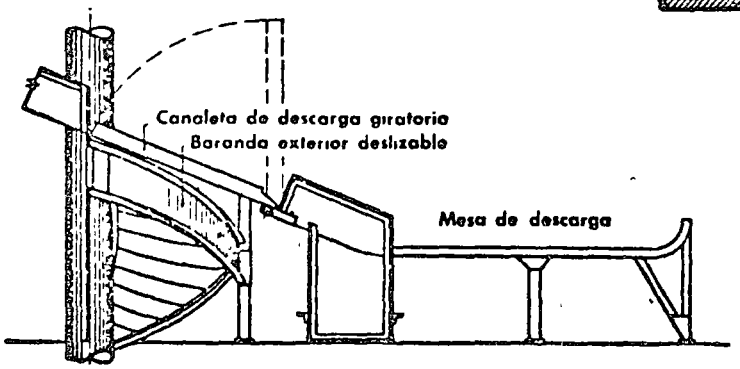
VISTA DE UNA CANALETA



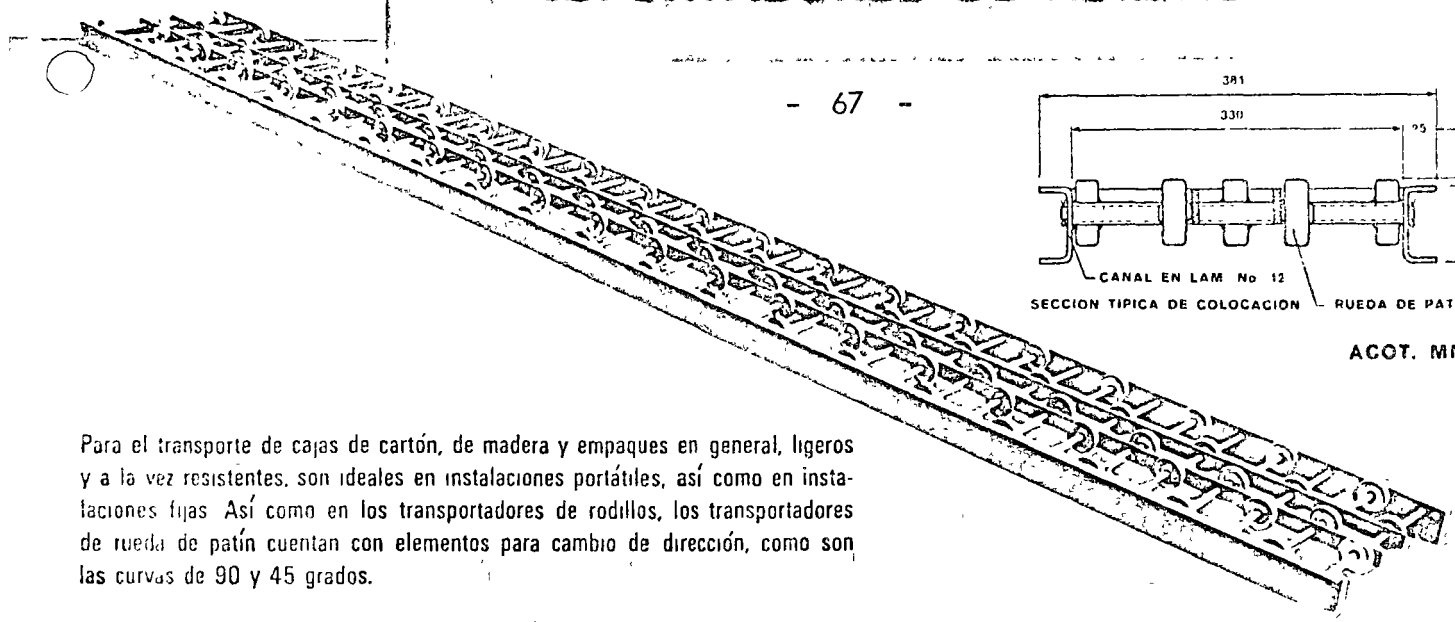
CARGA INTERMEDIA

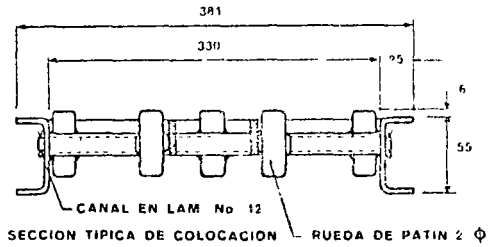


DESCARGA INTERMEDIA



TRANSPORTADORES DE RUEDAS DE PATIN





SECCION TIPICA DE COLOCACION

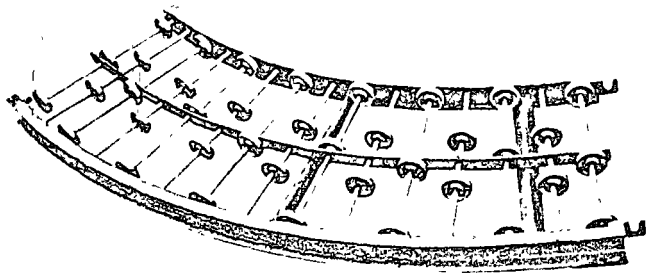
ACOT. MM

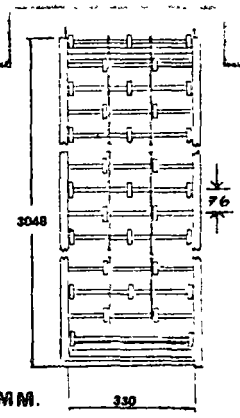
Para el transporte de cajas de cartón, de madera y empaques en general, ligeros y a la vez resistentes, son ideales en instalaciones portátiles, así como en instalaciones fijas Así como en los transportadores de rodillos, los transportadores de rueda de patín cuentan con elementos para cambio de dirección, como son las curvas de 90 y 45 grados.

arg. de lám. doblada	Long del tramo	Ancho total	Ruedas por tramo	Distancia entre ejes	Peso total
Calibre 12.	3 05 m (10').	38 cms (15")	100	7 6 cms	31 kg.

NOTA:—Los transportadores de ruedas de patin se surten también en otras dimensiones y capacidades.

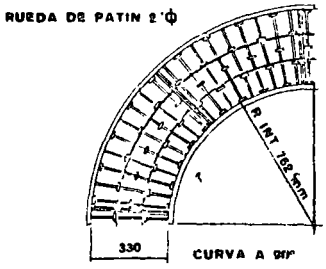
CURVAS DE TRANSPORTADOR DE RUEDAS DE PATIN





ACOT. MM.

DISTRIBUCION TIPICA EN T. RECTO STD.



ACOT. MM

Para los cambios de dirección en las líneas de transportadores, contamos con curvas de 45 y de 90 grados, con las siguientes dimensiones

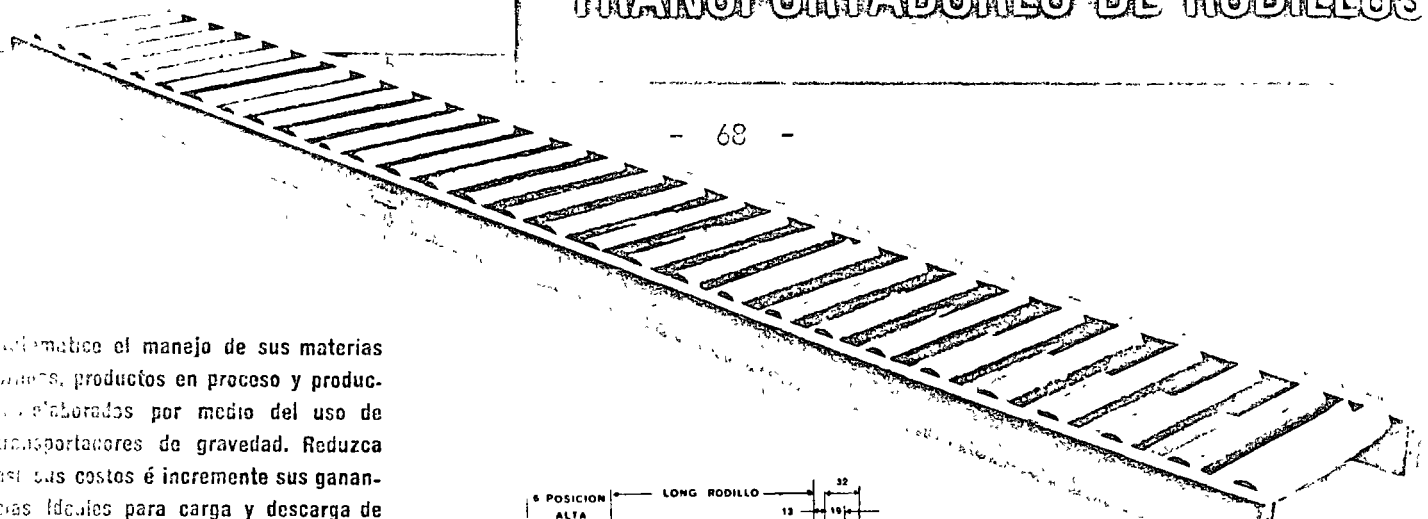
Modelo	Ruedas por tramo	Radio interior	Peso total del tramo:
90°	50	762 mm	18 kg
45°	25	762 mm	11 "

Para la instalacion de estos transportadores, tambien se usan los tripies y los apoyos similares a los que se usan en los transportadores de rodillos

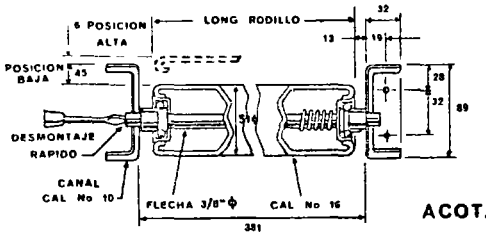
RODACARGA S A de C V
CALLE 45 NORTE 1074 COL INDUSTRIAL VALLEJO • MEXICO 16, D. F.
TEL. 5-67-33-11 • APARTADO 13 818

SUCURSAL MONTERREY: AV. CONSTITUCION 735 OTE. ⊙ TEL. 43-09-05
SUCURSAL GUADALAJARA: CALZADA GONZALEZ GALLO 2501 ⊙ TEL. 17-16-60
SUCURSAL LEON: BLVD. A. LOPEZ MATEOS 805 OTE. ⊙ TEL. 3-75-56

TRANSPORTADORES DE RODILLOS



Automatice el manejo de sus materias primas, productos en proceso y productos elaborados por medio del uso de transportadores de gravedad. Reduzca así sus costos é incremente sus ganancias Ideales para carga y descarga de mercancía Disponibles en tramos de 3.05 mts (10'). Son fácilmente manejables y desmontables; no ocupan espacio vital. Estos transportadores de rodillos se utilizan con eficacia para el manejo de carga pesada. Sumamente resistentes, son recomendables para instalaciones fijas y en algunos casos también para instalaciones portátiles. Para el transporte de tambores, barriles y barricas, cajas de cartón, etc. y muy especialmente en la industria embotelladora.

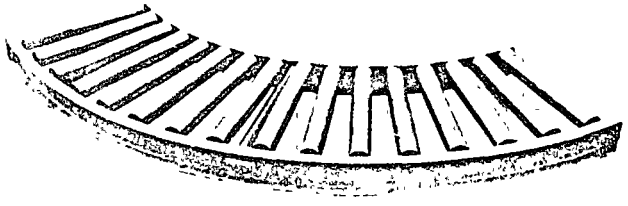


ACOT. MM

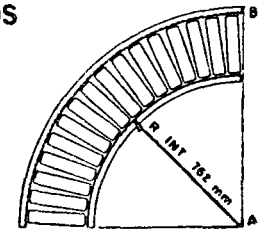
Larg de lám doblada	Long del tramo	Ancho total.	Ancho entre Larg.	Long util del rodillo	Rodillos emb por tramo	Distancia entre ejes.	Peso total del tramo
Calibre 10,	3 05 (10')	44 cms 17½")	38 cms (15")	36 5 cms (14⅜")	30	10 cms (4")	55 kg

NOTA —Los transportadores de rodillos se surten también en otras dimensiones, capacidades y diámetro de rodillo

CURVAS DE TRANSPORTADOR DE RODILLOS

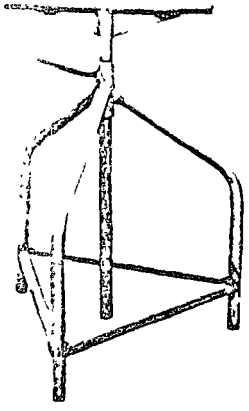


Modelo:	Rodillos embalerados por tramo:	Radio interior	Peso total del tramo.
90°	16	762 mm	30 kg
45°	8	762 mm	15 "



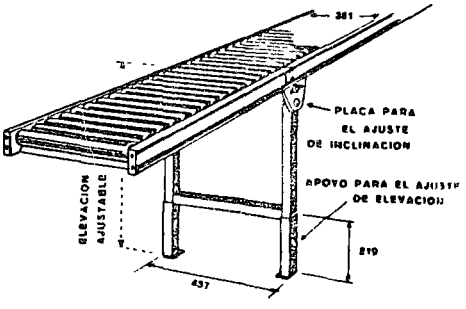
CURVA DE RODILLOS

ACOT. MM



TRIPIES Y SOPORTES PARA TRANSPORTADORES

El peso de los transportadores lo soportan en el caso de instalaciones semifijas, livianos pero resistentes tripiés de construcción tubular de fierro y ajustables a diversas alturas para dar la inclinación requerida al transportador, y en el caso de instalaciones fijas, soportes ajustables tipo "L", hechos de robusta lámina doblada en calibre 12, tanto la altura como la inclinación se gradúan por medio de dos tornillos por lado, pudiendo fijarse al piso por sendos barrenos en la parte inferior.

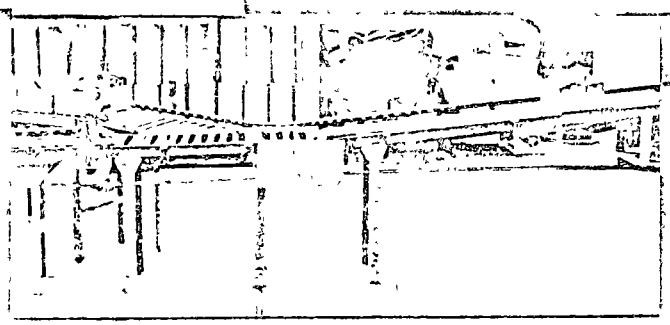


ACOT. MM

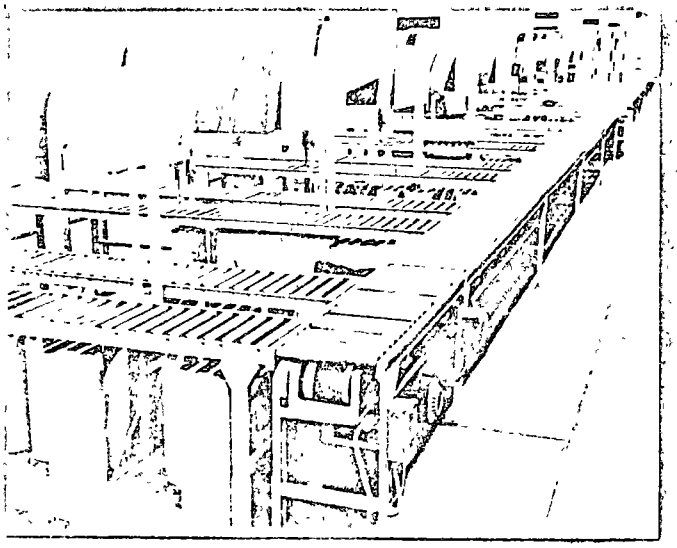
RODACARGA S A de C V
CALLE 45 NORTE 1074 COL. INDUSTRIAL VALLEJO • MEXICO 16, D. F.
TEL. 5-67-33-11 • APARTADO 13 BIS

SUCURSAL MONTERREY: AV. CONSTITUCION 735 OTE. ⊙ TEL. 43-09-05
SUCURSAL GUADALAJARA. CALZADA GONZALEZ GALLO 2501 ⊙ TEL. 17-16-80
SUCURSAL LEON: BLVD. A. LOPEZ MATEOS 603 OTE. ⊙ TEL. 3-75-56

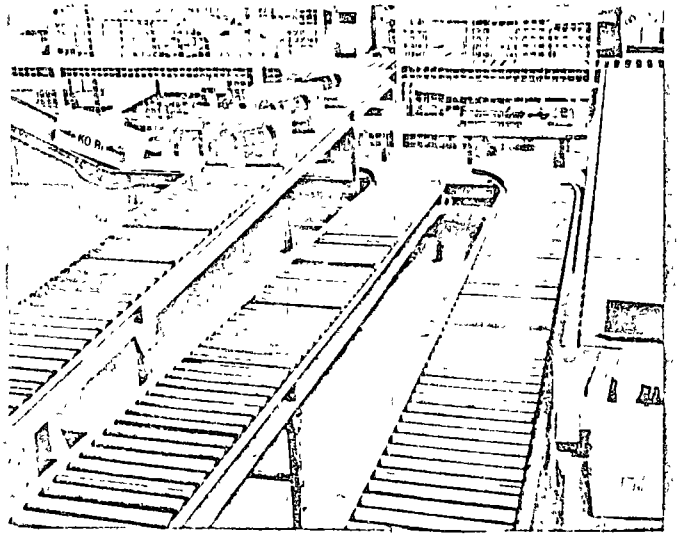
TRANSPORTADORES DE RODILLOS



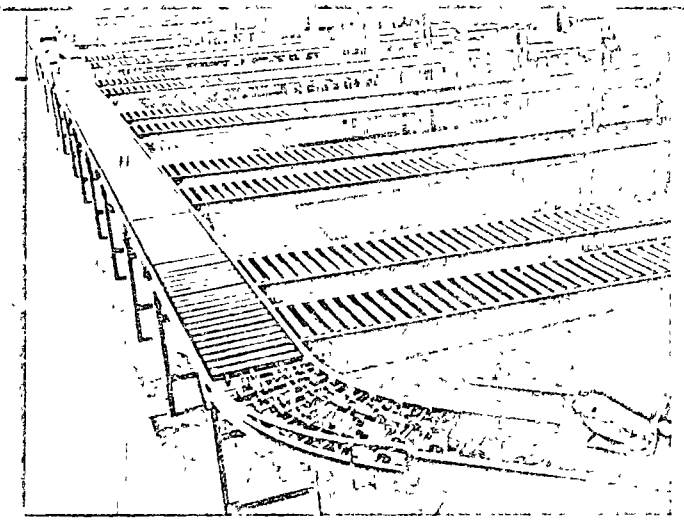
Sección de un sistema de transportadores muy completo que muestra los diversos componentes como son Banda inclinada, rodillos, ruedas de patín, deflector para cambios de dirección, y soportes ajustables de altura é inclinación.



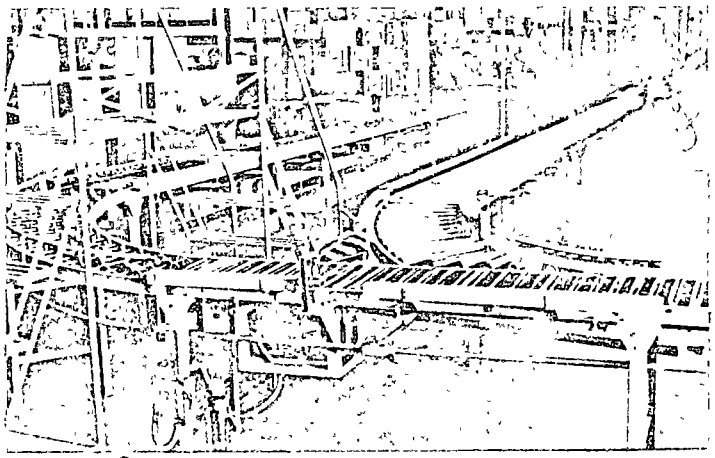
En esta secuencia se muestra como una sección de transportadores de rodillos vivos, surte el producto empacado hacia el departamento de sellado de cajas. Instalados en Avon Cosmetics, S. A de C. V



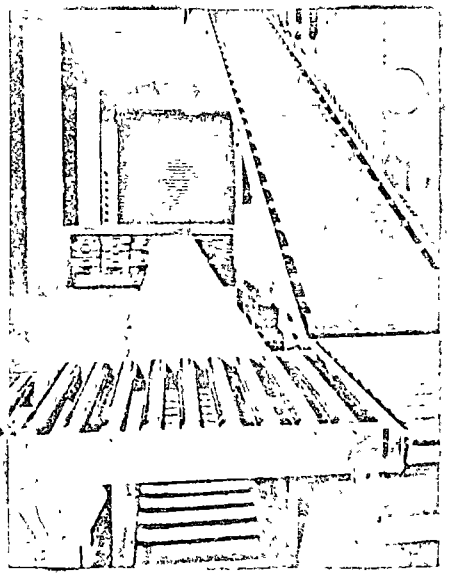
Diversas líneas de transportadores de rodillos permiten enviar todos los productos del Depto. de Selección y Empaque, al Almacen y Embarques Se completa el sistema con transportadores de banda horizontal é inclinado Instalación en Laboratorios y Agencias Unidas, S. A.



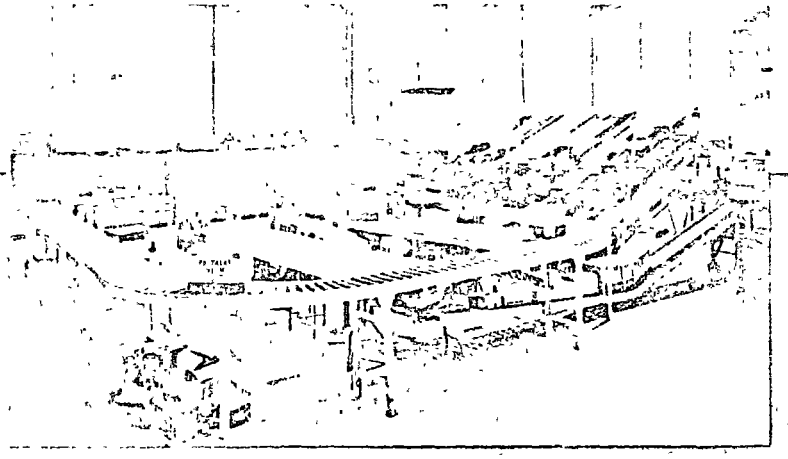
Sistema de transportadores de rodillos para surtir diversas líneas de empaque, con secciones de compuertas contrabalaceadas que permiten el paso rápido y cómodo de personal a través de los transportadores. Instalación de Avon Cos S A. de C V



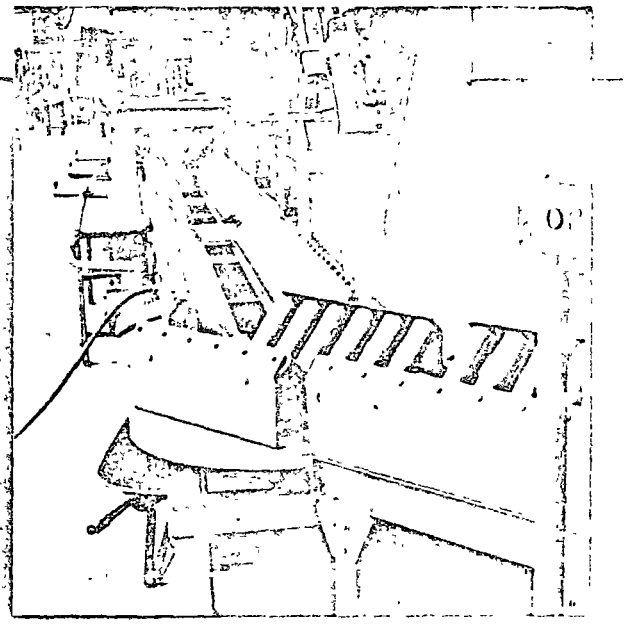
La afluencia de productos de dos diferentes líneas de rodillos convergen por curvas especialmente diseñadas a una línea de transportadores de rodillos. La selección del tráfico de cajas se efectúa por la acción de un deflector automático. Instalación para Avon Cosmetics, S. A. de C. V.



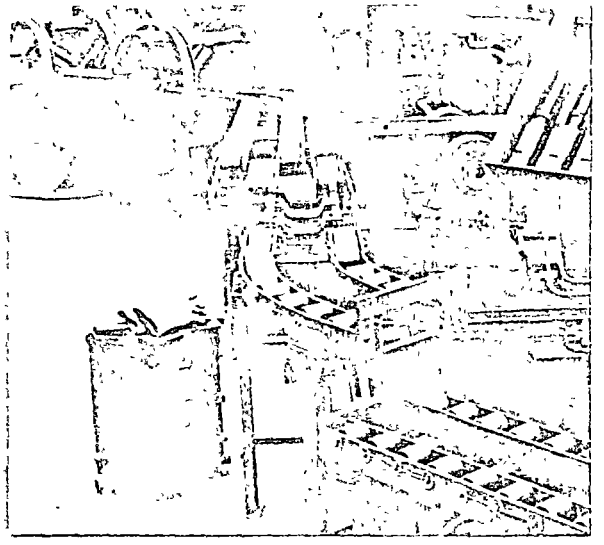
Sistema de transportadores de rodillos por gravedad para recibo y despacho de productos. Se completa el sistema con una banda transportadora reversible de superficie rugosa que permite el movimiento de cajas entre pisos. Instalación en Casa Autrey, S A



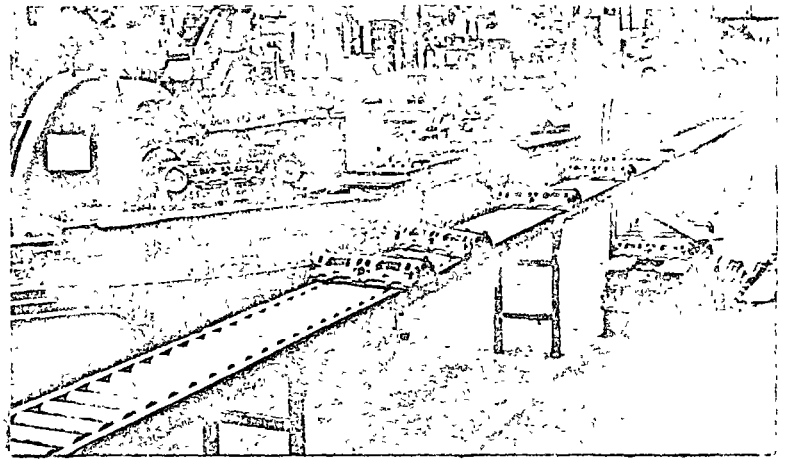
Sistema de transportadores de rodillos de gravedad rectos combinados con tramos curvos en una sección del almacén en Richardson Merrell, S. A. de C V.



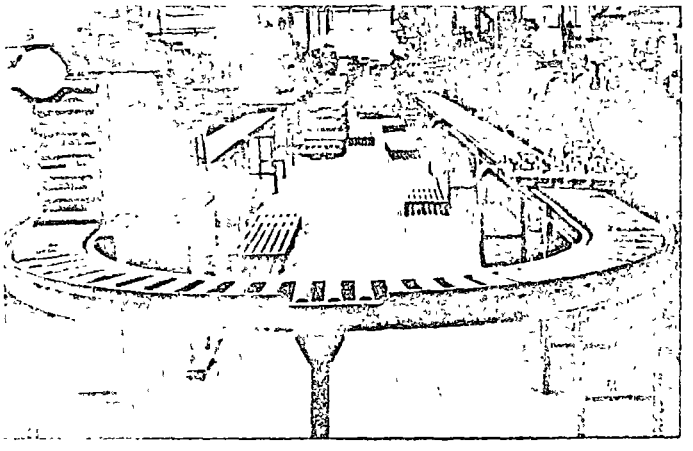
Adecuada línea de transportadores de rodillos en "V" para la sección de machuelado de piezas de motor V8 de gasolina en la línea de producción en Fábricas Automex, S A de Toluca, Edo de México.



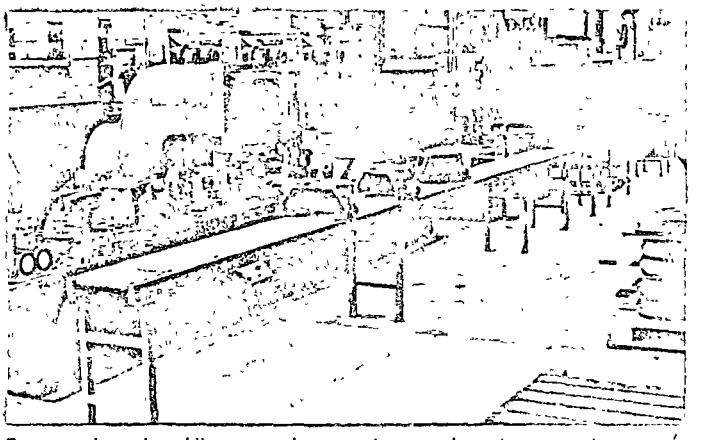
Las operaciones de volteo de motores V8 se realizan fácilmente con volteadores especiales de rodillos y sobre una doble hilera de rodillos para carga pesada instalado para una línea de ensamble y rectificado en Fábricas Automex, S. A



Línea de transportadores de rodillos de carga pesada para el maquinado de cabezas de motor V8 en la línea de producción de Fábricas Automex, S. A



Sistema de transportadores de rodillos para trabajo pesado mostrando una sección curva con apoyos ajustables de altura é inclinación Equipado también con una compuerta contrabalanceada que permite el paso del personal en forma rápida y cómoda Instalado en Fábricas Automex, S. A , en Toluca, Edo. de México.



Transportadores de rodillos para trabajo pesado que reducen los costos de operación en el maquinado de cubiertas de embrague de motores Diesel. Instalados en Motores Perkins, S. A

II GRUPO : GRUAS, POLIPASTOS, ELEVADORES : Este grupo abarca aquellos equipos destinados a desplazamientos verticales u horizontales o en ambas direcciones. En general se utilizan para trasladar cargas muy pesadas, pieza por pieza y frecuentemente de forma irregular. Genéricamente puede subdividirse en los siguientes tipos principales :

1.- Grúas de vías fijas.

2.- Grúas móviles.

3.- Malacates.

4.- Accesorios.

1.- Grúas de Vías Fijas : Son equipos de transporte mediante los cuales se puede elevar o bajar una carga y también desplazarlo en un plano horizontal, estando determinada la autonomía del desplazamiento por el diseño de la grúa.

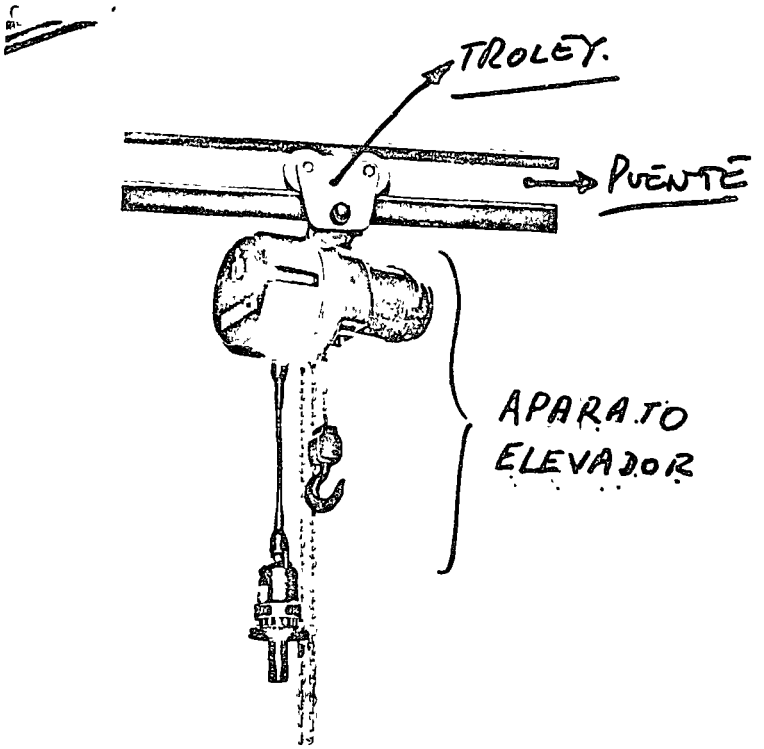
Su uso más frecuente es para piezas pesadas e irregulares como las que se dan en la construcción de buques, grandes equipos industriales como turbinas, Etc.

Desde el punto de vista constructivo una grúa puede dividirse en 3 partes, cada una de las cuales se desplaza según una dirección :

1. APARATO DE ELEVACION : Posibilita el movimiento en sentido vertical. Comúnmente se les denomina malacates. Son accionados a mano cuando su uso no es muy frecuente y eléctricamente o neumáticamente en caso de serlo.

2.- EL TROLLEY : Sobre él se monta el aparato de elevación y es - el que permite el movimiento en sentido lateral. Como el ante-- rior, puede ser accionado a mano o eléctricamente.

3.- EL PUENTE: Sobre el que se desplaza el trolley. Dicho movi-- miento también puede ser eléctrico o manual. En los monorrieles el puente es fijo, en otros como los puentes grúa, el puente se des plaza sobre dos vías aéreas. En otros tipos el puente tiene un mo- vimiento giratorio alrededor de un eje vertical.



MUNCK LINK CHAIN HOIST. 750. 1100. 1500. 2200lbs capasity.

... ##

GRUAS MONORRIEL : Consisten en una vía aérea en forma de doble T sobre la que se desplaza un Trolley con un mecanismo elevador. La superficie de la grúa es en este caso una línea recta. Dado que la vía aérea va sujeta del techo o las paredes, este sistema de transporte puede instalarse y utilizarse sin interferir para nada con las operaciones que tienen lugar en el área situada debajo del mismo y por consiguiente ofrece algunas ventajas sobre los transportes terrestres que necesitan espacio libre sobre el suelo.

El sistema de monorriel se usa especialmente en la industria metalúrgica pesada, en la industria química, cerámica, Etc.

Su capacidad es de hasta 10 toneladas con aparejos eléctricos y su velocidad está comprendida entre 10 y 100 mts./minuto.

GRUAS PUENTE : En este caso el puente se apoya en ambos extremos sobre ruedas que se desplazan en rieles instalados formando ángulo recto con el puente. Los rieles se instalan sobre columnas del edificio, estructuras aéreas o marcos espaciales.

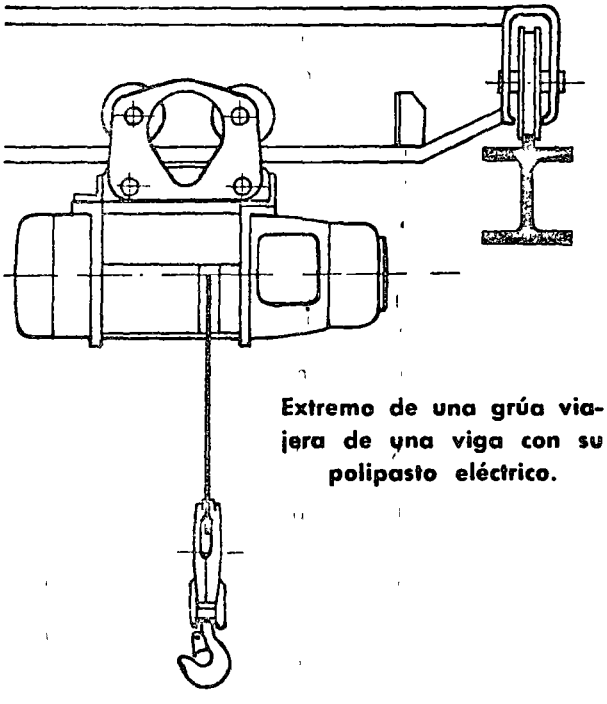
El tipo de grúa puente sobre rieles asegura una buena operación y permite una construcción mejor debido a que pueden usarse ruedas grandes.

En casos en que la velocidad de traslación longitudinal de la grúa excede la velocidad a la que puede caminar un operario (80 mts/min) éste puede viajar en la cabina de la grúa o usar un control remoto.

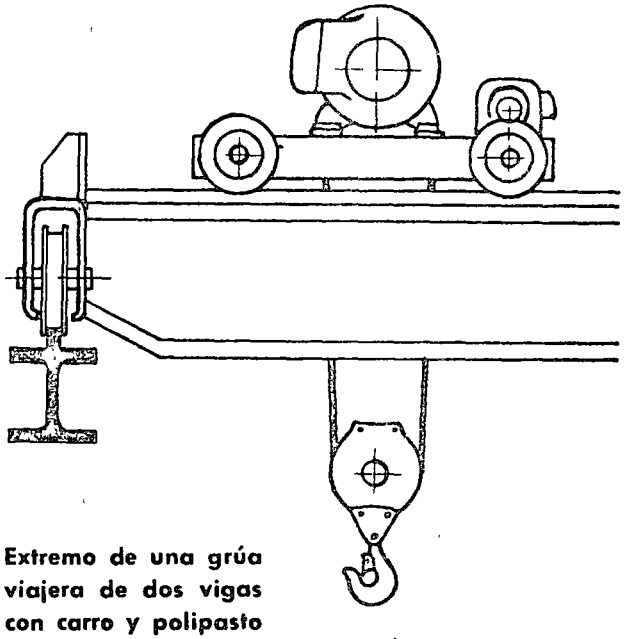
Los puentes grúas grandes tienen un motor para impulsar el puente y, por-

... ##

lo general, otros dos motores para accionar el trolley y el polipasto, respectivamente. Los puentes grúa eléctricos, que son los más comunes, tienen una capacidad muy variable, que puede llegar hasta las 360 toneladas. Las más comunes tienen entre 4 y 27 toneladas. La velocidad del puente varía desde 8 a 14 mts/min. cuando es necesaria una gran exactitud en los movimientos y llega hasta 130 mts/min. cuando lo esencial es la rapidez.



Extremo de una grúa viajera de una viga con su polipasto eléctrico.



Extremo de una grúa viajera de dos vigas con carro y polipasto eléctrico sobrepuesto.

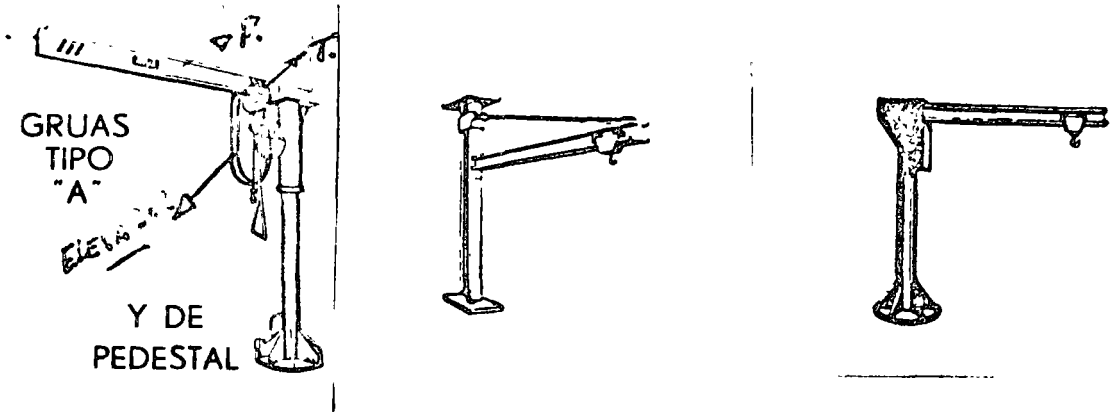
GRUAS FIJAS DE PARED Y PLUMAS. La viga principal de estas grúas gira alrededor de un eje vertical de modo que el área barrida es un segmento de círculo. Este eje vertical en las grúas está sujeto a la pared mientras que -

...##

en las grúas pluma está en una columna que puede construirse en cualquier lugar. El ángulo de giro de la grúa fijo está limitado a 180° ó a 270° si se -- construye en un rincón o esquina. En los equipos normalmente encontrados en la industria la carga máxima es de 5 toneladas y la longitud varía de 1 a 8 mts.

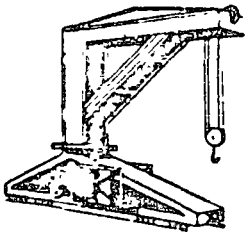
Estas grúas se instalan por lo general cuando se necesita elevar a menudo en un lugar fijo.

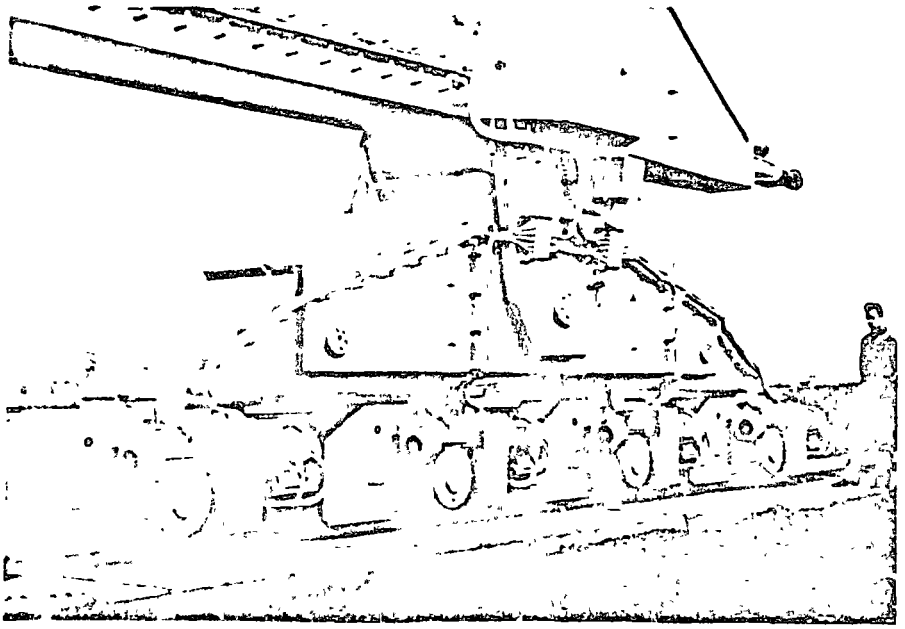
Es posible también construir una grúa fija de tal manera que pueda moverse una distancia corta a lo largo de la pared.



GRUA DE RIELES.- Este tipo de grúa (ver figura), está montada sobre un - vehículo que puede ser arrastrado sobre rieles standard de ferrocarril por locomotoras u otra forma de tracción. La grúa gira alrededor de un eje vertical de modo - que el área cubierta es un círculo alrededor del punto de giro. Estas grúas se construyen normalmente en tipos de 5 a 15 toneladas con radio de 2 a 20 mts. y, por lo general, son conducidas por medio de un motor diesel o de gasolina aunque también pueden ser eléctricas.

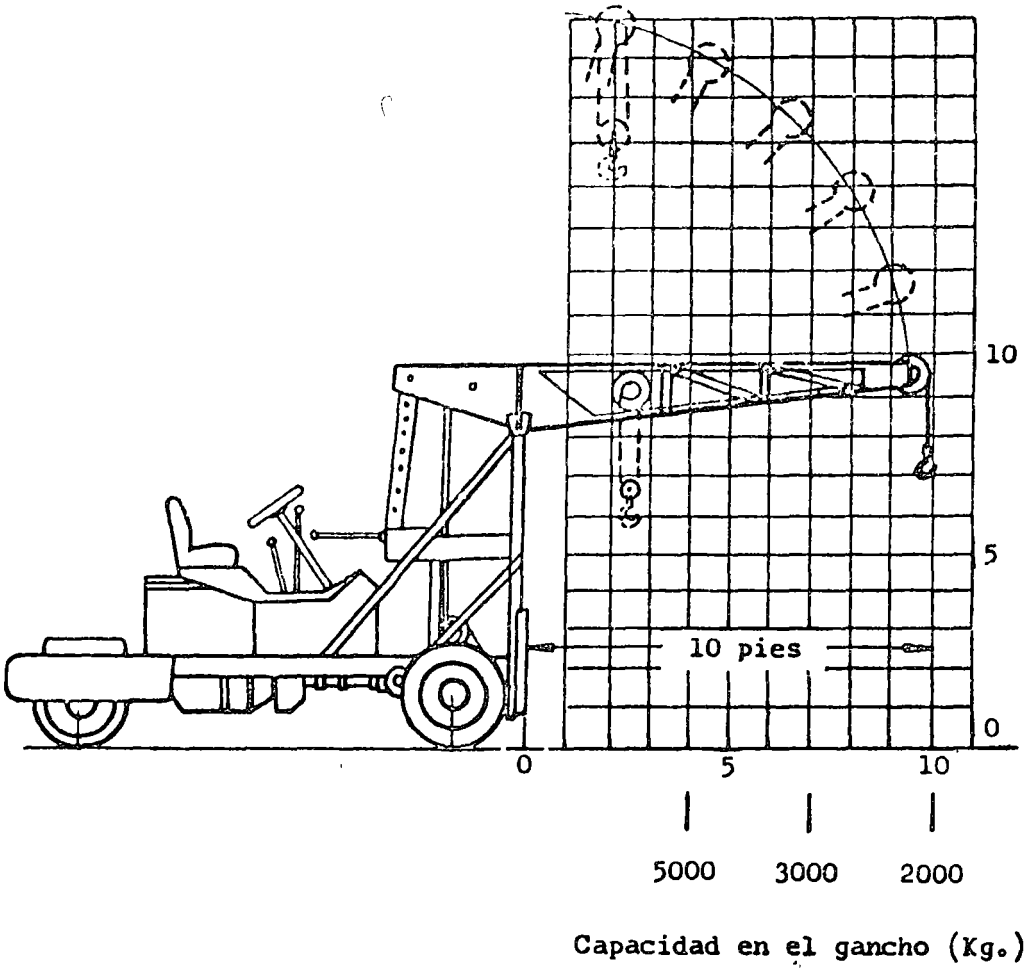
... ##





2do. GRUAS MOVILES: Las grúas móviles tienen la caracteristica de que pueden ser conducidas a grandes distancias cuando están cargadas. Normalmente consisten en un vehículo automotor con una estructrua que sostiene la pluma. La pluma puede desplazarse verticalmente y el aparato de elevación puede desplazarse sobre la pluma. En algunos tipos de grúas, se reemplaza la pluma por un brazo con una pala de modo que pueda utilizarse para transportar tierra. Las aplicaciones más comunes de estas grúas son en patios de fábricas, de ferrocarril, muelles, Etc.

Existen otros modelos en los cuales el vehículo va montado sobre orugas.



3ro. MALACATES : Un malacate es un dispositivo mecánico suspendido para - elevar y bajar cargas en dirección vertical con un pequeño esfuerzo.

Los tipos más difundidos son :

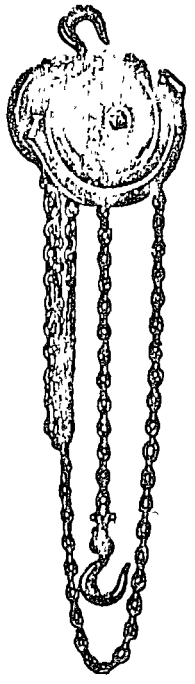
1). De mano : utilizado en general para fines no productivos y cuando su uso se reduce a bajas alturas y poca frecuencia.

2). Malacate diferencial : es la forma más simple de elevación mecánica y - consiste de una cadena sin fín única operada sobre un tambor doble o dife-

... ##

rencial, y a través de una polea inferior. La diferencia o el diferencial en los diámetros de la polea doble es tan pequeña que la fricción de las distintas partes acopladas sirve para mantener la carga suspendida en cualquier punto cuando se deja de ejercer tracción sobre la cadena.

a. Diferencial



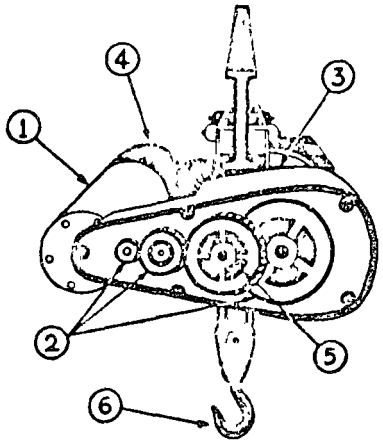
b. De engranajes planetarios

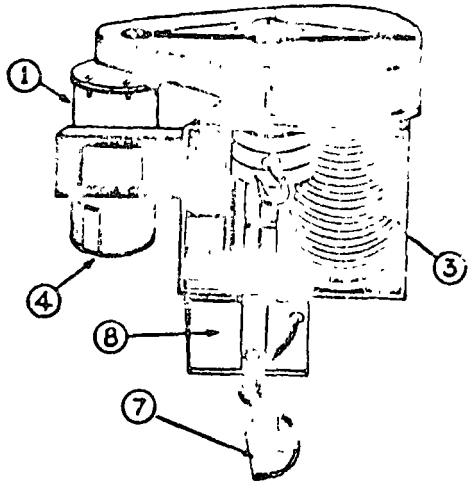
Aparejos de accionamiento manual

Se baja o se sube ejerciendo tracción en uno u utro de los lazos de la -- cadena sin fin que cuelga. Se necesita un hombre para su accionamiento y su uso es hasta 1.5 toneladas. Dado que la reducción de fuerzas se determina por la relación de los diámetros de las dos poleas de arriba, dicha reducción es muy poca.

... ##

Casos más elaborados de malacates, son los de reducción por engranajes y más aún los eléctricos, en los cuales las fuerzas requeridas para elevar la carga es proporcionada por un motor eléctrico acoplado al malacate, siendo este motor controlado por un operario mediante botonera. Tienen además un tambor donde se enrolla el cable y están provistos de un mecanismo de freno.





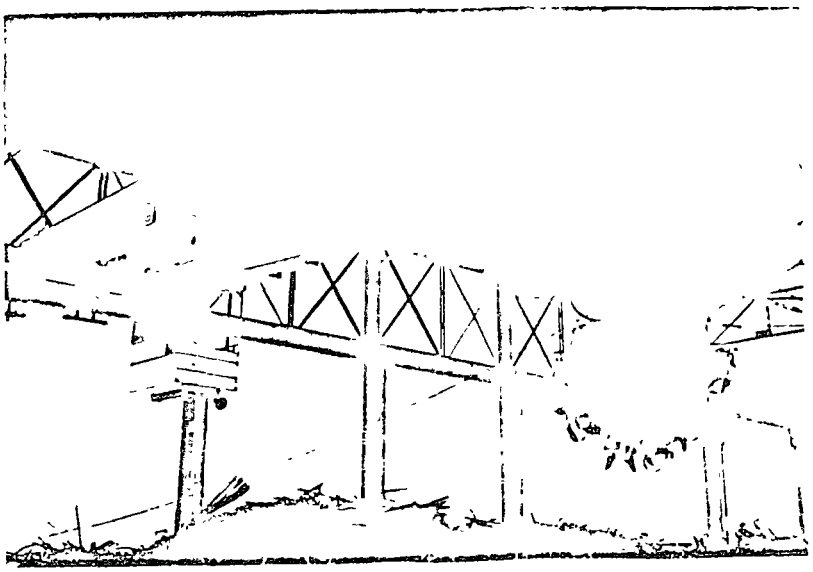
1. Motor eléctrico
2. Tren de engranajes
3. Tambor y cable
4. Freno del motor
5. Freno de la carga
6. Gancho
7. Control
8. Panel de control

Aparejo eléctrico

Existen también malacates accionados por aire comprimido para usarse en lugares donde no se permiten chispas o donde la regulación suave es esencial, siendo su capacidad limitada a unas 5 toneladas.

4to. ACCESORIOS : Tanto las grúas como los malacates que hemos descrito deben adaptarse en las operaciones normales a diferentes condiciones de trabajo lo que se logra mediante el uso de distintos accesorios. Dentro de los más comunes podemos citar el ELEVADOR ELECTROMAGNETICO que se usa para mover hierro, acero, virutas, desechos, Etc. Su fuerza portante puede ser hasta de 25 toneladas para un diámetro de electroimán del orden de los 2,5 mts.

Los electroimanes son alimentados por corriente directa y no deben utilizarse durante un tiempo muy prolongado (Histérisis, corrientes parásitas, Etc.)

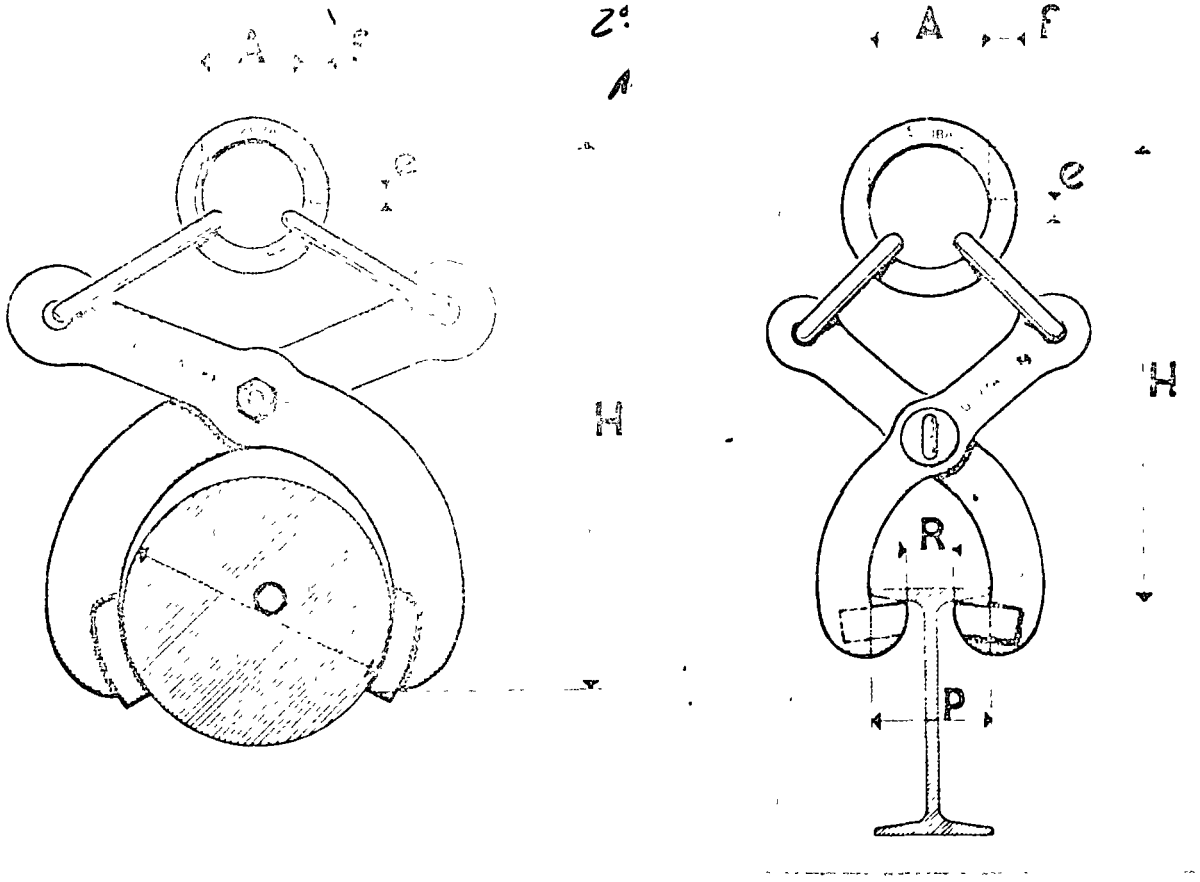


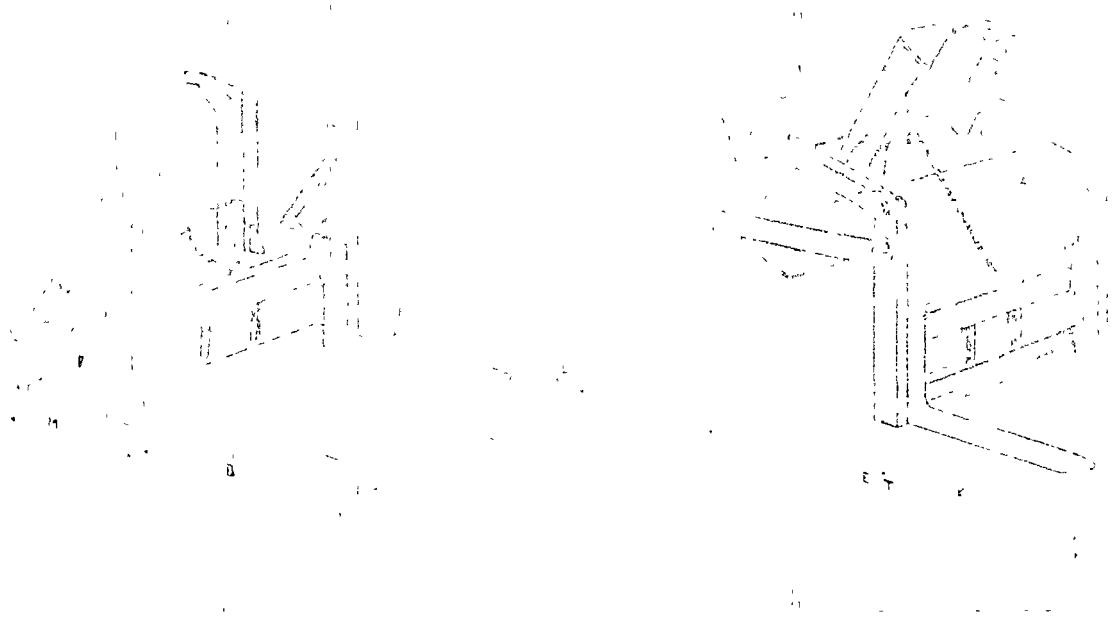
B. ELEVADOR DE LAMINAS : Se utiliza para levantar pilas de láminas.

C. PINZAS. Para materiales de formas diversas.

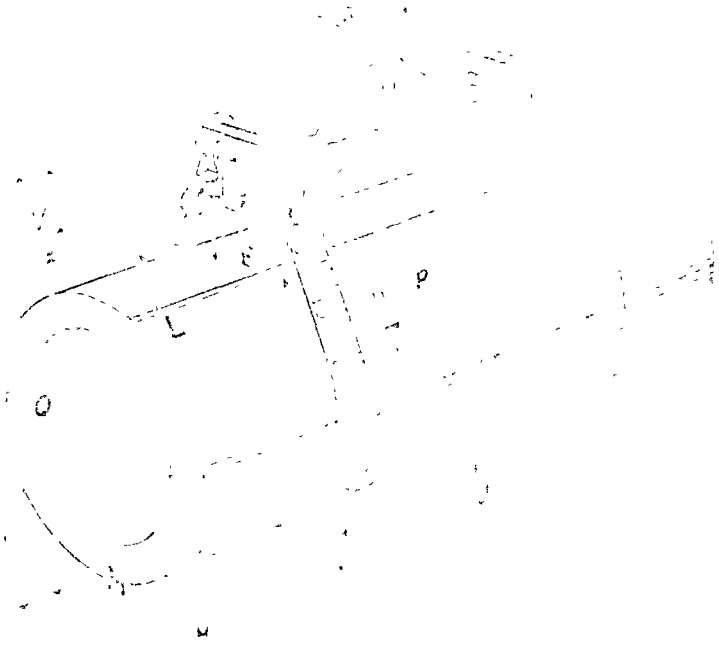
D. CUCHARAS : Para descargar grava, carbón, Etc.

E. CINTURONES : Para evitar dañar la carga o que ésta se resbale.





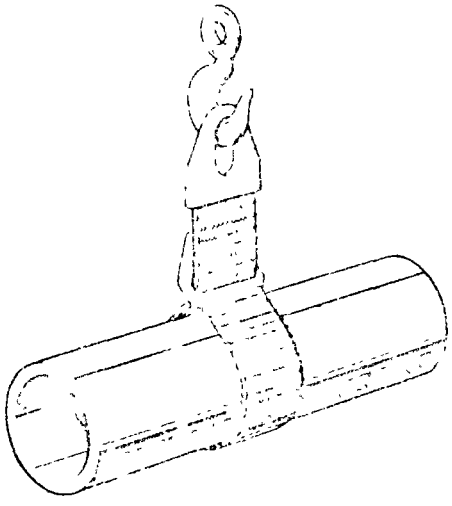
PERDIDA DE ALTURA H REDUCIDA

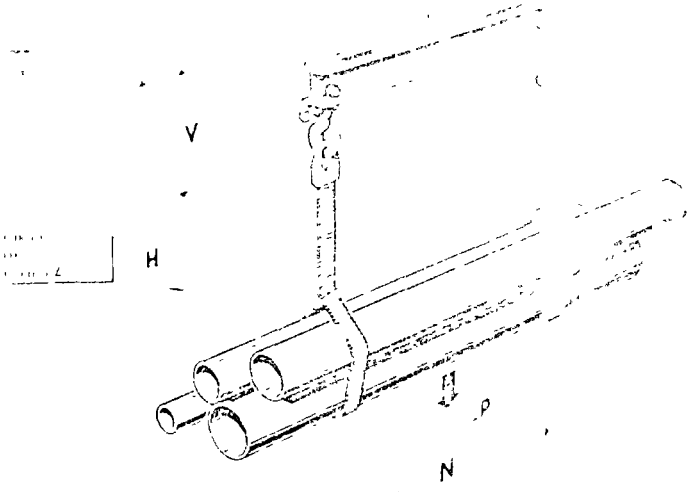


ECONOMIA

SEGURIDAD

A [illegible] e perfecta [illegible] que [illegible] la carga





NUDO CORREDIZO

Sobre pedal [illegible] que permanecerá [illegible] que permanecerá [illegible] con nudo corredizo

DISTRIBUIDOR AUTORIZADO:

F. VEHICULOS INDUSTRIALES.- Este grupo de equipos incluye todos los vehículos autónomos de dos o más ruedas utilizadas para el manejo de materiales dentro de la fábrica y que pueden ser accionados a mano o por fuerza motriz eléctrica o mecánica. Tienen la ventaja de la flexibilidad y su costo de adquisición es relativamente bajo.

Dada la gran cantidad de tipos, se les suele subdividir en :

1.- CARRETILLAS MANUALES.

2.- PLATAFORMAS MANUALES DE 3 6 4 RUEDAS.

3.- ACOPLADOS PARA USAR CON TRACTORES.

4.- CARROS ELECTRICOS DE PLATAFORMAS.

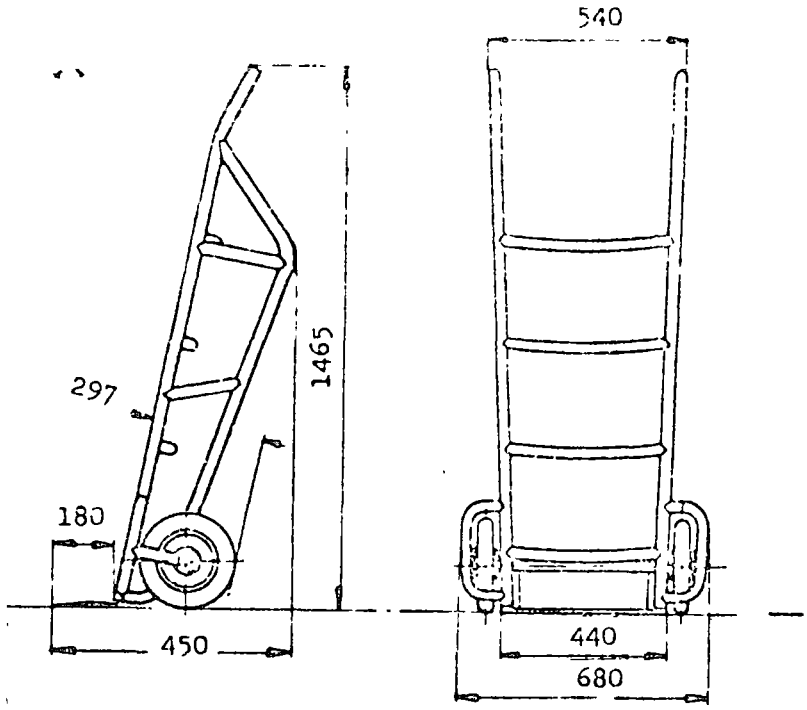
5.- VEHICULOS ELEVADORES.

6.- VEHICULOS ESPECIALES.

Es muy importante dentro de este grupo el factor diseño, sobre todo en los tipos manuales. Los aspectos más importantes son los que se refieren a : estructura, ruedas y cojinetes .

Carretillas Manuales. (Diablos). Consisten en un armazón, generalmente tubular, de acero, aluminio o de aleación liviana y provisto de dos ruedas fijas. La carga se levanta empujando la carretilla debajo de aquello y dejándola caer

Se usa para el transporte de bolsas, cajas grandes, tambores, Etc., sobre distancias de varias decenas de metros.



2.- PLATAFORMAS MANUALES DE 3 ó 4 RUEDAS. Pueden ser de acero o madera y consisten en una plataforma montada sobre ruedas. Se usan para recorridos cortos con rutas variables y la carga máxima es de ------- 4,000 Kgs.

Existen modelos adoptados para aplicaciones especiales. En algunas las ruedas tienen bases giratorias. También hay de base fija o combinadas.

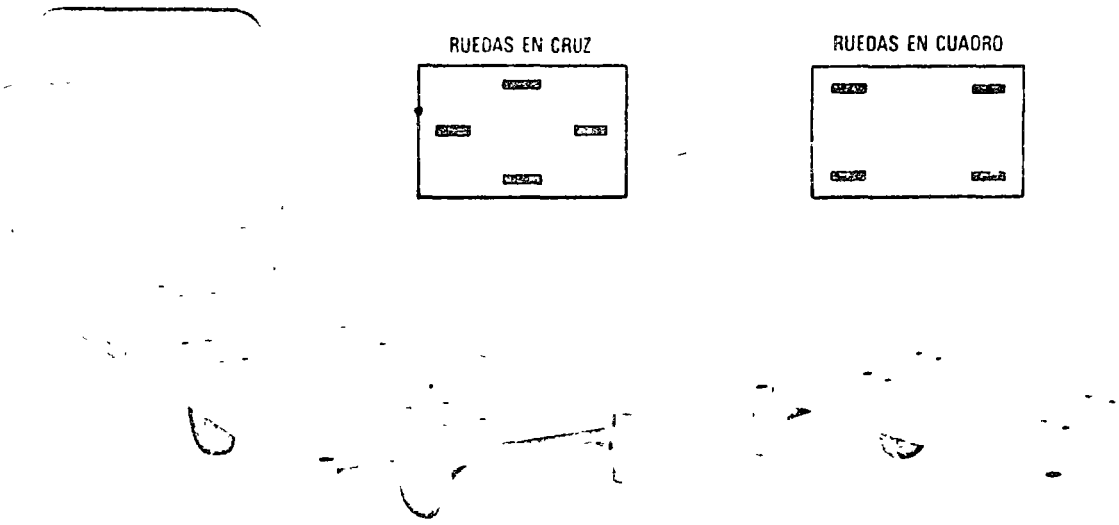
El modelo de base giratoria es difícil de controlar mientras que el de base fija es difícil de maniobrar.

...##

CARROS - PLATAFORMA

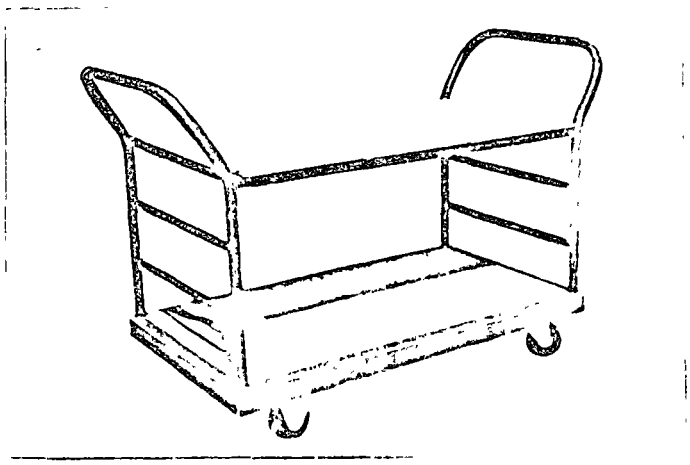
RUEDAS EN CRUZ

RUEDAS EN CUADRO



Carros - plataforma indispensables en toda fábrica y almacén así como en laboratorios, hospitales, hoteles, litografías, tiendas de víveres lavanderías tintorerías etc Construídos de fierro estructural de alta resistencia, con plataforma de madera de primera y manerales de fierro tubular Capacidades de 400 a 1000 kilos Equipados con dos rodajas giratorias y dos fijas, colocadas en cuadro para su manejo donde no existe problema de espacio y en cruz para su uso en espacios reducidos Disponibles con uno ó dos manerales y distintos tamaños de plataforma Puede surtirse cualquier tipo ó tamaño sobre pedido Existencia constante de los siguientes modelos

Modelo	Dimension de plataforma	Con rodajas	Cap en kgs en cuadro	Cap en kgs en cruz.
2446 54	61 cms x 117 cms (24") x (46")	F5 111 y G4 132	400 kilos	400 kilos
2754-66	69 cms x 137 cms (27") x (54")	F6 132 y G6 132	600 kilos	600 kilos
2754-86	69 cms. x 137 cms (27") x (54")	F8 1932 y G6 132	800 kilos	800 kilos
3060 10/6	76 cms x 152 cms (30") x (60")	RHV 10x2¾ y G6-132	1,000 kilos	1,000 kilos



3.- ACOPLADO PARA TRACTORES. Se les emplea especialmente para formar trenes y ser remolcados por un tractor. Consisten en una plataforma generalmente sin estructura superior y con 4 ruedas. Cuando se usan en trenes, tienen dispositivos especiales que enganchan al ser empujados los carros uno sobre otro.

4.- CARROS ELECTRICOS DE PLATAFORMA. Se trata de vehículos de tres o cuatro ruedas propulsados por un motor eléctrico a bateria colocado en el mismo carro. En algunos tipos el operador va parado sobre la plataforma delantera y controla el desplazamiento mediante pedales, en otros va sentado y tiene un volante. Se usan para distancias medias, con movimientos frecuentes y con carga demasiado pesada para el movimiento manual.

5.- VEHICULOS ELEVADORES: Son vehículos de 3 ó 4 ruedas, provistos de un dispositivo por medio del cual pueden ser levados paqueres apilados sobre plataformas. Pueden considerarse como el desarrollo posterior de los vehículos no elevadores en los cuales los paqueres son descargados uno a uno.

...##

Existen dos tipos principales que son :

1.- Vehículos de plataformas : Tienen una plataforma por medio de la cual pueden tomar un pallet o tarima.

2.- Elevadores de Horquillas : Son los vehículos industriales de elevación más comunes y tienen una horquilla con dos uñas cortadas en forma de bisel o dispositivos especiales, por medio de los cuales - pueden elevar una plataforma, barriles, Etc.

Vehículos de Plataformas : Es un autoelevador de tres o cuatro ruedas con una plataforma o unas que se elevan. Es propulsado a mano o por un motor siendo la elevación de accionamiento hidráulico o eléctrico. En general se usan para el transporte de materiales pesados como matrices, fundiciones de hierro, tambores - en la fabricación dé pinturas, Etc.

Autoelevador de Horquillas : El autoelevador es un vehículo de cuatro ruedas con un mástil y una horquilla que se desliza hacia arriba y hacia abajo. Está construído de manera tal, que la horquilla y la carga están fuera de las ruedas delanteras, lo cual es necesario para estibar, y en consecuencia debe agregarse un - contrapeso al vehícúlo que constructivamente está formado por el motor, el bastidor y en caso de ser necesario por pesos extras. Las ruedas delanteras en general -

... ###

son más grandes debido al alto peso del vehículo cargado y pueden ser macizas o neumáticas.

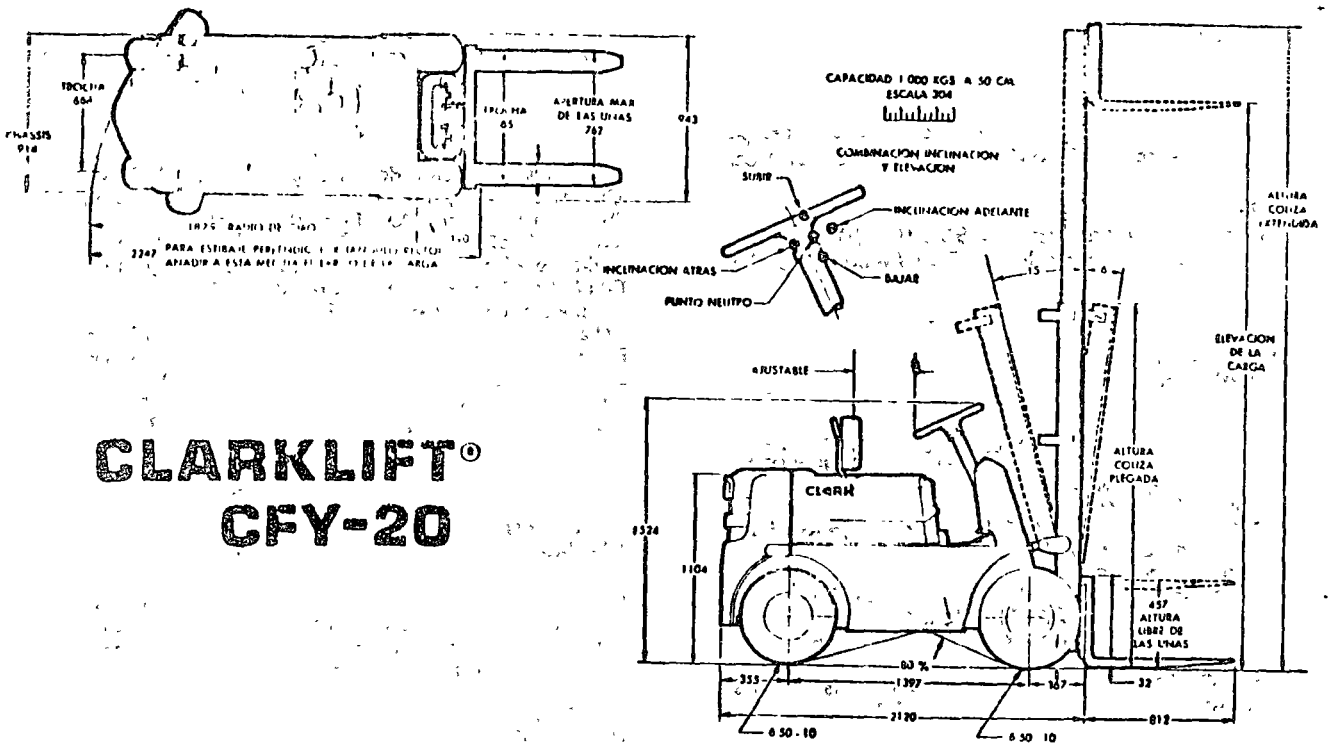
Las neumáticas acojinan la marcha y ejercen menos presión sobre el piso por razón de su gran superficie de contacto. Esta es una consideración importante para vehículos que trabajen al exterior o por superficies sin pavimentar o en interiores en que los pisos están mojados o resbaladizos. Las llantas macizas sin embargo duran más. Todos los autoelevadores tienen cambio de dirección - en las ruedas posteriores.

En cuanto a los mástiles hay dos tipos : El telescópico, por medio del cual se obtiene un rango de elevación más grande, si bien se disminuye la capacidad - de carga pues ésta se aleja del eje delantero, y el mástil no telescópico con limitación de la distancia de elevación. Para evitar que la carga se deslice de la -- plataforma, la mayoría de los autoelevadores de horquilla tienen un mecanismo - de inclinación de modo que el mástil completo se puede inclinar hacia atras, alrededor de un punto de rotación bajo. La inclinación hacia adelante es de 6° y - hacia atrás de 15°.

Dado que el peso de la horquilla y de la carga deben balancearse, es importante tener presente el centro de gravedad de la carga. Los catálogos de los fabricantes traen estas especificaciones. Otro aspecto a considerar, es la resistencia - de los pisos, ya que estos constituyen muchas veces una limitación, y los anchos -- necesarios de pasillos de acuerdo a la forma en que se quiera estibar. Los catálogos traen datos, como el radio de giro, distancias al eje delantero, Etc., y fórmulas matemáticas que permiten calcular los pasillos de acuerdo a la carga, la velocidad, -

la posibilidad de tránsito de ida y vuelta.

En cuanto a la potencia, podemos decir que si las cargas se llevarán a grandes distancias o si hay rampas empinadas, se preferirá el montacargas impulsado por motor de gasolina, gas de petróleo licuado o diesel. Dichos montacargas presentan el inconveniente de que emiten gases. Los montacargas eléctricos son limpios, silenciosos y sin gases y se suelen preferir cuando la pulcritud es un requisito.



ESPECIFICACIONES Y MEDIDAS

ESPECIFICACIONES TECNICAS

MODELO

CFY-20	Peso	2 065 Kgs
CY	Peso . . .	2.133 Kgs.

CAPACIDAD Y DISTRIBUCION DE PESO

Porcentaje sobre las ruedas motrices (vehiculo vacio) . . . . . 54 %
Capacidad nominal 2000 Kgs. a 50 cm. del centro de carga
Para otras capacidades ver tablas

RODADO

Standard	Medida	Telas	Presion
Tracción simple y dirección	6 50 x 10	10	100 lbs.

Opcional

Tracción dual y dirección . .	6.50 x 10	10	100 lbs.
Tracción simple y dirección	6 50 x 10		macizo especial

VELOCIDAD Y DECLIVES

	Embrague a fricción	HIDRATORK
Velocidad de desplazamiento con carga nominal .	16,9 Km/hora	17,6 Km/hora
Capacidad de subir rampas con carga nominal .	31 %	31,5 %

COLIZA STANDARD

	cargado	vacia
Velocidad de elevacion	25,3 mts /minuto	28,6 mts /minuto
descenso	18,3 „ „	24,4 „ „

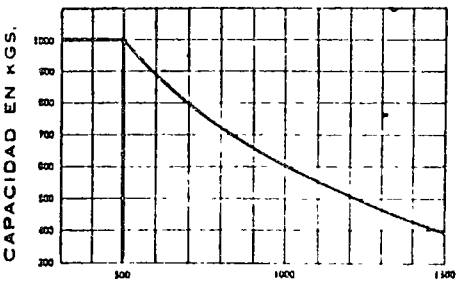
MOTOR

IKA de 4 cilindros con regulador de velocidad centrifugo actuando en la punta del arbol de levas Distribucion a engranajes de diente helicoidal rectificado.
Carburador ascendente

Modelo .	4L-151
Alesaje . .	84,138 mm.
Carrera .	111 125 mm.
Cilindrada	2480 cm³
Cap carter	4,75 lts.
Revoluciones reguladas con carga .	2200
HP a revoluciones reguladas	49,5
Torsión máxima mkg.	16,6
Cap. tanque de combustible . . .	37,5 lts.

Nota: LP Gas opcional a costo extra.

TABLA DE CAPACIDADES



Centro de la carga en mm desde el frente de las uñas
Las capacidades nominales arriba indicadas estan computadas con la coliza en posicion vertical
Se aplican para altura máxima de elevación de carga de hasta 4,00 Mts.

DIMENSIONES Y ALTURAS DEL SUELO

Largo hasta el frente de las uñas	2120 mm.
Distancia entre ejes .	1397 mm
Ancho (ruedas motrices simples) . . .	943 mm.
Trocha (motriz)	765 mm.
Radio de giro	1879 mm.
Pasillo básico para estibar en ángulo recto (añadir longitud de carga)	
Coliza	136 mm.
Eje motriz . .	184 mm
Eje de direccion .	181 mm.
Centro de chasis	203 mm
Luz central . .	80 %

FILTROS DEL MOTOR

Tres tipos (1) Filtro de combustible (2) Filtro de aceite con elemento cambiable de papel tipo automotor (3) Filtro de aire tipo seco con elemento cambiable de papel plegado de 5 micrones

SISTEMA ELECTRICO

Bateria	NEGATIVO A MASA
Tensión	12 Volts nominales
Capacidad	40 ampere-hora
Regulador de carga compuesto por . .	Disyuntor Limitador de intensidad Regulador de tension
Generador	
Volts	12 nominales
Amperes	35 nominales
Motor de arranque	
Tensión	12 Volts nominales
Bendix	Centrifugo

FRENOS

(Dos sistemas) Torsion del pedal multiplicada a traves de reduccion final en cada rueda motriz que reduce el esfuerzo y prolonga la vida de los frenos. Doble zapata de expansión hidráulica interna y forros adhesivos. Pedal ancho central en modelos Hydratork de facil aplicacion con cualquier pie. Tambores encerrados en carcaza del eje motriz en lugar de las ruedas. Zapatas auto-regulables, no necesitan ajuste durante la vida util del forro.

DIRECCION

Cubiertas grandes brindan facil desplazamiento y buena flotacion bajo las mas adversas condiciones de operacion. Eje de dirección de fuerte acero vanadio montado sobre dos bujes torsionales de goma que amortiguan y brindan articulacion contra desniveles del piso hasta 15 cm de altura. Topes eficaces para estabilidad lateral. Pivotes inclinados disminuyen el efecto de golpes. Tren de dirección tipo a bolillas circulantes. El punto central geométrico y la angularidad de 75° permiten giros cortos. Rótulos tipo automotor. Volante de 457 mm de diametro.

EJE MOTRIZ Y CAJA DE VELOCIDADES

Montaje integral de tres puntos que incluye: motor, embrague, caja de velocidades, piñón y corona, diferencial y conjunto de eje motriz totalmente flotante. El peso del vehiculo lo soporta la cañonera y no el eje palier. Reducción final planetaria en ruedas motrices totalmente blindada.

EMBRAGUE A FRICCION

Monodisco seco de 280 mm de diámetro de cambio rapido "quick-change" con revestimiento remachado de 25 mkg de torsion, control a pedal tipo automotor. Dos palancas de cambio directas a la caja: adelante-atras y alta-baja que seleccionan 2 velocidades adelante y dos atrás.

TRASMISION HYDRATORK (OPCIONAL)

Dos velocidades, engranajes en acople constante y [illegible] de direccion. El convertidor multiplica la fuerza del motor sin castigar la linea motriz ni engranajes. El aceite es enfriado por separado en un [illegible] situado en la parte inferior del radiador y filtrado a través de un elemento cambiable tipo automotor. Palanca direccional sobre el lado izquierdo de la columna de direccion. En lugares cerrados el juego libre del pedal de frenos acciona hidráulicamente una válvula que permite disminuir gradualmente la fuerza de los frenos motrices aunque el motor funcione a [illegible] para elevacion rápida.

CILINDROS DE ELEVACION E INCLINACION

Embolos de inclinación cromados. Espesores para compensar el desgaste de empaquetaduras, cambiables desde afuera. Válvula de seguridad de inclinación garantiza un control eficiente contra derivas. Todos los cilindros tienen aros metalicos de protección para las empaquetaduras. Embolo de elevación tipo pistón de esfuerzo lateral mínimo. Regulador de caudal modulado reduce la velocidad de bajada cuanto más pesada la carga.

INSTRUMENTAL

Amperimetro, Presión de aceite motor, Medidor de temperatura, Medidor de combustible, Cuenta-horas opcional a costo extra.

COLIZA

Coliza telescopica de guías embutidas con roletes blindados. Perfil central de acero tratado SAE 1045 embutido en perfil fijo del mismo material, proveen un funcionamiento uniforme y brindan mayor durabilidad. Carro porta uñas con roletes de empuje lateral montados exteriormente para dar mayor estabilidad y evitar esfuerzos de la coliza. Una traba impide que la coliza interna se eleve antes de la completa elevación libre de las uñas.

SISTEMA HIDRAULICO

Válvulas tipo carrete totalmente balanceadas a precisión brindan puestas en marcha y paradas suaves. Válvulas de alivio para sobrecargas, roscas SAE rectas y "O" rings de goma en todo el sistema de presión. Bomba hidráulica de paletas accionada por el motor a traves de engranajes. Tanque hidraulico de chapa de 8 mm montado sobre el chasis como parte integral del mismo. Mangueras hidraulicas de goma y malla de acero trenzado. Proteccion contra la suciedad: (1) Respiradero del tanque hidraulico con elemento cambiable de 5 micrones. (3) Filtro de caudal completo dentro del tanque de 25 micrones.

CARRO PORTA UÑAS Y UÑAS

Construcción enteramente soldada para trabajos pesados de acero 1045 contra impactos. Ajuste lateral de uñas de 0-1015 mm con o sin parrilla opcional. Conveniente traba de accion rápida para asegurar las uñas. Uñas forjadas y tratadas termicamente para mayor resistencia en toda la sección del talon.

MANTENIMIENTO

El acceso a los órganos mecánicos del autoelevador es simple Con tan solo abrir las tapas laterales y el capot quedan expuestos para la inspeccion la tapa de llenado del aceite hidráulico, varilla de nivel del aceite de motor, tapa de llenado de aceite del mismo, etc Batería montada en plataforma giratoria para su mejor inspección y mantenimiento Contrapeso de encajes laterales y un solo bulón de fijación, permite ser retirado rápidamente

ASIENTO

Amplio asiento y respaldo de goma espuma cubiertos de Vinil plástico Cómodo respaldo curvado e inclinable. Corredera que permite un ajuste longitudinal de hasta 90 mm.

TECHO Y PARRILLA

Estos accesorios son opcionales CLARK EQUIPMENT COMPANY recomienda su uso y aconseja al propietario considerarlos indispensables

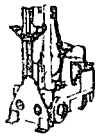
COLORES

Dos tonos. Gris plateado combinado con uno de 5 opcionales: rojo, anaranjado, amarillo, verde o azul

OTROS

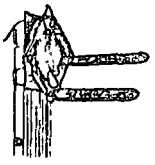
Reserva auxiliar de combustible accionada a mano de 2 lts. de capacidad Acople tipo perno empotrado a 30 cms. del suelo. Bulones y tornillos cadmiados Silenciador resonante detrás del radiador, frente a la corriente de aire, esparce el gas evitando el recalentamiento Todas las superficies expuestas con antióxido y pintadas a soplete

Accesorios para autoelevadores

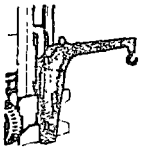


Sujecion de canastos

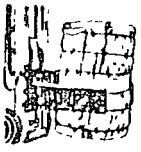
Accesorios de empuje



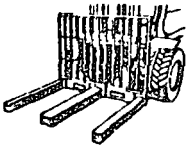
Horquilla giratoria



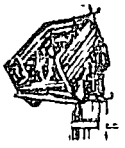
Pluma cuello de ganso



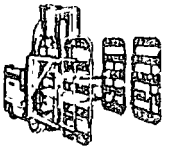
Dispositivo de sujecion



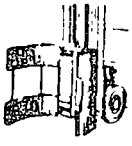
Horquilla de mordaza



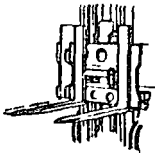
Canasto volcable



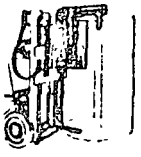
Sujecion de cartones



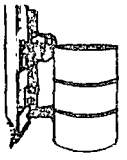
Sujecion giratoria de rollos



Giro lateral



Adaptador neumatico



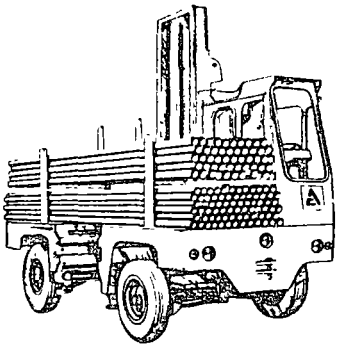
Manipuleo de barriles

6.- VEHICULOS ESPECIALES : Modernamente se han desarrollado una gran cantidad de vehículos diseñados y construídos para aplicaciones no comunes ; sin embargo, algunos tipos se han difundido llegando a ser más o menos comunes.

Entre ellos deben mencionarse dos :

1.- Autoelevador de carga lateral : Es un autoelevador de horquilla con cuatro ruedas normales y un mástil, que puede moverse lateralmente. Cuando tiene que tomar una plataforma, se coloca el vehículo a lo - largo de la plataforma, el mástil y la horquilla se mueven hacia afuera para tomar la carga, levanta, vuelve hacia atrás y baja y luego se desplaza el vehículo. El mástil tiene también un pequeño movimiento de inclinación hacia adelante. Se utiliza este equipo preferentemente para transportar materiales en los cuales predomina una dimensión con respecto a las otras dos, como son tablas, caños, vigas de acero, Etc. y en la mayoría de los casos no se utilizan pallets. Normalmente llevan cargas entre 2 y 15 toneladas y la velocidad máxima es de 40 Km/Hr. Tienen la ventaja de permitir una gran visibilidad para el - operario.

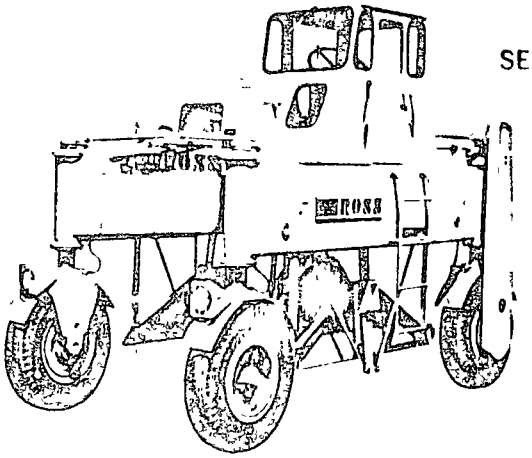
... ##



La carga *larga completa puede ser manejada fácilmente por el montacargas*

2.- ACARREADOR DE HORCADAS. En un elevador de cuatro ruedas, diseñado para que el material sea tomado por la parte inferior del vehículo. La carga, que en algunos casos se coloca en pallets, se levanta por medio de zapatas elevadores. Se ha difundido mucho en los últimos años en los E.E. U.U. y es muy apto para transportar materiales largos o voluminosos. Su capacidad puede llegar hasta 50 toneladas y tiene la ventaja adicional de poder desplazarse distancias grandes a una velocidad de 50 Km/Hr. aproximadamente, como por ejemplo del puerto a la fábrica directamente.

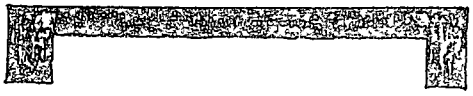
...##



SERIE 81

Grupo 8 CAJAS DE TRANSPORTE Y EQUIPOS ESPECIALES : Las cajas de - transporte (containers) pueden definirse como recipientes destinados a contener una cantidad de cierto material para su movimiento entre procesos, hacia depósitos, Etc. Existen una gran variedad de cajas de transporte normalizados y especiales, diseñadas para acarrear productos, partes, Etc. a través de todas las fases del ciclo de producción incluyendo expedición.

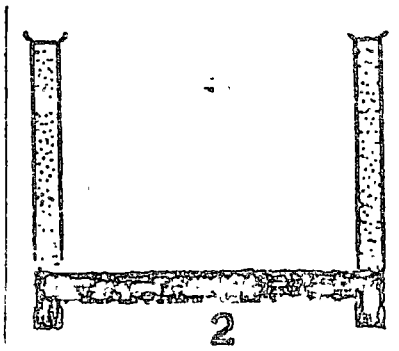
Veamos algunos tipos :

1).- 

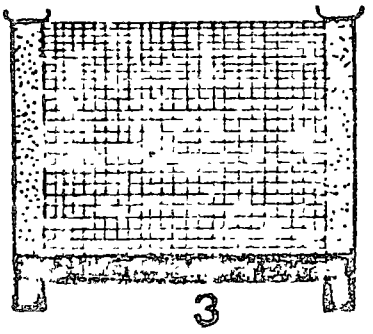
Esta es simplemente una plataforma - (pallet).

Destinado a transportar bolsas, pa--- quetes, Etc. Existen diferentes medidas estandarizadas.

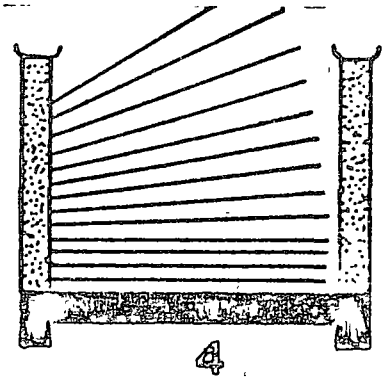
... ##

2).- 

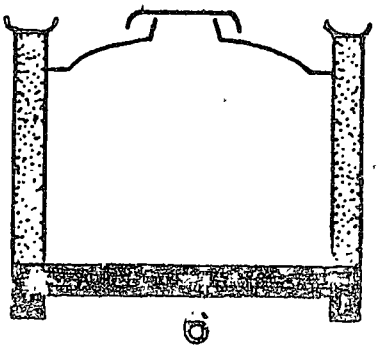
Igual al anterior con el agregado de cuatro columnas, lo que permite transportar tubos redondos, caños, Etc.

3).- 

La forma básica se completa con tela metálica para el almacenamiento de partes que pueden estar en contacto, tales como piezas de fundición, piezas de plástico, Etc.

4).- 

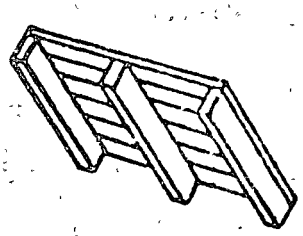
Consiste en base, columnas, costados y estantes para transportar piezas chicas en bandejas.

5).- 

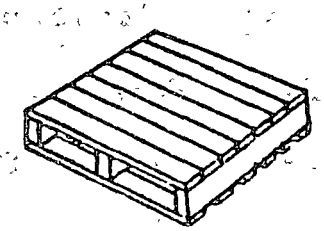
Similar a los anteriores, pero forrado interiormente para el transporte de material granular. Pueden hacerse también para transportar líquidos o elementos congelados.

En la práctica, estas formas elementales adquieren diferentes configuraciones para servir a propósitos específicos. En algunos modelos, las paredes son desmontables o plegadizas a efectos de disminuir el espacio ocupado cuando están vacíos.

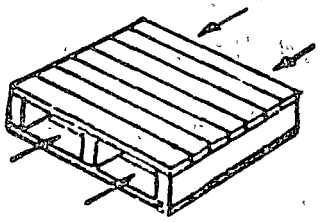
... ##



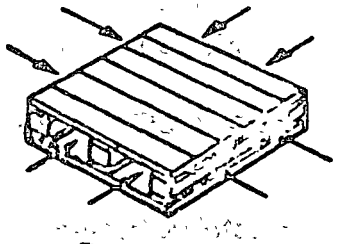
Simple cubierta



Doble cubierta

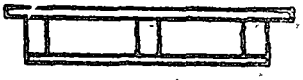


De dos entradas



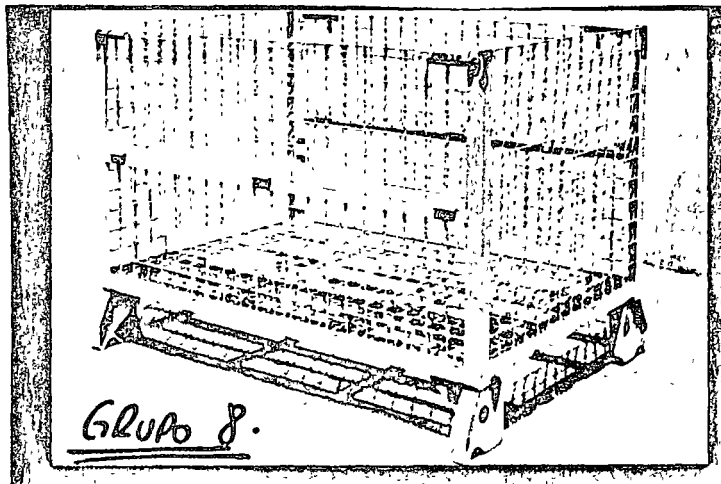
De cuatro entra .s

Sin aletas

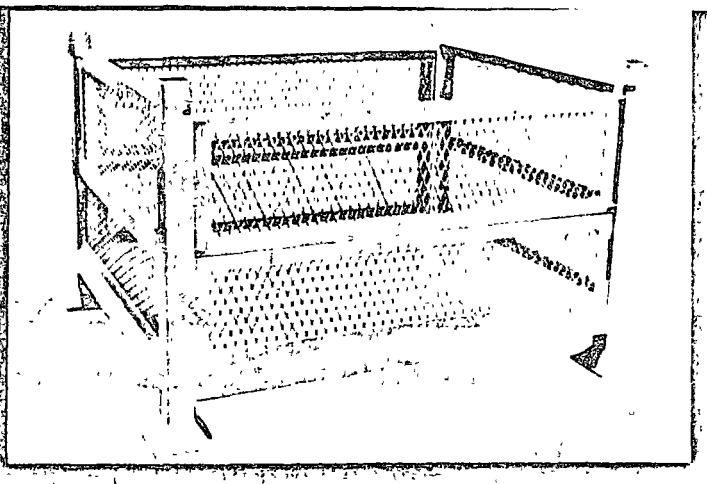


Con aletas simples

Con aletas dobles



Caja autoestibable de malla de alambre para almacenaje de materiales ó productos a granel Por la ventaja de poderse estibar unas sobre otras, se logran mayores áreas aprovechables, ahorrando espacios horizontalmente. Se pueden acumular de 4 a 5 estibas, dependiendo de la altura de elevación de su motoestibador. En uso en Thompson Ramco, S. A. de C. V.



Caja autoestibable con malla de metal desplegado, de estructura tubular con una compuerta para operaciones de carga y descarga. Se pueden acumular de 4 a 5 estibas, dependiendo de la altura de elevación de su motoestibador En uso en Massey Ferguson de Mexico, S. A. de C. V.

PALETIZADORES : Son máquinas destinadas a hacer pilas de productos que, generalmente, vienen en cajas, como son cerveza, productos alimenticios o también bolsas de cemento, Etc. La máquina recibe cajas individualmente y las acomoda sobre una plataforma o pallet de acuerdo a un patrón predeterminado, en el número de capas requerido. El pallet se monta generalmente sobre un pistón hidráulico. Las cajas se alimentan a la parte superior de la máquina y van descargando sobre el pallet que hace bajar el pistón.

Cédulas fotoeléctricas cuentan el número de cajas y determinar orientación.

La carga completa es automáticamente descargada de la máquina. En la mayoría de los casos el pallet cargado es tomado por un montacargas.

Ejemplo de patrones que pueden hacer un paletizador a efectos de aprovechar óptimamente la superficie del pallet. (ver página No. 101).

Seguridad en el manejo de materiales. Este tema lo vemos, pues muchos ingenieros industriales, por causas no muy claras, son nombrados Jefes de Seguridad.

La seguridad en el manejo de materiales depende de las mismas normas y -

principios que los programas de seguridad en general. Los accidentes son de dos tipos principales :

a). Debido a condiciones inseguras.

b). Provocados por actos personales.

Las causas principales de las primeras son :

1.- Defensas inseguras.

2.- Diseño o construcción inseguro.

3.- Iluminación deficiente.

4.- Ventilación deficiente.

5.- Ropas inadecuadas.

6.- Herramental no apropiado

7.- Pisos en mal estado, Etc.

En cuanto a los actos personales que pueden provocar accidente pueden mencionarse :

1.- Operar equipos sin autorización.

2.- Trabajar con un equipo a velocidad peligrosa.

3.- Usar manos en vez de herramientas.

4.- Trabar dispositivos de seguridad de los equipos.

5.- Distracciones, bromas, Etc.

6.- No utilizar dispositivos de seguridad (anteojos, guantes, Etc.)

Con referencia a equipos específicos, los fabricantes proveen de normas e instrucciones para su operación. Como ejemplo de normas para vehículos industriales motorizados, podemos mencionar :

1.- Mantenga su carga lo más bajo posible estando en movimiento.

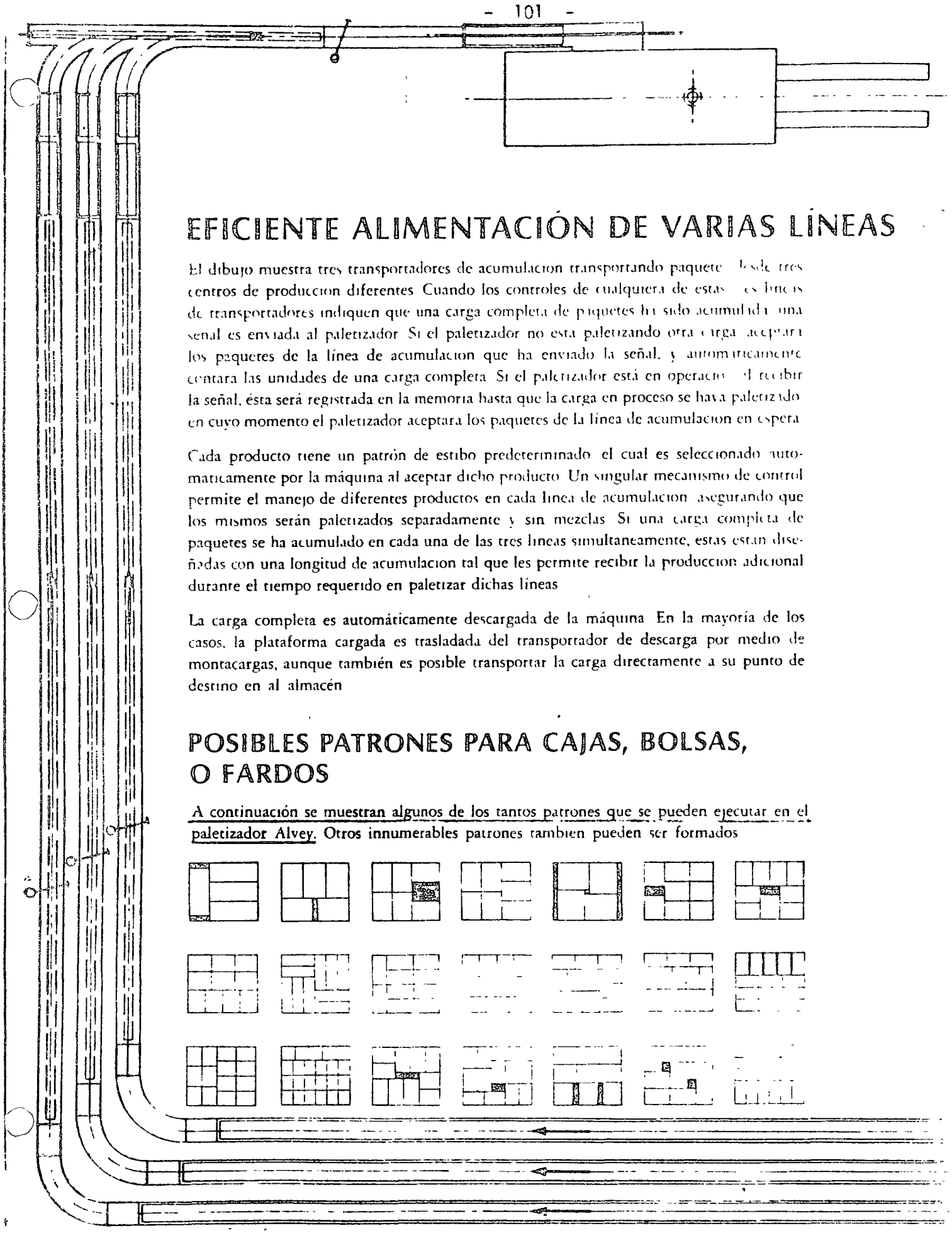
2.- Evite arranques o paradas bruscas.

3.- Disminuya su velocidad al acercarse a puntos peligrosos.

4.- Informe de pisos sucios.

5.- Asegúrese de levantar toda la carga.

6.- Use el claxón, Etc.



EFICIENTE ALIMENTACIÓN DE VARIAS LÍNEAS

El dibujo muestra tres transportadores de acumulacion transportando paquetes desde tres centros de produccion diferentes Cuando los controles de cualquiera de estas tres líneas de transportadores indiquen que una carga completa de paquetes ha sido acumulada una señal es enviada al paletizador Si el paletizador no esta paletizando otra carga aceptara los paquetes de la línea de acumulacion que ha enviado la señal, y automaticamente contara las unidades de una carga completa Si el paletizador está en operacion al recibir la señal, ésta será registrada en la memoria hasta que la carga en proceso se haya paletizado en cuyo momento el paletizador aceptara los paquetes de la línea de acumulacion en espera

Cada producto tiene un patrón de estibo predeterminado el cual es seleccionado automaticamente por la máquina al aceptar dicho producto Un singular mecanismo de control permite el manejo de diferentes productos en cada linea de acumulacion asegurando que los mismos serán paletizados separadamente y sin mezclas Si una carga completa de paquetes se ha acumulado en cada una de las tres lineas simultaneamente, estas estan diseñadas con una longitud de acumulacion tal que les permite recibir la produccion adicional durante el tiempo requerido en paletizar dichas líneas

La carga completa es automáticamente descargada de la máquina En la mayoría de los casos, la plataforma cargada es trasladada del transportador de descarga por medio de montacargas, aunque también es posible transportar la carga directamente a su punto de destino en al almacén

POSIBLES PATRONES PARA CAJAS, BOLSAS, O FARDOS

A continuación se muestran algunos de los tantos patrones que se pueden ejecutar en el paletizador Alvey. Otros innumerables patrones tambien pueden ser formados

ANALISIS ECONOMICO : En el mejoramiento del manipuleo de materiales - pueden identificarse tres formas bien definidas :

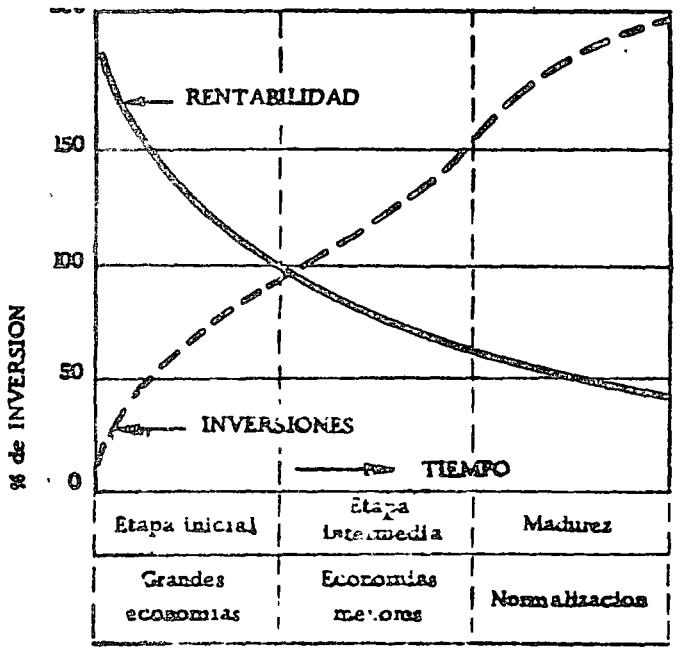
1.- Etapa Inicial.

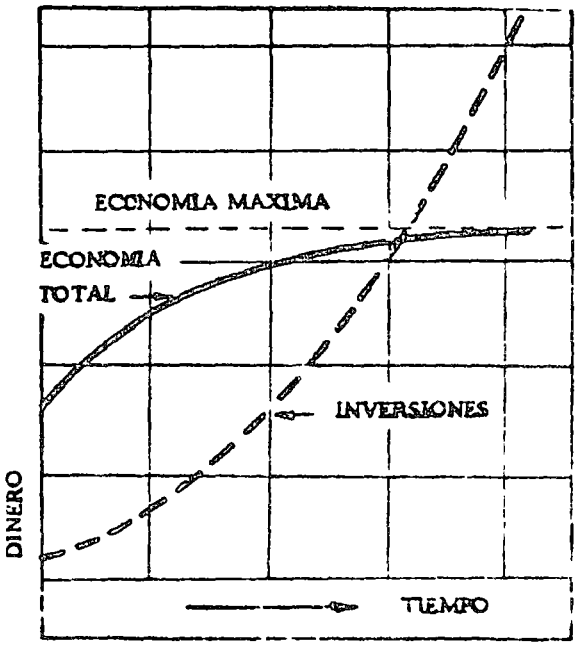
2.- Etapa Intermedia.

3.- Madurez.

Por supuesto que las líneas de división no son precisas.

En la primera etapa hay gran receptibilidad por parte de la dirección. Cambios muy simples pueden producir economías muy grandes. A medida que el programa avanza, se van estableciendo mayores metas de rentabilidad lo -- cual en general no se verifica, pues se llega al límite de los rendimientos de- crecientes. (Ley de los Rendimientos Decrecientes).





La etapa inicial de gran desarrollo y rentabilidad, llega a agotarse y el programa entra en una faz intermedia en la cual los Ingenieros Industriales de-

... ##

dican mayor tiempo para obtener menores resultados siendo sus proyectos más - detallados.

Al llegar a la etapa de madurez, los cambios son más limitados y específicos. En esta etapa la atención de los especialistas se centra en la normalización de equipos y métodos, mejorar el mantenimiento y las condiciones de - seguridad. Es decir que todo el programa llega a límites de refinamiento, de investigación de nuevas técnicas y la incorporación de los últimos adelantos. - En todas las etapas, pero especialmente en la última es indispensable contar -- con un método uniforme, simple y confiable para que la Dirección pueda realizar las propuestas económicas. Se puede aplicar el método que veremos en selección de maquinaria en el cual se calculaban los costos totales anuales para - las alternativas. Suele disponerse también de formularios impresos como el de - la figura.

... ##

ANALISIS DEL COSTO ANUAL PARA EQUIPOS DE MANEJO DE MATERIALES

Basado en _____ dias habiles

CONCEPTO	Metodo A			Metodo B			Metodo C		
	8	16	24	8	16	24	8	16	24 *
INVERSIONES									
Precio de compra del equipo									
Gastos de instalacion									
Cambios en instalaciones existentes									
Flete									
Trabajos de adaptacion									
Varios									
TOTAL DE INVERSIONES									
GASTOS FIJOS									
Depreciación (___ años)									
Intereses (___ %)									
Seguros									
Impuestos									
Supervisión									
Gastos administrativos									
Personal de mantenimiento									
Otros gastos									
TOTAL GASTOS FIJOS									
GASTOS VARIABLES									
Operarios									
Electricidad y/combustibles									
Lubricantes									
M.d.o. de mantenimiento									
Repuestos									
Otros gastos									
TOTAL GASTOS VARIABLES									
TOTAL GASTOS ANUALES									

* Horas diarias de utilizacion

UNIDADES MAG (Adaptado del Sistematic Layout Planning de Richard Muther).

En producciones diversificadas, que impliquen una apreciable variedad de materiales a transportar ni el peso ni el volumen pueden usarse como magnitudes para mediciones con fines comparativos. Por este motivo y a fin de poder realizar el planeamiento global de una disposición, antes de establecer métodos y -- equipos de movimiento de materiales, se ha introducido la unidad denominada - MAG, que mide la transportabilidad de diferentes materiales.

El concepto y la aplicación de la unidad MAG, tiene sus limitaciones y puede esperarse del sistema una precisión del orden del 20%. No está basado - en investigación Científica sino que fue desarrollado en base a la experiencia - de especialistas en Lay Out y Movimiento de Materiales.

Los diferentes factores que afectan la facilidad o dificultad del transporte pueden reducirse básicamente a los 6 siguientes :

A. Tamaño del elemento.

B. Densidad o estado de agregación.

C. Forma.

D. Riesgo de daño al material, personal o equipos.

E. Condiciones del elemento (limpio, aceitoso, Etc.)

F. Costo (Incluído sólo en algunos casos).

... ##

El peso no se incluye porque para un material dado, es proporcional al tamaño y además indicamos la densidad o estado de agregación.

El sistema que aplica la unidad MAG establece un valor básico para el tamaño, que se incremente o reduce luego, según valores que tienen en cuenta los factores mencionados anteriormente. Por definición un MAG es igual a una pieza de material que reune las siguientes condiciones.

1.- Puede tenerse cómodamente en una mano.

2.- Es razonablemente sólido.

3.- Es de forma compacta y puede apilarse.

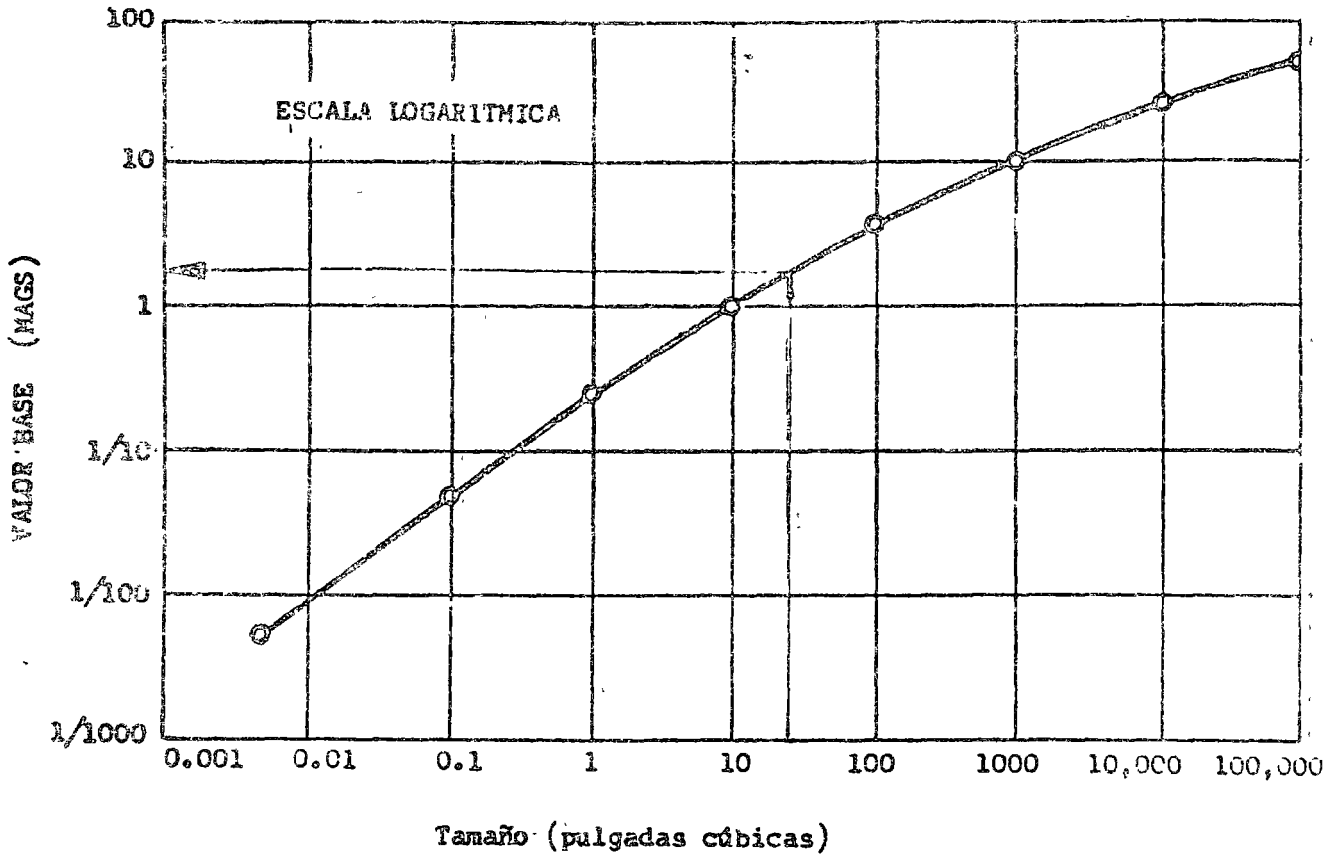
4.- Poco susceptible de ser dañado.

5.- Es razonablemente limpio, firme y estable.

Un ejemplo típico de 1 MAG es un cubo de madera seca de 10 pulgadas cúbicas de volumen.

Sobre esta base, una cajetilla de cigarros es 1/2 MAG, Etc. Para el factor A, existe un gráfico en escala logarítmica.

... ##



Puede consultarse en el libro de Richard Muther. Se observa que el valor base, no es directamente proporcional al volumen, dado que es relativamente más fácil transportar un material a medida que el volumen aumenta.

Al medir el volumen para usar este gráfico, debe tomarse las dimensiones exteriores y no restar los contornos irregulares o cavidades.

Para cualquier elemento, el número de MAGS, se calcula por la fórmula :

$$MAGS = A + 0.25A\ (B + C + D + E + F)$$

Los valores B, C, D, E, se encuentran tabulados. El factor F, no se incluye en la tabla dado que en general no lleva variaciones de transportabilidad dentro de la fábrica. No obstante si la situación requiriése considerarlo, bastaría con fijarse un valor cero y desarrollar la escala.

Cuando se transportan elementos planos en una pila, la unidad es la pila y

...##

no la pieza individual. Entonces se aplicarán los seis factores a la pila : debe notarse que la cantidad de MAGS puede variar mucho de una operación a la otra a pesar de que la cantidad de material no lo haga, como en operaciones de pintura, estampado, Etc.

Ejemplo : A fin de planear una nueva disposición de talleres metalúrgicos, se trató de establecer, entre otras cosas, la intensidad de movimiento de materiales. Uno de los productos, es un tapón para ruedas de automóviles. El análisis del producto es :

Def: Tapón metálico de 12 cúbicas de volumen.

Operaciones :

1.- Corte de lámina en tiras. 2.- Estampado en prensa.

3.- Recorte. 4.- Baños galvánicos.

Producción : 200,000 piezas/año.

Determinar el número de MAGS para el movimiento de estampado a recortado (op. 2 a 3).

Del gráfico, entrando con 12 pulgadas cúbicas, obtenemos A = 3.

De la tabla : B = - 2 C = - 1 D = 0 E = + 1

MAGS = A + 0.25 A (B + C + D + E)

= 3 + (0.25) (3) (-2 - 1 + 1) = 3 - 1.5 = 1.5 MAGS/pza.

= 1.5 M/pieza y 200,000 piezas año.

Intensidad de movimiento :

= 300 000 MAGS/año.

... ##

UNIDAD HAE.

GRADO	B. DENSIDAD	C. FORMA	D. RIESGO	E. CONDICION
-3	-------	Muy delgado y apilable o completamente anidable (lámina de hierro, hojas de papel, madera terciada)	----------	----------
-2	Muy liviano y vacío (LAMINAS metálicas voluminosas)	Fácilmente apilable o anidable (Bloque de papel, cacerola)	No susceptible a ningún riesgo (Chatarra)	---------
-1	Liviano y voluminoso (Cartón corrugado plegado)	Bastante apilable o ligeramente apilable (Libro, tapón)	Susceptible a muy escaso riesgo (Fundición compacta)	---------
0	Razonablemente sólido (Bloque de madera seca)	Básicamente cúbico y apilable (Bloque de madera)	Ligeramente susceptible a algún daño (Madera cortada a medida)	Limpio, firme y estable (Bloque de madera)
+1	Bastante pesado y denso (Fundición gris con cavidades)	Largo, redondo o algo irregular (Bolsa de cereal, barra corta)	Susceptible de daño por aplastamiento, rotura o raspadura (Piezas pintadas)	Aceitoso, resbaloso, inestable o incómodo de tomar (Virutas aceitadas)
+2	Pesado y denso (Fundición sólida)	Muy largo, esférico o irregular (Teléfono)	Muy susceptible a daño (Tubo de TV)	Cubierto de grasa, caliente, resbaloso o difícil de tomar
+3	Muy pesado y denso (Plomo, matriz metálica)	Muy largo, curvado, o muy irregular (Viga de acero larga)	Altamente susceptible a daños (cristales de vidriera)	(Superficies con adhesivos frescos)
+4	------	Muy largo, muy curvado o particularmente irregular (Estructura de tubos, silla de madera)	Altamente susceptible a grandes daños (Acidos en vidrio, explosivos, material radioactivo)	(Acero fundido)

LA GERENCIA DE MATERIALES.

Controlar existencias y movimientos de materiales con miras a su eficiencia global, ha sido de particular interés en las grandes compañías, y adquirió jerarquía científica, con la introducción de la Investigación de Operaciones y el Procesamiento Electrónico de datos. Con relación a esas actividades, una interesante innovación se ha registrado en los últimos años. Se trata de la Gerencia de Materiales, una nueva función básica, cuyo objetivo es incrementar la rentabilidad de los capitales invertidos en materia prima, artículos en proceso y productos terminados.

Tradicionalmente la administración de materiales es confiada en forma fragmentada a diferentes áreas de la empresa, que separadamente los controlan en cantidad y calidad, organizan sus movimientos y almacenajes, Etc.

La Gerencia de Materiales, en cambio, centraliza las subfunciones y personas que planean, programan, compran y controlan materiales desde la provisión de materia prima hasta su distribución física, bajo la autoridad y responsabilidad de un ejecutivo que actúa al mismo nivel que los gerentes de producción, compras, ventas, Etc.

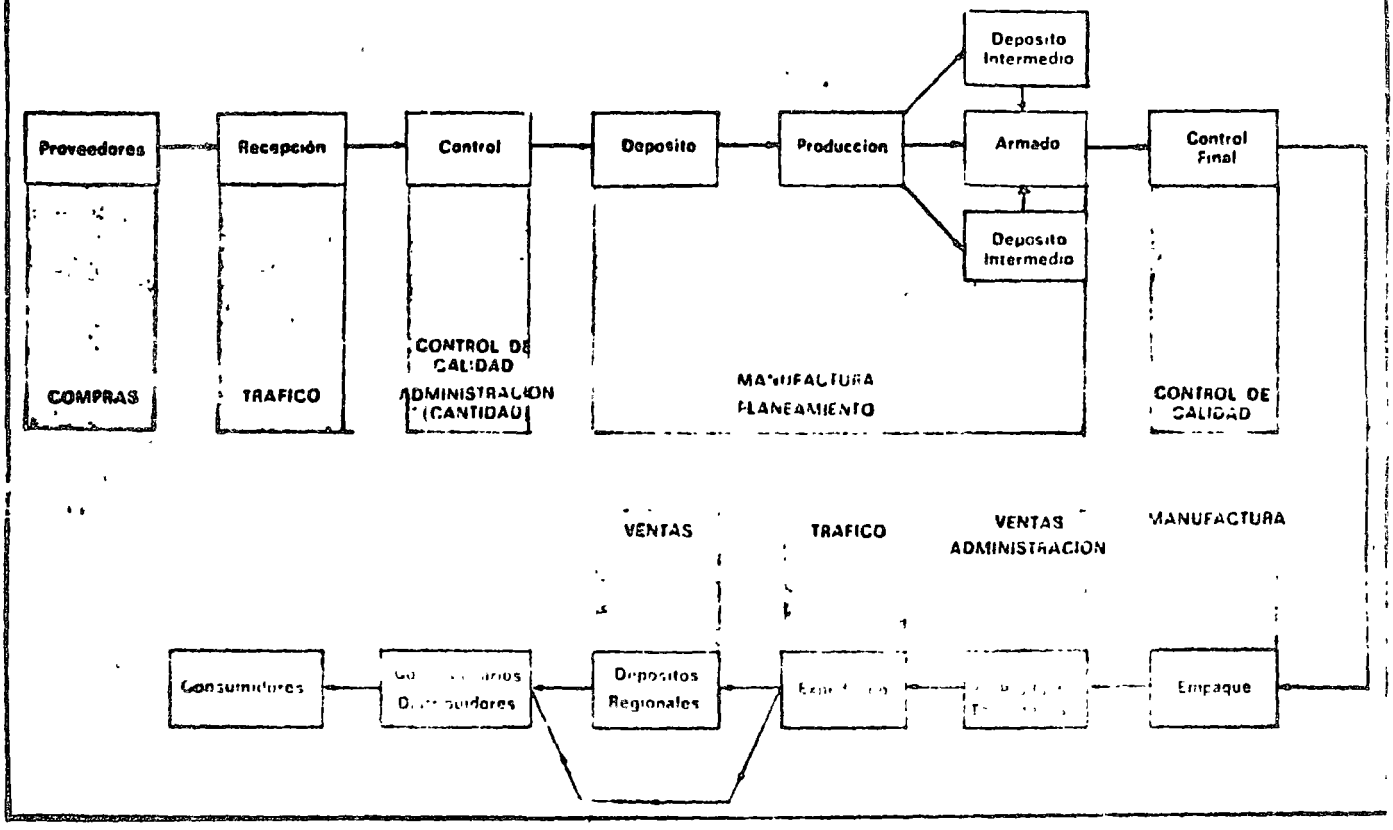
Ejemplo : Si se considera el desplazamiento de los materiales y las responsabilidades pertinentes en una empresa integrada de producción y distribución, tendríamos un esquema como el siguiente :

... ##

A7.- 111

Figura 1

DESPLAZAMIENTO DE MATERIALES
EN UNA EMPRESA DE PRODUCCION Y DISTRIBUCION



Se observa que la responsabilidad sobre los materiales y sus costos asociados, está dividido en varios departamentos sin la suficiente coordinación sobre la rentabilidad total. Dado la diversidad de funciones, sub-funciones y Departamentos de la Empresa que pueden tomar decisiones, que afectan el movimiento de materiales, es necesario CONCENTRAR la responsabilidad y autoridad bajo un gerente único que puede planear, ejecutar y controlar las operaciones en su totalidad, independientemente de los intereses particulares de áreas específicas.

ASPECTOS ECONOMICOS. Dado el peso decisivo que sobre los costos del producto terminado, y el costo de inventarios, tienen los materiales, se considera actualmente, que el capital inmovilizado en ellos, debe ser objeto de un

... ##

análisis científico.

El control de inventarios, consiste en mantener los lotes óptimos que resulten de la aplicación de la Investigación de Operaciones, estableciendo -- los límites económicos para órdenes de compra, transporte, producción y de-- pósitos.

Una de las primeras empresas que concretó la idea de la Gerencia de Materiales fue la GOODYEAR TIRE AND RUBBER Co. que hizo una descripción - de 5 puntos principales para la función :

1.- Asumir plena responsabilidad por toda la inversión en materiales a fin de satisfacer a ventas sin ser dominado por él.

2.- Coordinar con producción los lotes económicos que impidan inventarios inaceptables.

3.- Implementar las directivas financieras con respecto a los inventa-- rios.

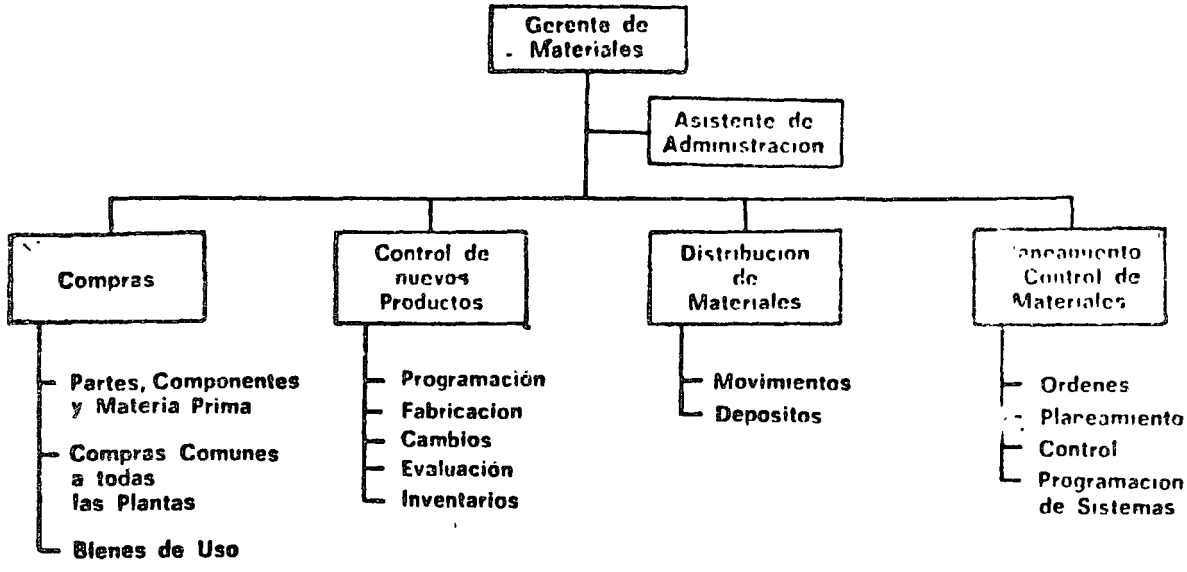
4.- Preparar pronósticos a corto plazo para control de Producción e inventarios.

5.- Considerar todos los factores estacionales y de obsolescencia refe-- rentes a los productos de la Empresa.

Posteriormente la IBM hizo una exposición más detallada de la función. - Su organigrama toma la siguiente forma :

... ##

Figura 3 LA GERENCIA DE MATERIALES EN LA DATA SYSTEM DE IBM



La oficina de movimientos cubre desde la recepción hasta la expedición y distribución geográfica.

Publican una serie de resultados con este organigrama :

1.- Rotación de materiales en proceso : Aumento 55% del 60/62.

2.- Demoras en despacho de máquinas : NINGUNA.

3.- Ordenes de compra procesadas por día/hombre : Aumento 16%.

4.- Se ampliaron las metas fijadas en compras.

Otras empresas como CHAMPION, ALLIS CHALMERS, RCA, muestran - cifras cuyo promedio es :

Reducción de Inventarios : 40%

Productividad por hombre : Aumento 28%

Rotación de Inversiones : Aumento 50%

... ##

TECNICAS UTILIZADAS. Aparte del cambio que se produce en la organización formal, la Gerencia de Materiales no implica ninguna novedad ya que su dinámica participa de la aplicación de técnicas conocidas y que han sido gradualmente convalidadas con la experiencia y la práctica industrial.

Dado que el campo es muy amplio, muchas son las técnicas, de eficiencia y organización que pueden aplicarse.

Dentro de ellas mencionaremos :

1o. Para inventarios — Regla 20/80, ABC, Lote Económico.
Lo que entra primero sale primero.
Lo que entra primero sale último, Etc.

2o. Costos de movimientos y almacenaje

Estudios de tiempos y métodos.
Muestreos
Programación Lineal.

3o. Análisis y Comunicaciones.

Estadística, Inv. de Operaciones. (colas, Etc.).- Análisis Marginal.

Computación, Etc.

...##

CRITERIOS EUROPEOS

Algunas empresas han aceptado la idea de la Gerencia de materiales, - aunque no todas aceptan sus consecuencias estructurales. En general se ha -- tratado de desarrollar y centralizar funcionalmente los aspectos tecnológicos - relativos al movimiento y almacenaje de materiales más que a promover una integración económica financiera del control de los materiales. El criterio general en Europa parte de una definición de objetivos un poco diversa a la norteamericana : se considera como meta de la gerencia de materiales la reducción de costos en la recepción, almacenaje y movimiento de materiales durante el - proceso y expedición. Se excluyen en casi todos los casos las actividades de - compras y programación.

Iniciación de un Programa.

Dado que una reestructuración con vista a la administración integral de - los materiales exige una redistribución de funciones y personas, no puede ini-- ciarse fácilmente desde niveles inferiores de la organización. En las empresas que lo han experimentado en los últimos años, la nueva función ha debido contar con el apoyo firme de la dirección y fueron gradualmente afectando a los -- gerentes.

Un punto clave del nuevo esquema es la selección del ejecutivo máximo - que ha de dirigirlo. De acuerdo a la experiencia, no hay una especialidad que habilite más que las otras. Hay en la actualidad gerentes de materiales que anteriormente se desempeñaban en compras, ingeniería, administración, Etc.

... ##

No obstante, y dado el nivel en que actuará, es evidente que la persona seleccionada además de ser un ejecutivo capaz, con relevantes condiciones de organización, deberá poseer experiencia o haber recibido instrucción en los siguientes campos :

1.- Movimientos de materiales.

2.- Programación y control de la producción.

3.- Compras y control de inventarios.

4.- Control de calidad.

5.- Conocimientos básicos de Ingeniería Industrial y Procesamiento -- Electrónico de datos.

Posibilidades en México. Si bien cada caso en particular indicará en qué medida las empresas puedan asimilar las experiencias extranjeras, podemos afirmar que, en general, una estructura tal como la tratada puede brindar a las empresas mexicanas considerables ventajas. Es de hacer notar, que el solo hecho de dibujar un organigrama no basta, y que los beneficios económicos financieros han de ser consecuencia de la aplicación inteligente de las técnicas de administración.

Se observa sobre todo en fábricas medianas y chicas que este tema se halla muy descuidado. La causa más frecuente es la falta de análisis por desconocimiento de las técnicas y la idea infundada de que toda racionalización exige grandes inversiones.

... ##

En las empresas grandes que cuentan con una sólida infraestructura económica y humana, el cambio de estructura hacia la gerencia de materiales debe repetir las experiencias de las empresas norteamericanas con probabilidades de obtener importantes beneficios.

Bibliografia sobre Mov. de Materiales.

1.- Immer. Movimiento de Materiales.

2.- Material Handling Handbook. (The Ronald Press Co.)

3.- Apple James M. Material Handling System Design, Ronald, 1972.

4.- Maynard, H.B., "Industrial Engineering Handbook", Mc Graw Hill.

CARRYING CAPACITY

I. The concept of the "carrying capacity" of an area: relation to level of technology, accessibility.

II. Proposed uses of the concept.

A. Population redistribution.

B. Tax policy--"potential productivity," increases in the productivity of rural areas through progressive taxation.

C. Others.

III. The effect of a change in carrying capacity because a change in technology.

A. The process of shifting from one form of land use to another.

B. The example of a "NUPLEX" on an arid seacoast.

IV. Measuring carrying capacity: is it possible?

A. Ambiguity of the concept.

B. Political sensitivity of the measurements: the role of disinterested parties.

C. The relativity of the measurements.

D. The possible utility of remote sensing.

V. Environmental impact assessment and carrying capacity.

COMPARING ENERGY SUPPLY ALTERNATIVES:

A Case Study of Environmental Impact Assessment In The United States

I. Federally-supported energy supply facilities in the United States: legal requirements for impact statements.

II. Characterizing the impacts of a proposed facility.

A. Identifying "trajectories".

B. Estimating environmental residuals, economic costs, environmental efficiencies.

C. The "Matrix of Environmental Residuals for Energy Systems" (MERES) data system.

III. Comparing alternatives for achieving the same ends.

A. Data summaries by trajectory and location.

B. Methodologies for comparison.

C. The "Energy Model Data Base" (EMDB) system, including the Energy Reference System.

IV. Limitations and problems.

A. Converting residuals to impacts (a site-specific problem).

B. Data shortages (especially economic data.)

C. Inattention to social impacts and regional economic impacts.

V. Current directions.

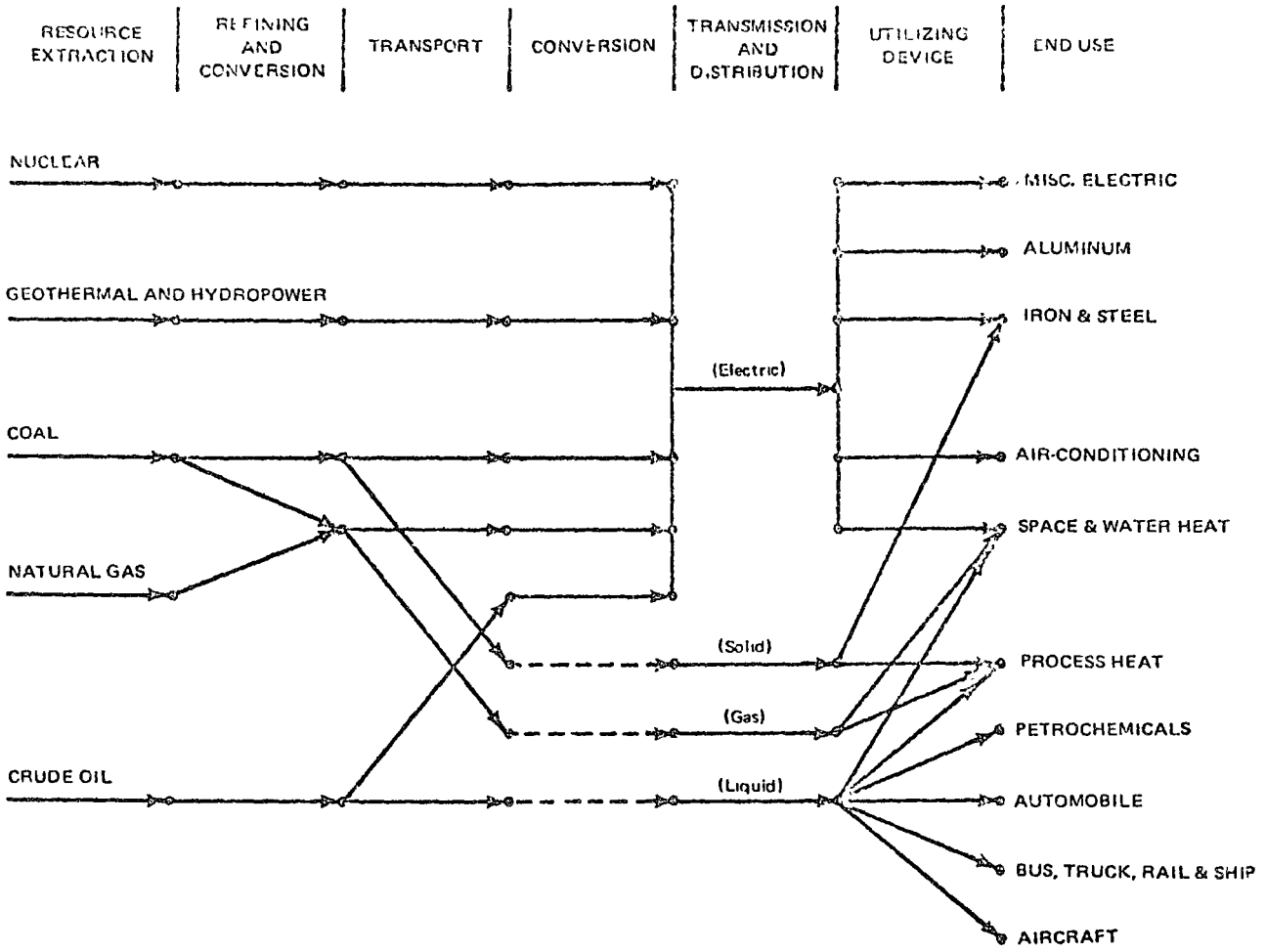
A. Expanding the data base, especially for non-fossil energy sources.

B. Further work on optimization modeling, including spatial allocation models.

C. Base-line studies and other preliminary assessments in preparation for evaluating social and economic impacts.

D. Increased attention to input requirements as well as output impacts.

Figure 2
National Energy System



Source. Brookhaven National Laboratory, Energy/Environmental Data Group, 1974, "The Reference Energy System and Associated Data Base."

technologies and trajectories that are operational now. All types of energy resources, extraction processes, refining, conversion, transportation, and end uses are included. The horizontal line beginning with the word "coal" represents the entire coal supply system shown in Figure 1.

For each process included in the system, MERES contains coefficients which estimate its environmental impacts, its efficiency, and its investment and operating costs. In a sense, the environmental impacts, given in terms of water pollutants, air pollutants, solid waste, and land use requirements, are all residuals — that is, all are unwanted byproducts of energy processes. Although the Council recognizes that residuals are not a measure of the effects of pollutants, residuals may be used as indicators of these effects. Estimates are also presented for occupational health and the potential for large-scale disaster at the process level.

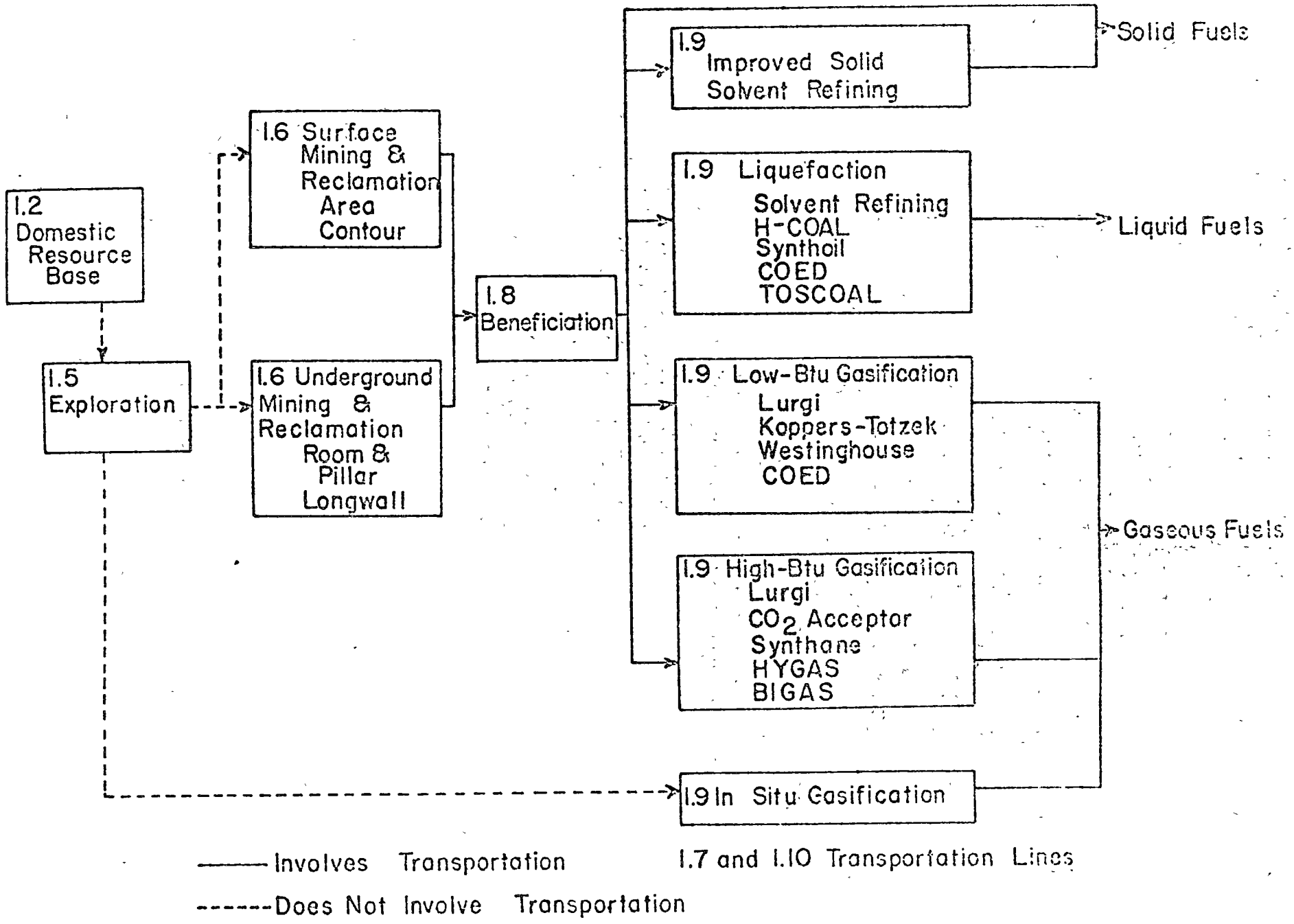


Figure 1. Coal Resource Development

Table 4
Residuals of a Synthane High Btu Gasification Plant
(2.62×10^{11} Btu/day output)

Activity/Process	Water Pollutants (Tons/day)			Air Pollutants (Tons/day)							Solids (Tons/day)	Land			Occupational Health			Inputs	
	Thermal (10^9 Btu/d)	Chemical	Total	Particulates	NO_x	SO_2	Hydrocarbons	CO	Aldehydes	Total Air Pollutants		Facility (acres)	Incremental (acres/day)	Total (acres)[b]	Chronic Illness	Lost Workdays	Accidents per year	Water (Bgal/day)	Natural Gas (Tcf/day)
Mining and Preparation Surface or Underground	NA	NA	0	.443	.544	.0398	.0544	.332	.00883	1.42	386	15	0	747.	481	11	272	0	0
Within or near Mine Transportation Trucking	NA	NA	0	.00471	.134	.00974	.0134	.0806	.00103	.254	0	10.6	0	57	0	5.28	128	0	0
Beneficiation Breaking and Sizing	NA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.77	35	0	189	0	545	28	0	0
Processing/ Conversion Synthane	0	0	0	6.73	59.6	4.99	.989	3.3	.193	75.6	1980	330	0	749	U	U	U	.25	.00411
Transportation Feeder Pipeline[c]	NA	NA	NA	0	.802	0	.83.8	0	0	84.7	0	U	0	2410	0	117	2.73	0	0
Subtotal[d]	0	0	0	7.18	.61	5.04	.64.8	3.72	.193	.167	2370	U	0	4150	U	U	U	.25	.00411
Transportation Transmission Pipeline	NA	NA	NA	0	27.8	0	0	0	0	27.8	0	U	0	8980	.004	1.36	31.9	0	0
TOTAL	0	0	0	7.18	88.8	5.04	84.8	3.72	.193	.190	2370	U	0	13100	U	U	U	.25	.00411

NA = not applicable, NC = not considered, U = unknown.

[a]For a synthane facility processing 22,560 tons per day, feeder and transmission pipelines require 62.5 feet of right-of-way and a 25 acre compressor station every 187 miles

[b]Time-averaged total land impact for the life of the facility.

[c]MERES data for gathering pipelines is used

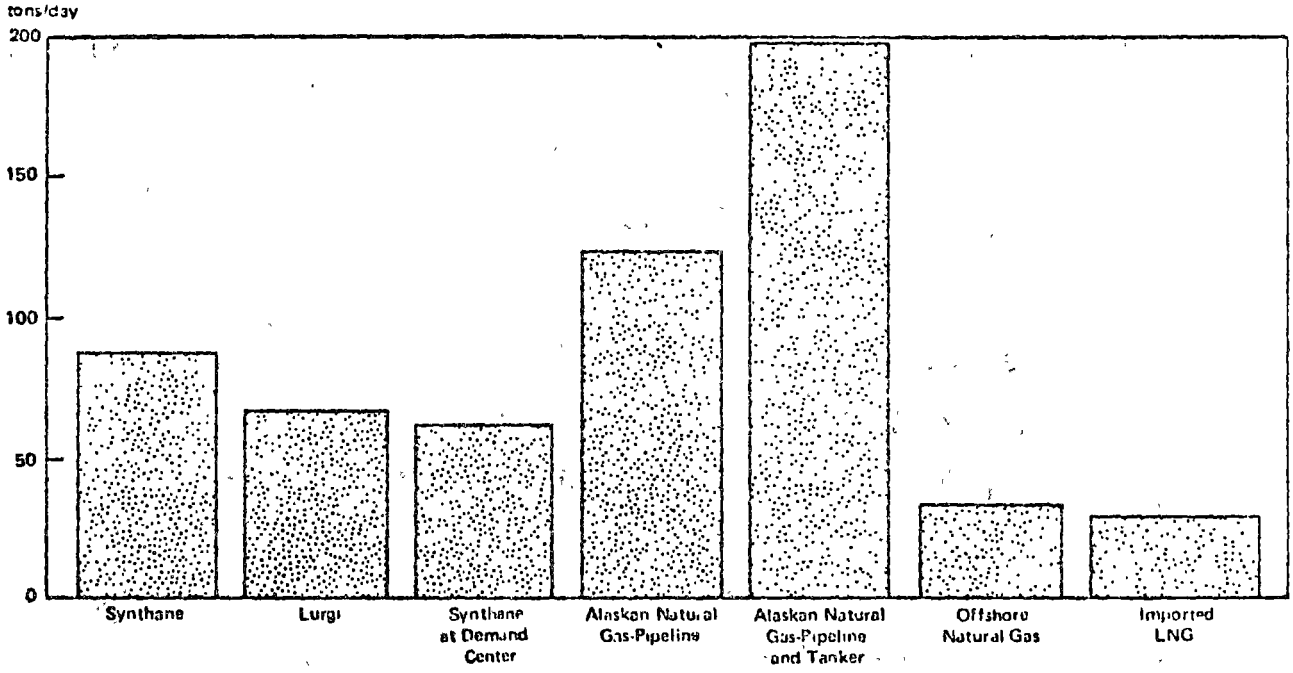
[d]Subtotal is for all residuals that will be produced at or near the mine. Transmission pipeline residuals will be spread over the length of the pipeline. Certain residuals, as for pumping stations, for example, could be localized

Source: University of Oklahoma, The Science and Public Policy Program, 1975, Energy Alternatives: A Comparative Analysis, *Table 14.1, p. 14-6.*

Table 4 quantifies certain pollutants and the health and safety factors expected with the hypothetical plant. Similar anaylses of other alternatives are the basis of Figure 6, which shows the nitrous oxides generated by the hypothetical project and the alternatives. This comparison can be broken down further (Figure 7) to show, for example, where in the trajectory these impacts occur—at or near the mine or extraction site, along the transportation corridor, or at the demand center.*

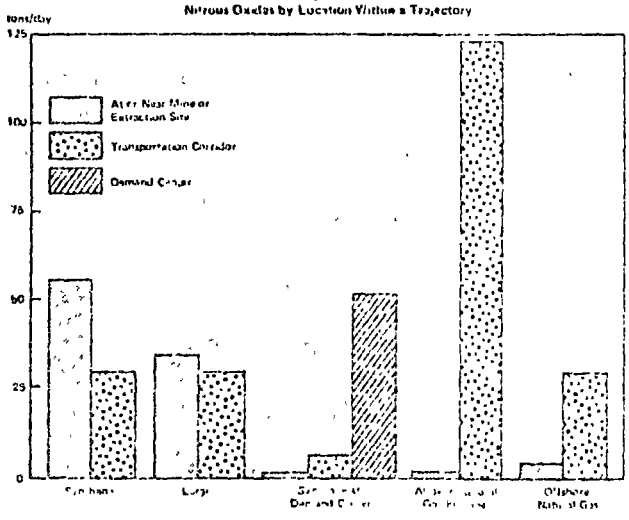
*All data in MERES pertain only to effects generated in the United States; for imported oil or liquefied natural gas, the analysis takes no account of impacts produced abroad.

Figure 6
Nitrous Oxides by Trajectory



Source: University of Oklahoma, The Science and Public Policy Program, 1975, Energy Alternatives: A Comparative Analysis, *Figure 14-5, p. 14-22.*

Figure 7
Nitrous Oxides by Location Within a Trajectory



ECONOMIC IMPACTS

I. Categories of impact.

A. Employment/labor force.

B. Income.

C. Economic structure of area.

D. Interregional competiton.

E. Demand for/use of resources (including land).

F. Costs and prices of goods and services.

G. Infrastructure and other technological externalities.

H. Tax base.

II. Assessment in general.

A. Project what would happen in future with no new activity.

B. Project economic impacts of several alternative activities.

C. Compare the results and evaluate the proposed activity.

III. Principal assessment methodologies.

A. "Economic base," the "multiplier", and export base models of regional growth.

B. Input-output analysis.

C. Location theory.

D. Spatial equilibrium theory.

E. Interaction theory.

F. Cost-benefit analysis.

G. Economic forecasting.

IV. Special problems.

A. Shortage of data.

B. Definition of the "impact area".

C. Changes in the value of the currency unit.

D. Externalities, especially the potential effect of the proposed activity as a locational attraction for other activities.

E. Remembering the possible economic effects of physical impacts.

Table 2.1 Philadelphia Region Input-Output Flows Table, 1968
(Based on 1959 Coefficients Partly Updated to 1968, and
1968 Sector Outputs in Millions of 1968 Dollars)

PURCHASING / SECTOR PRODUCING	1 Agriculture Fisheries	2 Food Processing & Kindred Prod	3 Textile Mill Prod	4 Apparel	5 Lumber & Wood Prod	6 Furniture & Fixtures	7 Paper & Allied Prod	8 Printing & Publishing	9 Chemicals & Chemical Prod	10 Petroleum Refining & Prod	11 Rubber & Misc Plastic Prod	12 Leather & Leather Prod	13 Stone Clay & Glass Prod	14 Primary Metals	15 Fabricated Metal Prod	16 Machinery (excl Electric)	17 Electric Machinery	18 Motor Vehicles	19 Misc Manufacturing	20 Prof & Scientific Equip
1 Agriculture Fisheries	61	382	20	1	•	–	–	–	•	–	24	•	•	•	–	–	–	–	10	–
2 Food Processing & Kindred Prod	11	668	•	•	–	–	1	–	20	1	–	6	•	–	–	11	–	–	8	–
3 Textile Mill Prod	•	•	166	248	–	2	2	1	12	–	13	1	1	•	•	•	1	•	2	2
4 Apparel	•	•	–	40	–	–	•	–	•	–	–	•	1	–	–	–	•	•	•	–
5 Lumber & Wood Prod	1	1	•	•	19	9	•	•	•	–	•	•	2	2	4	3	2	9	17	•
6 Furniture & Fixtures	–	–	–	–	•	4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	•	27	2	–	•
7 Paper & Allied Prod	•	106	5	7	3	4	205	157	35	16	6	•	7	1	12	3	15	3	11	4
8 Printing & Publishing	•	10	•	1	1	•	2	46	16	2	1	•	1	1	1	6	4	11	2	1
9 Chemicals & Chemical Prod	3	12	16	1	2	4	21	11	351	59	51	1	10	10	25	3	11	4	19	6
10 Petroleum Refining & Prod	7	10	3	1	•	•	5	1	31	119	1	•	6	23	4	8	2	2	2	1
11 Rubber & Misc Plastic Prod	•	•	•	1	•	2	11	•	3	1	3	•	1	•	8	5	15	13	3	2
12 Leather & Leather Prod	–	–	•	1	–	•	–	•	–	–	•	5	–	–	–	•	–	–	•	•
13 Stone, Clay, & Glass Prod	•	17	2	–	1	1	–	–	19	7	•	–	39	23	3	4	19	4	15	2
14 Primary Metals	–	•	•	•	•	25	1	4	3	7	3	•	7	196	266	253	105	168	17	29
15 Fabricated Metal Prod	1	46	•	1	7	9	•	1	16	53	1	•	4	2	15	67	42	41	5	7
16 Machinery (excl Electric)	1	•	•	•	•	•	•	7	2	•	1	•	•	20	6	82	17	92	8	7
17 Electric Machinery	–	•	–	–	1	–	•	–	•	–	–	–	•	•	•	78	317	38	2	27
18 Motor Vehicles	•	•	–	–	–	–	•	–	3	–	–	–	–	–	–	1	1	100	–	–
19 Misc Manufacturing	•	•	4	6	•	•	•	2	–	–	•	1	–	–	–	•	•	•	4	2
20 Professional & Scientific Equip	–	•	–	–	–	–	•	2	–	–	–	–	–	–	2	2	6	4	•	10
21 Coal, Gas & Electric Power	1	18	5	4	1	2	12	4	28	31	4	•	7	21	8	12	10	7	3	2
22 Transportation	–	•	–	–	–	–	•	–	–	–	–	–	–	–	–	–	•	–	–	–
23 Wholesale Trade	–	–	1	–	•	–	•	–	3	–	•	–	•	30	3	•	–	–	–	–
24 Retail Trade (excl Eating Places)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
25 Communications	1	7	2	3	•	1	2	11	8	3	2	•	1	5	4	8	6	4	2	2
26 Finance & Insurance	1	16	6	8	1	1	6	7	19	15	3	•	4	12	7	9	6	4	3	2
27 Real Estate & Rentals	•	1	•	1	•	•	•	1	1	•	•	•	•	•	•	1	1	•	•	•
28 Business Serv (incl Advertising)	2	69	7	9	•	2	8	35	135	38	11	1	5	13	10	15	25	15	6	3
29 Hotel, Personal, & Repair Serv	1	2	2	3	•	•	1	1	1	–	1	•	1	2	1	7	2	•	1	•
30 Automobile Repair	•	11	•	•	1	•	1	1	2	2	•	•	1	1	1	1	•	•	•	•
31 Private Household Serv	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
32 Amusement & Recreational Serv	–	–	•	•	•	•	•	•	•	–	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
33 Eating & Drinking Places	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
34 Misc Industries	•	•	–	–	–	–	–	–	•	8	–	–	14	1	•	•	–	–	1	–
35 Nonprofit Orgs	•	•	–	–	–	–	•	–	–	–	–	–	–	–	–	–	•	–	–	
36 Construction	2	11	•	1	•	•	3	3	2	3	•	•	•	9	1	3	2	2	1	–
37 Research & Development	–	•	•	–	–	–	•	–	3	1	–	–	•	1	•	2	•	1	•	•
38 Medical, Health, & Hospital Serv	•	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2	–	–	–	–	–	–	–	
39 Elem, Sec & Higher Educ	•		–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
40 Local Gov't	3	11	10	11	1	3	11	10	25	25	15	•	5	17	12	16	29	13	4	5
41 Private Households	36	300	143	219	1[illegible]	17	162	234	309	148	123	11	92	293	276	502	55[illegible]	[illegible]	32	143
42 Undeclared	1	13[illegible]	62	173	9	4[illegible]	116	81	444	72	39	6	31	237	121	13[illegible]	95	35	51	[illegible]
43 Imports (Non-comp. Imp.)	4	[illegible]	56	14	1	3	72	19	136	745	101	•	20	215	9[illegible]	22	5[illegible]	1[illegible]	4	[illegible]
44 Govt Taxes—Fed & State	1	49	12	12	1	3	29	40	104	63	19	1	11	91	22	52	50	2[illegible]	3	15
45 Profits & Dividend	41	16	8	9	1	2	25	23	68	60	14	•	10	73	21	40	12	[illegible]	8	1[illegible]
46 Capital Allowance	15	56	15	7	1	4	23	17	91	181	12	1	15	41	18	37	32	15	5	6
47 [illegible] & Misc Charges	–	13	[illegible]	5	•	1	18	5	30	12	5	•	1	73	11	13	20	1[illegible]	3	4
Total	232	2554	543	[illegible]	62	176	740	726	1935	1063	365	35	3[illegible]	1113	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	32	[illegible]

*[illegible]

21 Coal Mining & Electric Power	22 Transportation	23 Wholesale Trade	24 Retail Trade, Food	25 Retail Trade, Other	26 Finance & Insurance	27 Real Estate & Insurance	28 Business Services, Advertising	29 Health, Educ. & Social Serv	30 Automobile Repair	31 Private Household Serv	32 Amusements & Recreation Serv	33 Lodging & Purchasing Passes	34 Navigation, Utils	35 Construction	36 Research & Development	37 Educational Health & Hosp Serv	38 Elem. Sec. & Higher Educ	39 Local Gov't	40 Private Transports	41 Unallocated	42 Less Imports	43 Total	44 Total
14	•	–	•	•	•	–	–	•	•	–	•	–	–	1	1	•	2	3	•	179	–	–500	202
•	1	•	2	•	•	–	–	•	–	–	–	–	–	6	–	•	15	13	3	1281	–	545	2586
•	•	63	•	•	•	–	•	6	•	1	•	•	–	–	•	–	2	•	•	91	–	– 30	583
•	•	•	•	•	•	–	•	9	•	•	•	•	–	•	–	–	1	•	2	243	–	542	838
2	1	1	•	–	–	–	–	•	–	–	–	–	•	•	66	•	–	2	•	38	–	–112	67
•	•	–	•	1	1	–	–	1	–	–	–	–	–	•	10	1	•	4	1	53	–	71	176
–	•	22	26	•	•	–	1	7	•	–	•	4	–	1	4	•	–	1	•	21	•	52	740
2	3	20	18	12	26	2	113	3	1	–	2	1	•	10	4	1	2	12	2	44	•	392	776
3	1	3	•	•	•	–	1	11	2	–	•	1	1	3	30	1	17	2	3	136	–	1100	1935
29	40	6	18	2	•	2	2	6	1	–	•	6	2	7	18	•	11	3	6	186	–	1075	1663
•	8	•	1	•	•	–	1	3	7	–	•	–	•	–	•	•	1	•	•	14	–	308	405
–	•	–	–	–	–	–	•	•	•	–	•	–	–	–	–	–	–	–	•	58	–	– 29	35
•	•	•	•	•	–	–	•	2	3	–	—	1	–	–	158	•	1	2	3	19	–	29	354
16	2	•	–	•	•	–	•	•	–	–	–	–	•	–	56	•	–	•	2	2	–	261	1413
5	1	51	1	•	•	–	•	1	3	–	–	•	•	•	60	•	•	2	2	12	–	414	590
4	10	–	2	6	15	1	12	2	3	–	–	•	•	•	34	2	•	4	5	9	–	1042	1394
38	•	–	–	1	–	–	•	13	4	–	–	–	–	•	48	3	1	1	6	54	–	872	1514
3	7	–	1	•	•	–	•	•	79	–	•	–	–	–	–	–	•	1	4	255	–	763	1148
•	•	1	1	1	–	–	6	11	•	–	2	•	–	3	2	•	1	2	1	128	•	164	322
3	•	–	•	•	–	–	3	7	•	–	1	–	–	•	3	2	26	4	1	6	–	249	331
8	7	19	46	5	5	2	5	10	4	–	1	14	1	7	2	•	3	23	10	232	•	– 14	574
13	141	•	4	1	1	–	–	–	•	2	–	–	–	•	–	•	1	•	1	119	•	944	1227
–	•	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	•	–	•	437	•	1287	1761
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1627	–	570	2197
2	8	17	25	5	17	2	81	3	1	–	1	2	•	2	5	•	4	5	2	135	–	178	590
36	44	63	76	11	142	5	6	8	5	–	3	12	1	4	37	•	10	48	24	395	•	1806	2868
•	1	6	7	1	25	•	1	2	1	•	1	1	•	•	•	•	1	3	•	353	•	– 267	142
5	6	78	125	11	49	4	9	10	1	–	4	6	2	3	56	•	11	3	7	•	•	– 234	565
•	•	5	5	1	•	1	3	15	–	–	–	5	•	•	–	•	1	•	•	522	–	– 75	503
1	42	17	16	1	9	•	3	5	1	–	–	•	•	1	9	–	2	•	1	69	–	– 8	197
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	129	–	– 85	44
–	1	2	2	9	1	•	1	–	–	–	35	•	•	1	–	•	2	3	•	62	–	30	149
•	1		–	•	–	–	–	–	–	–	–	–	–	•	–	–	–	•	•	303	–	43	347
–	•	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	•	14	–	–	–	1	4	–	6	45
•	•	•	–	•	13	1	•	•	•	–	•	–	–	50	–	•	4	•	3	163	–	146	380
12	35	16	14	18	14	12	•	1	3	–	3	5	•	20	518	2	18	6	6	1	•	1239	1985
•	1	–	–	•	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1	•	1	–	–	42	53
•	•	–	–	•	4	–	•	•	•	–	•	–	–	8	–	–	39	12	7	409	–	273	743
–	–	–	–	•	–	–	•	•	•	–	•	–	–	196	–	–	1	21	227	137	•	458	950
27	38	11	38	35	62	5	7	11	4	–	4	9	1	3	79	•	7	•	7	206	–	–172	598
148	578	786	866	202	1141	42	143	161	84	42	38	140	13	115	561	25	255	669	240	–	–	–376	10,038
26	79	250	651	35	612	1	27	138	59	•	30	97	16	22	104	7	9	40	4	120	–		
81	19	96	107	10	334	5	22	25	8	–	7	16	1	2	4	1	15	42	3	54	–		
47	40	43	20	18	130	9	17	4	1	–	2	4	1	1	35	1	11	3	3	1740	–		
17	15	102	38	53	207	2	20	10	•	–	3	4	1	–	52	3	231	–	–	–	–		
27	69	144	76	67	23	2	31	23	8	–	10	15	5		45	3	20	–	–	–	–		
3	15	11	7	13	46	2	5	2	•	•	•	1	•	5	17	1	17	34	9	–	–		
574	1227	1761	2197	590	2868	[illegible]	565	504	197	44	149	347	45	340	1986	53	743	950	598	10,038	•		

DEMOSTRACION ANALITICA DE LA FORMULA PARA OBTENER EL LOTE OPTIMO PARA UN GRUPO DE CLASES.

NOMENCLATURA:

Q_x = LOTE OPTIMO (MESES).
D = DEMANDA MENSUAL ($/MES)
F = COSTO UNITARIO DE COMPRA ($)/PEDIDO
α = COSTO UNITARIO DE ALMACENAJE (%/AÑO)

C_1 = COSTO MENSUAL DE ADQUISICION = ($/MES).
C_2 = COSTO MENSUAL DE ALMACENAJE ($/MES).
C_3 = COSTO DE MANTENER INVENTARIOS ($/MES)

$$C_3 = C_1 + C_2$$

$$C_1 = \frac{1}{Q} \times F$$

$$C_2 = \frac{1}{12}\alpha\left(D \cdot \frac{Q}{2}\right)$$

DEMOSTRACION ANALITICA DE LA FORMULA PARA OBTENER EL LOTE ECONOMICO DE COMPRA. (1)

NOMENCLATURA:

Q = TAMAÑO DEL LOTE (PZAS)

D = DEMANDA ANUAL (PZAS/AÑO)

F = COSTO UNITARIO DE COMPRA (\$)/PEDIDO

α = COSTO UNIT. DE ALMACENAJE ANUAL (%/AÑO)

U = PRECIO UNITARIO DE LA PZA (\$/PZA)

C_1 = COSTO ANUAL DE ADQUISICION $= \frac{D}{Q} F$ (\$/AÑO)

C_2 = COSTO ANUAL DE ALMACENAJE $= \frac{\alpha}{2} Q U$ = (\$/AÑO)

C_3 = COSTO DE MANTENER INVENTARIOS $= C_1 + C_2$

$$C_3 = \frac{DF}{Q} + \frac{U\alpha Q}{2} = DFQ^{-1} + \frac{\alpha U}{2} Q$$

$$\frac{dC_3}{dQ} = -DFQ^{-2}\frac{dQ}{dQ} + \frac{\alpha U}{2}\frac{dQ}{dQ} = 0$$

$$\frac{DF}{Q^2} = \frac{\alpha U}{2} \therefore Q^2 = \frac{2FD}{\alpha U}$$

$$\boxed{Q = \sqrt{\frac{2FD}{\alpha U}}}$$

SI SE PRETENDE MANEJAR UN GRUPO DE CLAVES CON UN LOTE ECONOMICO COMUN, DEBEMOS BUSCAR PARA ESE GRUPO DE CLAVES EL "LOTE OPTIMO".

AHORA, CADA CLAVE TIENE UN COSTO DE ADQUISICION Y UN COSTO DE ALMACENAJE CORRESPONDIENTE AL LOTE CON QUE SE MANEJE.

ESTO ES: EL COSTO DE ADQUISICION DE LA CLAVE "a" MANEJADA CON UN LOTE Q_x SERIA: (DONDE Q_x PUEDE SER ~~[illegible]~~ EL LOTE ECONOMICO PARTICULAR DE CUALQUIERA DE LAS CLAVES DEL GRUPO BAJO ANALISIS)

$$(Cax)_1 = \frac{F}{Q_x}$$ Y ASI SUCESIVAMENTE

$$(Cbx)_1 = \frac{F}{Q_x}$$

$$(Ccx)_1 = \frac{F}{Q_x}$$

ETCETERA.

NOTESE QUE EL COSTO DE ADQUISICION ES EL MISMO PARA TODAS LAS CLAVES YA QUE TODAS SE ESTAN MANEJANDO CON EL MISMO LOTE ECONOMICO Q_x.

AHORA BIEN:

EL COSTO DE ADQUISICION TOTAL DE TODAS LAS CLAVES DEL GRUPO SERIA "N" VECES EL COSTO DE ADQUISICION DE CUALQUIERA DE ELLAS (DONDE "N" ES EL NUMERO DE CLAVES DEL GRUPO).

POR LO TANTO TENEMOS QUE:

$$(1) \quad (CTx)_1 = \frac{NF}{Q_x}$$

POR OTRO LADO EL COSTO DE ALMACENAJE DE LA CLAVE "a" MANEJADA CON UN LOTE ECONOMICO (Q_x) SERIA

$$(Cax)_2 = \left(\frac{\alpha}{12} \cdot \frac{Q_x}{2}\right)(Da)$$

Y EL COSTO DE ALMACENAJE DE LA CLAVE "b" MANEJADA CON UN LOTE ECONOMICO (Q_x) SERIA

$$(Cbx)_2 = \left(\frac{\alpha}{12} \cdot \frac{Q_x}{2}\right)(Db)$$ Y ASI SUCESIVAMENTE

DE TAL MODO QUE EL COSTO DE ALMACENAMIENTO TOTAL DE TODAS LAS CLAVES DEL GRUPO SERIA LA SUMA DE LOS COSTOS DE ADQUISICION DE

$$(CTx)_2 = (Cax)_2 + (Cbx)_2 + \ldots\ldots (CNx)_2$$

$$(CTx)_2 = \frac{\alpha}{24} \cdot Qx\, Da + \frac{\alpha}{24} Qx\, Db + \ldots\ldots \frac{\alpha}{24} Qx\, DN$$

SACAMOS COMO FACTOR COMUN A $\left(\frac{\alpha}{24} Qx\right)$

$$(CTx)_2 = \frac{\alpha}{24} Qx \left[Da + Db + Dc + \ldots\ldots DN \right]$$

$$(2)\ (CTx)_2 = \frac{\alpha}{24} Qx \left[\sum_{i=a}^{i=N} Di \right]$$

EL COSTO DE MANTENER INVENTARIOS SABEMOS QUE ES LA SUMA DEL COSTO DE ADQUISICION Y DEL COSTO DE ALMACENAMIENTO, POR LO TANTO TENEMOS:

$$(CTx)_3 = (CTx)_1 + (CTx)_2$$

$$(3)\ (CTx)_3 = \frac{NF}{Qx} + \frac{\alpha}{24} \left[\sum_{i=a}^{i=N} Di \right] \cdot Qx$$

PARA DERIVAR ARREGLAMOS LA FORMULA

$$(CTx)_3 = NF\, Qx^{-1} + \frac{\alpha}{24} \left[\sum_{i=a}^{i=N} Di \right] \cdot Qx$$

$$\frac{dc}{dQ} = -NF\,Q_x^{-2}\frac{dQ_x}{dQ_x} + \frac{\alpha}{24}\left[\sum_{i=a}^{i=N} D_i\right]\frac{dQ_x}{dQ_x} = 0$$

IGUALAMOS A CERO PARA OBTENER UNA PENDIENTE HORIZONTAL QUE CORRESPONDE AL LOTE OPTIMO.

$$\frac{NF}{Q_x^2} = \frac{\alpha}{24}\left[\sum_{i=a}^{i=N} D_i\right]$$

DESPEJANDO Q_x Y TENEMOS

$$Q_x = \sqrt{\frac{24\,NF}{\alpha\cdot\left[\sum_{i=a}^{i=N} D_i\right]}}$$

PERO COMO LOS DATOS DE DEMANDA LOS MANEJAMOS ANUALMENTE ARREGLAMOS LA FORMULA COMO SIGUE

$$Q_x = \sqrt{\frac{(24\,NF)(12)}{\alpha\cdot\left[\sum_{i=a}^{i=N} D_i\right](12)}}$$

Y QUEDA:

$$Q_x = \sqrt{\frac{288\,N\,F}{\alpha\left[\sum_{i=0}^{i=N} D_i\right]12}}$$

ING. HECTOR R. LEANOS B.